

VIDEO STREAMING



YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK

Drs. Bambang Suhartono, M.Kom.

VIDEO STREAMING

Drs. Bambang Suhartono, M.Kom.



YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK

PENERBIT :

YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK

JL. Majapahit No. 605 Semarang

Telp. (024) 6723456. Fax. 024-6710144

Email : penerbit_ypat@stekom.ac.id

VIDEO STREAMING

Penulis :

Drs. Bambang Suhartono, M.Kom.

ISBN : 9 786236 141892

Editor :

Dr. Joseph Teguh Santoso, S.Kom., M.Kom.

Penyunting :

Dr. Mars Caroline Wibowo. S.T., M.Mm.Tech

Desain Sampul dan Tata Letak :

Irdha Yunianto, S.Ds., M.Kom.

Penebit :

Yayasan Prima Agus Teknik Bekerja sama dengan
Universitas Sains & Teknologi Komputer (Universitas STEKOM)

Redaksi :

Jl. Majapahit no 605 Semarang

Telp. (024) 6723456

Fax. 024-6710144

Email : penerbit_ypat@stekom.ac.id

Distributor Tunggal :

Universitas STEKOM

Jl. Majapahit no 605 Semarang

Telp. (024) 6723456

Fax. 024-6710144

Email : info@stekom.ac.id

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa ijin dari penulis

Kata Pengantar

Segala Puji bagi Allah Subhanahu wataala, atas berkat dan rakhmadnyalah penulis dapat menyelesaikan buku Ajar ini dengan judul *VIDEO STREAMING*

Buku ini merupakan panduan wajib bagi mahasiswa Teknologi Informasi, Desain Grafis, dan prodi lain yang ingin melakukan *STREAMING Audio Video*. Atau siapa saja yang akan melakukan pembelajaran / *sharing knowledge* secara *Online*. *Video Streaming* dijamin Pandemi Covid-19 sudah tidak dapat dihindari lagi, karena semua kegiatan belajar mengajar dilakukan secara *Online*. Oleh karena itu buku ini penting untuk dipahami. Pembahasan dalam buku ini mendasar dan aplikatif penulis mulai dari Arus dan MPEG, Sinyal Video Digital menurut ITU –BT. R 601 (CCIR 601), Format Sinyal Video untuk HDTV dan UDTV serta 4K. Kemudian dilanjutkan Transformasi dari dan ke Domain frekuensi, Pengodean sinyal Audio. Sinyal Antar muka AV Fisik, Prinsip Dasar Modulasi Digital, Siaran Audio Digital DAB-DAB +, Persiapan Ruang *STUDIO STREAMING*, Standar perlengkapan *STREAMING Hardware* dan *Software*, Langkah langkah *STREAMING*, *Critical Success Factor STREAMING*, Tata cara pengaturan LIVE CHAT *STREAMING*, Perhitungan Beaya *STREAMING*, Cara *Edit Online* Konten *Pasca STEAMING*, Pembahasan terakhir mengenai cara agar channel anda menghasilkan uang Syarat-Ketentuan dan Cara Monetisasi *Channel You Tube*, serta Rahasia agar video anda tidak di *Take down* oleh You Tube. Apabila ada pertanyaan terkait isi buku ini dapat dilayangkan melalui email: bambang@stekom.ac.id atau melalui kolom komentar di channel Bambang STEKOM.

Terima kasih kepada semua sahabat yang telah membantu terselesaikannya Buku ini, semoga Tuhan mengangkat derajat sahabat dan memberikan rejeki yang berlimpah. Semoga bermanfaat, salam sehat dan selamat berkarya.

Penulis

Bambang Suhartono

Daftar Isi

Kata Pengantar	iii
Daftar Isi.....	iv
BAB 1 Pendahuluan.....	1
BAB 2 Data Stream MPEG.....	11
BAB 3 Sinyal Video Digital Menurut Itu-BT.R.601 (CCIR 601)	60
BAB 4 Format Sinyal Video Untuk HDTV Dan UHD TV	64
BAB 5 Transformasi Ke- Dan Dari Domain Frekuensi	71
BAB 6 Pengkodean Sinyal Audio.....	86
BAB 7 Sinyal Antarmuka AV Fisik	102
BAB 8 Prinsip Dasar Modulasi Digital	122
BAB 9 Digital Audio Broadcasting – DAB/DAB+	153
BAB 10 Persiapan Ruang Studio STREAMING	195
BAB 11 Standard Perlengkapan <i>STREAMING Hardware dan Software</i>	226
BAB 12 Langkah-Langkah STREAMING.....	242
BAB 13 <i>Critical SUKSES factor</i> STREAMING	259
BAB 14 Tata Cara Pengaturan <i>LIVE CHAT STREAMING</i>.....	267
BAB 15 Perhitungan Biaya STREAMING	274
BAB 16 Cara Edit ONLINE Konten PASCA STREAMING.....	280
BAB 17 Syarat-Ketentuan dan Cara MONETISASI Channel You Tube	285
BAB 18 Rahasia Agar Video Anda Tidak <i>ditakedown</i> Oleh You Tube.....	292
Daftar Pustaka	298

BAB 1

Pendahuluan

Sejak tahun 2010 hingga sekarang ditulisnya buku Video STREAMING ini 2021, televisi telah memasuki era HDTV *high-definition TV* dengan adanya ini, layar datar HDTV mulai beredar dimasyarakat. Saat ini, ukurannya rata-rata sekitar 40 hingga 55 inci. Kualitas gambar menjadi jauh lebih baik daripada perangkat CRT. Fitur "Smart TV" dan "HbbTV" biasanya terintegrasi ke dalam perangkat, yakni menggabungkan antara dunia TV dengan dunia internet. Selain itu, televisi resolusi ultra-tinggi/*ultra-high-resolution TV* (UHDTV) telah diiklankan secara intensif sejak 2014, meskipun perangkat UHDTV ditawarkan dan rantai transmisi tersedia, konten *high ultra resolution* dan kapasitas *channel* yang sesuai belum tersebar luas.

Selain televisi yang menjadi salah satu bagian dari penyiaran, radio juga masih diterima dalam bentuk analog, meskipun misalnya di Indonesia, DAB/DAB+ telah mengalami pertumbuhan yang kuat sejak 2011. Istilah "*broadcasting*" mengacu pada transmisi informasi, baik itu suara, gambar atau bunyi, atau data yang dikirimkan dari satu titik - pemancar - ke banyak titik - penerima radio. Sebagai fitur tertentu dari penyiaran, sumbernya tidak terpengaruh oleh jumlah penerima, artinya kapasitas *channel* tidak terpengaruh karena adanya peningkatan jumlah penerima yang mendengarkan atau yang menonton. Ini adalah perbedaan besar untuk tautan radio seluler atau koneksi internet di mana komunikasi *peer-to-peer* digunakan. Selain itu, jaringan siaran sejauh ini selalu dirancang untuk toleransi *noise* yang tinggi sehingga tidak akan terganggu jika terjadi bencana. Hal ini membuat penyiaran menjadi media yang aman untuk mendistribusikan informasi kepada masyarakat bahkan dalam kondisi yang sulit.

Buku ini membahas semua standar penyiaran analog dan digital yang berkaitan dengan standar pita dasar (MPEG) dan standar transmisi (DVB, ATSC, ISDB-T, DAB, ...) yang digunakan dalam buku ini. Selain itu, buku ini merinci dalam bab tersendiri kebutuhan fundamental termasuk

- sinyal audio dan video analog,
- transformasi antara domain waktu dan domain frekuensi,
- metode modulasi analog dan digital,
- metode modulasi multicarrier, OFDM,
- sinyal video dan audio digital.

Standar MPEG menjelaskan metode pengkodean sumber yang paling umum untuk aplikasi multimedia dan penyiaran, dan tentu saja secara komprehensif tercakup dalam banyak bagian, membahas protokol Transport Stream MPEG-2 serta pengkodean video dan audio, yaitu kompresi file sinyal video dan audio digital. Selain pengenalan video H.262/MPEG-2, H.264/MPEG-4/AVC dan H.265 / HEVC juga akan dijelaskan. Bab-bab berikutnya mencakup penyiaran video digital - ATSC, ISDB-T, DAB/DAB+ dan DTMB - dan membahas semua jalur transmisi yang digunakan, termasuk:

- transmisi terestrial,
- jalur transmisi satelit,
- kabel *broadband* siaran (CATV),
- dan kabel dua kawat,

Penyiaran bersifat linier dalam artian bahwa pengguna hanya dapat memilih program dengan memilih satu atau channel lainnya. Dalam channel siaran fisik atau logis tertentu, peserta tidak dapat mempengaruhi proses. Namun demikian, VoD (*Video on Demand*), YouTube, dan lainnya sudah memungkinkan kenikmatan TV "*non-linear*". Siaran TV melalui IP dalam bentuk IPTV atau OTT (*Over the Top TV*) yang lebih dikenal dengan layanan "streaming" juga dibahas, dan bab tersendiri tentang penggunaan kabel pita lebar untuk layanan dua arah seperti telepon dan internet melalui DOCSIS (*Data over Cable Service Interface Specification/Spesifikasi Antarmuka Layanan Data melalui Kabel*) sekarang juga disertakan.

Transmisi video sudah dimulai sekitar tahun 1884 dengan pengembangan disk Nipkow oleh Paul Nipkow. Dengan menggunakan piringan yang berputar dengan serangkaian lubang di sepanjang kurva heliks, dia dapat menguraikan gambar menjadi elemen - "garis" - dan mentransfernya dari piringan pemancar yang berputar ke piringan penerima yang berputar secara sinkron. Kedua disk digerakkan oleh motor sinkron, dengan frekuensi listrik 50 Hz atau 60 Hz, tergantung negaranya. Beberapa tahun sebelumnya, Heinrich Hertz membuktikan adanya gelombang elektromagnetik yang diprediksi secara matematis oleh Maxwell. Berdasarkan pencapaian tersebut, Marconi melakukan transmisi informasi pertama sekitar tahun 1895. Awalnya, penyiaran digunakan untuk mentransmisikan potongan informasi pendek melalui jarak yang lebih jauh secara nirkabel, bukan menggunakan telegrafi kabel, ke target tetap di darat atau target bergerak di atas air.

Tahun 1920-an muncul transmisi musik pertama, memulai era penyiaran seperti yang kita pahami sekarang. Beberapa upaya pertama untuk mentransfer musik dilakukan dari stasiun pemancar Königs-Wusterhausen di selatan Berlin, yang dianggap sebagai tempat lahirnya siaran radio. Transmisi siaran pertama kali menggunakan gelombang panjang, menengah, dan pendek termodulasi amplitudo. Kualitas suara mengharuskan untuk meninggalkan banyak hal yang diinginkan, terutama karena bandwidth rendah sekitar 5 kHz dan gangguan atmosfer. Pada saat itu, channel radio pita sempit juga digunakan untuk menyiarkan sinyal TV pita sempit menggunakan disk Nipkow di kedua ujung rantai transmisi yang disebut "Fernsehstube" (Ruang menonton TV) (lihat juga "NBTV" = TV baris sempit, John Logie Baird), dengan sekitar 30 baris per layar.

Alasan memilih frekuensi listrik (50 Hz, 60 Hz) sebagai kecepatan refresh adalah sinkronisasi motor sinkron dari disk Nipkow. Tahun 1930-an muncul transmisi "televise pita lebar" pertama pada beberapa ratus baris per layar. Namun, usia televise hitam-putih baru dimulai setelah Perang Dunia II. Di Indonesia, yayasan itu ditetapkan dengan mengadopsi "standar Gerber". Hal ini mengakibatkan dua dunia TV terpisah: satu menggunakan 50 Hz dengan 50 bidang dan 25 bingkai per detik, sedangkan selain itu 60 Hz dengan 60 bidang dan 30 frame per detik. Kekurangan frekuensi pada akhir tahun 1940-an mendorong Indonesia untuk membuka Pita VHF FM (pita VHF II, 87,5 - 108 MHz) untuk penggunaan radio.

Metode modulasi yang digunakan pada pita FM adalah modulasi frekuensi yang dianggap kurang rentan terhadap gangguan atmosfer, sehingga menghasilkan standar radio yang masih digunakan hingga saat ini pada peralatan endpoint VHF di banyak rumah tangga, dan saat itu tidak terlihat seperti akan digantikan oleh penyiaran digital hingga tahun 2030. Mono VHF Penyiaran FM yang awal diikuti pada 1950-an oleh siaran FM stereo VHF, yang kemudian dilengkapi dengan sinyal RDS (*Radio Data System*).

Tahun 1960-an melihat munculnya televise berwarna dengan tiga metode transmisi warna yang berbeda - NTSC, PAL dan SECAM – yang terintegrasi secara kompatibel ke dalam skema transmisi hitam-putih. Teleteks muncul pada 1980-an, melengkapi program yang ditayangkan dengan data untuk pertama kalinya. Teleteks dikembangkan oleh BBC sebagai "Teleteks Inggris". Upaya pertama di televise definisi tinggi, HDTV, sudah muncul pada 1980-an, tetapi butuh waktu

lama, yaitu 30 tahun lagi, untuk benar-benar bisa memperkenalkannya. Tonggak lebih lanjut termasuk proses D2MAC (sekitar 1990) dan PALplus (sekitar 1991).

Sistem D2MAC pertama kali gagal karena kekurangan satelit "TV-Sat1", dan kemudian benar-benar menghilang. *Digital Audio Broadcasting* (DAB) dikembangkan pada akhir 1980-an, dengan pemancar radio DAB digital pertama yang mulai beroperasi bahkan sebelum era televisi digital. Akhir tahun 1980-an muncul penambahan satelit dan kabel broadband ke transmisi terestrial yang sudah lama ada. Pada pertengahan 1990-an, era televisi digital dimulai dengan dirilisnya standar MPEG, DVB dan ATSC. MPEG adalah kumpulan dari berbagai norma pita dasar untuk sinyal penyiaran digital (video dan audio), yang ditujukan untuk menyiapkan sinyal untuk penyimpanan (misalnya DVD) dan distribusi (penyiaran) melalui pengkodean sumber dan multiplexing. "MPEG" adalah singkatan dari "*Moving Pictures Expert Group*".

Proyek Indonesia "DVB" (*Digital Video Broadcasting*) menghasilkan serangkaian standar penyiaran untuk distribusi sinyal TV dengan layanan suara dan data yang menyertainya: standar DVB-S mencakup transmisi TV digital melalui satelit, DVB-C adalah standar untuk transmisi TV digital melalui kabel broadband, dan standar DVB-T digunakan untuk transmisi TV digital terestrial.

DVB juga telah diadopsi oleh banyak negara di luar Indonesia. Pada awal tahun 2000-an, televisi digital berupa SDTV (*Standard Definition Television*) telah diluncurkan di beberapa negara dengan menggunakan siaran satelit, kabel, dan terestrial. Standar ATSC (AS), ISDB-T (Jepang), dan DTMB (Cina) muncul secara bersamaan setelah DVB. Spesifikasi untuk pengkodean video H.264/AVC dan DVB-S2 sebagai televisi satelit digital generasi kedua, keduanya diterbitkan pada tahun 2003, digunakan untuk mengimplementasikan sistem HDTV di banyak negara. Namun era HDTV baru benar-benar tiba setelah 2010, ketika konten serta perangkat TV yang sesuai dan terjangkau tersedia. Sementara itu, dari sekitar tahun 2004, upaya untuk membuat televisi mobile dengan DVB-H, MediaFLO dan T-DMB dilakukan.

Meskipun hal ini secara teknis merupakan sistem fungsional, namun gagal secara ekonomi. Sejak 2011, radio digital diperluas lebih lanjut melalui DAB+, dan sejak saat itu, konten radio dan perangkat radio digital secara signifikan lebih banyak tersedia. Penampilan dari HbbTV (*Hybrid Broadband Broadcast TV*) dan "Smart TV" menandai awal dari konvergensi televisi dan internet:

TV layar datar semakin dilengkapi dengan koneksi WLAN atau Ethernet, dan perangkat lunak yang sesuai atau "middleware" serta pra-instal dan aplikasi yang dapat diunduh. Kemunculan UHDTV memberikan awal bagi televisi definisi tinggi. Terrestrial analog, satelit dan saat ini juga termasuk televisi kabel analog telah dimatikan.

Beberapa tahun berikutnya terjadi migrasi dari DVB-T generasi pertama ke DVB-T2 generasi kedua. DVB-T2 diikuti dengan rilisnya DVB-C2, standar baru untuk penyiaran digital melalui kabel broadband. Transmisi kabel broadband berbasis DOCSIS telah digunakan sejak akhir 1990-an juga untuk telepon dan internet. Standar DOCSIS 3.1 terbaru, dirilis pada tahun 2013, diharapkan dapat merevolusi pemanfaatan kabel broadband. Sementara itu, penyiaran juga menemukan keuntungan dari penggunaan jalur twisted pair dengan xDSL dan menawarkan layanan streaming melalui internet, sehingga memunculkan kata kunci baru: "OTT" (Over-the-Top TV). Hal ini mengakhiri cerita, dan sekarang kita dapat mulai menjelaskan standar teknis. Berikut ini adalah tonggak sejarah penyiaran radio dan TV dari ditemukannya gelombang elektromagnetik hingga 2019:

- Persamaan Maxwell, 1864
- Heinrich Hertz, bukti keberadaan gelombang elektromagnetik, 1886
- Marconi, transmisi berita pertama melalui gelombang elektromagnetik, 1895
- Disk Nipkow, 1884
- Radio melalui gelombang panjang, menengah dan pendek, 1923
- Televisi bandwidth sempit, John Logie Baird, 1926 Televisi hitam putih, 1934
- Radio VHF, 1949
- Televisi berwarna, 1967
- Teleteks, awal 1980-an
- Upaya pertama di HDTV, pertengahan 1980-an
- D2MAC, PALplus, awal 1990-an
- TV kabel, dari pertengahan 1980-an
- Televisi satelit, dari akhir 1980-an
- DAB - Penyiaran Audio Digital, dikembangkan menjelang akhir 1980-an
- Layanan DAB tersedia di Jerman mulai pertengahan 1990-an
- MPEG, pertengahan 1990-an
- DVB, ATSC, pertengahan 1990-an
- SDTV, akhir 1990-an
- xDSL, jalur dua kabel, awal 2000-an
- DOCSIS = Data over Cable System Interface Specification/Spesifikasi Antarmuka Layanan Data melalui Kabel, akhir 1990-an
- Ekspansi DAB dari sekitar tahun 2005 dan seterusnya di Inggris
- DAB+ dari sekitar tahun 2008 di Australia, Skandinavia

- DAB/DAB+ — Ekspansi dari 2011 di Jerman
- HDTV, televisi definisi tinggi sejak 2010 (langkah pertama dari 2002)
- HbbTV = Hybrid Broadcast Broadband TV, Smart TV, dari 2010 dan seterusnya
- UHD TV, ultra-high-definition/televisi definisi tinggi dari tahun 2014 dan seterusnya
- Televisi "linier" dan "nonlinier"
- OTT=Over-the-Top TV, video, dan audio dari sekitar tahun 2010

Tabel 1.1. Metode dan standar untuk televisi digital dan radio digital

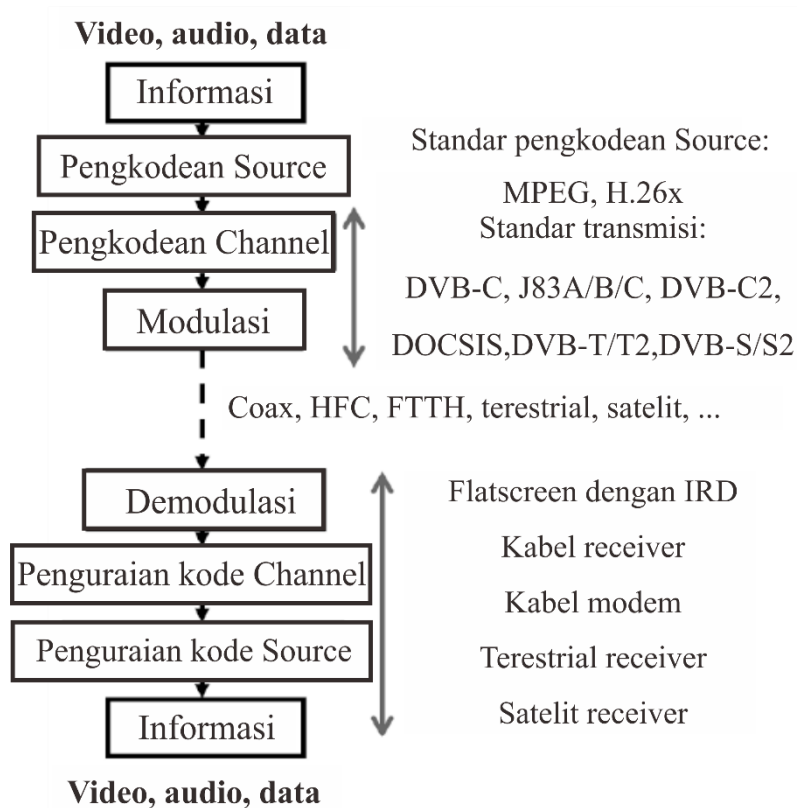
Metode/standar	Aplikasi
JPEG	Kompresi gambar diam, fotografi, internet
JPEG Bergerak	DVPRO, MiniDV, kamera video rumah digital
MPEG-1	Video CD
MPEG-2	Sinyal pita dasar untuk televisi digital, DVD-Video
MPEG-4	Algoritma kompresi video dan audio baru
MPEG-H	Lihat HEVC, High Efficiency Video Coding/Pengodean Video Efisiensi Tinggi
H.262	Pengkodean video (lihat video MPEG-2)
H.264	Pengkodean video, AVC (lihat MPEG-4, Bagian 10 Video)
H.265	Pengkodean video, HEVC (lihat video MPEG-H)
DVB	Penyiaran Video Digital
DVB-S	Televisi digital melalui satelit
DVB-S2	Standar satelit DVB baru
DVB-C	Televisi digital melalui kabel broadband
DVB-T	Televisi terestrial digital
J83A	= DVB-C
J83B	Standar kabel Amerika Utara
J83C	Standar kabel Jepang
ATSC	Standar Amerika Utara untuk televisi terestrial digital (AS, Kanada)

ISDB-T	Standar Jepang untuk televisi terestrial digital
DTMB	Standar China untuk televisi terestrial digital (Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting/Siaran Multimedia Terestrial Digital)
CMMB	Siaran Multimedia Seluler China
DAB	Siaran Audio Digital (Digital Audio Broadcasting)
IBOC – HD Radio	Radio hibrida (radio digital)
Fmextra	Siaran radio digital
T-DMB	Standar Korea Selatan untuk transmisi seluler video dan audio MPEG berdasarkan DAB (<i>Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting/Siaran Multimedia Digital Terestrial</i>)
DVB-H	Siaran Video Digital untuk alat Genggam
MHP	Platform Rumah Multimedia (Multimedia Home Platform)
DRM	Digital Radio Mondiale/Radio Digital Mondiale
MediaFLO	Media Forward Link Only, standar TV seluler
DVB-SH	DVB untuk terminal genggam melalui satelit dan terestrial
DVB-T2	Penyiaran Video Digital Terestrial Generasi Kedua
DVB-C2	Penyiaran Video Digital Generasi Kedua – Kabel
IPTV	TV internet, TV melalui xDSL
DOCSIS	Data Over Cable System Interface Specification/Spesifikasi Antarmuka Layanan Data melalui Kabel, IP dan telepon melalui kabel broadband

Catatan: Beberapa istilah yang tercantum dalam tabel tsb dilindungi oleh © copyright.

Penyiaran berarti terjadi transmisi informasi dari pemancar ke penerima (lihat Gambar 1.1.). Informasi, gambar bergerak, suara lip-synchronous terkait dan data pelengkap harus disiapkan terlebih dahulu untuk transmisi. Selama proses ini, yang disebut pengkodean sumber, sinyal video dan audio dikompres menggunakan misalnya algoritma MPEG untuk mencapai kecepatan data yang dapat diterima. Selanjutnya, sinyal video dan audio digabungkan menjadi satu sinyal data —

sinyal multipleks “MUX” — yang kemudian diberi kode channel oleh modulator untuk mempersiapkannya untuk channel transmisi.

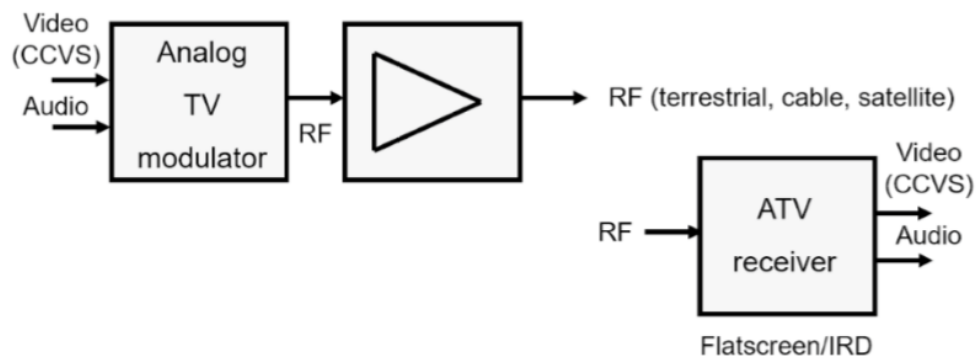


Gambar 1.1 Prinsip transmisi informasi dalam penyiaran

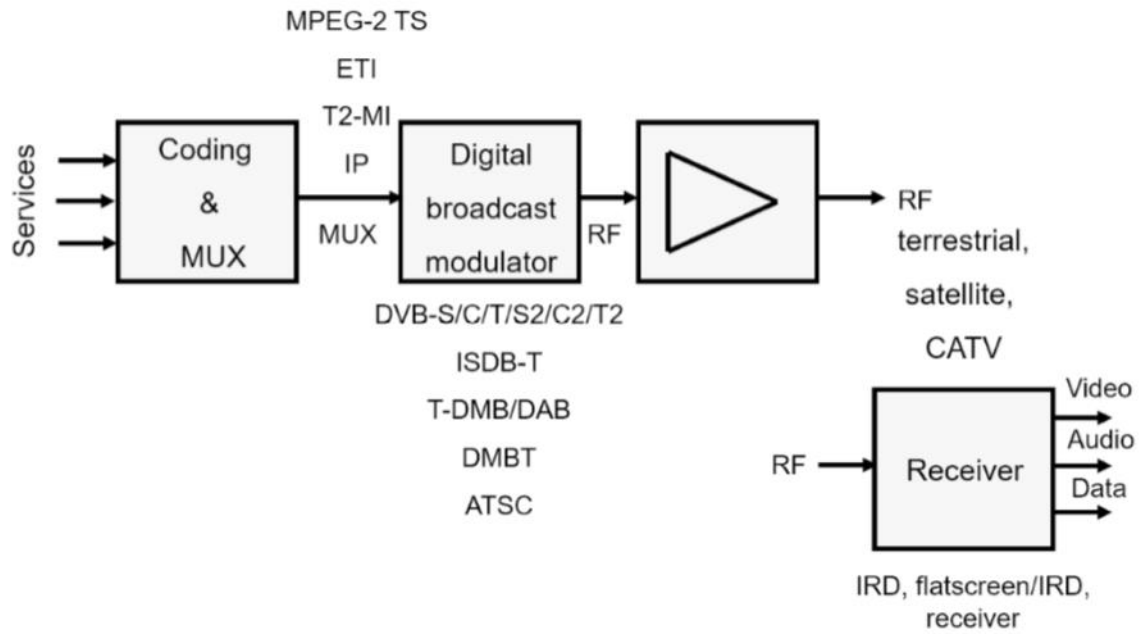
Hal ini umumnya dipahami sebagai perlindungan kesalahan, Koreksi Kesalahan Terusan, FEC (*Forward Error Correction*). Selanjutnya, data yang dilindungi kesalahan dimodulasi ke pembawa frekuensi tinggi sinusoidal (sinyal RF). Sinyal RF kemudian diperkuat dan ditransmisikan secara terrestrial, melalui satelit, atau melalui kabel. Penerima kemudian mendemodulasi sinyal RF untuk mengekstrak datastream yang biasanya dipengaruhi oleh kesalahan transmisi yang disebabkan oleh sumber gangguan (noise, dll). Kemudian, penguraian kode channel dapat memperbaiki kesalahan ini hingga pada tingkat apa pun yang memungkinkan dengan cara menerapkan prosedur pemancar dalam urutan terbalik. Penguraian kode sumber berikutnya, yaitu dekompresi, mengembalikan sinyal video dan audio yang kemudian dikeluarkan atau disajikan kepada pengguna (pemirsa, pendengar). Semua standar penyiaran digital dapat dijelaskan dan diwakili oleh langkah- langkah tsb.

Untuk TV analog (analog TV/ATV), kode sumber artinya membatasi lebar pita sinyal video dan audio dan secara teknis menerapkan proses ini (sinyal CCVS, mono, sinyal L/R, dll.). Sinyal video dan audio diumpangkan ke modulator gambar dan suara, dan sinyal RF tunggal yang dihasilkan berisi tepat satu program kemudian ditransmisikan ke penerima. Penerima ATV disetel ke channel penerimaan tertentu dan memutar tepat satu program.

Dalam kasus televisi digital, beberapa program atau layanan diberi kode sumber dan digabungkan menjadi sinyal multipleks digital (“MUX” misalnya, MPEG-2 Transport Stream). Sinyal multipleks ini kemudian diumpangkan ke modulator siaran digital di mana perlindungan kesalahan ditambahkan ke data aliran yang kemudian dimodulasi ke pembawa RF menggunakan pembawa tunggal atau proses modulasi multi-pembawa (OFDM). Setelah amplifikasi, sinyal RF kemudian ditransmisikan ke penerima secara terestrial, melalui satelit atau melalui kabel broadband. Penerima siaran digital disetel ke channel penerimaan dari mana mereka dapat mengekstrak beberapa program. Hanya satu program (layanan) yang dipilih yang disajikan kepada pengguna akhir (penonton, pendengar).



Gambar 1.2 Rantai transmisi TV analog



Gambar 1.3 Rantai penyiaran digital

BAB 2

ARUS DATA STREAM dan MPEG

MPEG merupakan singkatan dari *Moving Pictures Experts Group*, artinya MPEG umumnya berhubungan dengan transmisi digital dari gambar bergerak. Namun, sinyal data yang ditentukan dalam Standar MPEG-2 juga dapat secara umum membawa data yang tidak ada hubungannya sama sekali dengan video dan audio dan dapat berupa data internet.

MPEG = Moving Pictures Expert Group				
MPEG-1 Part1: systems ISO/IEC11172-1 "PES layer"	MPEG-2 Part1: systems ISO/IEC13818-1 "Transportation"	MPEG-4 Part1: systems ISO/IEC14496	MPEG-7 Metadata, XML based ISO/IEC15938 "Multimedia Content Description Interface"	MPEG-21 additional "tools" ISO/IEC21000
Part2: video ISO/IEC11172-2	Part2: video ISO/IEC13818-2	Part2: video ISO/IEC14496-2		
Part3: audio ISO/IEC11172-3	Part3: audio ISO/IEC13818-3	Part3: audio (AAC) ISO/IEC14496-3		further ... MPEG-A MPEG-B MPEG-C MPEG-D
	Part6: DSM-CC ISO/IEC13818-6 Part7: AAC ISO/IEC13818-7	Part10: video (AVC, H.264) ISO/14496-10		... MPEG-H MPEG-DASH

Gambar 2.1 Standar MPEG

Seperti dalam Standar MPEG itu sendiri, pertama-tama struktur umum sinyal data MPEG akan dijelaskan secara terpisah dari video dan audio. Pemahaman tentang struktur sinyal data juga lebih penting dalam praktik dibandingkan dengan pemahaman rinci tentang pengkodean video dan audio yang akan dibahas nanti. Sinyal data ini biasanya membawa beberapa atau banyak program yang masing-masing terdiri dari video, audio, dan datastream sinkronisasi gerak bibir. Ini disebut Transport stream MPEG-2. Semua codec MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4, dll yang berbeda itu dapat dicampur dan diangkut dalam aliran transpor MPEG-2 tersebut. Hanya ada Transport stream MPEG-2 dan tidak ada Transport stream MPEG-4.

MPEG-Standar dan Aplikasinya

Pada tahun 1992, MPEG-1 diciptakan sebagai standar pertama untuk pengkodean gambar bergerak disertai dengan suara. Tujuannya adalah untuk mencapai kualitas gambar yang mendekati VHS pada kecepatan data CD (<1,5 Mbit/dtk). MPEG-1 disediakan hanya untuk aplikasi pada media penyimpanan (CD, hard disk) dan bukan untuk transmisi (broadcasting) dan struktur datanya sesuai dengan tujuan ini. Pengkodean audio dan video MPEG-1 cukup mirip dengan MPEG-2 dan semua algoritma dan metode dasar sudah tersedia. Terdapat dua frame untuk I, P dan B, yaitu prediksi maju dan mundur, dan tentu saja ada metode pengurangan ketidakrelevanan berbasis DCT yang sudah ditemukan di JPEG. Resolusi gambar terbatas pada sekitar setengah dari resolusi VGA

(352 x 288). Selain itu, tidak ada kebutuhan untuk pengkodean lapangan (metode pemindaian interlaced).

Dalam MPEG-1, hanya ada Program Stream (PS) yang terdiri dari paket-paket audio dan video (*packetized elementary stream/PES*). Paket PES audio dan video dengan panjang variabel (maks 64 kbytes) dirakit secara sederhana dan disisipkan sesuai dengan kecepatan data saat ini untuk membentuk datastream. Datastream ini tidak diproses lebih lanjut karena hanya dimaksudkan untuk disimpan pada media penyimpanan dan tidak digunakan untuk transmisi. Sejumlah paket PES audio dan video digabungkan untuk membentuk apa yang disebut paket yang terdiri dari header dan payload seperti paket PES itu sendiri. Paket sering didasarkan pada ukuran sektor data fisik dari media penyimpanan.

Dalam MPEG-2, metode pengkodean dikembangkan lebih lanjut ke arah resolusi yang lebih tinggi dan kualitas yang lebih baik. Selain itu, transmisi juga dipertimbangkan, selain penyimpanan data tersebut. MPEG-2 transport stream adalah lapisan transportasi, yaitu menyediakan struktur paket yang jauh lebih kecil dan mekanisme multiplexing yang lebih luas. Di MPEG-1, hanya ada satu program (hanya satu film), sedangkan MPEG-2 dapat menampung datastream multipleks hingga 20 program dan lebih.

Selain *Standard Definition TV* (SDTV), MPEG-2 juga mendukung *High Definition TV* (HDTV). MPEG-2 digunakan di seluruh dunia sebagai sinyal baseband digital dalam penyiaran. *Video CD* (VCD) berisi sinyal data berkode MPEG-1 sebagai aliran program, yaitu ada satu program yang terdiri dari paket-paket PES yang dimultipleks. Total kecepatan data sekitar 1,5 Mbit/s. Banyak salinan film bajakan tersedia sebagai Video CD dan melalui unduhan dari internet atau dibeli di pasar Asia.

Super Video CD (SVCD) membawa sinyal data MPEG-2 yang dikodekan dengan 2.4 Mbit/s, juga sebagai aliran program dengan paket PES multipleks. Sebuah Super Video CD kira-kira sesuai dengan kualitas tipe VHS, terkadang bahkan lebih baik.

Pada DVD (*Digital Versatile Disk* - BUKAN 'Digital Video Disk'), materi data berkode MPEG-2 dengan kecepatan data hingga 10,5 Mbit/s dan menunjukkan kualitas gambar yang jauh lebih baik daripada yang direkam pada pita VHS. DVD juga membawa datastream PES yang dimultipleks. Subtitle dan banyak tambahan lain lagi juga dimungkinkan.

DVD ditujukan untuk berbagai aplikasi termasuk video, audio, dan data. Berbeda dengan CD (sekitar 700 Mbytes), volume data pada DVD hingga 17 Gbytes dan dimungkinkan untuk memiliki 1, 2 atau 4 lapisan dengan 4,7 GBytes per lapisan (lihat tabel di bawah).

Tabel 2.1. Jenis-jenis DVD

Jenis	Sisi	Lapisan/ sisi	Data [Gbyte]	x CD-ROM
DVD 5	1	1	4.7	7
DVD 9	1	2	8.5	13
DVD 10	2	1	9.4	14
DVD 18	2	2	17.1	25

Data teknis DVD Video:

- Kapasitas penyimpanan: 4,7 hingga 17,1 Gbyte
- Video MPEG-2 dengan kecepatan data variabel, maks video 9,8 Mbit/s.

Suara:

- Linear PCM (LPCM) dengan frekuensi sampling 48 kHz atau 96 kHz pada resolusi 16, 20, atau 24 bit
- Audio MPEG (MUSICAM) mono, stereo, suara 6 channel (5.1), suara 8 channel (7.1)
- Dolby Digital (AC3) mono, stereo, suara 6 channel (5.1)

Tabel 2.2. Standar video digital

Standar	Pengkodean Video	Resolusi	Kecepatan data video [Mbit/dtk]	Jumlah kecepatan data [Mbit/dtk]
MPEG-1	MPEG-1	352x288 192x144 384x288	0,150 - (1.150) - 3.0	maks. kira-kira 3.5 (1.4112)
MPEG-2	MPEG-2	720x576 (SDTV, 25 hingga 15 frame per second) berbeda hingga HDTV	Resolusi hingga	pada dasarnya terbuka, dari antarmuka hingga 270
MPEG-4	MPEG-4 Bagian 2 dan Bagian 10 (H.264) MPEG-1			
Video CD		352x288	1.150	1.4112
Super VCD	MPEG-2	480x576	2.4	2.624
Video DVD	MPEG-2	720x576	hingga 9,8, variabel	10.5
MiniDV	Varian MJPEG	720x576	25	kira-kira 30
DVPro	Varian MJPEG	720x576	25/50	kira-kira 30/55
Cakram Blu-ray	MPEG-2, MPEG-1920x1080 (3840 x 4 AVC, VC-1	2160)		36

Selain MPEG, ada juga metode kepemilikan berdasarkan JPEG yang semuanya memiliki kesamaan bahwa materi video hanya berkode DCT dan tidak berkode interframe. Baik DV dan MiniDV adalah metode tersebut. MiniDV telah banyak digunakan di bidang kamera video rumahan dan telah merevolusi bidang ini sehubungan dengan kualitas gambar. Kecepatan datanya adalah total 3,6 Mbyte/s atau memiliki kecepatan data video 25 Mbit/s. Ukuran gambarnya adalah 720 x 576 piksel, sama seperti pada MPEG-2, dengan 25 frame per detik. MiniDV dapat diedit

kapan saja karena hampir hanya terdiri dari bingkai yang sebanding dengan bingkai I. DVCPPro adalah kakak dari MiniDV. DVCPPro adalah standar studio dan mendukung kecepatan data video 25 dan 50 Mbit/s.

Kecepatan data 25 Mbit/s sesuai dengan format MiniDV. DVCPPro dan MiniDV adalah varian khusus dari Motion JPEG. Berbeda dengan MPEG, tidak ada tabel quantizer yang ditransmisikan, begitu pula faktor skala quantizer yang bervariasi dari makroblok ke blok makro. Sebagai gantinya, satu set tabel kuantisasi disediakan secara lokal, dari di mana pembuat kode memilih salah satu yang paling cocok dari macroblock ke macroblock lain. MiniDV dan DVPro menunjukkan kualitas gambar yang sangat baik pada kecepatan data yang relatif tinggi dan mudah untuk post proses. Perangkat lunak pengeditan rumah untuk PC tersedia dengan biaya sekitar 100 Euro dan menyediakan fungsi yang hanya tersedia untuk para profesional beberapa tahun yang lalu. Terlepas dari pengeditan aktual, yang sekarang bebas dari kerugian dan mudah ditangani, perangkat lunak ini juga memungkinkan materi video dikodekan dalam MPEG-1, MPEG-2, VCD, SVCD, video DVD, Blu-ray atau hanya MPEG-4/AVC atau format file HEVC.

MPEG-4 dibuat menjadi standar pada tahun 1999. Pada awal milenium baru, standar kompresi video baru H.264 dikembangkan dan distandarisasi. Dibandingkan dengan MPEG-2, metode ini lebih efektif dengan faktor 2 hingga 3 dan dengan demikian memungkinkan kecepatan data yang lebih rendah dengan faktor 2 hingga 3, seringkali bahkan dengan kualitas gambar yang ditingkatkan. Standar yang relevan adalah ITU-T H.264. H.264 juga telah dimasukkan dalam kelompok standar MPEG-4 sebagai MPEG-4 Bagian 10.

Dokumen standar terpenting yang tercakup dalam heading MPEG-4 adalah:

- MPEG-4 Bagian 1 – Sistem, ISO/IEC 14496-1
- MPEG-4 Bagian 2 – Pengodean Video, ISO/IEC 14496-2
- MPEG-4 Bagian 3 – Pengodean Audio, ISO/IEC 14996-3
- MPEG-4 Bagian 10 – Pengodean Video Tingkat Lanjut H.264. ISO/IEC 14496-10

MPEG-4 Bagian 10 – Advanced Video Coding (AVC) digunakan untuk aplikasi HDTV di Indonesia sebagai bagian dari proyek DVB. Sedangkan HDTV membutuhkan kecepatan data sekitar 15 Mbit/dtk untuk sinyal video dengan MPEG-2, ini adalah sekitar 9 Mbit/dtk atau bahkan lebih rendah bila dikodekan sebagai sinyal AVC MPEG-4.

MPEG-7, sebaliknya dan sebagai suplemen untuk MPEG-2 dan -4, secara eksklusif menangani data terkait program, yang disebut meta-data, sebagai pelengkap MPEG-2 dan MPEG-4. Tujuannya adalah untuk menyimpan informasi latar belakang untuk sebuah program dengan bantuan struktur data berbasis XML dan HTML bersama dengan program tersebut. MPEG-7 telah menjadi standar sejak 2001 tetapi belum memulai debutnya dalam praktik, setidaknya untuk pengguna downstream (end user).

MPEG-21 akan diubah menjadi standar penuh pada tahun 2003 dan dimaksudkan untuk memuat alat dan metode untuk melengkapi semua standar MPEG lainnya (termasuk aplikasi end-user-to-end-user, misalnya melalui internet). Tetapi tidak jelas apa yang terjadi setelahnya. Setelah 2010 ada standar MPEG lebih lanjut yang diterbitkan yang tidak lagi diberi nama dengan angka tetapi dengan karakter sebagai berikut

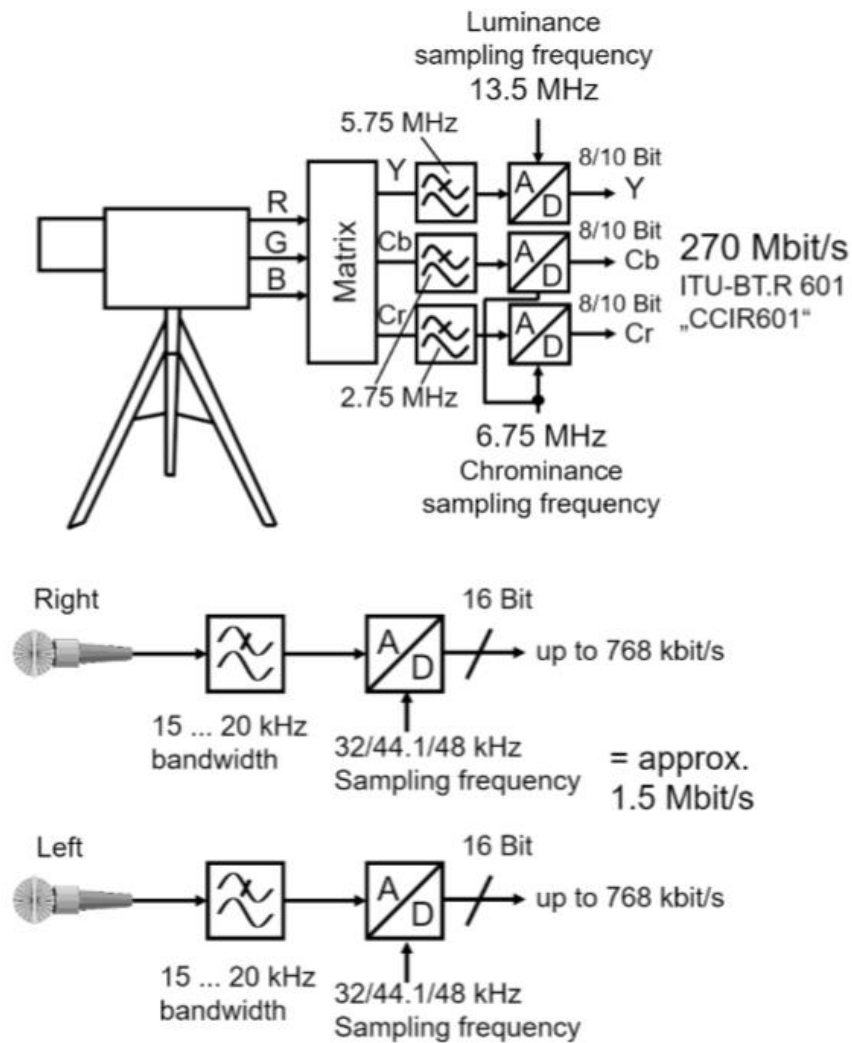
- MPEG-A ISO/IEC 23000
- MPEG-B ISO/IEC 23001
- MPEG-C ISO/IEC 23002
- MPEG-D ISO/IEC 23003
- MPEG-E ISO/IEC 23204
- MPEG-V ISO/IEC 23005
- MPEG-M ISO/IEC 23006
- MPEG-U ISO/IEC 23007
- MPEG-H ISO/IEC 23008 (HEVC, H.265)
- MPEG-DASH ISO/IEC 23009

Table 2.3. Standar MPEG

<i>Standar</i>	<i>Keterangan</i>	<i>Status</i>
MPEG-1	Gambar bergerak dan suara, kira- kira dalam kualitas VHS dengan kecepatan data CD (<1,5 Mbit/s)	Standar sejak 1992
MPEG-2	Televisi digital (SDTV+HDTV)	Standar sejak 1993
MPEG-3	Hanya ada sementara (tidak ada hubungannya dengan MP3)	tak dapat diterapkan
MPEG-4	Multimedia, interaktif	Standar sejak 1999
MPEG-7	Program terkait data pelengkap (Meta-data)	Standar sejak 2001
MPEG-21	Alat pelengkap dan metode	
MPEG-A MPEG-B MPEG-C MPEG-D MPEG-E MPEG-V MPEG-U	Standar MPEG lebih lanjut	sejak kira-kira 2010

MPEG-H	MPEG-H, bagian 2 HEVC lihat juga H.265	Standar sejak 2013
MPEG-DASH	“Streaming Adaptif Dinamis melalui HTTP/Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (DASH)”	Standar sejak 2012

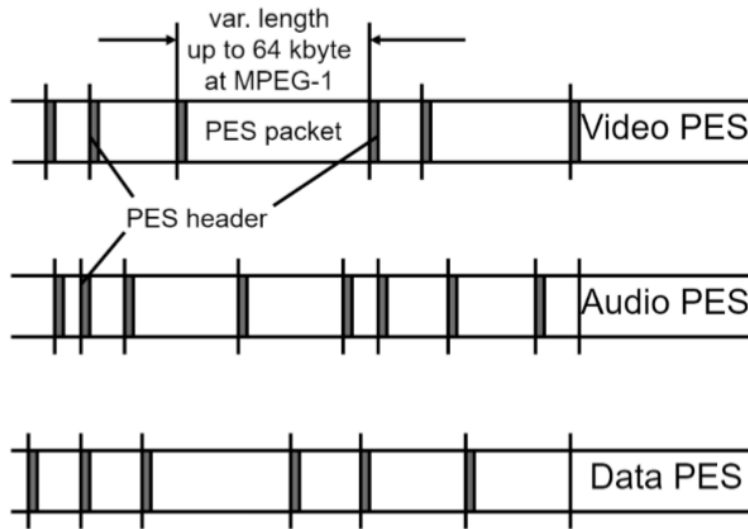
Transport Stream MPEG-2



Gambar 2.2 Sinyal data video dan audio

Meskipun demikian, deskripsi struktur sinyal data akan dimulai dengan sinyal video dan audio yang tidak terkompresi. Sinyal SDTV (*Standard Definition Television*) tanpa reduksi data memiliki kecepatan data 270 Mbit/s dan sinyal audio stereo digital dalam kualitas CD memiliki kecepatan data sekitar 1,5 Mbit/s.

Sinyal video dikompresi menjadi sekitar 1 Mbit/dtk dalam MPEG-1 dan menjadi sekitar 2 - 7 Mbit/dtk dalam MPEG-2. Kecepatan data video bisa konstan atau variabel (multipleks statistik). Sinyal audio memiliki kecepatan data sekitar 100 - 400 kbit/dtk (kebanyakan 192 kbit/dtk) setelah kompresi (akan dibahas dalam bab terpisah) tetapi kecepatan data audio selalu konstan dan dalam kelipatan 8 kbit/dtk. Kompresi itu sendiri akan dibahas dalam bab terpisah. Sinyal video dan audio terkompresi dalam MPEG disebut "aliran dasar/elementary streams", singkatnya ES. Jadi ada aliran video, aliran audio dan, secara umum, datastream. Datastream berisi semua jenis data terkompresi atau tidak terkompresi. Segera setelah dikompresi (yaitu dikodekan), semua aliran dasar dibagi menjadi paket-paket panjang dalam variabel, baik dalam MPEG-1 dan MPEG-2.



Gambar 2.3 Aliran Dasar MPEG

Karena adanya kemungkinan untuk memiliki kompresi terkadang lebih banyak dan terkadang lebih sedikit tergantung pada konten video dan audio, wadah dengan panjang variabel diperlukan dalam sinyal data. Wadah ini membawa satu atau lebih frame terkompresi dalam kasus sinyal video dan satu atau lebih segmen sinyal audio terkompresi dalam kasus sinyal audio. Aliran dasar ini dibagi menjadi paket-paket yang disebut "aliran dasar yang dikemas/packetized elementary streams", atau disingkat PES.

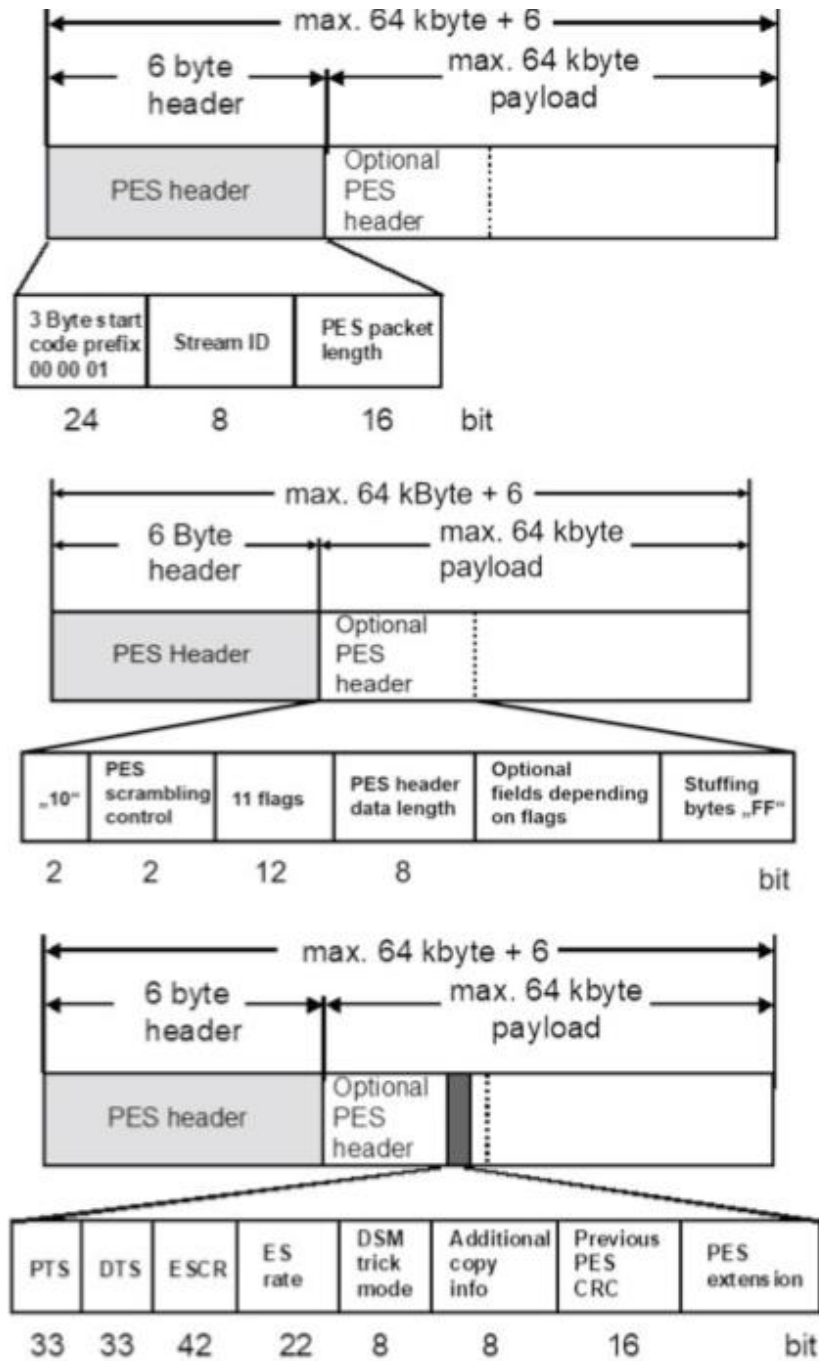
Setiap paket PES biasanya memiliki ukuran hingga 64 kbytes. Ini terdiri dari header yang relatif pendek dan payload. Header berisi antara lain indikator panjang 16-bit untuk panjang paket maksimum 64 kbytes. Bagian payload berisi aliran video dan audio terkompresi atau datastream murni. Namun, menurut Standar MPEG, paket video juga bisa lebih panjang dari 64 kbyte dalam beberapa kasus. Indikator panjangnya kemudian disetel ke nol dan dekoder MPEG harus menggunakan mekanisme lain untuk menemukan akhir paket.

Aliran Dasar yang Dikemas (Packetized Elementary Stream/PES)

Semua aliran dasar dalam MPEG pertama-tama dikemas dalam paket panjang variabel yang disebut paket PES. Paket, yang terutama memiliki panjang 64 kbyte, dimulai dengan header PES dengan panjang minimum 6 byte. Tiga byte pertama dari header ini mewakili "awalan kode awal/start code prefix", yang isinya selalu 00 00 01 dan yang digunakan untuk mengidentifikasi awal paket PES. Byte yang mengikuti kode awal adalah "stream ID" yang menjelaskan jenis aliran

dasar yang mengikuti payload. Ini menunjukkan apa yang mengikuti, apakah itu, misalnya aliran video, aliran audio atau datastream. Setelah itu ada dua byte "panjang paket" yang digunakan untuk mengatasi muatan hingga 64 kbyte. Jika kedua byte ini diset ke nol, paket PES yang memiliki panjang yang mungkin melebihi 64 kbytes dapat diperoleh. Dekoder MPEG kemudian harus menggunakan pengaturan lain untuk menemukan batas paket PES, mis. kode awal.

Setelah 6 byte header PES ini, sebuah "header PES opsional" ditransmisikan yang merupakan perpanjangan opsional dari header PES dan disesuaikan dengan persyaratan aliran dasar yang saat ini sedang ditransmisikan. Ini dikendalikan oleh 11 bendera dengan total 12 bit di header PES opsional ini. Bendera ini menunjukkan komponen mana yang benar-benar ada di "bidang opsional" di header opsional PES dan mana yang tidak. Panjang total header PES ditampilkan di kolom "PES header data length". Kolom opsional di header opsional berisi, antara lain, "Stempel Waktu Presentasi/Presentation Time Stamps" (PTS) dan "Stempel Waktu Dekode/Decode Time Stamps" (DTS) yang penting untuk menyinkronkan video dan audio. Di akhir header PES opsional mungkin juga ada byte isian. Mengikuti header PES lengkap, muatan sebenarnya dari aliran dasar adalah ditransmisikan yang biasanya dapat mencapai panjang hingga 64 kbytes atau bahkan lebih lama dalam kasus khusus, ditambah header opsional.



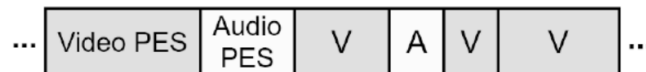
Kolom opsional di dalam header PES opsional

Gambar 2.4 Paket PES

Dalam MPEG-1, paket video PES secara sederhana dimultipleks dengan paket PES dan disimpan pada media data. Kecepatan data maksimum adalah sekitar 1,5 Mbit/s untuk video dan audio dan datastream hanya mencakup aliran video dan aliran audio.

Akan tetapi, “*Packetized Elementary Stream*” (PES) dengan struktur paket yang relatif panjang ini tidak cocok untuk transmisi dan terutama tidak untuk menyiarkan sejumlah program dalam satu sinyal data multipleks.

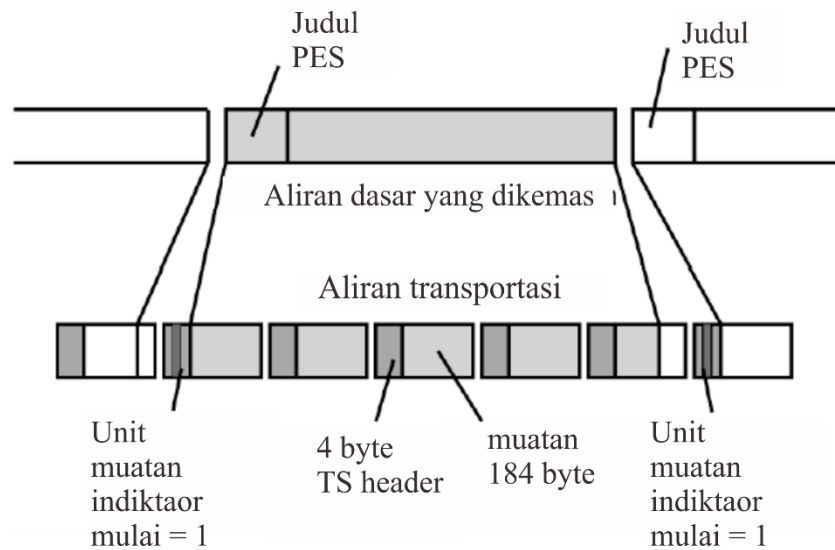
Di MPEG-2, di sisi lain, tujuannya adalah untuk mengumpulkan hingga 6, 10 atau bahkan 20 program TV atau radio independen untuk membentuk satu sinyal data MPEG-2 multipleks yang umum. Sinyal data ini kemudian ditransmisikan melalui satelit, kabel, atau tautan transmisi terestrial. Untuk tujuan ini, paket PES yang panjang juga dibagi menjadi paket yang lebih kecil dengan panjang konstan. Dari paket PES, potongan sepanjang 184-byte diambil dan ke header sepanjang 4-byte ini ditambahkan, membentuk paket sepanjang 188-byte yang disebut “transport stream packets” yang kemudian dimultipleks.



Multiplex video dan audio paket PES

Pengaplikasian:
 MPEG-1 Video CD
 MPEG-2 SVCD
 MPEG-2 Video DVD

Gambar 2.5 Paket PES yang digandakan



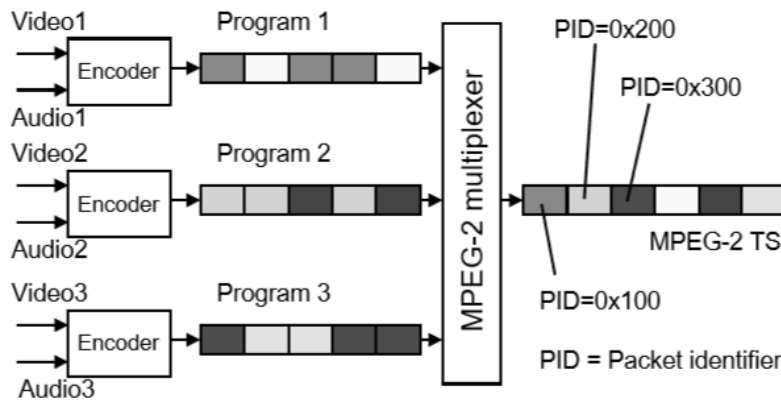
Gambar 2.6 Membentuk paket Transport stream MPEG-2

Untuk melakukan ini, pertama-tama paket aliran transportasi dari satu program dimultipleks bersama-sama. Sebuah program dapat terdiri dari satu atau lebih sinyal video dan audio dan contoh ekstrimnya adalah transmisi Formula 1 dengan sejumlah sudut kamera (trek, penonton, mobil, helikopter) dan disajikan dalam berbagai bahasa. Semua datastream multipleks dari semua

program kemudian digandakan lagi dan digabungkan untuk membentuk aliran data lengkap yang disebut "MPEG-2 transport stream" (disingkat TS/transport stream).

MPEG-2 transport stream berisi paket aliran transport sepanjang 188 byte dari semua program dengan semua sinyal video, audio, dan datanya. Paket dari satu atau aliran dasar lainnya akan muncul lebih sering atau lebih jarang dalam Transport stream MPEG-2b tergantung pada kecepatan data. Untuk setiap program ada satu encoder MPEG yang mengkodekan semua aliran dasar, menghasilkan struktur PES dan kemudian mengemas paket PES ini ke dalam paket Transport stream. Kecepatan data untuk setiap program biasanya sekitar 2 - 7 Mbit/s tetapi kecepatan data agregat untuk video, audio, dan data dapat konstan atau bervariasi sesuai dengan konten program pada saat itu. Ini kemudian disebut "multipleks statistik".

Transport stream dari semua program kemudian digabungkan dalam datastream MPEG-2 yang dimultipleks untuk membentuk satu Transport stream keseluruhan yang kemudian dapat memiliki kecepatan data hingga sekitar 40...55 Mbit/s. Seringkali ada hingga 6, 8 atau 10 atau bahkan 20 program dalam satu Transport stream. Kecepatan data dapat bervariasi selama transmisi tetapi kecepatan data keseluruhan harus tetap konstan. Suatu program dapat berisi video dan audio, hanya audio (siaran audio) atau bahkan hanya data, dan strukturnya fleksibel dan juga dapat berubah selama transmisi. Untuk dapat menentukan struktur arus transportasi selama decoding, Transport stream juga membawa daftar yang menggambarkan struktur, yang disebut "tabel".



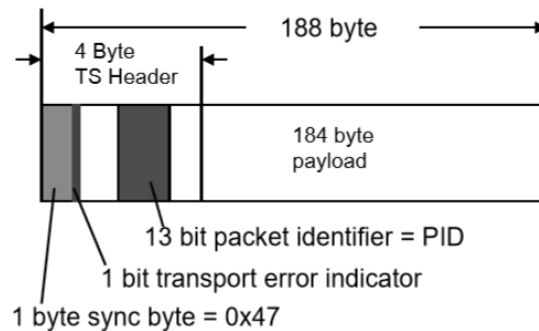
Gambar 2.7 Paket Transport stream MPEG-2 yang digandakan

Paket Transport stream MPEG-2

MPEG-2 transport stream terdiri dari paket-paket yang memiliki panjang konstan. Panjang ini selalu 188 byte, dengan 4 byte header dan 184 byte payload. Payload berisi video, audio atau data umum. Header berisi banyak item penting untuk transmisi paket. Byte header pertama adalah "byte sinkronisasi". Itu selalu memiliki nilai dari 47_{hex} ($0x47$ dalam sintaks C/C++) dan diberi jarak 188 byte konstan dalam Transport stream. Sangat mungkin, dan tentu saja tidak ilegal, ada byte yang memiliki nilai $0x47$ di tempat lain dalam paket; bahkan ini tidak bisa dihindari.

Sinkronisasi byte digunakan untuk menyinkronkan paket ke Transport stream dan nilainya ditambah dengan jarak konstan yang digunakan untuk sinkronisasi. Menurut MPEG, sinkronisasi pada dekoder terjadi setelah lima paket Transport stream diterima. Komponen penting lainnya dari Transport stream adalah "pengidentifikasi paket" 13 bit atau disingkat PID (packet identifier). PID

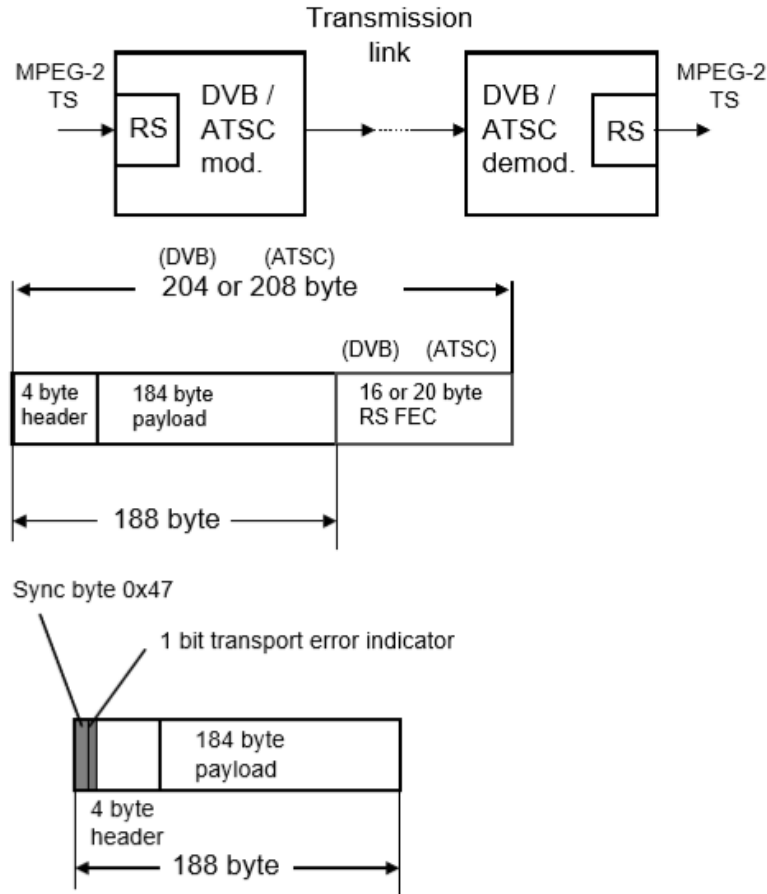
menjelaskan konten yang ada saat itu dari bagian payload dari paket itu. Angka 13 bit heksadesimal dalam kombinasi dengan tabel yang juga termasuk dalam Transport stream menunjukkan aliran mana atau konten dasar mana.



Gambar 2.8 Paket Transport stream MPEG-2

Bit yang segera mengikuti bit sinkronisasi adalah bit “indikator kesalahan transportasi”. Dengan bit ini, paket Transport stream ditandai sebagai error setelah transmisinya. Ini diatur oleh demodulator pada akhir link transmisi jika misalnya terlalu banyak kesalahan yang terjadi dan tidak ada kemungkinan lebih lanjut untuk memperbaikinya melalui mekanisme koreksi kesalahan yang digunakan selama transmisi. Dalam DVB-x1 (Siaran Video Digital, generasi pertama), misalnya, perlindungan kesalahan utama yang digunakan selalu kode koreksi kesalahan Reed Solomon.

Di salah satu tahap pertama modulator (DVB-S, DVB-C atau DVB-T), 16 byte perlindungan kesalahan ditambahkan ke paket awal 188 byte. Perlindungan kesalahan 16 byte ini adalah checksum khusus yang dapat digunakan untuk memperbaiki hingga 8 kesalahan per paket di sisi penerima. Namun, jika ada lebih dari 8 kesalahan dalam sebuah paket, tidak ada kemungkinan lebih lanjut untuk memperbaiki kesalahan, perlindungan kesalahan telah gagal dan paket ditandai sebagai kesalahan oleh indikator kesalahan transportasi. Paket ini tidak boleh lagi didekodekan oleh dekoder MPEG yang justru harus menutupi kesalahan yang dapat dilihat sebagai jenis "pemblokiran" dalam gambar dalam banyak kasus.

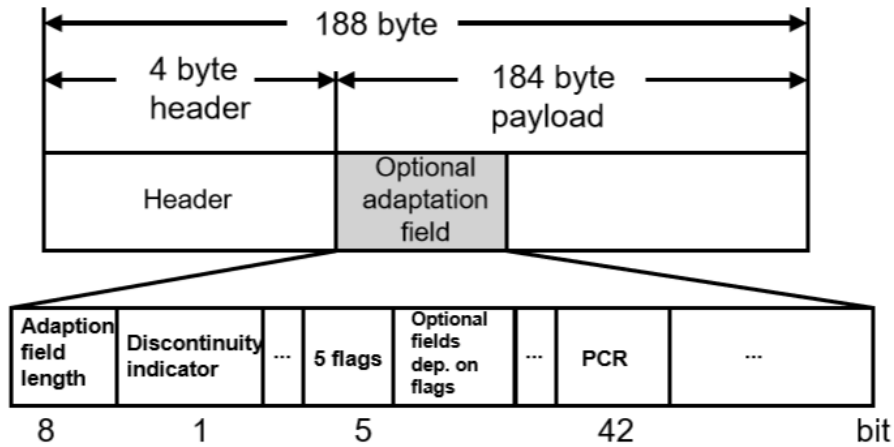


Gambar 2.9 Reed-Salomo FEC

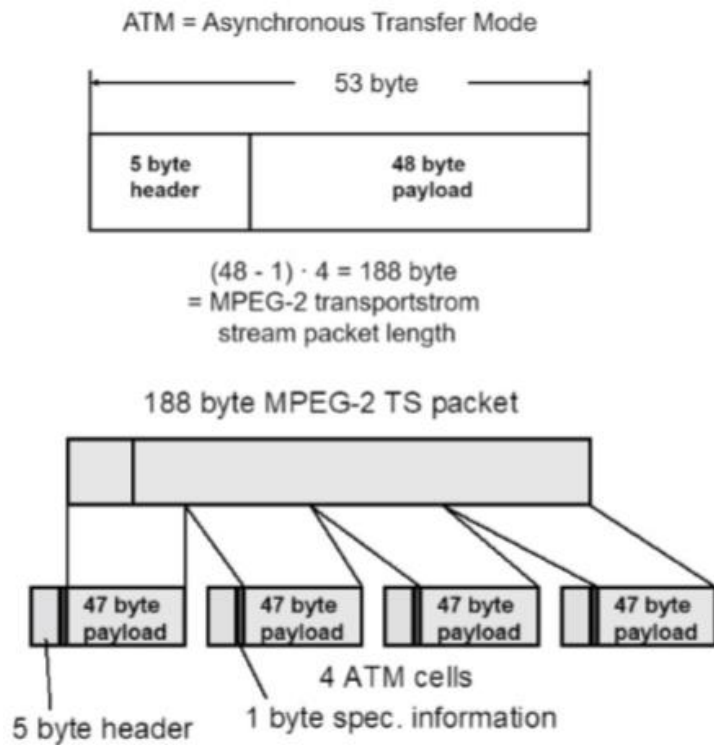
Terkadang diperlukan untuk mengirimkan lebih dari 4 byte header per paket Transport stream. Header diperluas ke bidang muatan dalam kasus ini. Bagian payload menjadi lebih pendek tetapi total panjang paket tetap konstan 188 byte. Header yang diperluas ini disebut "bidang adaptasi". Isi lain dari header dan bidang adaptasi akan dibahas kemudian. "Kontrol adaptasi bit" di header sepanjang 4 byte menunjukkan apakah ada bidang adaptasi atau tidak.

Struktur dan khususnya panjang dari sebuah transport stream packet sangat mirip dengan jenis transmisi data yang dikenal dari teknologi telepon dan LAN, yaitu "asynchronous transfer mode" atau disingkat ATM. Saat ini, ATM digunakan baik dalam jaringan jarak jauh untuk telepon dan panggilan internet dan untuk interkoneksi komputer dalam jaringan LAN di gedung- gedung. ATM juga memiliki struktur paket. Panjang satu sel ATM adalah 53 byte yang berisi 5 byte header dan 48 byte payload. Tepat di awal perkembangannya, MPEG-2 dianggap mengirimkan sinyal data MPEG-2 melalui tautan ATM. Oleh karena itu panjang transport MPEG-2 mengalirkan paket. Mempertimbangkan satu byte khusus di bagian muatan sel ATM, hal ini menyisakan 47 byte data muatan. Kemudian dimungkinkan untuk mengirimkan 188 byte informasi yang berguna melalui 4 sel ATM, berhubungan secara tepat dengan panjang satu paket Transport stream MPEG-2. Dan memang, transmisi MPEG-2 melalui tautan ATM sedang digunakan. Contoh ini ditemukan, misalnya di Austria di mana semua studio nasional dari lembaga penyiaran Austria ORF (*Österreichischer Rundfunk*) terhubung melalui jaringan ATM (disebut LNET). Di Jerman juga,

aliran MPEG dipertukarkan melalui tautan ATM. Namun saat ini link ATM digantikan oleh teknologi IP.



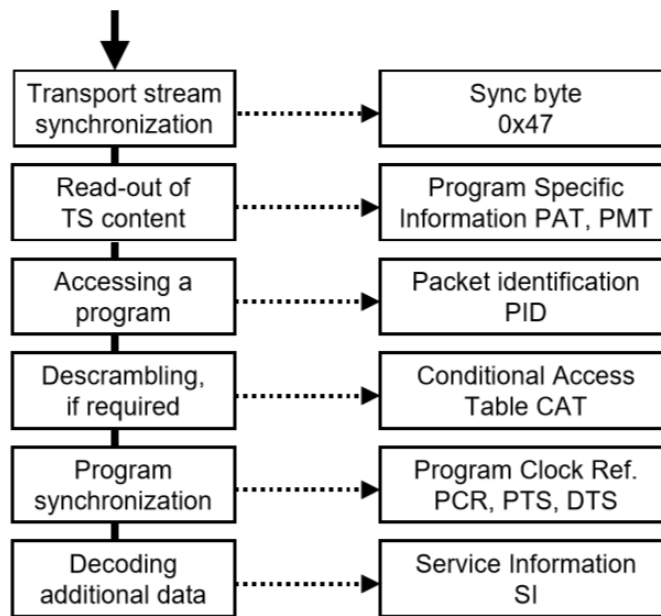
Gambar 2.10 Bidang adaptasi



Gambar 2.11 Sel ATM

Ketika sinyal MPEG ditransmisikan melalui link ATM, berbagai mode transmisi yang disebut ATM Adaptation Layers dapat diterapkan pada tingkat ATM. Modus ditunjukkan pada Gambar. 3.11. sesuai dengan ATM Adaptation Layer 1 tanpa FEC (yaitu AAL1 tanpa FEC (forward error correction)). ATM Adaptation Layer 1 dengan FEC (AAL1 dengan FEC) atau ATM Adaptation Layer 5 (AAL5) juga dimungkinkan. Lapisan yang paling cocok tampaknya adalah AAL1 dengan FEC karena isinya dilindungi dari kesalahan selama transmisi ATM dalam kasus ini.

Fakta bahwa MPEG-2 transport stream adalah sinyal data yang benar-benar asinkron sangat penting. Tidak ada cara untuk mengetahui informasi apa yang akan mengikuti slot waktu berikutnya (= paket Transport stream). Ini hanya dapat ditentukan melalui PID dari paket Transport stream. Tarif data muatan aktual dalam muatan dapat berfluktuasi; mungkin ada isian untuk melengkapi 184 byte yang hilang. Asinkronisme ini memiliki keuntungan besar sehubungan dengan fleksibilitas masa depan, memungkinkan untuk menerapkan metode baru apa pun tanpa banyak adaptasi. Tetapi ada juga kelemahannya: penerima harus selalu memantau dan dengan demikian menggunakan lebih banyak daya; perlindungan kesalahan yang tidak sama seperti, misalnya, dalam DAB (*digital audio broadcasting*/siaran audio digital) tidak dapat diterapkan dan konten yang berbeda tidak dapat dilindungi ke tingkat yang lebih besar atau lebih kecil seperti yang diperlukan.



Gambar 2.12 Informasi untuk penerima

Informasi untuk Penerima

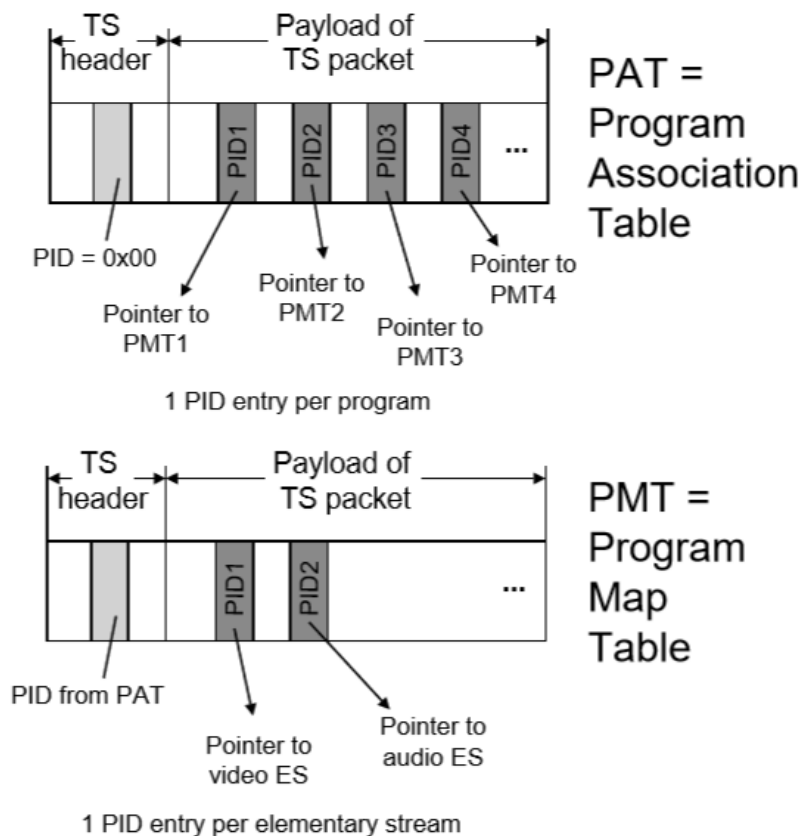
Dalam paragraf berikut, komponen Transport stream yang diperlukan untuk penerima akan dipertimbangkan. Komponen-komponen yang diperlukan dalam hal ini berarti: Apa yang dibutuhkan penerima, misalnya dekoder MPEG, yang digunakan untuk mengekstrak dari beberapa paket Transport stream dengan isi yang paling bervariasi secara persis seperti yang dibutuhkan untuk mendekode program yang diinginkan. Selain itu, dekoder harus dapat menyinkronkan dengan benar ke program ini.

MPEG-2 transport stream adalah sinyal yang benar-benar asinkron dan isinya terjadi secara acak murni atau sesuai permintaan dalam slot waktu individu. Tidak ada aturan mutlak yang dapat digunakan untuk menentukan informasi apa yang akan dimuat selanjutnya dalam paket Transport stream. Dekoder dan setiap elemen pada link transmisi harus mengunci ke struktur paket. PID (*packet identifier*/pengidentifikasi paket) dapat digunakan untuk mencari tahu apa yang sebenarnya sedang ditransmisikan di elemen masing-masing. Di satu sisi, asinkronisme ini memiliki kelebihan karena fleksibilitas total yang diberikan, tetapi ada juga kelemahan terkait

penghematan daya. Setiap paket Transport stream tunggal harus dianalisis terlebih dahulu di penerima

Menyinkronkan ke Transport stream

Ketika input dekoder MPEG-2 terhubung ke MPEG-2 transport stream, input tersebut harus terlebih dahulu mengunci aliran transport, yaitu ke struktur paket. Oleh karena itu, dekoder mencari byte sinkronisasi dalam Transport stream. Nilai yang dimiliki selalu 0x47 dan selalu muncul di awal paket Transport stream. Dengan demikian itu muncul pada interval konstan 188 byte. Kedua faktor ini, yaitu nilai konstan 0x47 dan jarak konstan 188 byte, secara bersama-sama digunakan untuk sinkronisasi. Jika byte yang memiliki nilai 0x47 muncul, dekoder akan memeriksa posisi n kali 188 byte sebelum dan sesudah byte ini dalam aliran transport untuk mengetahui keberadaan byte sinkronisasi lainnya. Jika ada, maka ini adalah byte sinkronisasi. Jika tidak, maka ini hanyalah beberapa kata kode yang secara tidak sengaja mengambil nilai tsb. Tidak dapat dihindari bahwa kata kode 0x47 juga akan muncul dalam Transport stream berkelanjutan. Sinkronisasi akan terjadi setelah 5 paket Transport stream dan dekoder kehilangan kunci setelah kehilangan 3 paket (seperti dikutip dalam Standar MPEG-2).



Gambar 2.13 PAT dan PMT

Membaca Struktur Program Saat Ini

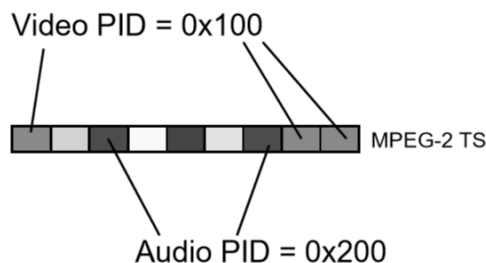
Jumlah dan struktur program yang ditransmisikan dalam Transport stream bersifat fleksibel dan terbuka. Aliran transport dapat berisi satu program dengan satu aliran dasar video dan audio, atau

bisa juga 20 program atau lebih, beberapa hanya dengan audio, beberapa dengan video dan audio dan beberapa dengan video dan sejumlah sinyal audio yang sedang disiarkan. Oleh karena itu, perlu untuk memasukkan daftar tertentu dalam Transport stream yang menggambarkan struktur sesaat dari Transport stream.

Daftar ini memberikan apa yang disebut “informasi spesifik program/*program specific information*”, atau disingkat PSI. Itu adalah tabel yang kadang-kadang ditransmisikan di bagian muatan. Tabel pertama adalah “*Program Association Table*” (PAT). Tabel ini muncul tepat satu kali per Transport stream tetapi diulang setiap 0,5 detik. Tabel ini menunjukkan berapa banyak program yang ada dalam Transport stream ini. Paket Transport stream yang berisi tabel ini memiliki nilai nol sebagai pengenalan paket (*packet identifier/PID*) dan dengan demikian dapat dengan mudah diidentifikasi. Di bagian payload dari tabel asosiasi program, daftar PID khusus ditransmisikan. Ada tepat satu PID per program dalam tabel asosiasi program.

PID ini adalah penunjuk ke informasi lain yang menjelaskan setiap program secara lebih rinci. Itu menunjuk ke tabel lain, yang disebut “Tabel Peta Program/*Program Map Tables*” (PMT). Tabel peta program adalah paket Transport stream khusus dengan bagian muatan khusus dan PID khusus. PID dari PMT ditransmisikan dalam PAT. Jika dimaksudkan untuk menerima, misal program No.3, maka PID no. 3 dipilih dalam daftar semua PID di bagian payload di tabel asosiasi program (*program association table/PAT*). Jika iya, misalnya 0x1FF3, dekoder mencari paket Transport stream yang memiliki PID = 0x1FF3 di headernya. Paket-paket ini kemudian menjadi tabel peta program untuk program no. 3 di jalur transportasi. Tabel peta program berisi PID yang merupakan PID untuk semua aliran dasar yang terdapat dalam program ini (video, audio, data).

Karena mungkin ada sejumlah aliran video dan audio - seperti misalnya dalam siaran film dalam berbagai bahasa - pemirsa harus memilih aliran dasar yang akan didekodekan. Pada akhirnya dia akan memilih tepat 2 PID - satu untuk aliran video dan satu untuk aliran audio, misalnya menghasilkan dua angka heksadesimal PID1 = 0x100 dan PID2 = 0x110. PID1 adalah misalnya PID untuk aliran video yang akan didekodekan dan PID2 adalah PID untuk aliran audio yang akan didekodekan. Mulai sekarang, dekoder MPEG-2 hanya akan tertarik pada paket Transport stream ini, yaitu mendemultiplekskannya dan merakitnya lagi untuk membentuk paket PES. Paket PES inilah yang dipasok ke dekoder video dan audio untuk menghasilkan sinyal video dan audio lainnya.



Gambar 2.14 Mengakses program melalui PID video dan audio

Komposisi Transport stream dapat berubah selama transmisi, misalnya program lokal hanya dapat ditransmisikan dalam window tertentu. Oleh karena itu, receiver TV harus terus memantau di latar belakang struktur sesaat dari Transport stream, membaca PAT dan PMT, dan beradaptasi dengan situasi baru. Header tabel berisi apa yang disebut manajemen versi untuk tujuan ini yang memberi

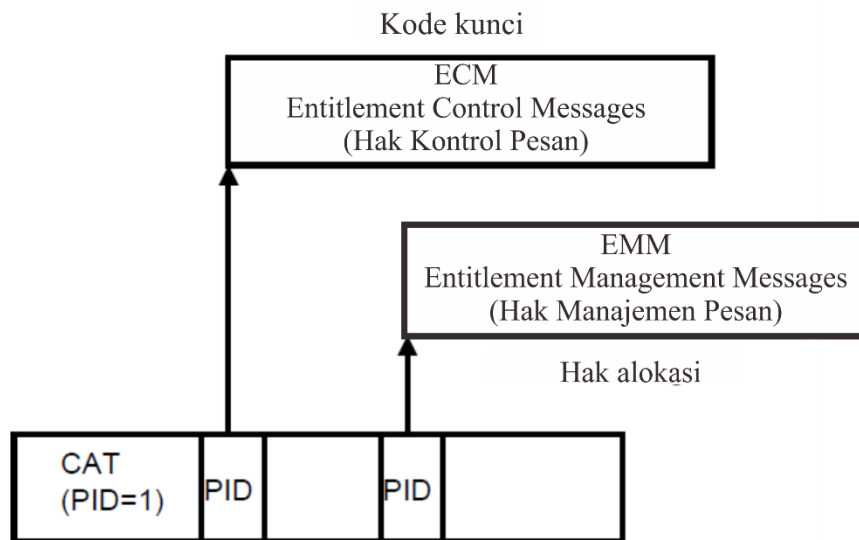
sinyal kepada receiver apakah ada sesuatu yang berubah dalam strukturnya. Sangat disesalkan bahwa hal ini masih tidak berlaku untuk semua receiver DVB. Receiver sering kali mengenali perubahan dalam struktur program hanya setelah pencarian program baru dimulai. Di banyak daerah di Jerman, apa yang disebut “program window regional” dimasukkan ke dalam program siaran layanan publik pada waktu-waktu tertentu dalam sehari.

Mengakses Program

Setelah PID dari semua aliran dasar yang terkandung dalam Transport stream diketahui dari informasi yang terkandung dalam PAT dan PMT dan pengguna telah berkomitmen pada sebuah program, aliran video dan audio, dua PID sekarang ditentukan: PID untuk sinyal video yang akan didekodekan dan PID untuk sinyal audio yang akan didekodekan. Dekoder MPEG-2, atas instruksi pengguna receiver TV, sekarang hanya akan tertarik pada paket-paket ini. Dengan asumsi bahwa PID video adalah 0x100 dan PID audio adalah 0x110: dalam proses demultiplexing berikut semua paket TS dengan 0x100 akan dirakit menjadi paket video PES dan dipasok ke dekoder video. Hal yang sama berlaku untuk paket audio 0x110 yang dikumpulkan bersama dan dipasang kembali untuk membentuk paket PES yang dipasok ke dekoder audio.

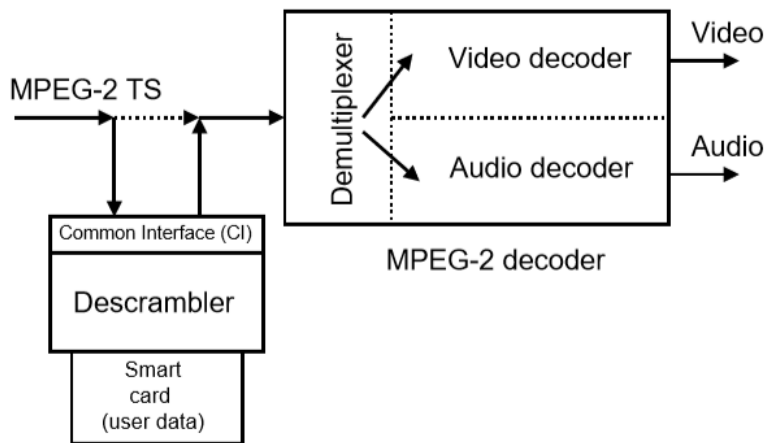
Mengakses Program yang Berantakan

Meskipun begitu, aliran dasar ditransmisikan secara acak. Semua atau beberapa aliran dasar ditransmisikan dengan dilindungi oleh kode elektronik dalam hal TV berbayar atau untuk alasan lisensi yang melibatkan pembatasan lokal pada penerimaan. Aliran dasar diacak dengan berbagai metode (Viaccess, Betacrypt, Irdeto, Conax, Nagravision, dll.) dan tidak dapat diterima tanpa perangkat keras dan otorisasi tambahan. Perangkat keras tambahan ini harus dilengkapi dengan data penguraian dan otorisasi yang sesuai dari Transport stream. Untuk tujuan ini, tabel khusus ditransmisikan dalam Transport stream, "Tabel Akses Bersyarat/Conditional Access Table" (CAT).



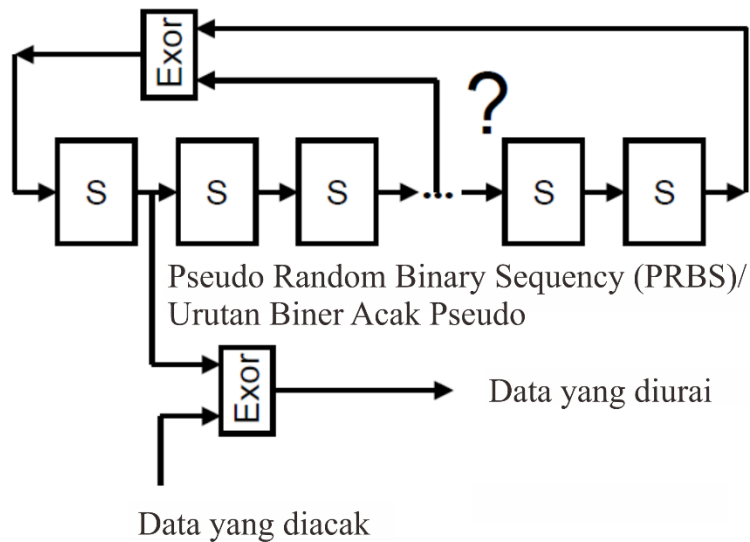
Gambar 2.15 Tabel Akses Bersyarat/Conditional Access Table

CAT memasok PID untuk paket data lain dalam Transport stream di mana informasi penguraian ini ditransmisikan. Informasi penguraian tambahan ini disebut ECM (*entitlement control message*/pesan kontrol hak) dan EMM (*entitlement management message*/pesan manajemen hak). ECM digunakan untuk mentransmisikan kode pengacakan dan EMM digunakan untuk administrasi pengguna. Faktor pentingnya adalah bahwa hanya aliran dasar itu sendiri yang dapat diacak, dan tidak ada header Transport stream (atau tabel). Selain itu, tidak diizinkan untuk mengacak header Transport stream atau bidang adaptasi.



Gambar 2.16 Penguraian di penerima DVB

Penguraian itu sendiri dilakukan di luar dekoder MPEG dalam perangkat keras tambahan yang terkait dengan metode penguraian, yang dapat dihubungkan ke apa yang disebut "antarmuka umum/*common interface*" (CI) di dekoder. Aliran transport dilingkarkan melalui perangkat keras ini sebelum diproses lebih lanjut dalam dekoder MPEG. Informasi dari ECM dan EMM serta kode pribadi pengguna dari kartu pintar kemudian memungkinkan aliran untuk diacak.

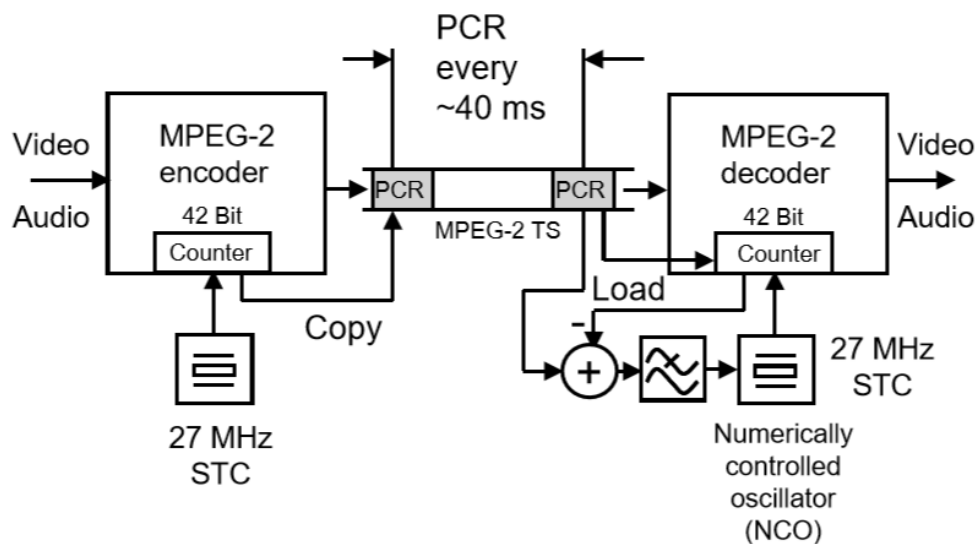


Gambar 2.17 Pengacakan dan penguraian oleh generator PRBS di sistem CA dan receiver

Sinkronisasi Program (PCR, DTS, PTS)

Setelah PID untuk video dan audio telah ditentukan dan setiap program yang diacak telah diurai dan aliran telah didemultipleks, paket PES video dan audio dihasilkan lagi. Ini kemudian dipasok ke dekoder video dan audio. Penguraian kode yang sebenarnya membutuhkan beberapa langkah sinkronisasi lagi. Langkah pertama terdiri dari menghubungkan jam receiver ke jam pemancar. Seperti yang ditunjukkan pada awalnya, sinyal luminansi diambil sampelnya pada 13,5 MHz dan dua sinyal krominans diambil sampelnya pada 6,75 MHz. 27 MHz adalah kelipatan dari frekuensi pengambilan sampel ini, oleh karena itu frekuensi ini digunakan sebagai frekuensi referensi, atau frekuensi dasar, untuk semua langkah pemrosesan dalam pengkodean MPEG di ujung pemancar. Sebuah osilator 27 MHz dalam encoder MPEG mengumpankan "System Time Clock" (STC).

STC pada dasarnya adalah penghitung 42 bit yang di-clock oleh clock 27 MHz yang sama dan dimulai lagi dari nol setelah overflow. Posisi LSB tidak naik ke FFF tapi hanya sampai 300. Kirakira setiap 26,5 jam penghitung dimulai ulang dari nol. Di sisi penerima, *system time clock* (STC) lain harus disediakan, yaitu diperlukan osilator 27 MHz lain yang terhubung ke penghitung 42 bit. Namun, frekuensi osilator 27 MHz ini harus dalam sinkronisasi lengkap dengan ujung transmisi, dan penghitung 42 bit juga harus dihitung dalam sinkronisasi lengkap.

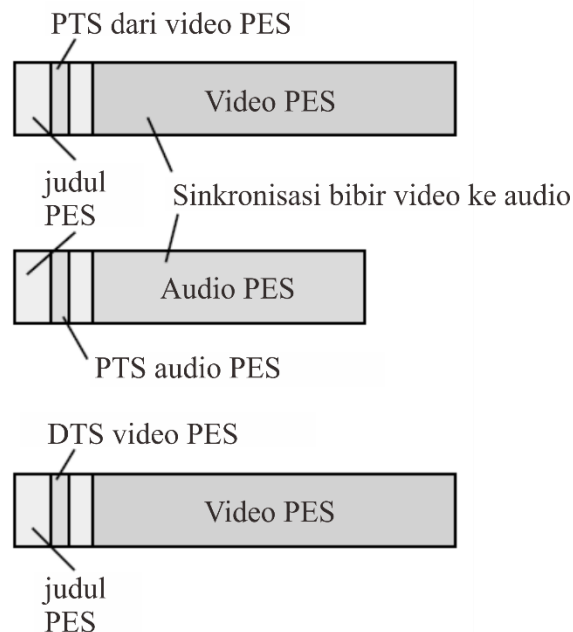


Gambar 2.18 Referensi Jam Program/Program Clock Reference

Untuk mencapai ini, referensi informasi ditransmisikan dalam datastream MPEG. Dalam MPEG-2, ini adalah nilai "Referensi Jam Program/Program Clock Reference" (PCR) yang tidak lain adalah salinan penghitung STC terbaru yang dimasukkan ke dalam Transport stream pada waktu tertentu. Datastream dengan demikian membawa "waktu jam" internal yang akurat. Semua proses pengkodean dan penguraian kode dikendalikan oleh waktu jam ini. Untuk melakukan ini, receiver, yaitu dekoder MPEG, harus membaca "waktu jam", yaitu nilai PCR, dan membandingkannya dengan jam sistem internalnya sendiri, yaitu penghitung 42 bitnya sendiri.

Jika nilai PCR yang diterima dikunci ke jam sistem di dekoder, jam 27 MHz di ujung penerima cocok dengan ujung transmisi. Jika ada penyimpangan, variabel terkontrol untuk PLL dapat dihasilkan dari besarnya penyimpangan, yaitu osilator di ujung penerima dapat dikoreksi. Secara paralel, jumlah 42 bit selalu diatur ulang ke nilai PCR yang diterima, yaitu persyaratan dasar untuk inisialisasi sistem dan jika terjadi perubahan program.

Nilai PCR harus ada dalam jumlah yang cukup, yaitu dengan jarak maksimum, dan relatif akurat, yaitu bebas dari jitter. Berdasarkan MPEG, jarak maksimum per program adalah 40 ms antara nilai PCR individu. Jitter PCR harus kurang dari 500 ns. Pada awalnya masalah PCR muncul dengan sendirinya dalam contoh pertama di mana alih-alih gambar berwarna, gambar hitam/putih yang ditampilkan. Masalah jitter PCR dapat terjadi selama re-multiplexing Transport stream, di antara kondisi yang lain. Alasannya adalah bahwa misalnya, urutan transportasi paket aliran diubah tanpa mengubah informasi PCR yang sedang berjalan. Sering ada jitter PCR hingga 30 μ s meskipun hanya 500 ns yang diperbolehkan. Ini dapat ditangani oleh banyak dekoder tetapi tidak semua dekoder bisa. Informasi PCR ditransmisikan di bidang adaptasi dari paket Transport stream milik program yang sesuai. Informasi yang tepat tentang jenis paket TS di mana hal ini dilakukan dapat ditemukan di tabel peta program (*program map table/PMT*) yang sesuai. PMT berisi apa yang disebut PCR_PID yang sesuai dengan PID video dari masing-masing program dalam banyak kasus. Setelah sinkronisasi jam program tercapai, langkah-langkah pengkodean video dan audio kemudian dijalankan dalam kunci dengan jam waktu sistem/*system time clock* (STC).



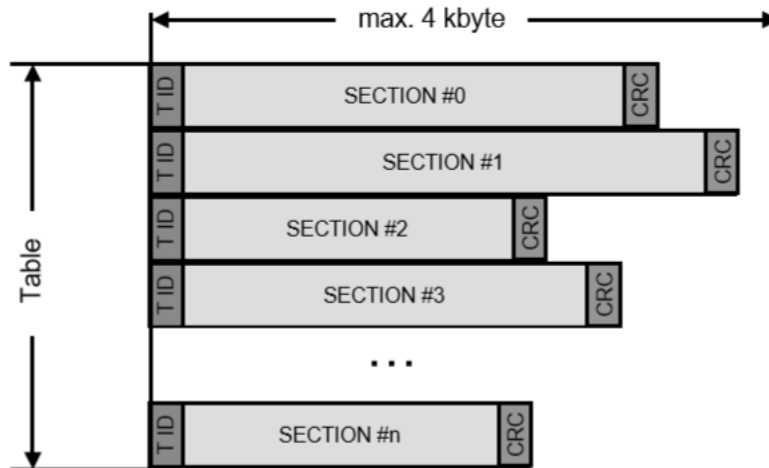
Gambar 2.19 PTS dan DTS

Namun, masalah lain sekarang muncul dengan sendirinya. Video dan audio harus diterjemahkan dan direproduksi dengan sinkronisasi gerak bibir. Agar dapat mencapai "lip sync", yaitu sinkronisasi antara video dan audio, informasi waktu tambahan dimasukkan ke dalam header PES video dan audio. Informasi waktu ini berasal dari jam waktu sistem (STC, 42 bit). Menggunakan 33 bit paling signifikan (MSB) dari STC, nilai ini dimasukkan ke dalam header PES video dan audio pada interval maksimum 700 ms dan disebut "Stempel Waktu Presentasi/*Presentation Time Stamps*" (PTS).

Seperti yang akan kita lihat nanti di bagian pengkodean video, urutan di mana informasi gambar terkompresi ditransmisikan akan berbeda dari urutan perekamannya. Urutan frame sekarang diacak sesuai dengan aturan pengkodean tertentu, yaitu ukuran yang diperlukan untuk menghemat ruang memori di dekoder. Untuk memulihkan urutan asli, stempel waktu tambahan harus

dimasukkan ke dalam aliran video. Ini disebut “Decoding Time Stamps” (DTS) dan juga ditransmisikan dalam header PES.

Dekoder MPEG-2 di receiver TV kemudian dapat memecahkan kode aliran video dan audio dari suatu program, menghasilkan lagi sinyal video dan audio, baik dalam bentuk analog maupun dalam bentuk digital.



Gambar 2.20 Bagian dan tabel

Informasi Tambahan dalam Transport stream (SI)

Berdasarkan MPEG, informasi yang ditransmisikan dalam Transport stream cukup berorientasi pada perangkat keras, hanya berkaitan dengan persyaratan minimum absolut. Namun, ini tidak membuat pengoperasian receiver TV menjadi sangat mudah digunakan. Misalnya, ini masuk akal, dan perlu, untuk mengirimkan nama program dengan tujuan identifikasi. Hal ini juga diinginkan untuk menyederhanakan pencarian channel transmisi fisik yang berdekatan. Hal ini juga perlu untuk mengirimkan panduan program elektronik/*electronic program guides* (EPG) dan informasi waktu dan tanggal

Bagian dan Tabel Non-Pribadi dan Pribadi

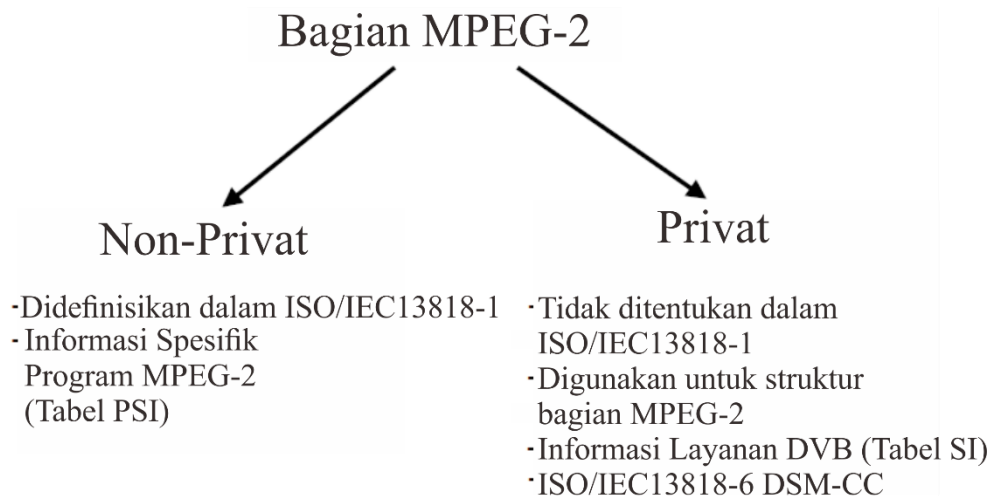
Untuk mengatasi ekstensi apa pun, MPEG telah memasukkan "pintu terbuka" dalam Standar MPEG-2. Selain "Informasi Spesifik Program/*Program Specific Information*" (PSI), "Tabel Peta Program/*Program Map Table*" (PMT) dan "Tabel Akses Bersyarat/*Conditional Access Table*" (CAT), ini menciptakan kemungkinan untuk menggabungkan apa yang disebut "bagian pribadi dan tabel pribadi" dalam Transport stream. Kelompok itu telah mendefinisikan mekanisme yang menentukan seperti apa tampilan bagian atau tabel, seperti apa strukturnya dan dengan aturan apa itu dihubungkan ke Transport stream.

Menurut Sistem MPEG-2 (ISO/IEC 13818-1), berikut ini ketentuan untuk setiap jenis tabel:

- Sebuah tabel ditransmisikan di bagian payload dari satu atau lebih paket Transport stream dengan PID khusus yang dicadangkan hanya untuk tabel ini (DVB) atau beberapa jenis tabel (ATSC).

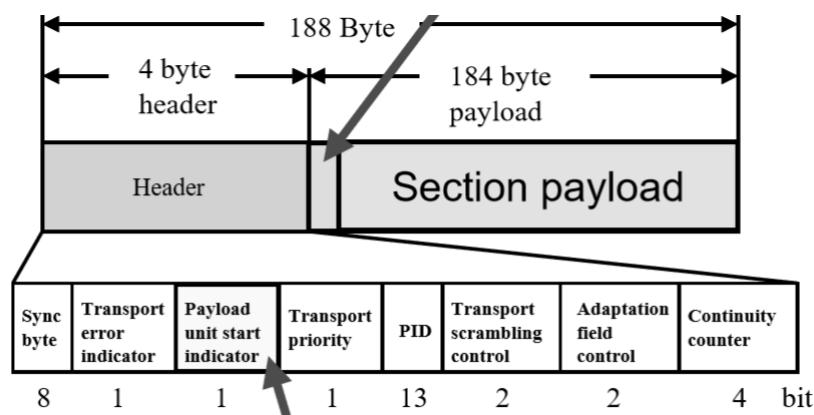
- Setiap tabel dimulai dengan ID tabel yang merupakan byte khusus yang hanya mengidentifikasi tabel ini saja. ID tabel adalah byte payload pertama dari sebuah tabel.
- Setiap tabel dibagi menjadi beberapa bagian yang diizinkan untuk memiliki ukuran maksimum 4 kbytes. Setiap bagian dari tabel diakhiri dengan checksum CRC sepanjang 32-bit di seluruh bagian.

“Informasi Spesifik Program/*Program Specific Information*” (PSI) memiliki struktur yang persis sama. PAT memiliki PID nol dan dimulai dengan ID tabel nol. PMT memiliki PID yang didefinisikan dalam PAT sebagai PID dan memiliki 2 ID tabel. CAT memiliki PID dan ID tabel satu dalam setiap kasus. PSI dapat terdiri dari satu atau lebih paket Transport stream untuk PAT, PMT, dan CAT tergantung pada isinya.



Sebuah tabel = 1 ... N bagian dengan tipe yang sama
(maks. 1024 byte / 4096 byte per section)

Gambar 2.21 Bagian dan tabel berdasarkan MPEG-2



Panah atas Pointer untuk memulai payload bagian, sebagian besar diatur ke 0x00

Panah bawah Indikator mulai unit muatan: setel ke "1"

Gambar 2.22 Awal bagian dalam paket Transport stream MPEG-2

Selain tabel PSI PAT, PMT, dan CAT yang disebutkan di atas, tabel lain, yang disebut "Tabel Informasi Jaringan/*Network Information Table*" (NIT) disediakan secara prinsip tetapi tidak distandarisasi secara rinci. Tabel itu sebenarnya diimplementasikan sebagai bagian dari proyek DVB (*Digital Video Broadcasting*).

Semua tabel diimplementasikan melalui mekanisme bagian. Ada bagian non-pribadi dan pribadi. Bagian non-pribadi didefinisikan dalam Standar Sistem MPEG-2 asli. Sedangkan semuanya yang lain benar-sangat pribadi. Bagian non-pribadi termasuk tabel PSI dan yang pribadi termasuk bagian SI dari DVB dan bagian MPEG-2 DSM-CC (*Digital Storage Media Command and Control/Perintah dan Kontrol Media Penyimpanan Digital*) yang digunakan untuk penyiaran data. Header tabel berisi administrasi nomor versi tabel dan informasi tentang jumlah bagian tabel yang dibuat. Pertama-tama, receiver harus memindai melalui header bagian ini sebelum dapat mengevaluasi bagian dan tabel lainnya. Secara alami, semua bagian harus dipecah dari panjang maksimum asli 4 kbytes menjadi maksimum 148 byte panjang payload dari paket stream transport MPEG-2 sebelum ditransmisikan.

table_id	8 Bit
section_syntax_indicator	1
private_indicator	1
reserved	2
section_length	12
if (section_syntax_indicator == 0)	
table_body1() /* short table */	
else	
table_body2() /* long table */	
if (section_syntax_indicator == 1)	
CRC	32 Bit

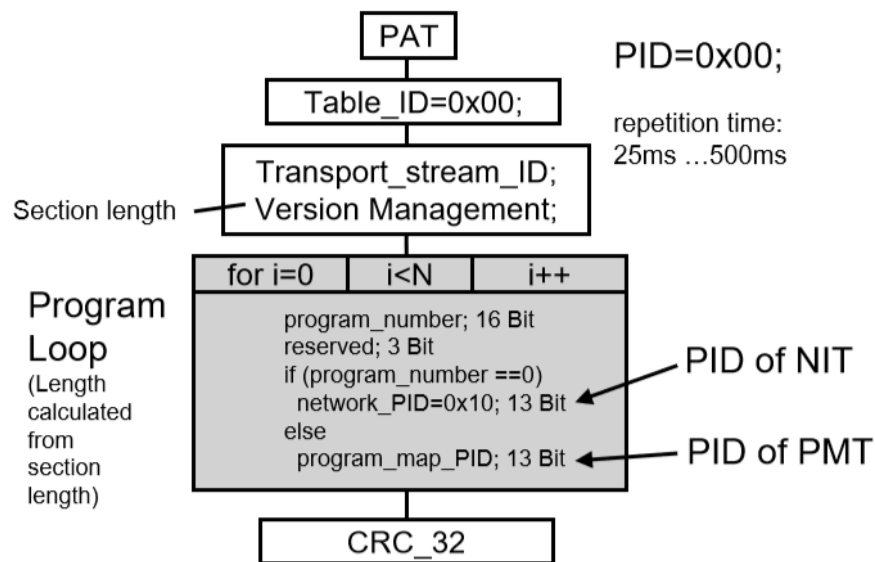
Gambar 2.23 Struktur dari suatu bagian

table_body1()	
{	
for (i=0;i<N;i++)	
data_byte	8 Bit
}	
table_body2()	
{	
table_id_extension	16 Bit
reserved	2
version_number	5
current_next_indicator	1
section_number	8
last_section_number	8
for (i=0;i<N;i++)	
data_byte	8 Bit
}	

Gambar 2.24 Struktur payload bagian

Dalam kasus PSI/SI, batas panjang bagian telah diturunkan menjadi 1 kbyte di hampir semua tabel, satu-satunya pengecualian adalah EIT (*Event Information Table/Tabel Informasi Peristiwa*) yang digunakan untuk mentransmisikan panduan program elektronik/*electronic program guide* (EPG). Bagian dari EIT dapat mengasumsikan panjang maksimum 4 kbyte karena bagian itu membawa sejumlah besar informasi seperti dalam kasus EPG selama seminggu.

Jika bagiannya dimulai dalam paket Transport stream, indikator awal unit muatan dari headernya diatur ke "1". Header TS kemudian segera diikuti oleh pointer yang menunjuk (dalam jumlah byte) ke awal bagian yang sebenarnya. Dalam kebanyakan kasus (dan selalu dalam kasus PSI/SI), pointer ini disetel ke nol yang berarti bagiannya dimulai segera setelah pointer.



Gambar 2.25 Struktur rinci dari PAT

Jika pointer memiliki nilai yang berbeda dari nol, sisa bagian sebelumnya masih dapat ditemukan dalam paket Transport stream ini. Ini digunakan untuk menyimpan paket TS, contohnya adalah MPE (*multi-protocol encapsulation/enkapsulasi multi-protokol*) pada bagian DSM-CC dalam kasus IP melalui MPEG-2 (lihat DVB-H).

Struktur dari bagian selalu mengikuti rencana yang sama. Bagian dimulai dengan table_ID, sebuah byte yang menandakan tipe tabel. Bit section_syntax_indicator menunjukkan apakah ini adalah jenis bagian yang pendek (bit = 0) atau yang panjang (bit = 1). Jika itu adalah bagian yang panjang, ini kemudian diikuti oleh header tambahan yang berisi, antara lain, manajemen versi bagian dan panjangnya serta nomor bagian terakhir. Nomor versi menunjukkan jika isi bagian telah berubah (misalnya dalam kasus PMT dinamis atau jika struktur program telah berubah). Bagian yang panjang selalu diakhiri dengan checksum CRC sepanjang 32-bit di seluruh bagian.

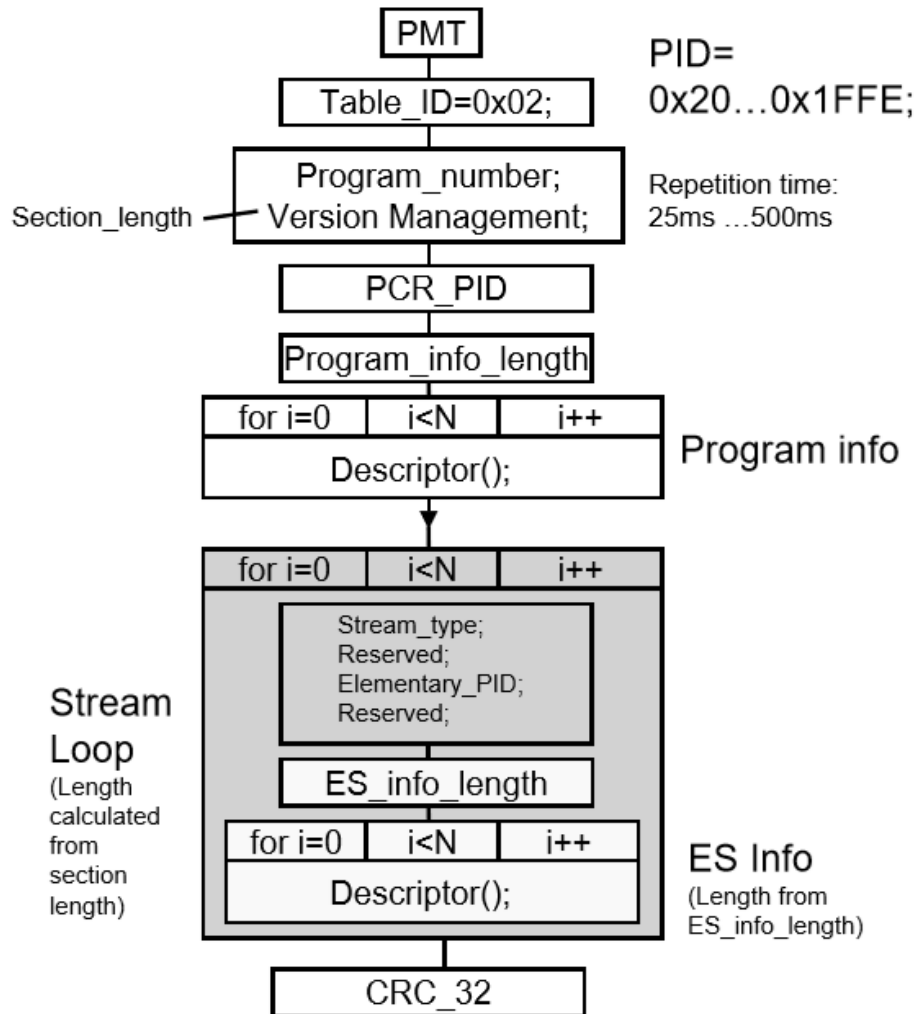
Struktur rinci dari PAT dan PMT sekarang juga dapat dipahami dengan lebih mudah. Sebuah PAT dimulai dengan table_ID = 0x00. Jenisnya adalah tabel panjang non-pribadi, yaitu manajemen versi yang mengikuti di header. Karena informasi tentang struktur program yang akan ditransmisikan sangat singkat, satu bagian hampir selalu cukup (last_section_no = 0) dan juga muat di dalam paket transport. Dalam loop program, nomor program dan ID peta program terkait dicantumkan untuk setiap program. Nomor program nol adalah pengecualian khusus, ini

menginformasikan tentang PID dari NIT (Network Information Table/Tabel Informasi Jaringan) nanti. PAT kemudian diakhiri dengan checksum CRC. Ada satu PAT per Transport stream tetapi diulang setiap 0,5 detik. Di header tabel, nomor yang tidak ambigu, transport stream_ID, dialokasikan ke Transport stream yang melaluinya dapat dialamatkan dalam jaringan (misalnya jaringan satelit dengan banyak Transport stream). PAT tidak mengandung informasi teks apa pun.

Tabel peta program/program map table (PMT) dimulai dengan table_ID = 0x02. PID ditandai melalui PAT dan berada dalam kisaran 0x20 ... 0x1FFE. PMT juga disebut tabel non-pribadi dengan manajemen versi dan checksum CRC penutup. Header PMT mengusung program_no, yang sudah familiar dari PAT. Program_no di PAT dan PMT harus cocok, misalnya setara.

Program Association Section		
Table id	8 bit	0x00
Section syntax indicator	1 bit	1
'U'	1 bit	0
reserved	2 bit	3
Section length	12 bit	57
Transport stream id	16 bit	0x2712
reserved	2 bit	3
Version number	5 bit	1
Current/host indicator	1 bit	1
Section number	8 bit	0
Last section number	8 bit	0
<hr/>		
Program Loop		
Program number	16 bit	0xC620
reserved	3 bit	7
Program map PID	13 bit	0x0109
Program number	16 bit	0x0000
reserved	3 bit	7
Network PID	13 bit	0x0010
Program number	16 bit	0x138C
reserved	3 bit	7
Program map PID	13 bit	0x0104
Program number	16 bit	0xC60C
reserved	3 bit	7
Program map PID	13 bit	0x0100
Program number	16 bit	0xC60D
reserved	3 bit	7
Program map PID	13 bit	0x0101
Program number	16 bit	0xC60E
reserved	3 bit	7
Program map PID	13 bit	0x0102
Program number	16 bit	0xC60F
reserved	3 bit	7
Program map PID	13 bit	0x0103
Program number	16 bit	0xC610
reserved	3 bit	7
Program map PID	13 bit	0x0105
Program number	16 bit	0xC611
reserved	3 bit	7
Program map PID	13 bit	0x0106
Program number	16 bit	0xC612
reserved	3 bit	7
Program map PID	13 bit	0x0108
Program number	16 bit	0xC615
reserved	3 bit	7
Program map PID	13 bit	0x010C
Program number	16 bit	0xC61F
reserved	3 bit	7
Program map PID	13 bit	0x0107
<hr/>		
CRC 32	32 bit	0xE3854872
CRC ok		

Gambar 2.26 Rincian Tabel Asosiasi Program (contoh praktis)



Gambar 2.27 Struktur rinci dari Tabel Peta Program/Program Map Table

Program Map Section			
Table id	8 bit	0x02	Table_ID
Section syntax indicator	1 bit	1	
'0'	1 bit	0	"0" = not private
reserved	2 bit	0x3	
Section length	12 bit	23	
Program number	16 bit	0x0001 (1)	Program no.
reserved	2 bit	0x3	
Version number	5 bit	0	
Current/next indicator	1 bit	1	sub_table is currently applicable
Section number	8 bit	0	
Last section number	8 bit	0	
reserved	3 bit	0x7	
PCR PID	13 bit	0x0064 (100)	PCR_PID
reserved	4 bit	0xF	
Program info length	12 bit	0	
Descriptors			
Stream Loop			
Stream type	8 bit	0x02 (2)	Video MPEG 2
reserved	3 bit	0x7	
Elementary PID	13 bit	0x0064 (100)	Video PID
reserved	4 bit	0xF	
E5 info length	12 bit	0	
Descriptors			
Stream type	8 bit	0x04 (4)	Audio MPEG 2
reserved	3 bit	0x7	
Elementary PID	13 bit	0x0065 (101)	Audio PID
reserved	4 bit	0xF	
E5 info length	12 bit	0	
Descriptors			
CRC 32	32 bit	0xB1909459	CRC ok

Judul tabel/
versi manajemen

Putaran aliran

Gambar 2.28 Detail Tabel Peta Program (contoh praktis)

Header PMT diikuti oleh program_info_loop di mana berbagai deskriptor dapat dimasukkan sesuai kebutuhan yang menjelaskan komponen program secara lebih rinci. Namun, hal itu tidak harus. Komponen program yang sebenarnya seperti video, audio, atau teletext diidentifikasi melalui loop aliran yang berisi entri untuk masing-masing jenis aliran dan PID dari aliran dasar.

Dimungkinkan untuk memasukkan sejumlah deskriptor untuk setiap komponen program dalam ES_info_loop. Ada satu PMT untuk setiap program dan dikirim setiap 0,5 detik. Tidak ada informasi teks di PMT juga.

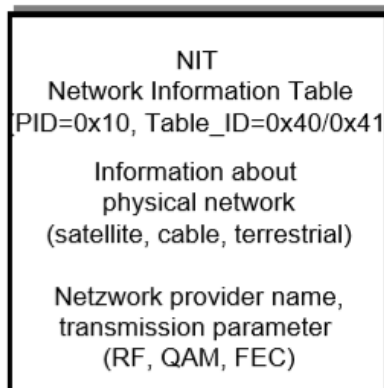
Gambar 2.28 menunjukkan contoh sebenarnya dari struktur Tabel Peta Program, yang dalam hal ini cukup singkat. Ini akan dibahas secara lebih rinci sebagai representasi dari banyak tabel lain berikut ini. Contoh, direkam dengan peng analisis MPEG-2, menunjukkan bahwa PMT dimulai dengan ID tabel 0x02, yaitu suatu byte yang mengidentifikasinya dengan jelas.

PAT	Program Association Table
PMT's	Program Map Table
CAT	Conditional Access Table
(NIT)	Network Information Table
Private Sections / Tables	

NIT	Network Information Table
SDT	Service Descriptor Table
BAT	Bouquet Association Table
EIT	Event Information Table
RST	Running Status Table
TDT	Time&Date Table
TOT	Time Offset Table
ST	Stuffing Table

Gambar 2.29 MPEG-2 PSI dan DVB SI, kolom atas adalah Informasi Spesifik Program MPEG-2 PSI, sedangkan kolom bawah adalah Informasi Layanan DVB SI

Bit indikator sintaks bagian diatur ke "1" untuk memberi tahu seseorang bahwa ini adalah tabel panjang dengan manajemen versi. Bit berikutnya diatur ke "0" dan mengidentifikasi tabel ini sebagai tabel MPEG non/pribadi. Panjang bagian menunjukkan berapa lama bagian saat ini dari tabel ini. Dalam kasus ini yaitu panjang 23 byte. Bidang ekstensi table_ID berisi nomor program; juga harus ada entri yang sesuai di PAT. Nomor versi dan indikator saat ini/berikutnya menandakan perubahan dalam tabel peta program. Informasi ini harus terus-menerus diperiksa oleh receiver yang harus menanggapi perubahan dalam struktur program (PMT dinamis) jika perlu. Nomor bagian memberi tahu bagian apa ini seharusnya dan Last Section No menginformasikan tentang nomor bagian terakhir dari sebuah tabel. Dalam hal ini dengan cara diatur ke nol, misalnya tabel hanya berisi satu bagian.



Gambar 2.30 Tabel Informasi Jaringan/Network Information Table (NIT)

PCR_PID (program clock reference-packet identifier/referensi jam program-pengidentifikasi paket) menyediakan PID di mana nilai PCR disiarkan. Ini merupakan PID video dalam banyak kasus.

Seharusnya sekarang ada program_info_loop tetapi tidak ada dalam contoh ini, fakta yang ditandai dengan indikator panjang "program_info_length = 0.

Namun, loop aliran memberikan informasi tentang PID video dan audio. Jenis aliran menunjukkan jenis muatan, yaitu video MPEG-2 dan audio MPEG-2 dalam hal ini.

Tabel 2.4. Jenis aliran Tabel Peta Program

Nilai	Keterangan
0x00	ITU-T/ISO/IEC reserved
0x01	ISO/IEC 11172 MPEG-1 video
0x02	ITU-T H.262 / ISO/IEC13818-2 MPEG-2 video
0x03	ISO/IEC 11172 MPEG-1 audio
0x04	ISO/IEC 13818-3 MPEG-2 audio
0x05	ITU-T H222.0 / ISO/IEC 13818-1 private sections
0x06	ITU-T H.222.0 / ISO/IEC 13818-1 PES packets containing private data
0x07	ISO/IEC 13522 MHEG
0x08	ITU-T H.222.0 /ISO/IEC 13818-1 annex A DSM-CC
0x09	ITU-T H.222.1
0x0A	ISO/IEC 13818-6 DSM-CC type A
0x0B	ISO/IEC 13818-6 DSM-CC type B
0x0C	ISO/IEC 13818-6 DSM-CC type C
0x0D	ISO/IEC 13818-6 DSM-CC type D
0x0E	ISO/IEC 13818-1 auxiliary
0x0F-0x7F	ITU-T H.222.0 / ISO/IEC 13818-1 reserved
0x80-0xFF	User privat

Layanan Informasi menurut DVB (SI)

Dengan memanfaatkan fitur "bagian pribadi" dan "meja pribadi", Grup DVB Indonesia telah memperkenalkan banyak tabel tambahan yang dimaksudkan untuk menyederhanakan

pengoperasian dekoder atau receiver DVB secara umum. Disebut "Informasi Layanan/Service Information" (SI), hal itu didefinisikan dalam Standar ETSI ETS300468.

Hal itu adalah tabel-tabel berikut: "Tabel Informasi Jaringan/Network Information Table" (NIT), "Tabel Deskripsi Layanan/*Service Descriptor Table*" (SDT), "Tabel Asosiasi Buket/*Bouquet Association Table*" (BAT), "Tabel Informasi Acara/*Event Inforamtion Table*" (EIT), "Tabel Status Berjalan/*Running Status Table*" (RST), "Tabel Waktu & Tanggal/*Time & Date Table*" (TDT), "Tabel Offset Waktu/*Time OFFset Table*" (TOT) dan, yang terakhir "*Stuffing Table*" (ST). Kedelapan tabel ini sekarang akan dijelaskan lebih detail

"Tabel Informasi Jaringan/Network Information Table" (NIT) menjelaskan semua parameter fisik channel transmisi DVB. Tabel ini berisi, misalnya frekuensi yang diterima dan jenis transmisi (satelit, kabel, terestrial) dan juga semua data teknis transmisi, yaitu proteksi kesalahan, jenis modulasi, dll. Tabel ini bertujuan untuk mengoptimalkan pemindaian channel sebanyak mungkin. Receiver TV dapat menyimpan semua parameter channel fisik saat memindai selama pengaturan, dan itu dimungkinkan, misalnya untuk menyiarkan informasi tentang semua channel fisik yang tersedia dalam jaringan (misalnya satelit, kabel), sehingga memungkinkan untuk menghilangkan pencarian fisik channel yang sebenarnya.

NIT berisi informasi berikut:

- Jalur transmisi (satelit, kabel, terestrial)
- Frekuensi yang diterima
- Jenis modulasi
- Perlindungan kesalahan
- Parameter transmisi

Faktor penting dalam kaitannya dengan NIT adalah bahwa banyak receiver TV mungkin berperilaku "aneh" jika parameter transmisi di NIT tidak sesuai dengan transmisi sebenarnya. Jika, misalnya frekuensi pancar yang diberikan dalam NIT tidak sesuai dengan frekuensi yang diterima, banyak receiver, tanpa alasan yang jelas, mungkin menolak untuk mereproduksi gambar atau suara apa pun.

Network Information Section		8 bit	0x41 (65)	other network
Table id				
Section syntactic indicator		1 bit	1	
reserved (future use)		1 bit	0x1	
reserved		2 bit	0x3	
Section length		12 bit	98	
Network id		16 bit	0x3003 (12291)	
reserved		2 bit	0x3	
Version number		5 bit	0	
Current/new indicator		1 bit	1	
Section number		8 bit	0	
Last section number		8 bit	0	
reserved (future use)		4 bit	0xF	
Network description length		12 bit	76	
Network Name Descriptor				
Descriptor tag		8 bit	0x48 (72)	
Descriptor length		8 bit	24	
Network name		24 char	D/VE-T Berlin/Brandenburg	
reserved (future use)		4 bit	0xF	
reserved (future use)		12 bit	0	
Transport Stream Loop				
Transport stream id		16 bit	0x001 (769)	
Original network id		16 bit	0x2114 (8468)	
reserved (future use)		4 bit	0xF	
Transport descriptors length		12 bit	15	
Service List Descriptor				
Descriptor tag		8 bit	0x41 (65)	
Descriptor length		8 bit	0	
Service List Descriptor Loop				
Terrestrial Delivery System Descriptor				
Descriptor tag		8 bit	0x5A (90)	
Descriptor length		8 bit	11	
Centre frequency		32 bit	0x00E0740	658 000 000 MHz
Bandwidth		3 bit	0	8 MHz
reserved (future use)		5 bit	0x1F	
Constellation		2 bit	1	16-QAM
Hierarchy information		3 bit	0	non-hierarchical
Code rate (HP streams)		3 bit	1	code rate 2/3
Code rate (LP streams)		3 bit	0	code rate 1/2
Guard interval		2 bit	2	1/8
Transmission mode		2 bit	1	8k mode
Other frequency flag		1 bit	0	no other frequency in use
reserved (future use)		32 bit	0xFFFFFFFF	
Transport Stream Loop				
Transport stream id		16 bit	0x003 (771)	
Original network id		16 bit	0x2114 (8468)	
reserved (future use)		4 bit	0xF	
Transport descriptors length		12 bit	13	
Terrestrial Delivery System Descriptor				
Descriptor tag		8 bit	0x5A (90)	
Descriptor length		8 bit	11	
Centre frequency		32 bit	0x00A32240	778 000 000 MHz
Bandwidth		3 bit	0	8 MHz
reserved (future use)		5 bit	0x1F	
Constellation		2 bit	1	16-QAM
Hierarchy information		3 bit	0	non-hierarchical
Code rate (HP streams)		3 bit	1	code rate 2/3
Code rate (LP streams)		3 bit	0	code rate 1/2
Guard interval		2 bit	2	1/8
Transmission mode		2 bit	1	8k mode
Other frequency flag		1 bit	0	no other frequency in use
reserved (future use)		32 bit	0xFFFFFFFF	
Transport Stream Loop				
Transport stream id		16 bit	0x005 (773)	
Original network id		16 bit	0x3003 (12291)	
reserved (future use)		4 bit	0xF	
Transport descriptors length		12 bit	13	
Terrestrial Delivery System Descriptor				
Descriptor tag		8 bit	0x5A (90)	
Descriptor length		8 bit	11	
Centre frequency		32 bit	0x0041840	508 000 000 MHz
Bandwidth		3 bit	0	8 MHz
reserved (future use)		5 bit	0x1F	
Constellation		2 bit	1	16-QAM
Hierarchy information		3 bit	0	non-hierarchical
Code rate (HP streams)		3 bit	1	code rate 2/3
Code rate (LP streams)		3 bit	0	code rate 1/2
Guard interval		2 bit	2	1/8
Transmission mode		2 bit	1	8k mode
Other frequency flag		1 bit	0	no other frequency in use
reserved (future use)		32 bit	0xFFFFFFFF	
Table Footer				
DFC 32		32 bit	0x010BF686	CRC ok

Judul tabel/
versi manajemen

Putaran aliran transportasi

Table_ID

Network_ID

Deskriptor putaran jaringan

Transport_stream_ID

Deskriptor pengiriman terestrial

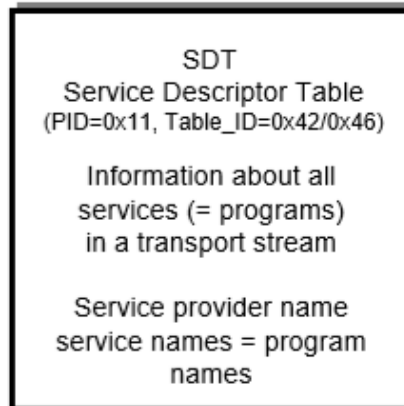
Transport_stream_ID

Deskriptor pengiriman terestrial

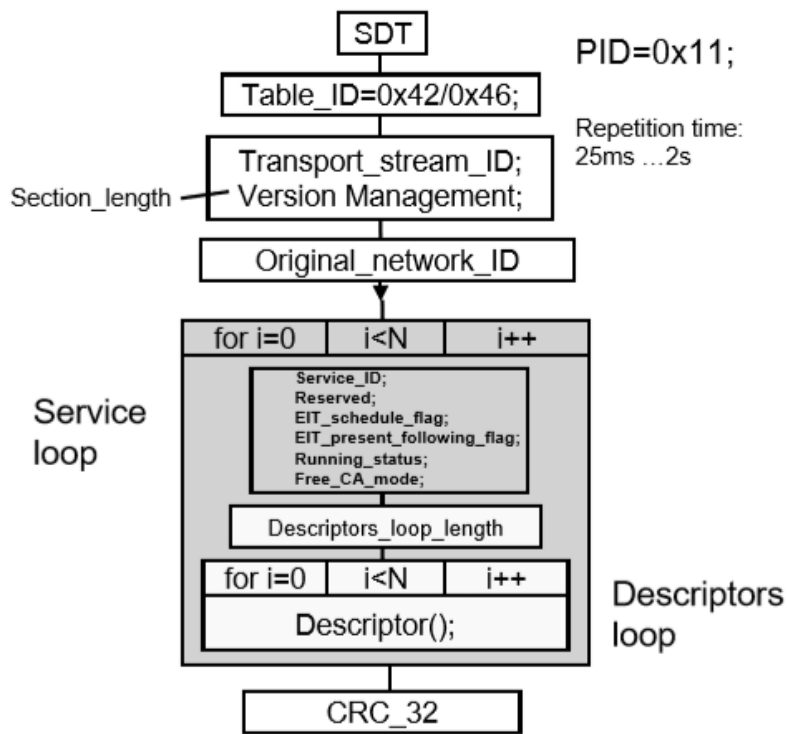
Transport_stream_ID

Deskriptor pengiriman terestrial

Gambar 2.31 Contoh praktis dari Tabel Informasi Jaringan/Network Information Table (NIT)



Gambar 2.32 Tabel Deskriptor Layanan/Service Descriptor Table (SDT)

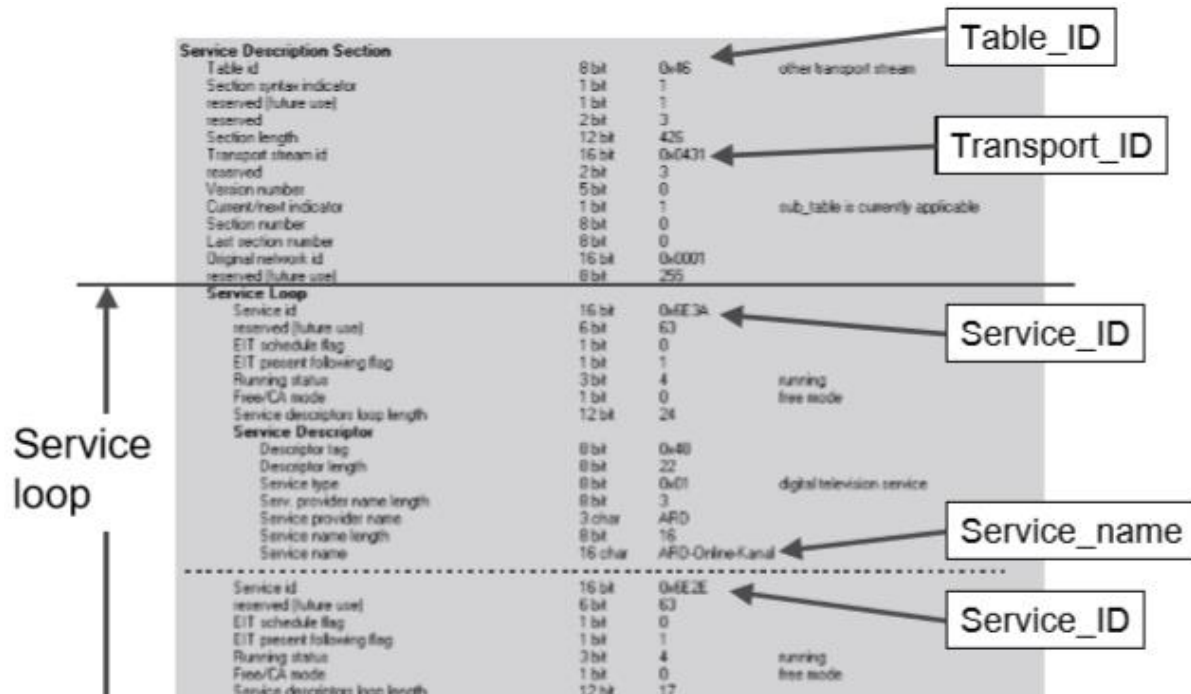


Gambar 2.33 Struktur Tabel Deskriptor Layanan/Service Descriptor Table (SDT)

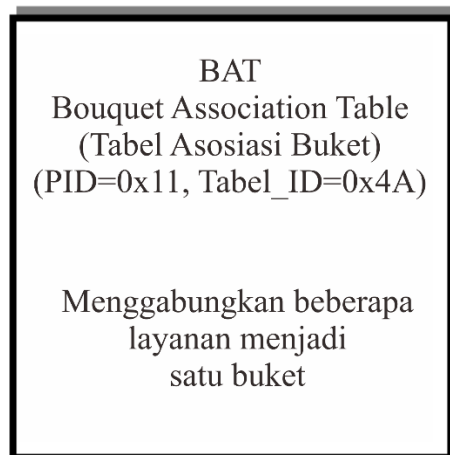
“Layanan Deskriptor Tabel/ Service Descriptor Table” (SDT) berisi deskripsi lebih rinci dari program yang dibawa dalam Transport stream, atau disebut “layanan”. Antara lain, ini adalah judul program seperti, misalnya "CNN", "CBS", "Eurosport", "ARD", "ZDF", "BBC", "ITN" dll. Artinya, secara paralel dengan PID program yang dimasukkan dalam PAT, SDT sekarang berisi informasi tekstual untuk pengguna. Hal ini dimaksudkan untuk memudahkan pengoperasian perangkat penerima dengan menyediakan daftar teks.

Kerabat dekat dari Service Descriptor Table adalah “Bouquet Association Table” (BAT). SDT dan BAT memiliki PID yang sama dan hanya berbeda pada ID tabel. SDT menggambarkan struktur

program dari satu channel fisik, sedangkan BAT menggambarkan struktur program dari beberapa channel fisik atau sejumlah besar channel fisik.



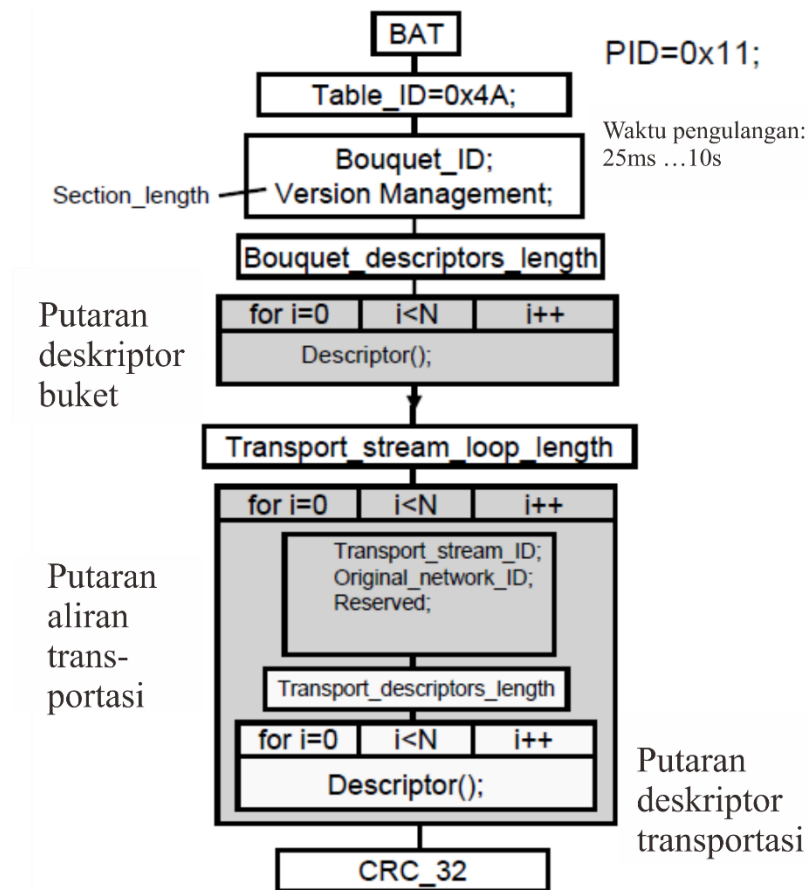
Gambar 2.34 Contoh Praktis dari SDT



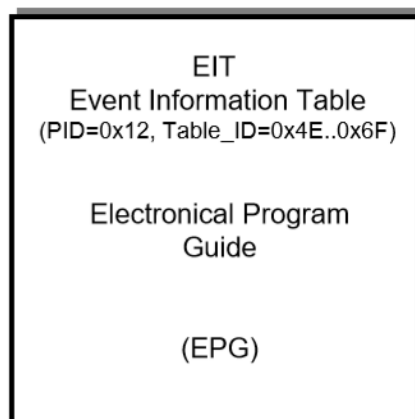
Gambar 2.35 Tabel Asosiasi Buket

BAT dengan demikian tidak lain adalah tabel program multi-channel. Tabel ini memberikan gambaran umum tentang semua layanan yang terdapat dalam grup. Penyedia program dapat menggunakan, misalnya, seluruh rangkaian channel fisik jika satu channel tidak cukup untuk mentransmisikan rangkaian lengkap program. Contohnya adalah penyedia TV berbayar "Sky". Sejumlah channel DVB satelit atau kabel digabungkan di sini untuk membentuk rangkaian channel penyedia ini. BAT terkait ditransmisikan di semua channel individu dan menghubungkan buket ini bersama-sama.

Namun, pada kenyataannya, tabel asosiasi buket sangat jarang ditemukan di Transport stream. Penyiar di Jerman, dan Premiere menyiarkan BAT untuk buket masing-masing dan terkadang BAT dapat ditemukan di jaringan penyedia jaringan kabel.



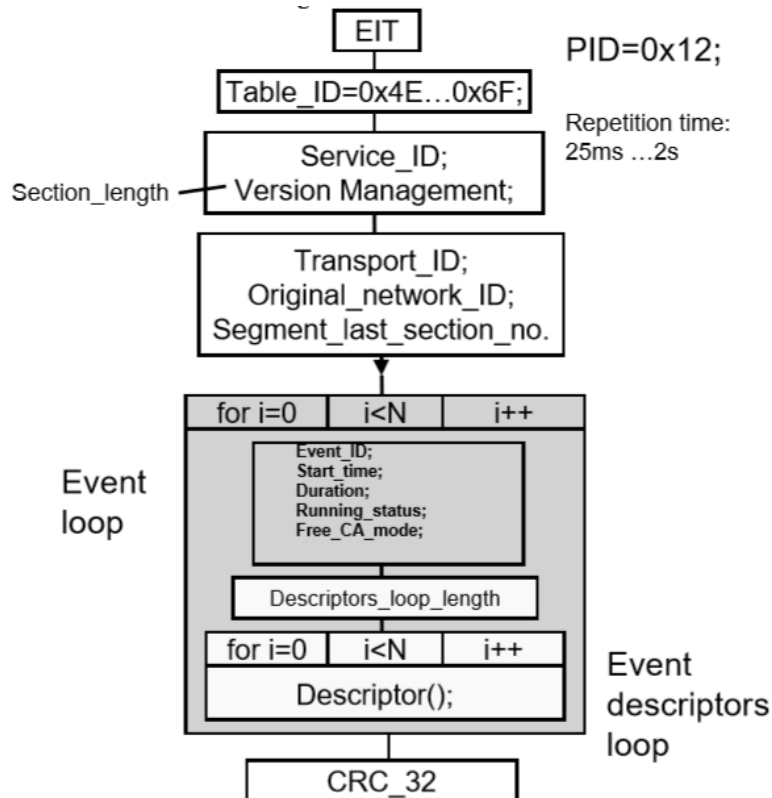
Gamabr 2.36 Struktur Tabel Asosiasi Buket/Bouquet Association Table (BAT)



Gambar 2.37 EIT

Namun seringkali, BAT tidak ada sama sekali, seperti yang telah disebutkan. Ketika memang ada, BAT memberitahu melalui apa yang disebut deskriptor tautan layanan yang mana dari ID layanan tertentu dapat ditemukan Transport stream.

Banyak penyedia juga mentransmisikan "panduan program elektronik/electronic program guides" (EPG) yang memiliki tabel sendiri di DVB, yang disebut "tabel informasi acara/event information table", atau disingkat EIT. Tabel ini berisi waktu mulai dan berhenti yang direncanakan dari semua siaran, misalnya satu hari atau satu minggu. Struktur yang dimungkinkan di sini sangat fleksibel dan juga memungkinkan sejumlah informasi tambahan untuk ditransmisikan. Sayangnya memang benar bahwa fitur ini tidak didukung oleh semua receiver TV, atau hanya tidak cukup.



Gambar 2.38 Struktur Tabel Informasi Acara/Event Information Table (EIT)

Event Information Section			
Table id	8 bit	0x50	actual transport stream, schedule
Section syntax indicator	1 bit	1	
reserved (future use)	1 bit	1	
reserved	2 bit	3	
Section length	12 bit	1731	
Service id	16 bit	0x6DD1	← Service_ID
reserved	2 bit	3	
Version number	5 bit	27	
Current/next indicator	1 bit	1	sub_table is currently applicable
Section number	8 bit	8	
Last section number	8 bit	56	
Transport stream id	16 bit	0x044D	← Transport_stream_ID
Original network id	16 bit	0x0001	
Segment last section number	8 bit	8	
Last table id	8 bit	80	
Event Loop			
Event id	16 bit	0x4916	← Event_ID
Start time	40 bit	0xC47A 0x030000	2000/10/17 03:00:00
Duration	24 bit	0x003000	00:30:00
Running status	3 bit	0	undefined
Free/CA mode	1 bit	0	free mode
Descriptors loop length	12 bit	352	
Short Event Descriptor			
Descriptor tag	8 bit	0x4D	
Descriptor length	8 bit	9	
ISO 639 language code	3 char	deu	
Event name length	8 bit	4	
Event name	4 char	nano	
Text length	8 bit	0	
Text name	0 char		
Reserved Descriptor			
Descriptor tag	8 bit	0x69	
Descriptor length	8 bit	3	
Descriptor Data (hex)	3 bytes	F2 E0 00	

Gambar 2.39 Tabel Informasi Acara (contoh praktis)

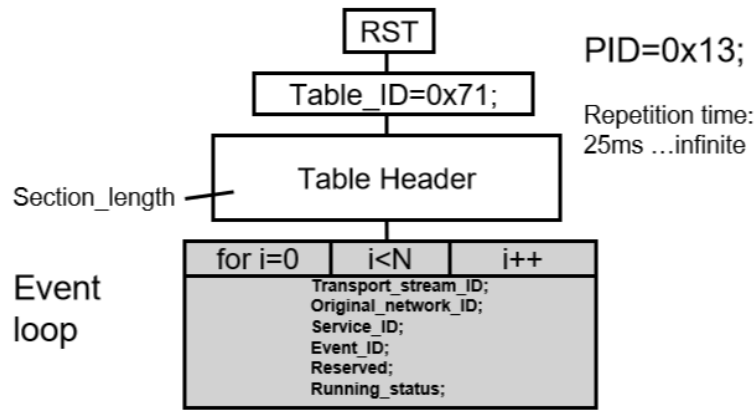
RST
Running Status Table (Tabel Status Berjalan)
(PID=0x13, ID Tabel=0x71)
 Status acara saat ini

Gambar 2.40 Tabel Status Berjalan/Running Status Table (RST)

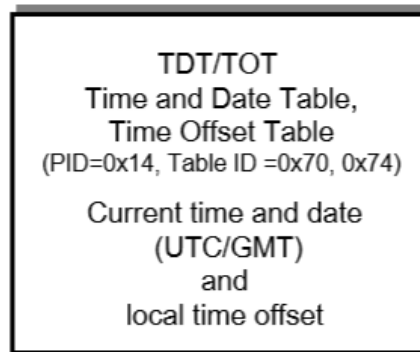
Akan tetapi, sering kali terdapat variasi dan penundaan dalam waktu mulai dan penghentian siaran yang memang direncanakan. Untuk dapat memulai dan menghentikan, misalnya perekam video pada waktu tertentu, maka informasi kontrol yang relevan ditransmisikan dalam "Tabel Status Berjalan/Running Status Table" (RST). RST dengan demikian dapat dibandingkan dengan sinyal VPS (video program system/sistem program video) dalam jalur data sinyal TV analog. RST saat ini tidak digunakan dalam praktik, atau, setidaknya, belum ditemukan oleh penulis dalam Transport stream di mana pun di dunia, kecuali Transport stream "sintetis". Sebagai gantinya, jalur data yang berisi VPS telah diadaptasi dalam DVB untuk mengontrol perekaman video dan media perekam sejenis.

Pengoperasian receiver TV juga memerlukan transmisi waktu jam saat ini dan tanggal saat ini. Ini dilakukan dalam dua tahap. Dalam "Tabel Waktu & Tanggal/Time & Date Table" (TDT), misalnya waktu jam saat ini pada meridian Derajat Nol tanpa pergeseran waktu musim panas ditransmisikan. Masing-masing offset waktu yang berlaku kemudian dapat disiarkan dalam "Time Offset Table" (TOT) untuk berbagai zona waktu. Informasi yang terkandung dalam TDT tergantung pada perangkat lunak receiver TV dan TOT dievaluasi, dan berada sejauh mana. Dukungan penuh untuk

informasi waktu siaran ini akan mengharuskan receiver TV diinformasikan tentang lokasinya saat ini dan di negara yang memiliki sejumlah zona waktu seperti Australia, khususnya, harus diberikan perhatian lebih pada titik ini.



Gambar 2.41 Struktur Tabel Status Berjalan/Running Status Table (RST)



Gambar 2.42 Tabel Waktu dan Tanggal/Time and Date Table (TDT) dan Time Offset Table (TOT)

Kadang-kadang mungkin perlu untuk membatalkan informasi tertentu, terutama tabel dalam Transport stream. Setelah sinyal DVB-S diterima di stasiun utama CATV, dapat dengan mudah terjadi hal-hal seperti, misalnya NIT harus dipertukarkan atau ditimpa atau bahwa program individual harus di-render agar tidak dapat digunakan untuk relai. Ini dapat dilakukan dengan menggunakan "tabel isian/stuffing table" (ST) yang memungkinkan informasi dalam Transport stream ditimpa. Hal ini terjadi terutama di awal era TV digital.

PID dan ID tabel untuk informasi layanan telah dialokasikan secara permanen dalam DVB pada Tabel 2.5.

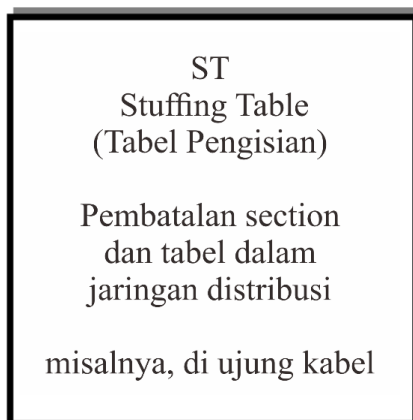
Tabel PSI/SI dihubungkan satu sama lain melalui pengidentifikasi yang paling bervariasi. Ini adalah PID dan pengidentifikasi khusus yang bergantung pada tabel. Di PAT, PMT_PID dihubungkan bersama melalui prog_no. Untuk setiap prog_no, sebuah PMT_PID dialokasikan yang mengacu pada paket Transport stream dengan PMT yang sesuai dari program terkait ini. Prog_no kemudian juga dapat ditemukan di header PMT masing-masing. Prog_no = 0 dialokasikan ke NIT di mana PID dari NIT dapat ditemukan.

Tabel 2.5. PID dan ID tabel dari tabel PSI/SI

Table	PID	Table_ID
PAT	0x0000	0x00
PMT	0x0020...0x1FFE	0x02
CAT	0x0001	0x01
NIT	0x0010	0x40...0x41
BAT	0x0011	0x4A
SDT	0x0011	0x42, 0x46
EIT	0x0012	0x4E...0x6F
RST	0x0013	0x71
TDT	0x0014	0x70
TOT	0x0014	0x73
ST	0x0010...0x0014	0x72

Time and Date Section			
Table id	8 bit	0x70	
Section syntax indicator	1 bit	0	
reserved (future use)	1 bit	1	
reserved	2 bit	3	
Section length	12 bit	5	
UTC time	40 bit	0xCA79 0x105827	2000/10/16 10:58:27
Time Offset Section			
Table id	8 bit	0x73 (115)	
Section syntax indicator	1 bit	0	
reserved (future use)	1 bit	0x1	
reserved	2 bit	0x3	
Section length	12 bit	26	
UTC time	40 bit	0xCA79 0x112519	2000/10/16 11:25:19
reserved	4 bit	0xF	
Descriptors loop length	12 bit	15	
Local Time Offset Descriptor			
Descriptor tag	8 bit	0x58 (88)	
Descriptor length	8 bit	13	
Country Loop			
Country code	3 char	DEU	
Country region id	6 bit	0	no time zone extension used
reserved	1 bit	0x1	
Local time offset polarity	1 bit	0	local time is advanced to UTC
Local time offset	16 bit	0x0200	02:00
Time of change	40 bit	0xCA86 0x030000	2000/10/29 03:00:00
Next time offset	16 bit	0x0100	01:00
CRC 32	32 bit	0xD49C603D	CRC ok

Gambar 2.43 Contoh Tabel Waktu dan Tanggal/Time and Date Table (TDT) dan Time Offset Table (TOT)

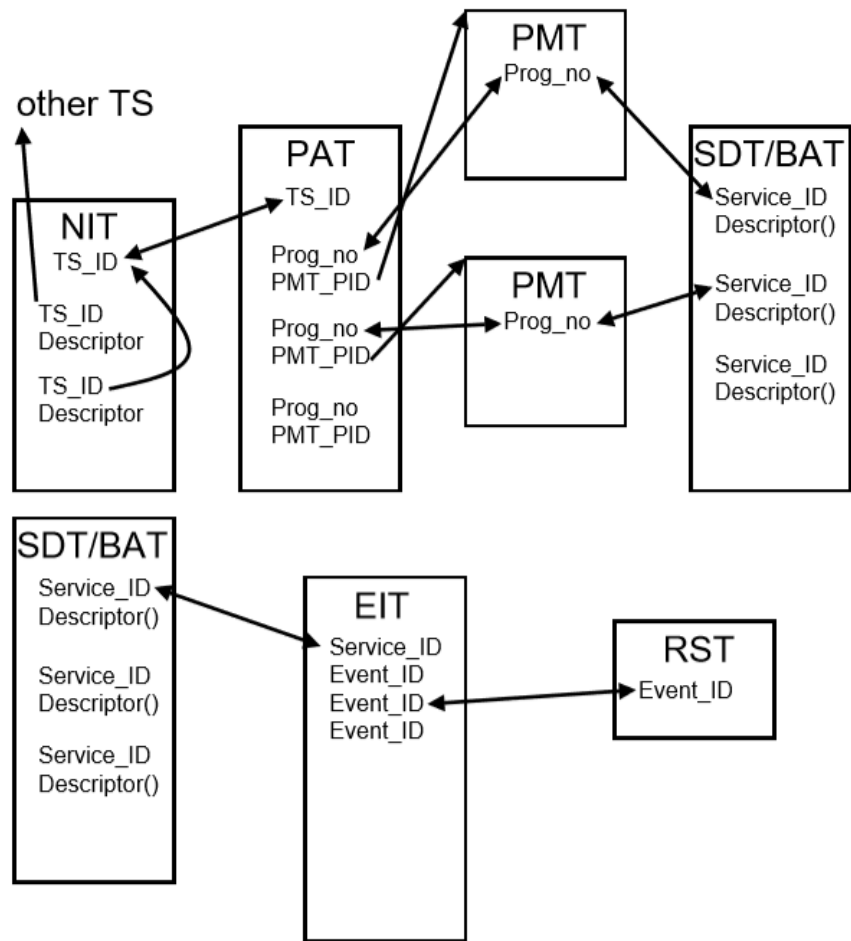


Gambar 3.44 Tabel Isian/Stuffing Table (ST)

Di NIT, parameter fisik dari semua Transport stream jaringan dijelaskan melalui TS_ID. TS_ID sesuai dengan Transport stream saat ini; tepatnya TS_ID ini dapat ditemukan di header PAT di posisi ekstensi Table ID. Layanan (= program) yang terdapat dalam Transport stream ini tercantum

dalam tabel deskriptor layanan melalui ID layanan. ID layanan harus sesuai dengan prog_no di PAT dan di PMT.

Ini berlanjut di EIT: ada EIT untuk setiap layanan. Di header EIT, table_ID_extension akan sesuai dengan service_ID dari program terkait. Di EIT, peristiwa dikaitkan dengan ini melalui event_IDs. Jika ada RST terkait, maka RST tersebut dihubungkan ke RST masing-masing melalui event_ID ini.



Gambar 2.45Tautan antara tabel PSI/SI

Tabel 2.6. Laju pengulangan tabel PSI/SI berdasarkan MPEG/DVB

Tabel PSI/SI	Maks. Selang (tabel lengkap)	Min. selang (bagian tunggal)
PAT	0,5 detik	25 ms
CAT	0,5 detik	25 ms

PMT	0,5 detik	25 ms
NIT	10 detik	25 ms
SDT	2 detik	25 ms
BAT	10 detik	25 ms
EIT	2 detik	25 ms
RST	-	25 ms
TDT	30 detik	25 ms
TOT	30 detik	25 ms

Laju pengulangan tabel PSI/SI diatur melalui Sistem MPEG-2 [ISO&IEC 13818/1] dan DVB/SI [ETS 300468] (Tabel 3.6).

PSIP menurut ATSC

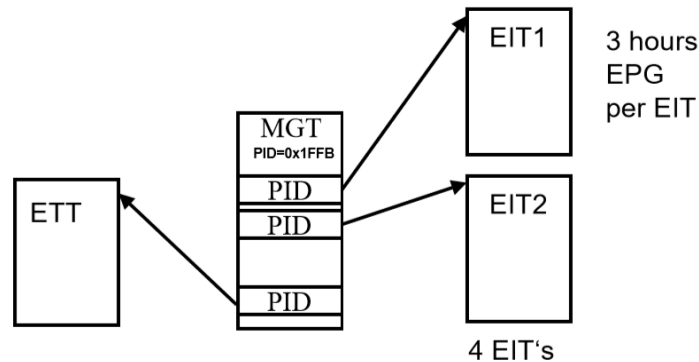
Di Indonesia, standar terpisah ditetapkan untuk TV kabel dan terestrial digital. Ini adalah standar ATSC, di mana ATSC adalah singkatan dari Advanced Television System Committee/Komite Sistem Televisi Lanjutan. Selama pengerjaan standar ATSC, keputusan dibuat untuk menggunakan MPEG-2 transport stream dengan video MPEG-2 dan audio AC-3 Dolby Digital sebagai sinyal pita dasar. Jenis modulasi yang digunakan adalah 8 atau 16VSB. Selain itu, diakui bahwa tabel lain yang melampaui PSI diperlukan. Sebagaimana tabel SI di DVB, ATSC memiliki tabel PSIP, tercantum di bawah ini dan dijelaskan secara lebih rinci dalam teks setelahnya.

PAT <i>Program Association Table</i> /Program Tabel Asosiasi PMTs <i>Program Map Table</i> /Program Tabel Peta CAT <i>Conditional Access Table</i> /Tabel Akses Bersyarat ----- Tabel Privat	Informasi Spesifik Program MPEG-2 PSI
MGT <i>Master Guide Table</i> /Tabel Panduan Utama EIT <i>Event Information Table</i> /Tabel Informasi Acara ETT <i>Extended Text Table</i> /Perluasan Tabel Teks STT <i>System Time Table</i> /Tabel Sistem Waktu RTT <i>Rating Region Table</i> /Tabel Wilayah Peringkat CVCT <i>Cable Virtual Channel Table</i> /Tabel Saluran Virtual Kabel TVCT <i>Terrestrial Virtual Channel Table</i> /Tabel Saluran Virtual Terestrial	Program ATSC PSIP dan Sistem Protokol Informasi

Gambar 2.46 Tabel ATSC PSIP

PSIP adalah singkatan dari "Program and System Information Protocol/Protokol Informasi Program dan Sistem" dan tidak lain adalah cara lain untuk merepresentasikan informasi serupa

dengan yang diberikan di bagian sebelumnya mengenai DVB SI. Di ATSC, tabel berikut digunakan: Tabel Panduan Master/Master Guide Table (MGT), Tabel Informasi Peristiwa/Event Information Table (EIT), Tabel Teks yang Diperpanjang/Extended Text Table (ETT), Tabel Waktu Sistem/System Time Table (STT), Rating Region Table (RRT), dan Cable Virtual Channel Table (CVCT) atau Terrestrial Virtual Channel Table (TVCT).



Gambar 2.47 Merujuk PSIP di MGT

Menurut ATSC, tabel PSI yang ditentukan dalam MPEG-2 dan disediakan dalam Standar MPEG digunakan untuk mengakses streaming video dan audio, misalnya Transport stream membawa satu PAT dan beberapa PMT. Informasi akses bersyarat juga dirujuk melalui CAT.

Tabel ATSC yang sebenarnya diimplementasikan sebagai "tabel pribadi". Master Guide Table, tabel utama, dapat dikatakan, berisi PID untuk beberapa tabel ATSC ini. Master Guide Table dapat dikenali dengan ID paket = 0x1FFB dan ID tabel = 0xC7. Transport stream harus berisi setidaknya empat Tabel Informasi Peristiwa (EIT-0, EIT-1, EIT-2, EIT-3) dan PID untuk EIT ini dapat ditemukan di Master Guide Table. Hingga 128 Tabel Informasi Acara lebih lanjut dimungkinkan tetapi bersifat opsional. EIT berisi bagian 3 jam dari panduan program elektronik/electronic program guide (EPG). Bersama dengan 4 EIT wajib, dengan demikian dimungkinkan untuk mencakup periode 12 jam. Lebih lanjut, Extended Text Tables dapat diakses secara opsional melalui MGT. Setiap Extended Text Table (ETT) yang ada dialokasikan ke satu EIT. Jadi, misalnya ETT-0 berisi informasi teks tambahan untuk EIT-0. Dimungkinkan untuk memiliki hingga total 128 ETT.

Dalam Virtual Channel Table, yang dapat ditampilkan baik sebagai Terrestrial Virtual Channel Table (TVCT) atau sebagai Cable Virtual Channel Table (CVCT) (tergantung pada jalur transmisi), informasi identifikasi untuk channel virtual, misalnya program, yang terdapat dalam multiplex Transport stream ditransmisikan. VCT berisi salah satunya nama program. VCT dengan demikian sebanding dengan tabel SDT di DVB.

Dalam Tabel Waktu Sistem/System Time Table (STT), semua informasi waktu yang diperlukan ditransmisikan. STT dapat dikenali dengan ID paket = 0x1FFB dan ID tabel = 0xCD. Dalam STT, GPS (Global Positioning System) waktu dan perbedaan waktu antara waktu GPS dan UTC (Universal Time Coordinated (= GMT)) ditransmisikan. Rating Region Table (RRT) dapat digunakan untuk membatasi jumlah penonton dalam hal usia atau wilayah. Selain informasi tentang wilayah (misalnya Negara Bagian Federal di AS), informasi yang berkaitan dengan usia minimum yang ditetapkan untuk program yang sedang disiarkan juga disertakan. Dengan

menggunakan RRT, jenis kunci pengawasan orang tua dapat diterapkan di receiver TV. RRT dikenali oleh ID paket = 0x1FFB dan ID tabel = 0xCA.

PID dan ID Tabel dari tabel PSIP tercantum pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7. Tabel PSIP

Table	PID	Table ID
Program Association Table (PAT)	0x0	0x0
Program Map Table (PMT)	über PAT	0x2
Conditional Access Table (CAT)	0x1	0x1
Master Guide Table (MGT)	0x1FFB	0xC7
Terrestrial Virtual Channel Table (TVCT)	0x1FFB	0xC8
Cable Virtual Channel Table (CVCT)	0x1FFB	0xC9
Rating Region Table (RRT)	0x1FFB	0xCA
Event Information Table (EIT)	über PAT	0xCB
Extended Text Table (ETT)	über PAT	0xCC
System Time Table (STT)	0x1FFB	0xCD

Tabel ARIB menurut ISDB-T

Seperti DVB (*Digital Video Broadcasting*) dan ATSC (*Advanced Television Systems Committee*) juga telah menetapkan tabelnya sendiri dalam standar ISDB-T (*Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial*). Tabel ini disebut tabel ARIB (*Association of Radio Industries and Business/Asosiasi Industri Radio dan Bisnis*) berdasarkan ARIB Std. B.10.

Menurut standar ARIB, tabel berikut diusulkan:

Tabel 2.8. Tabel ARIB

Jenis	Nama	Keterangan
PAT	Program Association Table	ISO/IEC 13818-1 MPEG-2
PMT	Program Map Table	ISO/IEC 13818-1 MPEG-2
CAT	Conditional Access Table	ISO/IEC 13818-1 MPEG-2

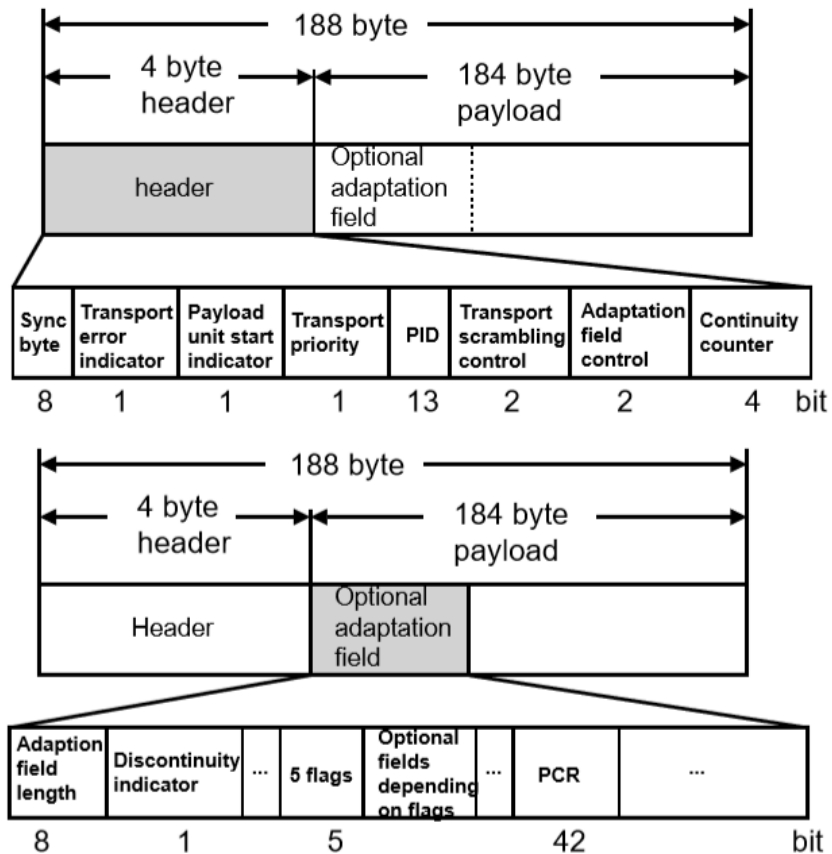
NIT	Network Information Table	seperti DVB-SI, ETS 300468
SDT	Service Description Table	seperti DVB-SI, ETS 300468
BAT	Bouquet Association Table	seperti DVB-SI, ETS 300468
EIT	Event Information Table	seperti DVB-SI, ETS 300468
RST	Running Status Table	seperti DVB-SI, ETS 300468
TDT	Time&Date Table	seperti DVB-SI, ETS 300468
TOT	Time Offset Table	seperti DVB-SI, ETS 300468
LIT	Local Event Information Table	
ERT	Event Relation Table	
ITT	Index Transmission Table	
PCAT	Partial Content Announcement Table	
ST	Stuffing Table	seperti DVB-SI, ETS 300468
BIT	Broadcaster Information Table	
NBIT	Network Board Information Table	
LDT and others	Linked Description Table	
ECM	Entitlement Control Message	
EMM	Entitlement Management Message	
DCT	Download Control Table	
DLT	Download Table	
SIT	Selection Information Table	
SDTT	Software Download Trigger Table	

DSM-CC	Digital Storage Media Command & Control	
--------	---	--

Tabel 2.9. PID dan ID tabel dari tabel ARIB

Tabel	PID	ID tabel
PAT	0x0000	0x00
CAT	0x0001	0x01
PMT	über PAT	0x02
DSM-CC	über PMT	0x3A...0x3E
NIT	0x0010	0x40, 0x41
SDT	0x0011	0x42, 0x46
BAT	0x0011	0x4A
EIT	0x0012	0x4E...0x6F
TDT	0x0014	0x70
RST	0x0013	0x71
ST	semuanya kecuali 0x0000, 0x0001, 0x0014	0x72
TOT	0x0014	0x73
DIT	0x001E	0x7E
SIT	0x001F	0x7F
ECM	via PMT	0x82...0x83
EMM	via CAT	0x84...0x85
DCT	0x0017	0xC0
DLT	via DCT	0xC1
PCAT	0x0022	0xC2

SDTT	0x0023	0xC3
BIT	0x0024	0xC4
NBIT	0x0025	0xC5, 0xC6
LDT	0x0025	0xC7
LIT	via PMT atau 0x0020	0xD0



Gambar 2.48 Detail lainnya dalam Transport stream MPEG-2

Tabel BAT, PMT dan CAT sepenuhnya sesuai dengan MPEG-2 PSI. Begitu pula dengan NIT, SDT, BAT, EIT, RST, TDT. Tabel TOT dan ST memiliki struktur yang sama persis seperti pada DVB SI dan juga memiliki fungsi yang sama. Standar ARIB dengan demikian juga mengacu pada ETSI 300468.

Tabel DTMB (Cina)

Cina juga memiliki standar televisi terrestrial digital mereka sendiri bernama DTMB – Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting. Dapat diasumsikan bahwa ada juga tabel independen atau yang dimodifikasi atau disalin dengan signifikansi yang sebanding dengan DVB-SI tetapi belum

ada publikasi mengenai modifikasi seperti apa (jika memang ada) yang dibuat (...mungkin dalam bahasa Mandarin...).

Detail Penting Lainnya dari Transport stream MPEG-2

Pada bagian di bawah ini, rincian lain dari Transport stream MPEG-2 akan dibahas secara lebih rinci.

Selain byte sinkronisasi (sinkronisasi ke aliran transport) yang telah disebutkan, indikator kesalahan Transport stream dan pengenalan paket/packet identifier (PID), header Transport stream juga berisi:

- Indikator Start Unit Payload/Payload Unit Start Indicator
- Prioritas Transportasi
- Transport Scrambling Control
- Kontrol Bidang Adaptasi
- Penghitung Kontinuitas

Indikator Start Unit Payload adalah bit yang menandai awal dari sebuah payload. Jika bit ini disetel, berarti muatan baru dimulai dalam paket Transport stream ini: paket Transport stream ini berisi awal dari paket PES video atau audio plus header PES, atau awal tabel plus ID tabel sebagai byte pertama di bagian payload dari paket Transport stream.

Prioritas Transportasi

Bit ini menunjukkan bahwa paket Transport stream ini memiliki prioritas lebih tinggi daripada paket TS lainnya dengan PID yang sama.

Bit Kontrol Pengacakan Transportasi

Kedua Transport Scrambling Control Bits menunjukkan apakah bagian payload dari paket TS diacak atau tidak. Jika kedua bit disetel ke nol, ini berarti bahwa bagian payload ditransmisikan tanpa diacak. Jika salah satu dari dua bit tidak nol, payload ditransmisikan secara acak. Tabel Akses Bersyarat kemudian diperlukan untuk menguraikan muatan.

Bit Kontrol Bidang Adaptasi

Kedua bit ini menunjukkan apakah ada header yang diperluas, yaitu bidang adaptasi, atau tidak. Jika kedua bit disetel ke nol, tidak ada bidang adaptasi. Jika ada bidang adaptasi, bagian payload dipersingkat dan header menjadi lebih panjang tetapi total panjang paket tetap konstan 188 byte.

Penghitung Kontinuitas

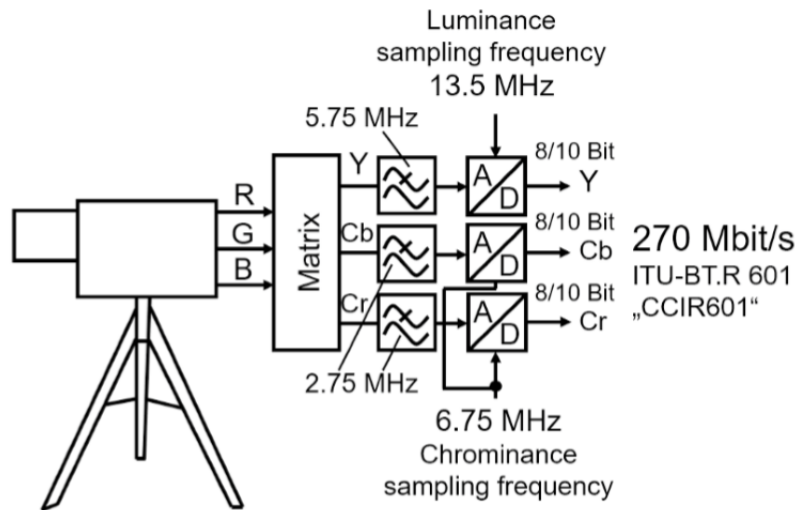
Setiap paket aliran transport dengan PID yang sama membawa counter 4-bitnya sendiri. Ini adalah penghitung kontinuitas yang secara terus menerus menghitung dari 0 - 15 dari paket TS ke satu sama lain dan kemudian memulai lagi dari 0. Penghitung kontinuitas memungkinkan untuk mengenali paket TS yang hilang dan mengidentifikasi datastream yang salah (konter diskontinuitas). Ada kemungkinan dan diperbolehkan adanya diskontinuitas dengan perubahan program yang kemudian ditunjukkan dengan Indikator Diskontinuitas di bidang adaptasi.

BAB 3

SINYAL VIDEO DIGITAL MENURUT ITU-BT.R.601 (CCIR 601)

Sinyal video digital terkompresi telah digunakan selama beberapa waktu di studio televisi. Berdasarkan Standar CCIR asli CCIR 601, ditetapkan sebagai ITU-BT.R601 hari ini, sinyal data ini diperoleh sebagai berikut:

Untuk memulainya, kamera video memasok sinyal analog Merah, Hijau dan Biru (R, G, B). Sinyal-sinyal ini dimatrikskan di kamera untuk membentuk sinyal luminance (Y) dan chrominance (perbedaan warna CB dan CR).



Gambar 3.1. Digitalisasi luminance dan chrominance

Sinyal-sinyal ini dihasilkan dengan penambahan atau pengurangan sederhana $R = \text{Merah}$, $G = \text{Hijau}$, $B = \text{Biru}$:

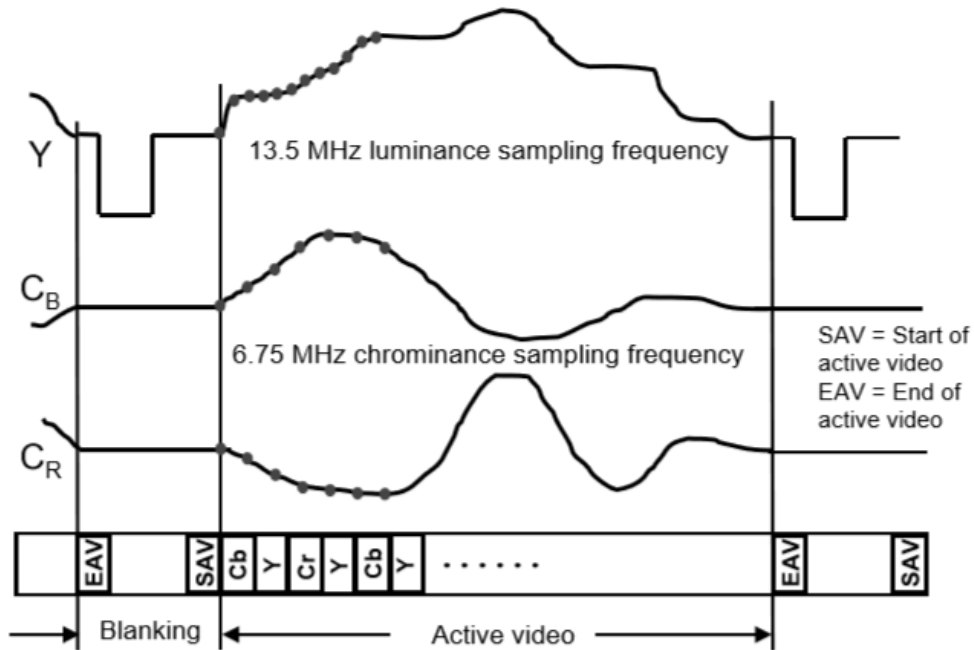
$$Y = (0.30 \cdot R) + (0.59 \cdot G) + (0.11 \cdot B);$$

$$C_B = 0.56 \cdot (B - Y);$$

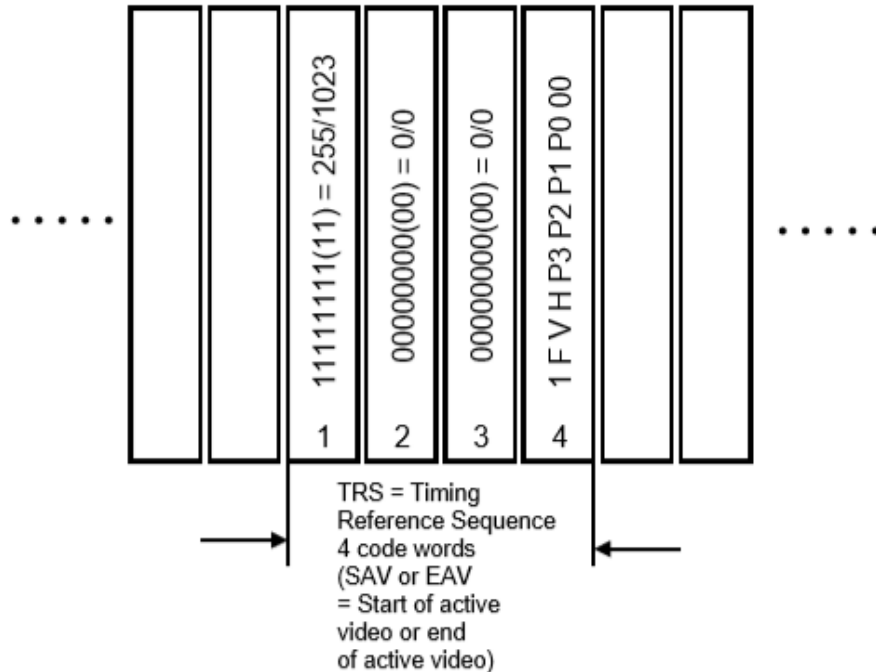
$$C_R = 0.71 \cdot (R - Y);$$

Bandwidth luminance kemudian dibatasi hingga 5,75 MHz menggunakan filter low-pass. Dua sinyal perbedaan warna dibatasi hingga 2,75 MHz, yaitu resolusi warna jelas berkurang dibandingkan dengan resolusi kecerahan. Prinsip ini sudah tidak asing lagi di buku anak-anak di mana kesan ketajaman hanya disampaikan dengan garis-garis hitam yang tercetak. Di televisi analog (NTSC, PAL, SECAM), juga, resolusi warna dikurangi menjadi sekitar 1,3 MHz. Sinyal Y, CB dan CR yang difilter low-pass kemudian diambil sampelnya dan didigitalkan dengan menggunakan konverter analog/digital. Konverter A/D di cabang pencahayaan beroperasi pada frekuensi pengambilan sampel 13,5 MHz dan dua sinyal perbedaan warna CB dan CR diambil sampelnya pada masing-masing 6,75 MHz.

Ini memenuhi persyaratan teorema sampling: Tidak ada lagi komponen sinyal di atas setengah frekuensi sampling. Ketiga konverter A/D semuanya dapat memiliki resolusi 8 atau 10 bit. Dengan resolusi 10 bit, ini akan menghasilkan kecepatan data kotor 270 Mbit/s yang cocok untuk distribusi di studio tetapi terlalu tinggi untuk transmisi TV melalui channel yang ada (terrestrial, satelit atau kabel). Sampel dari ketiga konverter A/D dimultipleks dengan urutan sebagai berikut: CB Y CR Y CB Y ... Dalam sinyal video digital ini, nilai luminansi bergantian dengan nilai CB atau nilai CR dan ada dua kali lebih banyak nilai Y karena ada nilai CB atau CR. Ini disebut resolusi 4:2:2, dibandingkan dengan resolusi segera setelah matriks, yang sama untuk semua komponen, yaitu 4:4:4.



Gambar 3.2. Pengambilan sampel komponen sesuai dengan ITU-BT.R601



Gambar 3.3. Kata kode SAV dan EAV dalam sinyal ITU-BT.R601

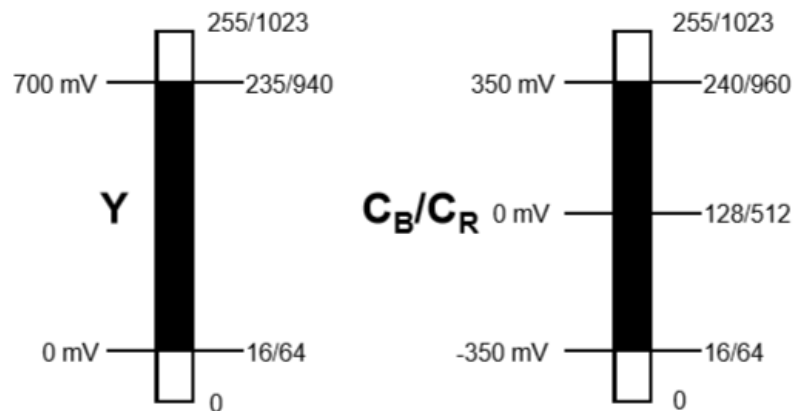
Sinyal digital ini dapat hadir dalam bentuk paralel pada konektor sub-D 25 pin atau secara serial pada soket BNC 75 Ohm. Antarmuka serial disebut SDI yang merupakan singkatan dari antarmuka digital serial dan telah menjadi antarmuka yang paling banyak digunakan karena kabel BNC 75 Ohm konvensional dapat digunakan.

Dalam datastream, awal dan akhir sinyal video aktif ditandai dengan kata kode khusus yang disebut SAV (mulai video aktif) dan EAV (akhir video aktif), cukup alami (Gbr. 4.2.). Antara EAV dan SAV, ada interval blanking horizontal yang tidak berisi informasi apa pun yang terkait dengan sinyal video, yaitu sinyal digital tidak berisi denyut sinkronisasi. Dalam interval pengosongan horizontal, informasi tambahan dapat ditransmisikan seperti, mis. sinyal audio (audio tertanam).

Kata kode SAV dan EAV masing-masing terdiri dari empat kata kode 8 atau 10 bit. SAV dan EAV dimulai dengan satu kata kode di mana semua bit diatur ke satu, diikuti oleh dua kata di mana semua bit diatur ke nol. Kata kode keempat berisi informasi tentang bidang masing-masing atau interval pengosongan vertikal, masing-masing. Kata kode keempat ini digunakan untuk mendeteksi awal bingkai, bidang dan area gambar aktif dalam arah vertikal. Bit paling signifikan dari kata kode keempat selalu 1. Bit berikutnya (bit 8 dalam transmisi 10 bit atau bit 6 dalam transmisi 8 bit) menandai bidang; jika bit ini diatur ke nol, itu adalah garis bidang pertama dan jika diatur ke satu, itu adalah garis bidang kedua. Bit berikutnya (bit 7 dalam transmisi 10 bit atau bit 5 dalam transmisi 8 bit) menandai area video aktif dalam arah vertikal. Jika bit ini disetel ke nol, maka ini adalah area video aktif yang terlihat dan jika tidak, ini adalah interval pengosongan vertikal. Bit 6 (10 bit) atau bit 4 (8 bit) memberikan informasi tentang apakah kata kode saat ini adalah SAV atau EAV. Ini adalah SAV jika bit ini diset ke nol dan EAV jika tidak. Bit 5...2 (10 bit) atau 3...0 (8 bit) digunakan untuk proteksi kesalahan kata kode SAV dan EAV. Kata kode 4 dari urutan referensi waktu (TRS) berisi informasi berikut:

- F = Bidang (0 = bidang 1, 1 = bidang 2)
- V = Pengosongan vertikal (1 = interval pengosongan vertikal aktif)
- H = Identifikasi SAV/EAV (0 = SAV, 1 = EAV)
- P0, P1, P2, P3 = Proteksi bit (kode Hamming)

Baik sinyal luminance (Y) maupun sinyal perbedaan warna (CB, CR) tidak menggunakan rentang dinamis penuh yang tersedia untuk mereka. Ada rentang terlarang yang dicadangkan sebagai ruang kepala, di satu sisi, dan, di sisi lain, memungkinkan SAV dan EAV untuk dengan mudah diidentifikasi. Sinyal Y berkisar antara 16 dan 64 desimal (8 bit) atau 240 dan 960 desimal (10 bit).



Gambar 3.4. Diagram tingkat

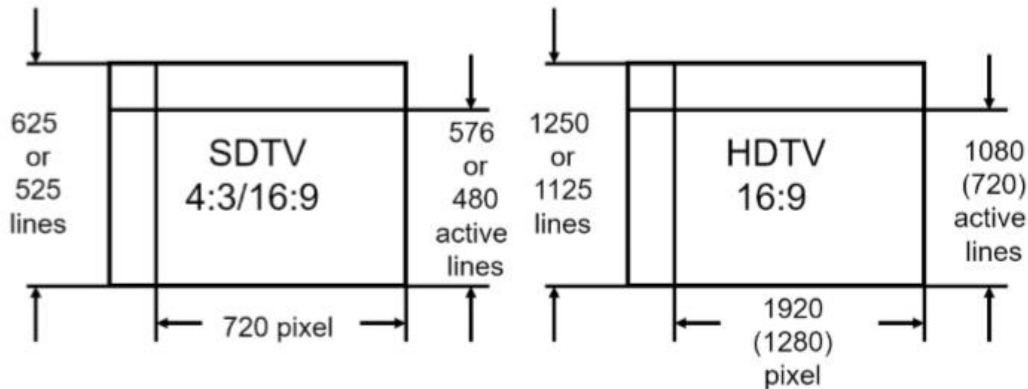
Rentang dinamis CB dan CR adalah 16 hingga 240 desimal (8 bit) atau 64 hingga 960 desimal (10 bit). Area di luar rentang ini digunakan sebagai ruang kepala dan untuk tujuan identifikasi sinkronisasi.

Sinyal video ini sesuai dengan ITU-BT.R601, yang biasanya tersedia sebagai sinyal SDI (Serial Digital Interface), membentuk sinyal input ke enkoder MPEG SDTV. Secara fisik sinyal SDI diacak dan dikodekan NRZI (NRZI = Kode Non-Return-to-Zero Inverted). Spektrum SDI adalah fungsi $\sin(x)/x$ dengan nol pertamanya pada 270 MHz.

BAB 4

FORMAT SINYAL VIDEO UNTUK HDTV DAN UHDTV

Dari tahun 1950-an hingga sekitar tahun 2002, TV analog dan digital memiliki resolusi 625 atau 525 baris. Format ini juga disebut Standard Definition Television atau SDTV. Namun, banyak negara sudah mengudara dalam format High Definition Television - HDTV -. Ini meningkatkan jumlah garis yang terlihat menjadi 1080 dan jumlah piksel yang terlihat menjadi 1920 per baris. Dan itu belum berakhir dengan HDTV: Ultra High Definition, memberikan gambar layar TV yang lebih tajam, sudah hadir.



Gambar 4.1. Resolusi SDTV dan HDTV

Sejak akhir 1980-an, ada upaya untuk beralih dari SDTV ke HDTV. Upaya pertama adalah MUSE Jepang, yang dikembangkan oleh penyiar Jepang NHK (Nippon Hoso Kyokai). Indonesia juga mengerjakan HDTV pada akhir 1980-an, tetapi sistem HD-MAC-nya (*High Definition Multiplexed Analog Components*) tidak pernah dipasarkan. Indonesia, Jepang, AS dan Australia saat ini menggunakan MPEG-2 untuk implementasi HDTV mereka. Di Indonesia, pengenalan HDTV menggunakan format MPEG-4-AVC dimulai pada tahun 2003 tetapi HDTV baru benar-benar berkembang setelah tahun 2010; dan segera setelah menjadi standar di ruang keluarga, perangkat UHDTV muncul di Berlin Radio Show pada tahun 2013, untuk dipasarkan dalam waktu kurang dari setahun meskipun tidak ada konten yang tersedia untuk itu. Sementara itu, kamera UHDTV telah muncul bahkan untuk penggunaan domestik.

Format Gambar

Resolusi layar yang diketahui dalam piksel dan rasio aspek layar masing-masing (lebar/tinggi) adalah sebagai berikut:

- VGA 640 x 480 (4:3)
- SVGA 800 x 600 (4:3)
- XGA 1024 x 768 (4:3)
- SXGA 1280 x 1024 (5:4)
- UXGA 1600 x 1200 (4:3)
- HDTV 1920 x 1080 (16:9)
- QXGA 2048 x 1536 (4:3)

Awalnya, HDTV memiliki dua kali jumlah baris dengan dua kali jumlah piksel per baris dibandingkan dengan gambar definisi standar. Ini akan menghasilkan :

- total 1250 baris dengan 1440 piksel aktif (4:3) dan 1152 baris aktif untuk sistem 625-baris, dan
- total 1050 garis dengan 1440 piksel aktif (4:3) dan 960 garis aktif untuk sistem 525 garis

untuk sistem HDTV ini.

Laju medan yang biasa adalah 50 Hz untuk sistem 625 channel dan 60 Hz untuk sistem 525 channel, karena frekuensi listrik yang digunakan di negara-negara yang pertama kali mengembangkan teknologi tersebut. Transisi ke HDTV disertai dengan dorongan untuk mengubah rasio aspek menjadi 16:9 dari rasio 4:3 yang biasanya digunakan dengan SDTV, meskipun SDTV juga digunakan untuk menyiarkan siaran 16:9.

Namun, resolusi yang digunakan di AS untuk ATSC dan HDTV adalah 1280 x 720 pada 60 Hz, sedangkan resolusi HDTV yang biasa digunakan di atas DVB-T yang digunakan di Australia adalah 1920/1440 x 1080 piksel pada 50 Hz.

Tabel 4.1. Format gambar

Format	Horizontal	Vertical	Aspect Ratio	Pixels
VHS	320	240	4:3	76800
SDTV	720	576	4:3/16:9	414720
VGA	640	480	4:3	307200
HDTV	1920 1280	1080 720	16:9	2073600 921600
WUXGA	1920	1200	16:10	2304000
2K	2048	1536	4:3	3145728
UHDV-1	3840	2160	16:9	2359296
4K	4096	3072	4:3	12582912
UHDV-2	7680	4320	16:9	33177600
UHXGA	7680	4800	16:10	36864000
8K	8192	6144	4:3	50331648

Tabel 4.2. Rasio aspek

Aspect ratio	Known as	Application
4:3 (1.33:1)		TV
16:9 (1.78:1)	Widescreen TV	TV
1.85:1	Widescreen	Cinema
2.35:1	Cinemascope	Cinema
16:10		PC

Pada awal 2004, Indonesia mulai menayangkan EURO1080, channel HDTV berkode MPEG-2 melalui satelit, menggunakan 1080 jalur aktif dan resolusi 1920 piksel per baris pada kecepatan medan 50 Hz. Channel ini kemudian diubah namanya menjadi HD1 dan format transmisinya diubah. Ketika HDTV diluncurkan di Indonesia, keputusan dibuat untuk menggunakan pengkodean MPEG-4 dua kali lebih efisien dibandingkan MPEG-4/Part-10 H.264 – Pengodean Video (AVC, Pengodean Video Lanjutan).

Sinyal Baseband HDTV Tidak Terkompresi

Bagian berikut menjelaskan sinyal pita dasar HDTV tidak terkompresi sebagaimana didefinisikan dalam ITU-R BT.709 dan ITU-R BT.1120.

ITU secara umum telah menyetujui jumlah channel total 1250 channel untuk sistem 50 Hz dan 1125 channel untuk sistem 60 Hz, keduanya dengan 1080 channel aktif. Jumlah piksel aktif per baris adalah 1920 di kedua sistem. Format gambar dengan 1920 piksel x 1080 baris ini disebut Common Image Format (CIF). Laju pengambilan sampel sinyal luminansi adalah 74,25 MHz (Gbr. 5.2), dan format Y:CB:CR adalah 4:2:2. Sampling rate dari komponen perbedaan warna adalah $0,5 \times 74,25 \text{ MHz} = 37,125 \text{ MHz}$. Untuk sistem 1250-garis dengan laju medan 50 Hz, ITU-R.BT 709 menetapkan 72 MHz dan 36 MHz untuk laju pengambilan sampel luminansi dan chrominance, masing-masing. Untuk menghindari aliasing, penyaringan low-pass digunakan sebelum pengambilan sampel untuk membatasi bandwidth sinyal luminance hingga 30 MHz dan bandwidth sinyal chrominance hingga 15 MHz.

Untuk sistem 1125/60 (Gbr. 4.2) dan resolusi 10 bit, ini menghasilkan kecepatan data fisik kotor sebesar

$$\begin{aligned}
 Y & : 74.25 \times 10 \text{ Mbps} = 742.5 \text{ Mbps} \\
 C_B & : 0.5 \times 74.25 \times 10 \text{ Mbps} = 371.25 \text{ Mbps} \\
 C_R & : 0.5 \times 74.25 \times 10 \text{ Mbps} = 371.25 \text{ Mbps}
 \end{aligned}$$

Kecepatan data kotor 1,485 Gbps (1125/60)

Untuk sistem 1250/50 (Gbr. 4.2) yang menggunakan laju sampling agak lebih rendah, laju data fisik bruto pada resolusi 10 bit adalah

$$Y: 72 \times 10 \text{ Mbps} = 720 \text{ Mbps}$$

$$CB: 0.5 \times 72 \times 10 \text{ Mbps} = 360 \text{ Mbps}$$

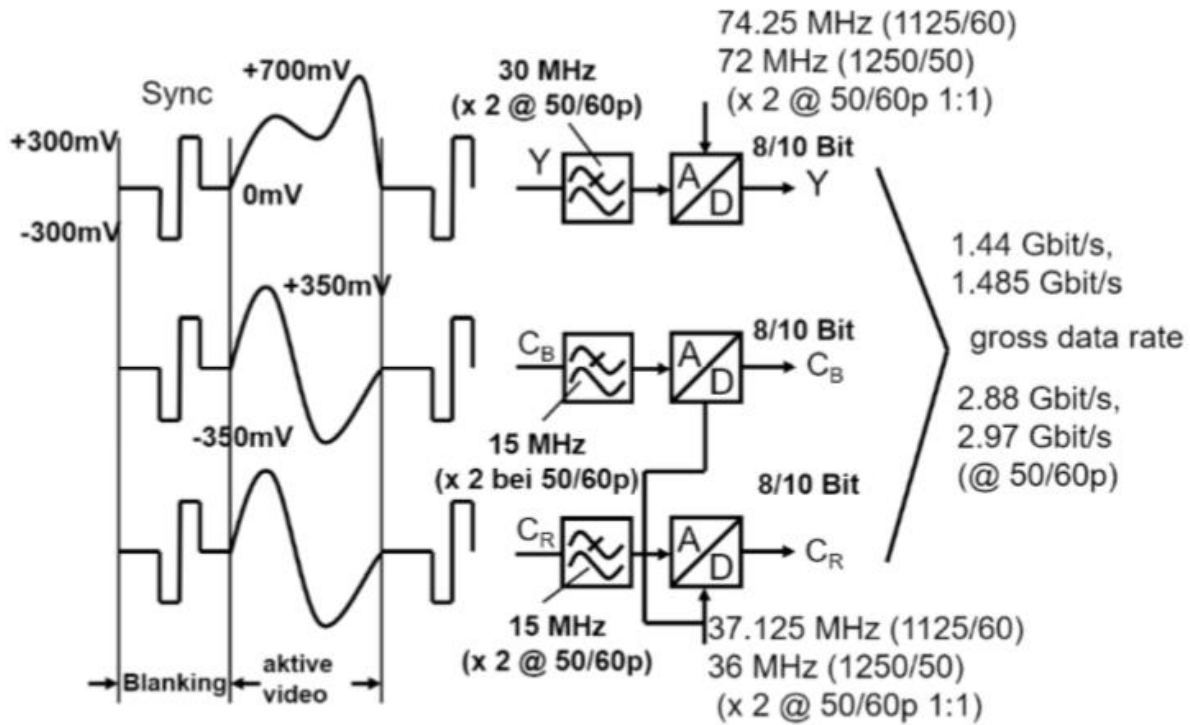
$$CR: 0.5 \times 72 \times 10 \text{ Mbps} = 360 \text{ Mbps}$$

Kecepatan data kotor (1250/50)

Metode pemindaian dapat interlaced atau progresif. Pemindaian progresif terutama digunakan pada tampilan panel datar seperti layar LCD dan OLED di mana teknologi ini hanya mendukung rendering layar penuh dan interlacing dapat menyebabkan artefak yang tidak menarik. Untuk bidang 50/60 yang dipindai secara progresif, kecepatan pengambilan sampel digandakan menjadi 148,5 MHz / 144 MHz untuk sinyal pencahayaan dan 74,2 MHz / 72 MHz untuk komponen perbedaan warna, dengan kecepatan data kotor juga digandakan menjadi 2,97 Gbps / 2,88 Gbps.

Struktur sinyal data HDTV digital tidak terkompresi sesuai dengan ITU-R BT.601. Standar ini juga mendefinisikan antarmuka paralel dan serial (HDS DI). Produsen receiver Indonesia telah menetapkan logo "HD Ready" dan "Full HD" untuk mengidentifikasi karakteristik layar atau proyektor. "HD Ready" mendefinisikan layar atau proyektor yang menyediakan fitur berikut:

- resolusi fisik setidaknya 720 baris
- Rasio aspek 16:9
- dukungan untuk resolusi 1280 x 720 pada kecepatan bidang 50 Hz atau 60 Hz, progresif
- dukungan untuk resolusi 1920 x 1080 pada kecepatan bidang 50 Hz atau 60 Hz, interlaced
- antarmuka analog Y Pb Pr
- antarmuka DVI atau HDMI digital
- Enkripsi HDCP di antarmuka digital



Gambar 4.2. Pengambilan sampel sinyal HDTV (Televisi Definisi Tinggi) sesuai dengan ITU-R.BT.709

Tabel 4.3. Spesifikasi format produksi HD 1920x1080

Sistem HDTV	1125/60	1125/60	1125/50 atau 1250/60	1125/50 atau 1250/60
Jumlah jalur aktif	1080	1080	1080	1080
Laju bidang dan laju bingkai	60 Hz interlaced (2:1)	60 MHz progressive (1:1)	60 Hz interlaced (2:1)	50 MHz progressive (1:1)
Frekuensi garis	33.75 kHz	67.5 kHz	31.25 kHz	62.5 kHz
Rasio aspek	16:9	16:9	16:9	16:9
Sampel per jalur aktif	1920	1920	1920	1920
Jumlah jalur aktif	1080	1080	1080	1080
Frekuensi pengambilan sampel Y	74.25 MHz	148.5 MHz	74.25 MHz	148.5 MHz
Periode pengambilan sampel Y 1	13.46 ns	6.73 ns	13.46 ns	6.73 ns
Durasi baris aktif	25.85µs	25.85µs	25.85µs	12.92µs
Interval pengosongan horizontal	12.7%	12.7%	19.2%	19.2%

DVI (Digital Visual Interface), yang sudah tidak asing lagi di dunia PC di mana ia telah menggantikan antarmuka VGA tradisional, memungkinkan kecepatan data 1,65 Gbps. HDMI (High Definition Multimedia Interface) mendukung kecepatan data hingga 18 Gbps dan mengangkut gambar dan suara. HDCP (Perlindungan Konten Digital Bandwidth Tinggi) melindungi konten HD digital pada antarmuka DVI dan HDMI dari penyalinan yang tidak sah seperti yang dipersyaratkan oleh industri film. Antarmuka HDMI, yang saat ini tersedia dalam versi 1.4a dan 2.0, telah menjadi antarmuka standar di perangkat multimedia seperti layar panel datar, pemutar disk Blu-ray, kamera, proyektor, dll. serta di PC. Perangkat yang membuktikan versi HDMI 2.1 diharapkan pada 2019.

"Full HD" memberikan resolusi piksel fisik 1920 x 1080 penuh, tidak seperti "HD Ready". Layar panel datar yang tersedia saat ini setidaknya memiliki resolusi "Full HD", HD Ready adalah sejarah. Banyak display di pasaran sudah mendukung resolusi UHD. HDTV telah diluncurkan, tetapi pesaing berikutnya, UHDTV, sudah siap dan sudah tersedia untuk beberapa layanan streaming VoD.

Sinyal Antarmuka Video Fisik Hingga UHDTV

Sekarang mari kita lihat semua format sinyal video yang saat ini digunakan di studio hingga UHDTV, tercantum dalam Tabel 5.3. Sampai saat ini, sinyal video telah ditransfer melalui kabel koaksial 75 Ohm (warna: hijau). Formatnya berkisar dari sinyal CCVS analog dengan bandwidth 5 MHz melalui SDI dan HD-SDI yang mendukung masing-masing 270 Mbps dan 1,485 Gbps, hingga penggunaan empat kabel koaksial 75 Ohm paralel dengan kecepatan data gabungan 12 Gbps (Quad 3G /HD/SDI) digunakan di UDTV.

Selama beberapa dekade, bandwidth sinyal video analog adalah 5 MHz, dan meskipun mereka hampir tidak memainkan peran apa pun di kalangan profesional, hampir semua terminal dari layar panel datar hingga ponsel, proyektor, dll. masih dilengkapi dengan input atau output video analog dengan pilihan PAL, SECAM atau format NTSC. Sejak tahun 1990-an, format sinyal kamera yang digunakan di studio adalah SDI (Serial Digital Interface) dengan resolusi 10 bit dan kecepatan data 270 Mbps untuk SDTV. HDTV juga semakin berkembang sejak sekitar tahun 2003. Studio menggunakan sinyal HD-SDI untuk format ini, memberikan kecepatan data 1,485 Mbps pada resolusi 10 bit.

Format sinyal kamera yang umum di sini biasanya 1080i. Kecepatan refresh yang lebih tinggi membutuhkan kecepatan data yang lebih tinggi. Langkah selanjutnya ke arah ini adalah 3G-HDSI yang sesuai dengan sinyal TV digital definisi tinggi dengan kecepatan data hingga 3 Gbps melalui kabel koaksial 75 Ohm. Beberapa teknologi juga menggunakan dua kabel koaksial secara paralel, seperti misalnya Dual-Link-HD-SDI. Ada juga beberapa aplikasi UHDTV saat ini yang menggunakan empat kabel koaksial 75 Ohm paralel untuk mendistribusikan sinyal UHDTV hingga 12 Gbps dalam kasus Quad-3G-HD-SDI, dengan masing-masing kabel Quad-3G-HD-SDI mentransfer satu keempat dari gambar UHDTV. Masa depan akan membawa media fisik lainnya ke dalam bermain, mis. kabel CAT6 dengan konektor RJ45 untuk sinyal 802.AVB atau "SDI over IP" sebagaimana ditentukan dalam standar SMPTE2022.

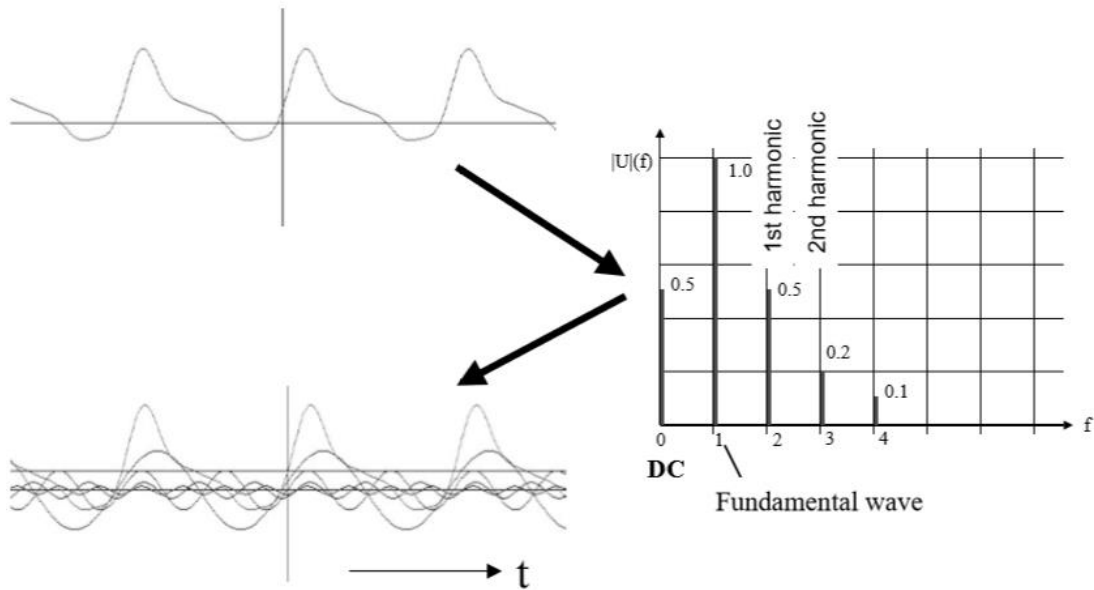
Tabel 4.4. Format sinyal video fisik hingga UHDTV

Format Sinyal Video	Antarmuka fisik	Tingkat Data	Standar	Format
SDI Serial Digital Interface	75 Ohm, coax, BNC	270 Mbps	ITU-T B.801	satu datastream melalui satu kabel
HD-SDI High Definition Serial Digital Interface	75 Ohm, coax, BNC	1.485 Gbps	ITU-T B1120-3	satu datastream melalui satu kabel
Dual Link HD-SDI	2 x 75 Ohm, coax	2 x 1.485 Gbps		satu datastream melalui 2 kabel 1080p50/60 4:2:2 atau 1080p50/60 4:4:4
3G/HD/SDI	75 Ohm, coax	3 Gbps		satu datastream melalui satu kabel 1080p50/60 4:2:2 atau 1080p50/60 4:4:4
Dual Stream 3G/HD/SDI	2 x 75 Ohm, coax	3 Gbps		2 datastream dengan masing-masing 1,485 Gbps (1080p 4:2:2) + (1080p 4:2:2) mis. untuk saluran kiri dan kanan 3D
Quad 3G-HD-SDI	4 x 75 Ohm, coax	12 Gbps		satu datastream melalui 4 kabel
802.AVB	Gigabit Ethernet, RJ45			Ethernet, RJ45
SDI over IP	Gigabit Ethernet		SMPTE2022	AVB = Audio Video Bridge

BAB 5

TRANSFORMASI KE- DAN DARI DOMAIN FREKUENSI

Dalam bab ini, prinsip-prinsip transformasi ke dan dari domain frekuensi dibahas. Meskipun menjelaskan metode yang digunakan secara umum di seluruh bidang komunikasi listrik, pengetahuan menyeluruh tentang prinsip-prinsip ini sangat penting untuk memahami bab-bab berikutnya tentang pengkodean video, pengkodean audio dan *Orthogonal Frequency Division Multiplex* (OFDM), yaitu DVB-T dan DAB. Para ahli, tentu saja, dapat dengan mudah melewati bab ini.

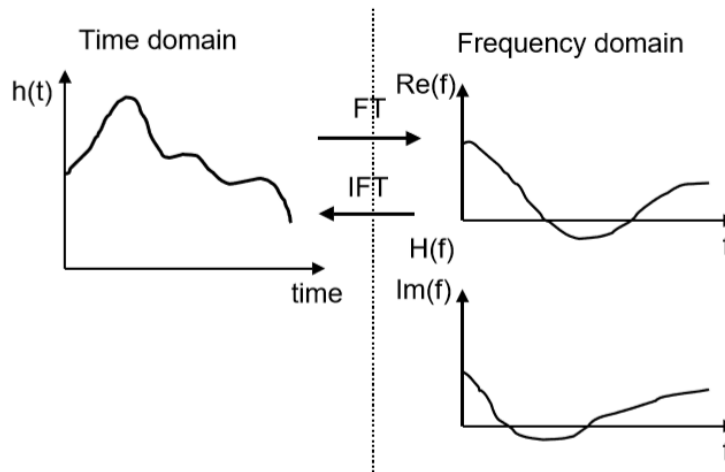


$$u(t) = 0.5 + 1.0\sin(t+0.2)+0.5\sin(2t)+0.2\sin(3t-1)+0.1\sin(4t-1.5);$$

Gambar 5.1. Analisis Fourier dari sinyal domain waktu periodik

$$H(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} h(t)e^{-j2\pi ft} dt; \text{ Fourier Transform (FT)}$$

$$h(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} H(f)e^{j2\pi ft} df; \text{ Inverse Fourier Transform (IFT)}$$



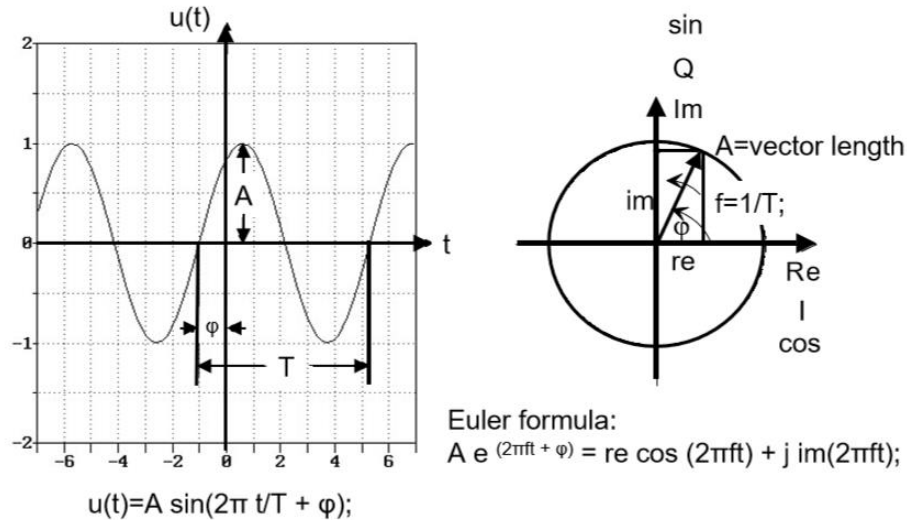
Gambar 5.2. Fourier Transform

Sinyal biasanya direpresentasikan sebagai variasi sinyal terhadap waktu. Sebuah osiloskop, misalnya, menunjukkan sinyal listrik, tegangan, dalam domain waktu. Voltmeter hanya menyediakan beberapa parameter dari sinyal listrik ini, mis. komponen DC dan nilai RMS. Kedua parameter ini juga dapat dihitung dari variasi tegangan dengan menggunakan osiloskop digital modern. Sebuah penganalisis spektrum menunjukkan sinyal dalam domain frekuensi. Dimungkinkan untuk menganggap sinyal domain waktu apa pun sebagai terdiri dari sinyal sinusoidal dalam jumlah tak terbatas dengan amplitudo, fase, dan frekuensi tertentu.

Sinyal domain waktu diperoleh dengan menjumlahkan semua sinyal sinusoidal pada setiap titik waktu, yaitu sinyal asli diperoleh dari superposisi. Penganalisis spektrum, bagaimanapun, hanya menunjukkan kepada kita informasi tentang amplitudo atau kekuatan sinyal-bagian sinusoidal ini, harmonik.

Fourier Transform

Spektrum sinyal domain waktu dapat diperoleh secara matematis dengan menggunakan apa yang disebut Transformasi Fourier. Ini adalah transformasi integral di mana sinyal domain waktu harus diamati dari minus tak terhingga ke plus tak terhingga. Transformasi Fourier seperti itu hanya dapat diselesaikan dengan benar jika sinyal domain waktu dapat dijelaskan dalam istilah yang tidak ambigu secara matematis. Transformasi Fourier kemudian menghitung variasi komponen nyata dan variasi komponen imajiner versus frekuensi dari sinyal domain waktu. Hal ini dimungkinkan untuk merakit sinyal sinusoidal dari setiap amplitudo, fase dan frekuensi dari komponen sinyal cosinusoidal dari frekuensi ini dengan amplitudo khusus dan dari komponen sinyal sinusoidal dari frekuensi ini dan amplitudo khusus. Komponen real secara akurat menggambarkan amplitudo komponen kosinusoidal dan komponen imajiner secara akurat menggambarkan amplitudo komponen sinusoidal.

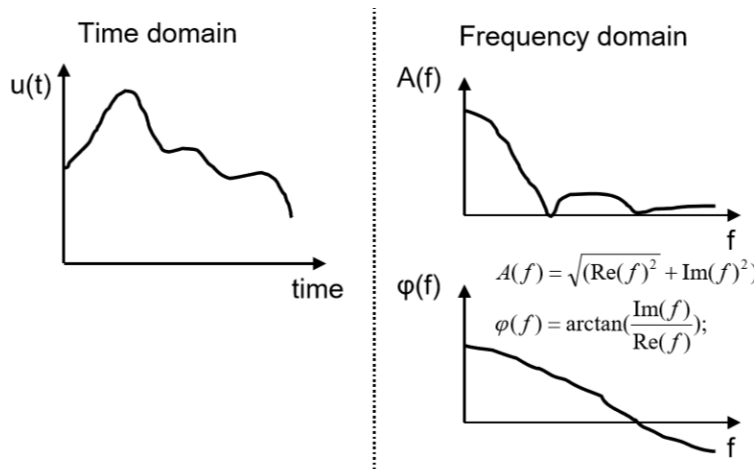


Gambar 5.3. Diagram vektor dari sinyal sinusoidal

Dalam diagram vektor (Gbr. 5.3.), vektor suatu besaran sinusoidal diperoleh dengan penjumlahan vektor dari bagian real dan imajiner, yaitu komponen kosinus dan sinus. Transformasi Fourier dengan demikian memberikan informasi tentang bagian nyata, yaitu komponen kosinus, dan bagian imajiner, yaitu komponen sinus, pada setiap titik dalam spektrum dalam resolusi yang sangat halus. Transformasi Fourier dimungkinkan maju dan mundur dan disebut sebagai Transformasi Fourier (FT) dan Transformasi Fourier Terbalik (IFT), masing-masing.

Transformasi Fourier mengubah sinyal domain waktu nyata menjadi spektrum kompleks yang terdiri dari bagian nyata dan bagian imajiner seperti yang dijelaskan. Spektrum terdiri dari frekuensi positif dan negatif dan rentang frekuensi negatif tidak memberikan informasi tambahan tentang sinyal domain waktu yang bersangkutan. Bagian nyata adalah cerminsimetris terhadap frekuensi nol dan $\text{Re}(-f) = \text{Re}(f)$ berlaku sedangkan bagian imajiner adalah titik-ke-titik-simetris dan $\text{Im}(-f) = -\text{Im}(f)$ berlaku. Transformasi Fourier Terbalik memasok sinyal domain waktu tunggal lagi dari spektrum kompleks. Analisis Fourier, yaitu analisis harmonik, tidak lain adalah kasus khusus Transformasi Fourier di mana Transformasi Fourier hanya diterapkan pada sinyal periodik dan integralnya kemudian dapat diganti dengan rumus penjumlahan. Sinyal dapat dijelaskan dengan jelas karena bersifat periodik. Informasi selama satu periode sudah cukup.

Dengan menerapkan teorema Pythagoras atau fungsi busur-singgung, masing-masing, informasi amplitudo dan fase dapat diperoleh dari bagian nyata dan imajiner jika diperlukan (Gbr. 6.4.). Karakteristik tundaan grup diperoleh dengan membedakan variasi fasa dengan frekuensi.



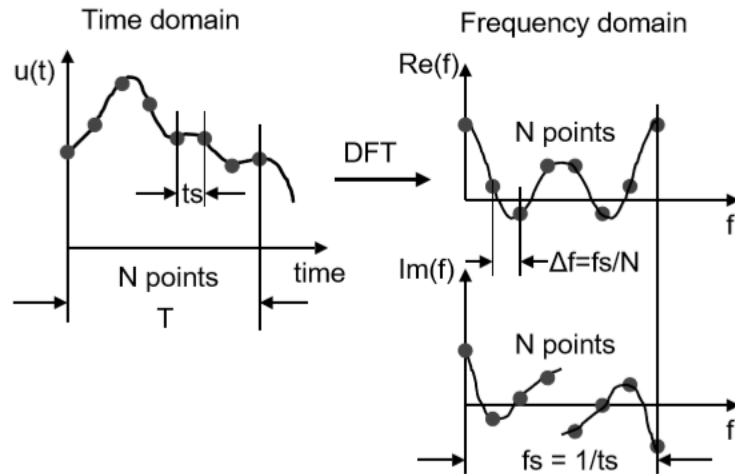
Gambar 5.4. Amplitudo dan karakteristik fase

Discrete Fourier Transform (DFT)

Sinyal dengan format yang cukup umum tidak dapat dijelaskan secara matematis; tidak ada periodisitas dan mereka harus diamati untuk jangka waktu tak terbatas yang tidak mungkin dilakukan dalam praktik. Dengan demikian tidak ada pendekatan matematis atau numerik yang mungkin untuk menghitung spektrumnya. Salah satu solusi yang kira-kira mensuplai pita frekuensi adalah *Discrete Fourier Transform* (DFT). Menggunakan, mis. konverter analog/digital, sinyal disampel pada titik-titik diskrit dalam domain waktu pada interval $\Delta t = t_s$ dan diamati hanya dalam window waktu terbatas pada titik N (Gbr. 5.5.).

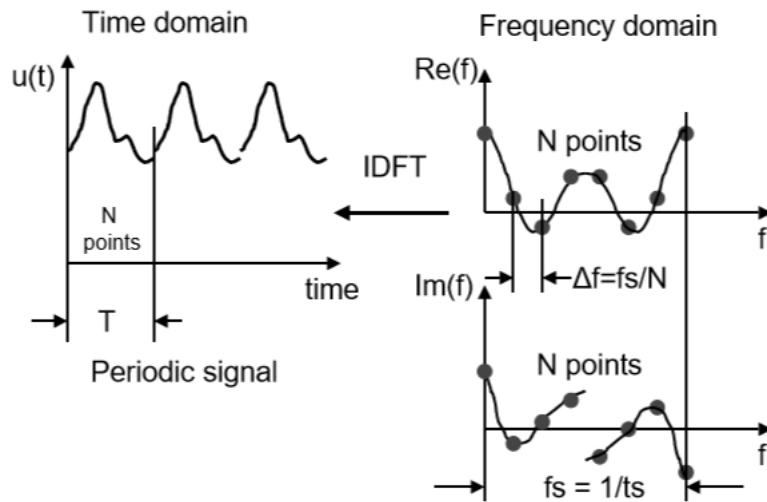
Alih-alih integral dari minus tak terhingga ke plus tak terhingga, hanya rumus penjumlahan yang harus diselesaikan saat itu dan ini bahkan dapat dilakukan secara numerik murni melalui pemrosesan sinyal digital. Transformasi Fourier diskrit menghasilkan N titik untuk bagian real(f) dan N titik untuk bagian imajiner(f) dalam pita spektral.

Diskrit Fourier Transform (DFT), pada kenyataannya, sebenarnya sesuai dengan analisis Fourier dalam window waktu yang diamati dari sinyal band-limited. Dengan demikian diasumsikan bahwa sinyal dalam window waktu yang diamati berlanjut secara berkala. Asumsi ini menghasilkan "ketidakpastian" dalam analisis sehingga Transformasi Fourier Diskrit hanya dapat memberikan informasi perkiraan tentang pita frekuensi yang sebenarnya. 'Perkiraan' sebanyak area sebelum dan sesudah window waktu tidak dipertimbangkan dan window sinyal dipotong dengan tajam. Namun, DFT dapat diselesaikan dengan cara matematika dan numerik sederhana dan berfungsi baik maju maupun mundur dalam domain waktu (*Inverse Discrete Fourier Transform* – IDFT, Gambar 6.6.). Hasil dari melakukan DFT pada interval sinyal domain waktu nyata adalah spektrum kompleks diskrit (bagian nyata dan imajiner). IDFT mengubah spektrum kompleks kembali menjadi sinyal domain waktu nyata lagi. Namun pada kenyataannya, bagian dari sinyal domain waktu yang dipotong dan diubah menjadi domain frekuensi telah diubah menjadi sinyal periodik.



Gambar 5.5. Discrete Fourier Transform (DFT)

Setelah segmen sinyal domain waktu persegi panjang telah di-window, spektrum sesuai dengan konvolusi fungsi $\text{sinc}(x)/x$ dengan spektrum asli sinyal. Ini menghasilkan efek yang berbeda yang dalam analisis spektrum dilakukan dengan cara DFT mengganggu dan mempengaruhi hasil pengukuran pada tingkat yang lebih besar atau lebih kecil. Dalam aplikasi pengujian, oleh karena itu, pilihannya adalah tidak memilih fungsi window persegi panjang tetapi, mis. fungsi cos^2 yang akan memotong window yang lebih halus dan menyebabkan lebih sedikit gangguan dalam domain frekuensi. Berbagai jenis fungsi window digunakan, mis. window persegi panjang, window Hanning, window Hamming, window Blackman dll. Window berarti bahwa segmen sinyal pertama dipotong menjadi bentuk persegi panjang dan kemudian dikalikan dengan fungsi window.



Gambar 5.6 IDFT

Fast Fourier Transform (FFT)

Diskrit Fourier Transform adalah algoritma yang sederhana namun cukup memakan waktu. Namun, jika jumlah titik N dalam window pengamatan dibatasi hingga $N=2^x$, yaitu pangkat dua

(Cooley, Tukey, 1965), algoritma yang lebih kompleks, tetapi lebih sedikit memakan waktu, *Fast Fourier Transform* (FFT).), dapat digunakan. Algoritma ini sendiri memberikan hasil yang persis sama dengan DFT tetapi jauh lebih cepat dan terbatas pada $N=2^x$ poin (2, 4, 8, 16, 32, 64, ..., 256, ..., 1024, 2048, ..., 8192, ...). Transformasi Fourier Cepat juga dapat dibalik (Inverse Fast Fourier Transform - IFFT).

Algoritma FFT menggunakan metode aljabar linier. Sampel disortir terlebih dahulu dalam pembalikan bit yang disebut bersama dan kemudian diproses dengan cara operasi kupu-kupu. Operasi ini diimplementasikan sebagai kode mesin dalam prosesor sinyal dan chip FFT khusus.

Jumlah perkalian yang diberikan di bawah ini menunjukkan waktu yang diperoleh FFT dibandingkan dengan DFT:

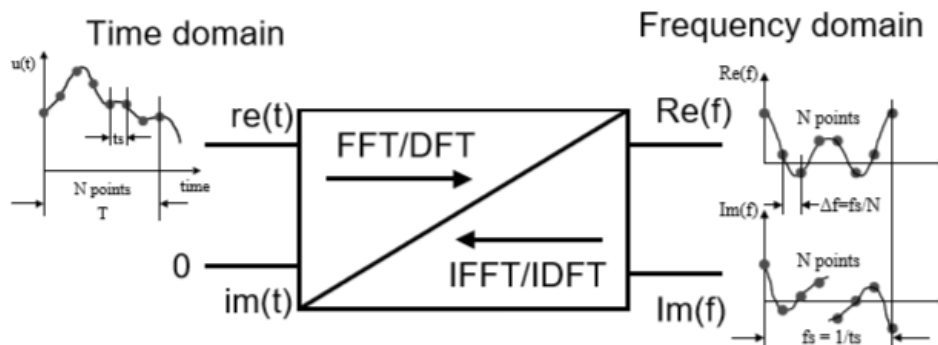
Jumlah perkalian yang dibutuhkan:

DFT: $N \cdot N$

FFT: $N \cdot \log(2N)$

FFT telah lama digunakan di bidang akustik (mensurvei ruang konser dan gereja) dan dalam geologi (mencari mineral, bijih, dan minyak). Namun, analisis dilakukan secara off-line dengan komputer cepat, menggunakan impuls Dirac untuk merangsang media yang akan diperiksa (aula, batu) dan kemudian merekam respons impuls dari media yang diselidiki. Impuls Dirac adalah impuls yang sangat pendek dan sangat kuat, contoh impuls Dirac akustik adalah tembakan pistol dan impuls Dirac geologis adalah ledakan muatan peledakan.

Kembali pada tahun 1988, FFT 256 poin masih menghabiskan menit waktu PC. Saat ini, FFT 8192 poin (8k FFT) membutuhkan waktu komputasi kurang dari satu milidetik! Ini membuka pintu untuk aplikasi baru dan menarik seperti kompresi video dan audio atau Orthogonal Frequency Division Multiplex (OFDM). FFT juga semakin banyak digunakan untuk analisis spektrum dalam pengujian video analog dan untuk mendeteksi amplitudo dan respon delay grup dari link transmisi video sejak akhir 1980-an. Dalam osiloskop penyimpanan modern juga, fungsi pengujian yang menarik ini sering ditemukan saat ini dan memungkinkan untuk melakukan analisis spektrum berbiaya rendah, terutama juga dalam teknik pengujian audio.



Gambar 5.7. Implementasi dan aplikasi praktis DFT dan FFT

Implementasi dan Aplikasi Praktis DFT dan FFT

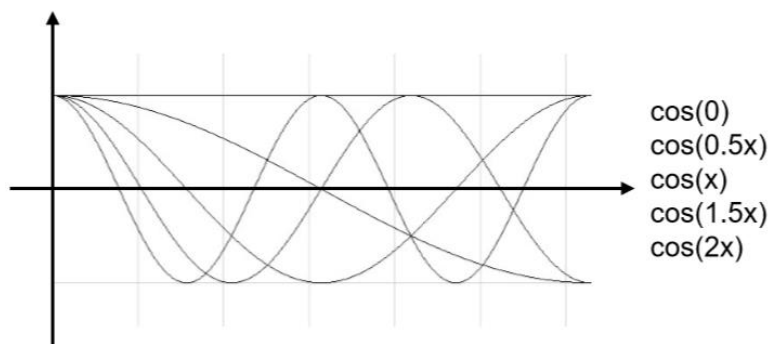
Transformasi Fourier, Transformasi Fourier Diskrit, dan Transformasi Fourier Cepat semuanya didefinisikan melalui bidang bilangan kompleks. Ini berarti bahwa baik sinyal domain waktu maupun sinyal domain frekuensi memiliki bagian real dan imajiner. Sinyal domain waktu khas, bagaimanapun, selalu murni nyata, yaitu bagian imajiner adalah nol pada setiap titik waktu. Oleh karena itu, bagian imajiner harus disetel ke nol sebelum Transformasi Fourier atau variasi numeriknya DFT dan FFT dilakukan.

Ketika DFT atau FFT dan IDFT atau IFFT dilakukan dalam praktiknya, dua sinyal input diperlukan. Sinyal input diimplementasikan sebagai tabel bagian nyata dan bagian imajiner dan sesuai dengan domain waktu atau frekuensi sampel. Karena sampel N dari sinyal domain waktu tipikal selalu nyata, bagian imajiner yang sesuai harus disetel ke nol untuk masing-masing titik N . Ini berarti tabel bagian imajiner untuk domain waktu harus diisi dengan nol. Ketika transformasi terbalik dilakukan, bagian imajiner dari sinyal domain waktu harus kembali menjadi nol dengan asumsi bahwa rentang frekuensi untuk bagian nyata adalah sekitar setengah dari frekuensi sampling dan rentang frekuensi untuk bagian imajiner adalah simetris titik-ke-titik sekitar setengah frekuensi sampling. Jika simetri ini tidak ada dalam domain frekuensi, sinyal domain waktu yang kompleks dikeluarkan, yaitu sinyal juga memiliki komponen imajiner dalam domain waktu.

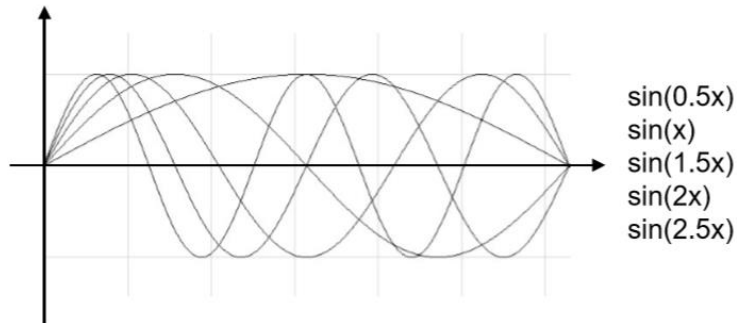
Transformasi Kosinus Diskrit/ *Discrete Cosine Transform (DCT)*

Discrete Cosine Transform (DCT), dan juga Transformasi Fourier Cepat yang merupakan kasus khusus dari DCT, adalah transformasi kosinus-sinus seperti yang dapat dilihat dari rumusnya; ini adalah upaya untuk merakit segmen sinyal domain waktu dengan superposisi dari banyak sinyal kosinus dan sinus yang berbeda dengan frekuensi dan amplitudo yang berbeda. Hasil serupa juga dapat dicapai dengan hanya menggunakan sinyal kosinus atau hanya sinyal sinus.

Mereka kemudian disebut *Discrete Cosine Transform (DCT)* (Gbr. 6.8.) atau Transformasi Sinus Diskrit (DST) (Gbr. 5.9.). Dibandingkan dengan DFT, jumlah sinyal tunggal yang dibutuhkan tetap sama tetapi dibutuhkan dua kali lebih banyak sinyal kosinus atau sinus. Selain itu, kelipatan setengah integral dari fundamental diperlukan serta kelipatan integral. Transformasi Kosinus Diskrit (Gbr. 5.8.), khususnya, telah menjadi sangat penting untuk kompresi audio dan video.

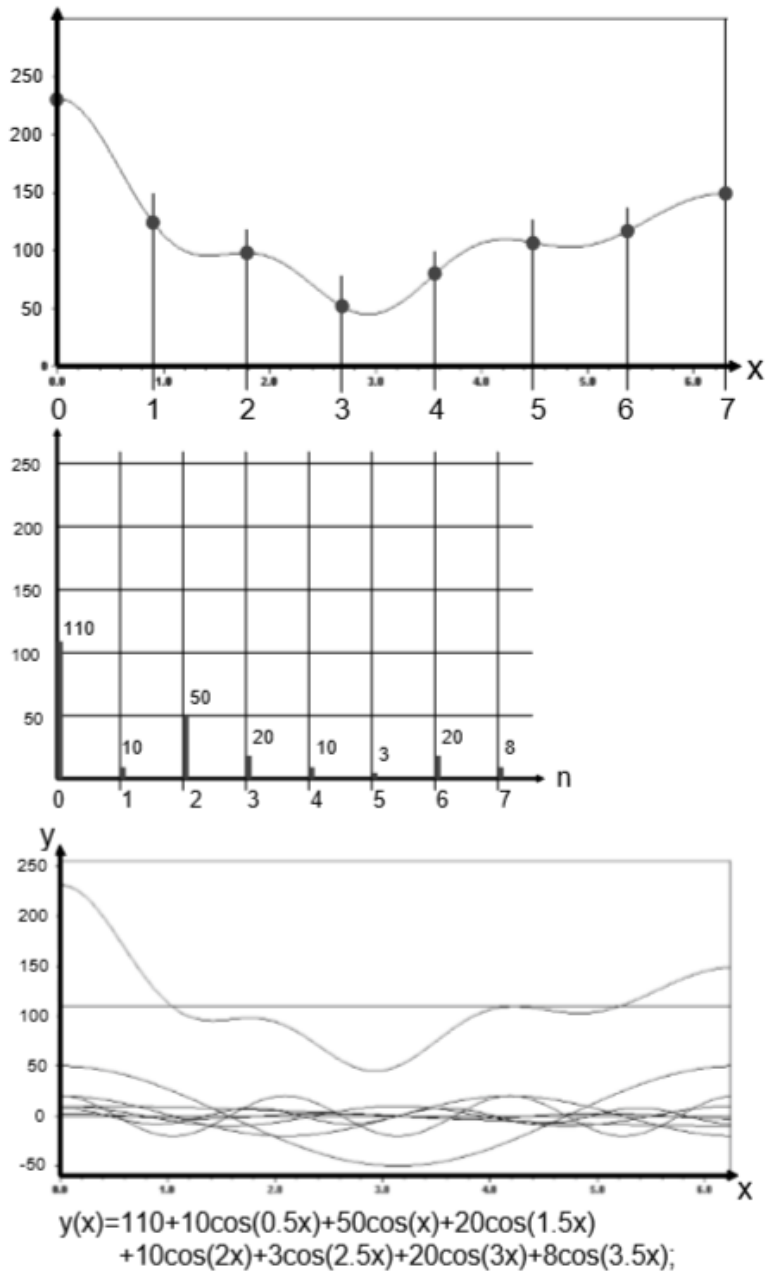


Gambar 5.8. *Discrete Cosine Transform (DCT)*



Gambar 5.9. *Discrete Sine Transform (DST)*

DCT memasok, dalam domain waktu, amplitudo sinyal kosinus dari mana interval waktu yang dianalisis dapat dikumpulkan. Koefisien nol sesuai dengan komponen DC dari segmen sinyal. Semua koefisien lainnya pertama-tama menggambarkan komponen frekuensi rendah, kemudian frekuensi menengah dan kemudian komponen frekuensi yang lebih tinggi dari sinyal atau, masing-masing, amplitudo fungsi kosinus dari mana segmen sinyal domain waktu dapat dihasilkan dengan menambahkan mereka bersama-sama. Respon DCT relatif lembut pada tepi segmen sinyal yang dipotong dan akan menyebabkan diskontinuitas yang lebih rendah jika sinyal ditransformasikan dan ditransformasikan kembali segmen demi segmen. Ini mungkin menjadi alasan mengapa DCT menjadi sangat penting dalam bidang kompresi.

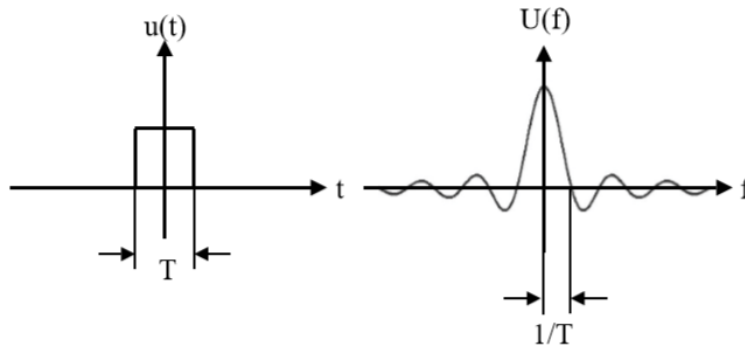


Gambar 5.10. contoh DCT dan IDCT; fungsi asli atas, koefisien DCT tengah, fungsi dasar kosinus bawah dan kurva yang ditumpangkan.

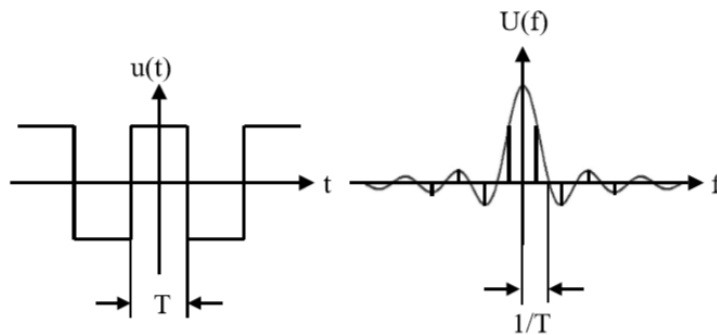
DCT adalah algoritma inti dari kompresi gambar JPEG dan MPEG (fotografi digital dan video) di mana gambar ditransformasikan secara dua dimensi blok demi blok ke dalam domain frekuensi dan dikompresi blok demi blok. Sangat penting bahwa tepi blok tidak dapat dikenali pada gambar setelah dekompresi (tidak ada diskontinuitas di tepi).

Transformasi kosinus diskrit tidak menyediakan koefisien dalam domain frekuensi berpasangan, yaitu dipisahkan menurut bagian nyata dan imajiner dan tidak memberikan informasi tentang fase, hanya tentang amplitudo. Karakteristik amplitudo juga tidak berhubungan langsung dengan hasil DFT. Tetapi jenis transformasi frekuensi ini cukup untuk banyak aplikasi dan juga memungkinkan

di kedua arah (Transformasi Kosinus Diskrit Terbalik - IDCT) (Gbr. 6.10.). Pada prinsipnya, tentu saja, ada juga Transformasi Sinus Diskrit (Gbr. 5.9) di mana ia mencoba untuk menduplikasi sinyal domain waktu dengan superposisi sinyal sinusoidal murni.



Gambar 5.11. Transformasi Fourier dari satu denyut gelombang persegi

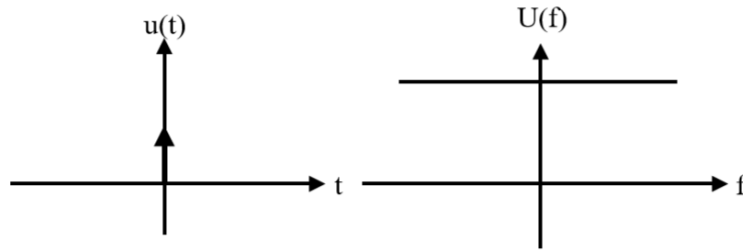


Gambar 5.12. Transformasi Fourier dari denyut gelombang persegi periodik

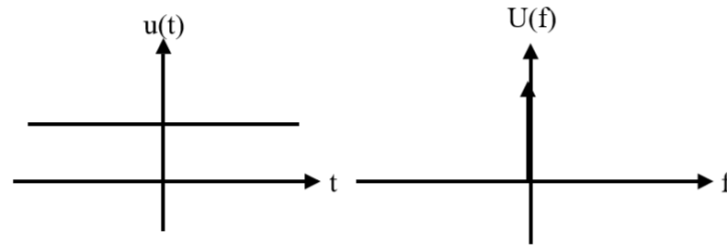
Sinyal Domain Waktu dan Transformasinya dalam Domain Frekuensi

Dalam paragraf berikut, beberapa sinyal domain waktu penting dan transformasinya dalam domain frekuensi akan dibahas. Tujuan dari pengamatan ini adalah untuk mendapatkan gambaran tentang hasil Transformasi Fourier Cepat.

Mari kita mulai dengan sinyal gelombang persegi periodik (Gbr. 5.12.): karena merupakan sinyal periodik, ia memiliki garis diskrit dalam spektrum frekuensi; semua garis spektral diskrit dari sinyal gelombang persegi terletak pada kelipatan integral dari frekuensi dasar sinyal gelombang persegi. Sebagian besar energi akan ditemukan dalam gelombang fundamental itu sendiri. Jika terdapat komponen DC, maka akan menghasilkan garis spektral pada frekuensi nol (Gbr. 6.14.). Selubung garis spektral fundamental dan harmonik adalah fungsi $\sin(x)/x$.



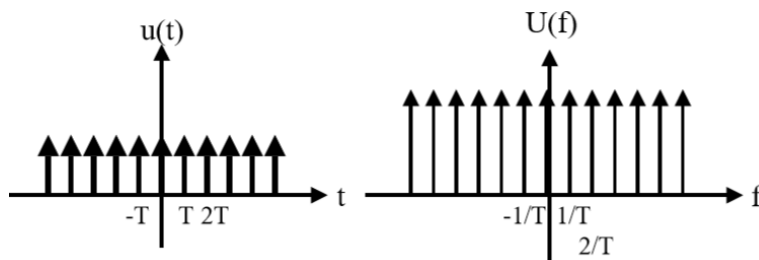
Gambar 5.13. Transformasi Fourier dari impuls Dirac



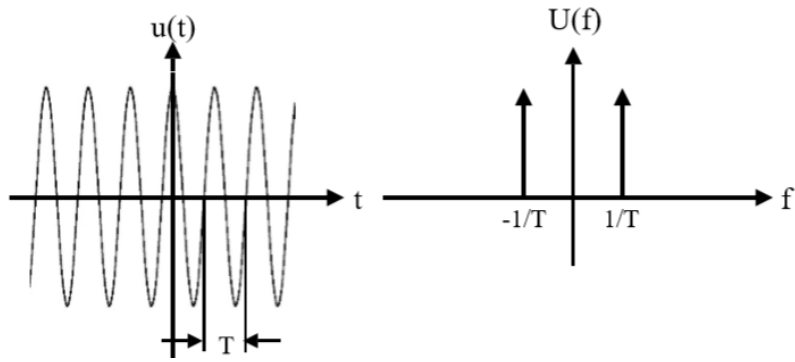
Gambar 5.14. Transformasi Fourier dari tegangan searah murni (DC)

Jika kemudian durasi periode T dari sinyal gelombang persegi dibiarkan cenderung menuju tak terhingga, garis spektral diskrit bergerak lebih dekat dan lebih dekat bersama-sama sampai spektrum kontinu dari satu denyut diperoleh (Gbr. 6.11.).

Spektrum denyut gelombang persegi tunggal adalah fungsi $\sin(x)/x$. Jika kemudian lebar denyut T dibiarkan menjadi semakin sempit dan cenderung menuju nol, semua titik nol dari fungsi $\sin(x)/x$ akan cenderung menuju tak terhingga. Dalam domain waktu, ini memberikan denyut yang sangat pendek, yang disebut impuls Dirac, Transformasi Fourier yang merupakan garis lurus; yaitu energi didistribusikan secara seragam dari frekuensi nol hingga tak terhingga (Gbr. 6.13.). Sebaliknya, jarum Dirac tunggal pada $f=0$ dalam domain frekuensi sesuai dengan tegangan searah (DC) dalam domain waktu.



Gambar 5.15. Transformasi Fourier dari urutan impuls Dirac



Gambar 5.16. Transformasi Fourier dari sinyal sinusoidal

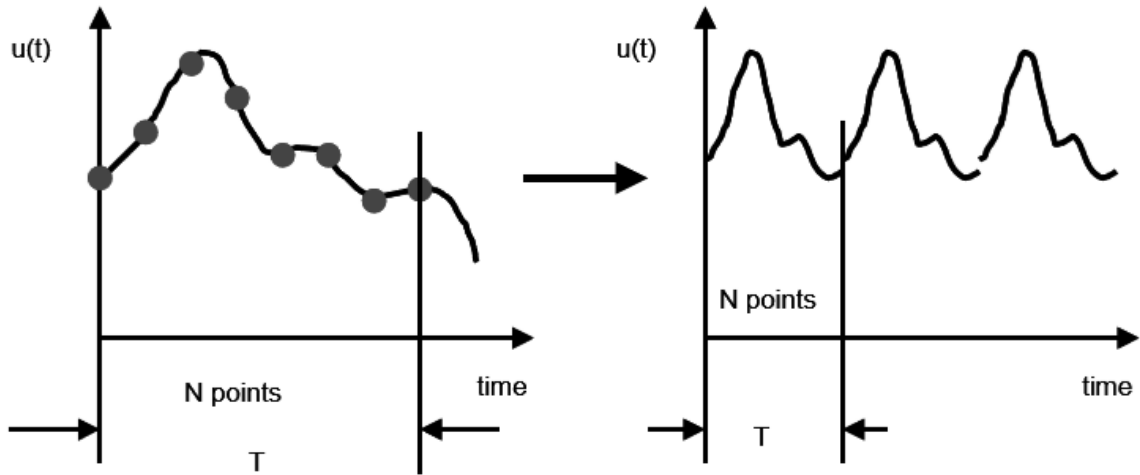
Urutan impuls Dirac yang berjarak pada interval T dari satu sama lain lagi menghasilkan spektrum diskrit jarum Dirac yang berjarak $1/T$ (Gbr. 6.15.). Kereta impuls Dirac sangat penting ketika mempertimbangkan sinyal sampel. Pengambilan sampel sinyal analog memiliki konsekuensi bahwa sinyal ini berbelit-belit dengan urutan impuls Dirac.

Untuk menyimpulkan, sinyal sinusoidal murni akan dipertimbangkan. Transformasi Fouriernya adalah jarum Dirac pada frekuensi gelombang sinus f_s dan $-f_s$.

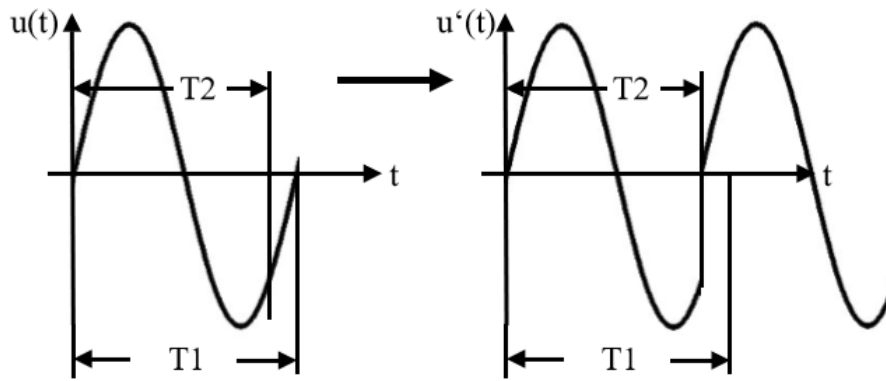
Kesalahan Sistematis dalam DFT atau FFT, dan Cara Mencegahnya

Untuk mendapatkan hasil yang tepat dari Transformasi Fourier, sinyal domain waktu harus diamati untuk jangka waktu yang sangat lama. Dalam kasus Transformasi Fourier Diskrit, bagaimanapun, segmen sinyal hanya diamati untuk periode waktu yang terbatas dan diubah. Hasil DFT atau FFT, masing-masing, akan selalu berbeda dari Transformasi Fourier. Telah terlihat bahwa, pada prinsipnya, segmen waktu yang dianalisis ini diubah menjadi sinyal periodik di DFT, yaitu, hasil DFT harus dianggap sebagai Transformasi Fourier dari segmen waktu yang dikonversi ini.

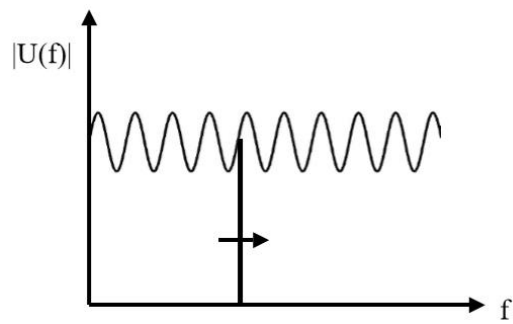
Jelas bahwa, secara alami, hasil transformasi sangat tergantung pada jenis dan posisi proses "cutting-out", yang disebut windowing. Ini dapat divisualisasikan paling baik dengan melakukan DFT pada sinyal sinusoidal. Jika tepat satu sampel diambil dari sinyal sinusoidal sehingga memiliki panjang kelipatan $n=1, 2, 3$ dst dari periode, hasil DFT akan sama persis dengan transformasi Fourier karena mengubah segmen waktu ini menjadi sinyal periodik akan kembali menghasilkan sinyal yang persis sinusoidal.



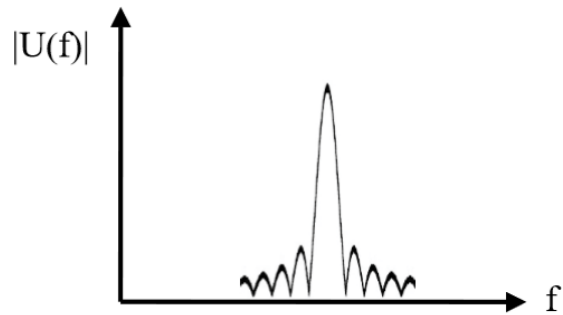
Gambar 5.17. Konversi segmen sinyal menjadi sinyal periodik oleh DFT atau FFT, resp.



Gambar 5.18. Windowing (T_1 , T_2) sinyal sinusoidal

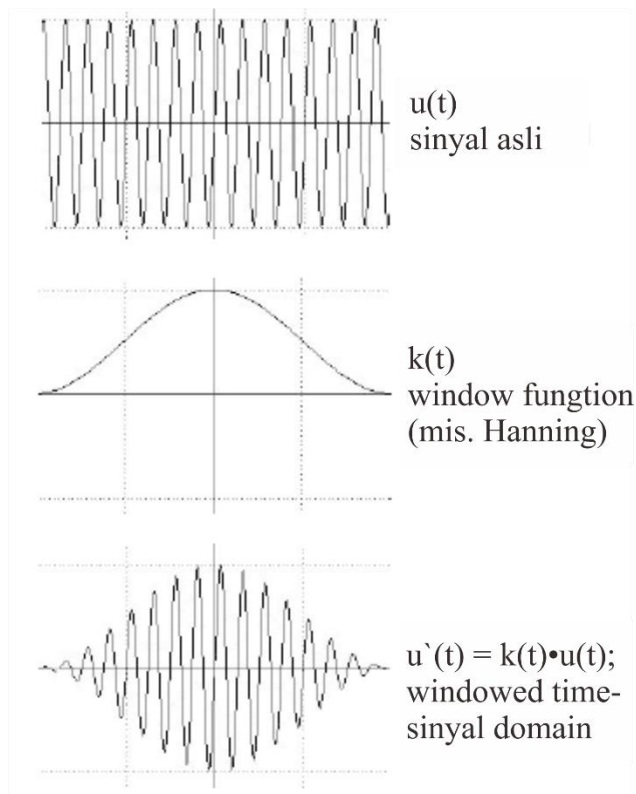


Gambar 5.19. Efek pagar piket



Gambar 5.20. Penyebaran energi ke lobus utama dan samping

Namun, jika panjang window (Gbr. 5.18.) berbeda dari panjang periode, hasil transformasi akan berbeda lebih atau kurang dari nilai yang diharapkan tergantung pada jumlah siklus yang disertakan. Sampel yang kurang dari satu gelombang fundamental akan memiliki efek terburuk. Jarum Dirac akan menjadi "lobus" yang lebih lebar, dalam beberapa kasus dengan "lobus samping". Amplitudo lobus utama akan sesuai kurang lebih dengan nilai yang diharapkan. Membiarkan periode pengamatan konstan dan memvariasikan frekuensi sinyal, amplitudo garis spektral akan berfluktuasi dan akan sesuai dengan nilai yang diharapkan setiap kali ada tepat satu kelipatan periode dalam window pengamatan; di antara itu akan menjadi lebih kecil dan mengasumsikan nilai yang tepat dari waktu ke waktu. Ini disebut efek "pagar piket" (gambar 6.19)



Gambar 5.21. Mengalikan sinyal dengan fungsi window

Fluktuasi amplitudo garis spektral disebabkan oleh penyebaran energi karena pelebaran lobus utama dan oleh munculnya sidelobe (Gbr. 5.20.).

Selain itu, produk aliasing dapat muncul jika sinyal pengukuran tidak dibatasi pita dengan benar; apalagi derau kuantisasi menjadi terlihat dan akan membatasi rentang dinamis.

Kesalahan sistematis ini dapat dicegah atau ditekan dengan memprogram waktu pengamatan dengan panjang yang sesuai, dengan penekanan produk aliasing yang baik dan dengan menggunakan konverter A/D yang memiliki resolusi tinggi yang sesuai. Pada bagian berikutnya, "windowing" akan dibahas sebagai bantuan lebih lanjut dalam menekan kesalahan sistem DFT.

Fungsi Window

Pada bagian terakhir ditunjukkan bahwa window dengan transisi tepi yang tiba-tiba atau "keras" menghasilkan efek palsu, yang disebut kebocoran, seperti efek pagar piket dan sidelobe. Lobus utama tersebar tergantung pada apakah kelipatan integral periode telah diambil sampelnya atau tidak. Efek kebocoran ini dapat dikurangi dengan menggunakan soft windowing, yaitu fungsi window dengan tepi lembut, bukan window persegi panjang dengan tepi persegi keras.

Gambar 5.21. menunjukkan bahwa dalam windowing, sinyal asli dibobot, yaitu dikalikan dengan fungsi window $k(t)$. Sinyal dipotong dengan lembut ke arah tepi. Fungsi window yang ditampilkan adalah fungsi window Hanning - window kuadrat kosinus sederhana yang merupakan window yang paling umum digunakan. Sidelobes lebih dilemahkan dan efek pagar kayu berkurang.

Ada beberapa window yang digunakan dalam praktek, contohnya adalah:

- Rectangular window
- Hanning window
- Hamming window
- Triangular window
- Tukey window
- Kaiser Bessel window
- Gaussian window
- Blackman window

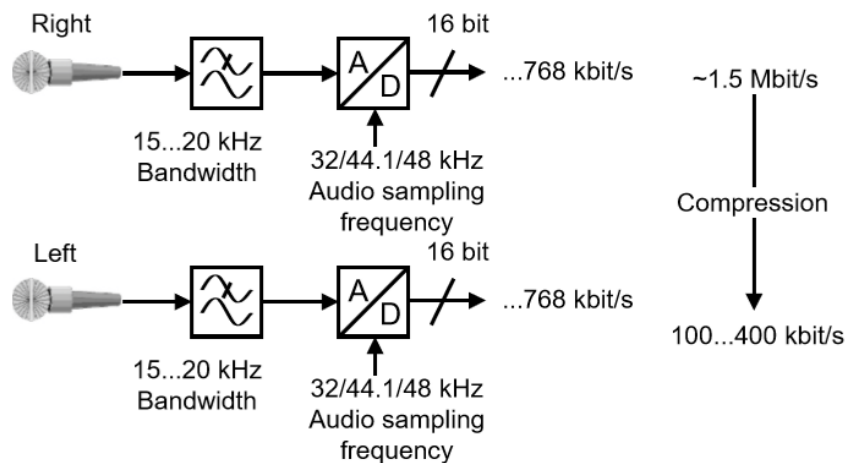
Tergantung pada window yang dipilih, lobus utama melebar ke tingkat yang lebih besar atau lebih kecil, lobus samping dilemahkan lebih atau kurang, dan efek pagar piket berkurang ke tingkat yang lebih besar atau lebih kecil. Window persegi panjang berarti maksimum atau tidak ada pemotongan, window kuadrat kosinus Hanning ditunjukkan pada Gambar.

BAB 6

PENGCODEAN SINYAL AUDIO

Sinyal Sumber Audio Digital

Telinga manusia memiliki jangkauan dinamis sekitar 140 dB dan bandwidth pendengaran hingga 20 kHz. Oleh karena itu, sinyal audio berkualitas tinggi harus sesuai dengan karakteristik ini. Sebelum sinyal audio analog diambil sampelnya dan didigitalkan, sinyal tersebut harus dibatasi pita melalui filter low-pass. Kemudian konversi analog-ke-digital dilakukan pada laju sampling 32 kHz, 44,1 kHz atau 48 kHz (dan sekarang juga pada 96 kHz), dan dengan resolusi minimal 16 bit. Sampling rate 44,1 kHz sesuai dengan CD audio, 48/96 kHz adalah kualitas studio. Sementara frekuensi sampling 32 kHz masih disediakan dalam standar MPEG, sebenarnya sudah usang. Sampling rate 48 kHz pada resolusi 16 bit menghasilkan data rate 786 kbit/s per channel, yang berarti kira-kira 1,5 Mbit/s untuk sinyal stereo (Gbr. 8.1.).



Gambar 6.1. Sinyal sumber audio digital

Tujuan kompresi audio adalah untuk mengurangi kecepatan data 1,5 Mbit/s menjadi antara sekitar 100 kbit/s dan 400 kbit/s. File audio MP3, yang sangat banyak digunakan saat ini, seringkali memiliki kecepatan data di bawah 64 kbit/s. Sama halnya dengan kompresi video, ini dicapai dengan cara pengurangan redundansi dan pengurangan ketidakrelevanan. Dalam pengurangan redundansi, informasi yang berlebihan dihilangkan begitu saja; tidak ada kehilangan informasi.

Sebaliknya, dalam pengurangan yang tidak relevan, informasi dihilangkan yang tidak dapat dirasakan di ujung penerima, dalam hal ini telinga manusia. Semua metode kompresi audio didasarkan pada model psikoakustik, yaitu mereka menggunakan "ketidaksempurnaan" telinga manusia untuk menghilangkan informasi yang tidak relevan dari sinyal audio. Telinga manusia tidak mampu merasakan peristiwa suara yang dekat dengan denyut suara yang kuat dalam frekuensi atau waktu. Ini berarti bahwa, bagi telinga, kejadian suara tertentu akan menutupi kejadian suara lain yang amplitudonya lebih rendah.

Sejarah Pengkodean Audio

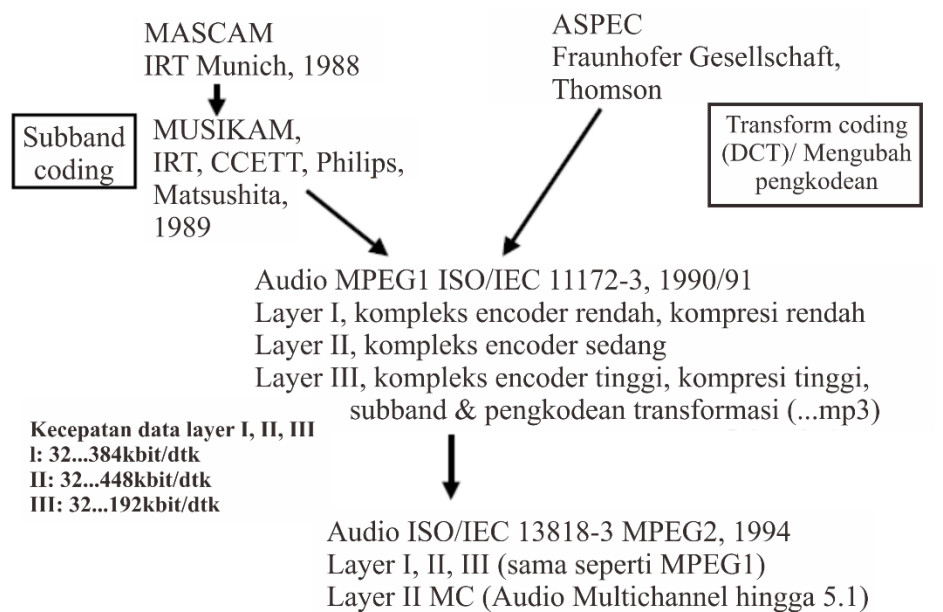
Pada tahun 1988, metode MASCAM dikembangkan di Institut für Rundfunktechnik (IRT) di Munich sebagai persiapan untuk sistem penyiaran audio digital (DAB). Dari MASCAM, metode MUSICAM (masking pattern universal subband integrated coding and multiplexing) dikembangkan pada tahun 1989 bekerja sama dengan CCETT, Philips dan Matsushita.

Sinyal audio berkode MUSICAM digunakan di DAB. MASCAM dan MUSICAM keduanya didasarkan pada pengkodean subband. Sinyal audio dibagi menjadi sejumlah besar subband, yang masing-masing mengalami pengurangan yang tidak relevan ke tingkat yang lebih besar atau lebih kecil.

Pada saat yang sama dengan metode pengkodean subband dikembangkan, Fraunhofer Gesellschaft bersama dengan Thomson merancang metode ASPEC (Adaptive Spectral Perceptual Entropy Coding), yang didasarkan pada pengkodean transformasi. Sinyal audio diubah dari waktu ke domain frekuensi menggunakan DCT (Discrete Cosine Transform), dan kemudian komponen sinyal yang tidak relevan dihilangkan.

Baik subband-coding MUSICAM dan metode ASPEC pengkodean transformasi disertakan dalam metode kompresi audio MPEG-1, yang dibuat pada tahun 1991 (standar ISO/IEC 11172-3). Audio MPEG-1 terdiri dari tiga kemungkinan lapisan: lapisan II pada dasarnya menggunakan pengkodean MUSICAM, dan lapisan III pada prinsipnya menggunakan pengkodean ASPEC. File audio MP3 dikodekan ke MPEG-1 layer III. MP3 sering disalahartikan sebagai MPEG-3. MPEG-3 awalnya ditujukan untuk mengimplementasikan HDTV (televise definisi tinggi), tetapi HDTV sudah terintegrasi dalam standar MPEG-2, sehingga MPEG-3 dilewati dan ditinggalkan sama sekali. Oleh karena itu standar MPEG-3 tidak ada.

Dalam audio MPEG-2, tiga lapisan audio MPEG-1 diambil alih, dan lapisan II diperluas untuk membentuk lapisan II MC (multichannel). Standar audio ISO/IEC 13818-3 MPEG-2 diadopsi pada tahun 1994.



Gambar 6.2. Pengembangan audio MPEG

Bersamaan dengan audio MPEG, standar audio digital Dolby (juga dikenal sebagai audio AC-3) dikembangkan oleh Dolby Labs di AS. Standar ini ditetapkan pada tahun 1990 dan pertama kali ditampilkan kepada publik dalam film "Star Trek VI" yang ditayangkan pada bulan Desember 1991. Saat ini, banyak film menggunakan teknik digital Dolby. Di AS, siaran TV terestrial digital ke ATSC menggunakan pengkodean audio AC-3 secara eksklusif. Beberapa negara lain juga memperkenalkan audio AC-3 selain audio MPEG.

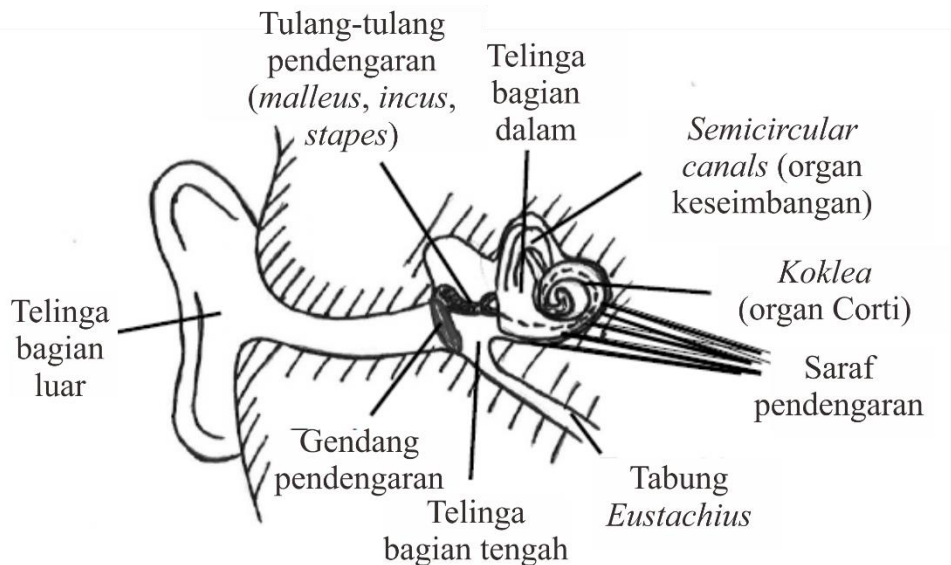
Penggunaan audio AC-3 dan audio MPEG sangat berarti, jika hanya karena fakta bahwa ini tidak menghilangkan pengodean ulang film. Dari segi kualitas, praktis tidak ada perbedaan antara audio MPEG dan Dolby digital. Oleh karena itu, chip dekoder MPEG modern mendukung kedua metode tersebut. Disk video DVD juga dapat menggunakan audio AC-3 digital Dolby selain audio PCM dan audio MPEG. Di bawah ini adalah gambaran singkat tentang perkembangan Dolby digital:

- 1990 Dolby digital AC-3 audio
- 1991 Pertunjukan film pertama dengan kode audio AC-3
- Desember 1991 "Star Trek VI" dikodekan dalam audio AC-3

Hari ini:

- Audio AC-3 digunakan sebagai standar di banyak film, di ATSC dan, selain audio MPEG, dalam Transport stream MPEG-2 di seluruh dunia, dan di DVD.
- Pengkodean transformasi audio Dolby AC-3 berdasarkan Modified Discrete Cosine Transform (MDCT); 5.1 channel audio (kiri, tengah, kanan, surround kiri, surround kanan, subwoofer), 128 kbit/s per channel.

MPEG juga telah menemukan metode pengkodean audio baru:



Gambar 6.3. Anatomi telinga manusia

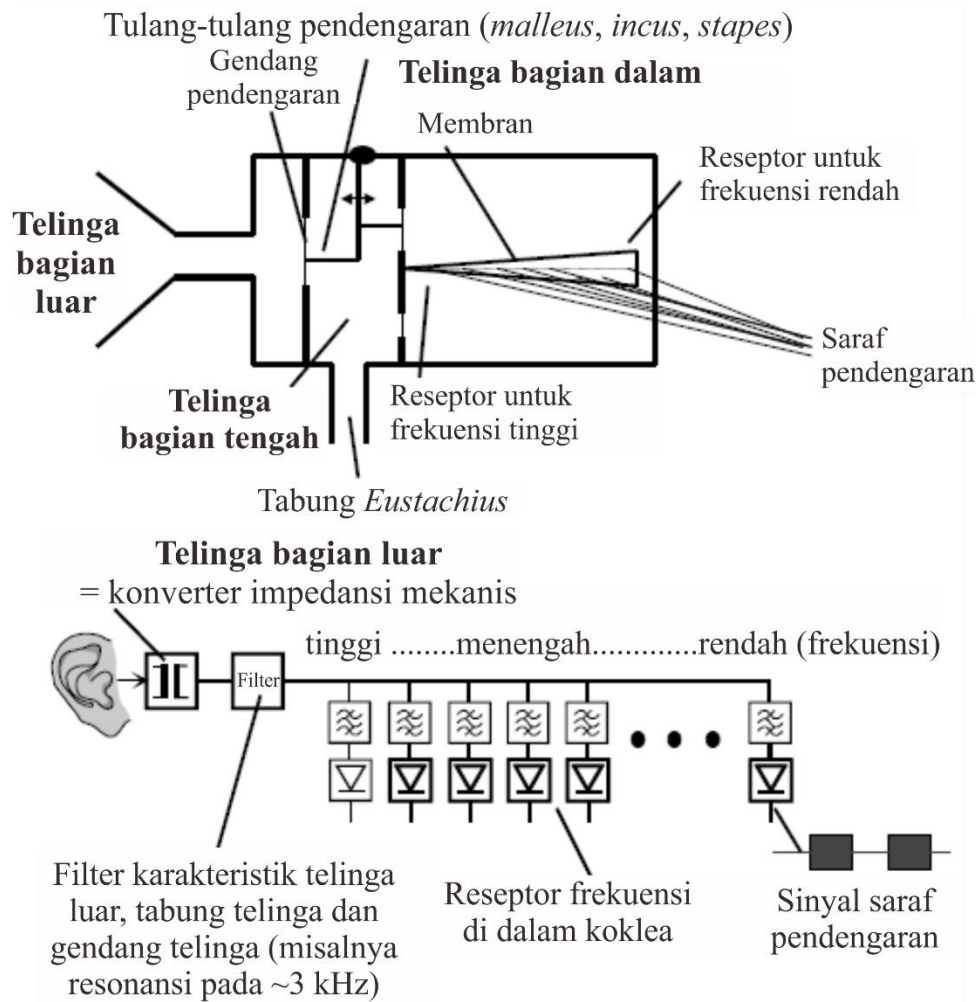
Model Psikoakustik Telinga Manusia

Pada bagian berikut, proses kompresi audio akan dibahas. Pengurangan redundansi (lossless) dan pengurangan ketidakrelevanan (lossy) menurunkan kecepatan data sinyal audio asli sekitar 90%. Pengurangan ketidakrelevanan bergantung pada model psikoakustik telinga manusia, yang pada dasarnya kembali ke Profesor Zwicker, mantan pemegang jabatan profesor untuk elektroakustik di Technical University of Munich. Jenis reduksi ini didasarkan pada apa yang disebut sebagai perceptual coding. Ini berarti bahwa komponen audio yang tidak dirasakan oleh telinga manusia tidak ditransmisikan.

Mari kita lihat dulu anatomi telinga manusia (Gbr. 8.3., 8.4.). Telinga terdiri dari tiga bagian utama: telinga luar, telinga tengah, dan telinga dalam. Telinga luar melakukan fungsi pencocokan impedansi, transmisi suara melalui udara, dan bertindak sebagai filter dengan sedikit peningkatan resonansi di wilayah 3 kHz. Di wilayah yang sama, yaitu dari 3 kHz hingga 4 kHz, telinga manusia menunjukkan sensitivitas maksimumnya. Gendang telinga atau membran timpani mengubah gelombang suara menjadi getaran mekanis, yang ditransmisikan melalui maleus, inkus, dan stapes ke jendela membran yang mengarah ke telinga bagian dalam sensorik. Tekanan udara harus sama, di depan dan di belakang gendang telinga. Ini dipastikan dengan tabung yang menghubungkan daerah di belakang gendang telinga dengan faring; tabung itu disebut tabung Eustachius. Semua orang tahu masalah tekanan yang menumpuk di telinga saat mendaki ketinggian yang besar. Dengan menelan, selaput lendir dalam tabung Eustachius memberikan kompensasi tekanan.

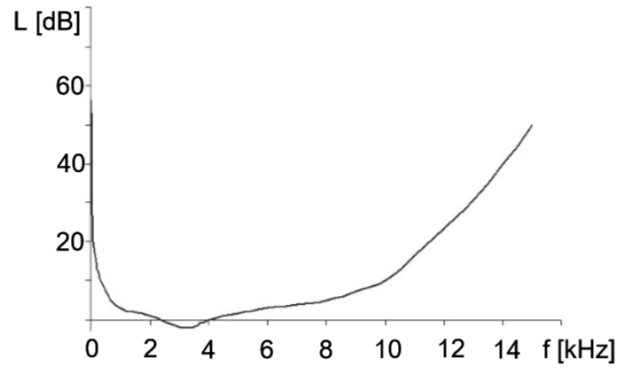
Di telinga bagian dalam kita menemukan organ keseimbangan, yang terdiri dari beberapa lengkung berisi cairan, dan koklea. Koklea adalah organ pendengaran yang sebenarnya (organ Corti) dimana suara secara langsung dirasakan. Jika koklea harus dibuka, sensor untuk frekuensi tinggi akan ditemukan di pintu masuknya, kemudian sensor untuk frekuensi menengah, dan di ujung koklea akan menjadi sensor untuk frekuensi rendah.

Koklea terdiri dari channel spiral di mana terletak bagian spiral membran yang lebih kecil yang menjadi lebih lebar dari depan ke belakang. Pada membran bagian dalam terletak sensor pengumpul suara selektif frekuensi dari mana saraf pendengaran meluas ke otak. Saraf pendengaran mengangkut sinyal listrik dengan amplitudo kira-kira 100 mVpp. Tingkat pengulangan denyut listrik berada di urutan 1 kHz. Informasi yang terkandung dalam tingkat ini adalah volume nada pada frekuensi tertentu. Semakin keras nadanya, semakin tinggi tingkat pengulangannya. Setiap sensor frekuensi berkomunikasi dengan otak melalui jalur saraf terpisah. Selektivitas frekuensi sensor tertinggi pada frekuensi rendah dan menurun menuju frekuensi yang lebih tinggi.



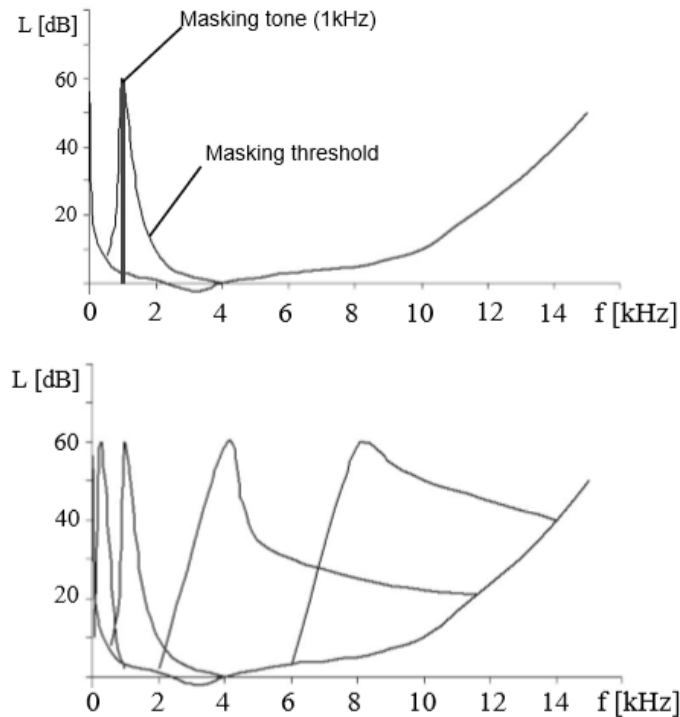
Gambar 6.4. Model teknis telinga manusia

Pada bagian berikut, kami ingin menyelidiki karakteristik telinga manusia yang menarik untuk pengkodean audio. Pertama-tama, sensitivitas telinga sangat bergantung pada frekuensi. Sinyal suara di bawah 20 Hz dan di atas 20 kHz praktis tidak terdengar. Sensitivitas maksimum telinga berada pada kisaran sekitar 3 kHz hingga 4 kHz; di luar rentang ini sensitivitas menurun terhadap frekuensi yang lebih tinggi atau lebih rendah. Suara dengan tingkat di bawah ambang batas tertentu (disebut sebagai ambang batas pendengaran) tidak dirasakan oleh telinga manusia. Ambang pendengaran bergantung pada frekuensi. Setiap komponen sinyal audio yang levelnya di bawah ambang batas audibilitas tidak perlu ditransmisikan; mereka tidak relevan untuk telinga manusia. Gambar 8.5. menggambarkan hubungan umum ambang pendengaran versus frekuensi.



Gambar 6.5. Ambang pendengaran

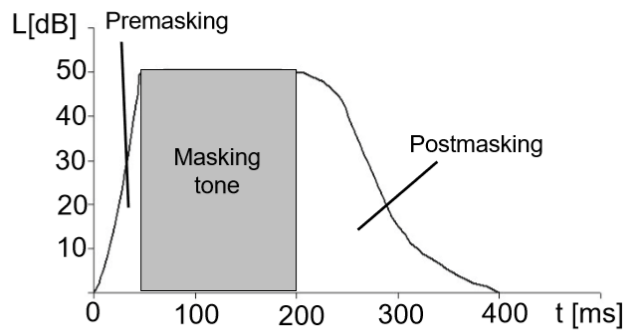
Karakteristik telinga manusia berikutnya yang penting untuk pengkodean audio adalah karakteristik yang dikenal sebagai masking. Misalnya, pembawa sinusoidal pada 1 kHz dengan amplitudo konstan diterapkan ke telinga orang yang diuji, dan wilayah sekitar 1 kHz diselidiki dengan menerapkan pembawa sinusoidal lain, frekuensi dan amplitudonya bervariasi. Akan ditemukan bahwa sinyal uji lainnya tidak terdengar di bawah ambang batas level yang bergantung pada frekuensi tertentu sekitar 1 kHz. Ini dikenal sebagai ambang masking (Gbr. 8.6.). Bentuk ambang masking tergantung pada frekuensi sinyal masking. Semakin tinggi frekuensi sinyal masking, semakin lebar jangkauan masking.



Gambar 6.6. Masking di domain frekuensi

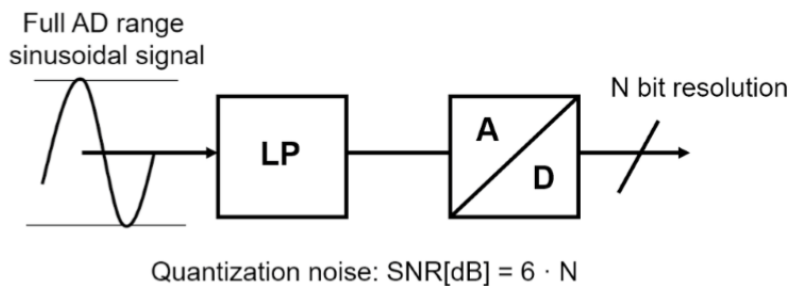
Karakteristik telinga ini dikenal sebagai masking dalam domain frekuensi (Gbr. 8.6.). Faktor yang relevan untuk pengkodean audio adalah fakta bahwa komponen audio di bawah ambang batas penyembunyian yang ditentukan tidak perlu ditransmisikan.

Namun, masking tidak hanya terjadi pada domain frekuensi tetapi juga pada domain waktu (Gbr. 8.7.). Denyut yang kuat dalam domain waktu menutupi sinyal suara sebelum dan sesudah denyut, asalkan level sinyal ini di bawah ambang batas tertentu. Efek ini, dan khususnya premasking, sulit dibayangkan tetapi dapat dijelaskan dengan sangat baik. Hal ini disebabkan oleh resolusi waktu yang terbatas dari telinga manusia dalam hubungannya dengan cara sinyal diangkut ke otak melalui saraf pendengaran.

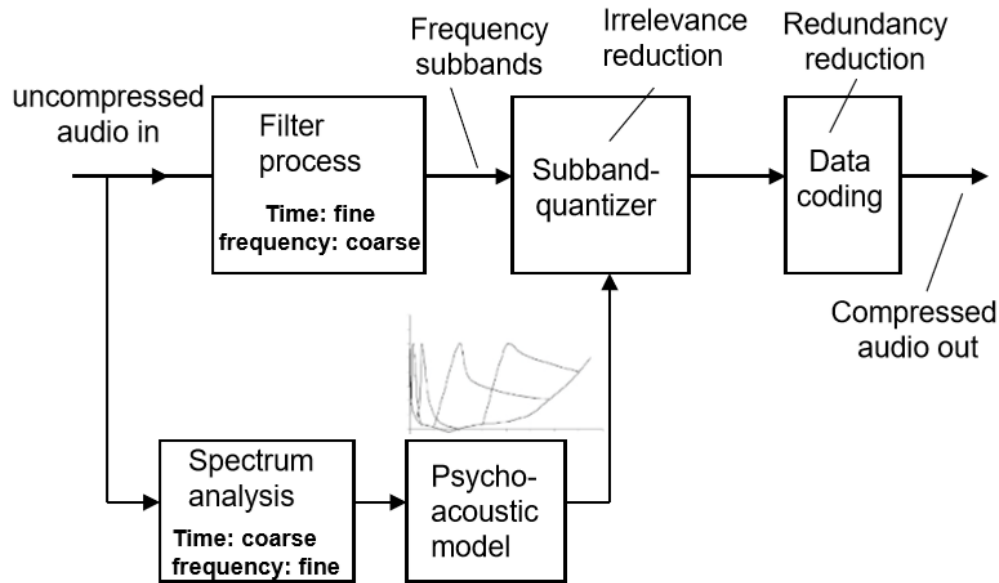


Gambar 6.7. Masking dalam domain waktu

Metode kompresi audio yang dikenal sejauh ini menggunakan masking hanya dalam domain frekuensi, teknik yang digunakan sangat mirip dalam semua kasus.



Gambar 6.8. Kuantisasi noise



Gambar 6.9. Prinsip pengkodean audio berdasarkan pengkodean persepsi

Prinsip Dasar Pengkodean Audio

Sebelum membahas prinsip pengurangan tidak relevan untuk sinyal audio, noise kuantisasi akan diperiksa secara singkat. Jika konverter analog-ke-digital didorong ke modulasi penuh dengan sinyal sinusoidal, rasio sinyal terhadap noise (SNR) sekitar $6 \cdot N$ dB (aturan praktis) diperoleh untuk resolusi N bit karena noise kuantisasi (Gbr. 8.8.). Ini berarti bahwa kira-kira. 48 dB diperoleh untuk resolusi 8 bit dan 96 dB untuk resolusi 16 bit. Sinyal audio biasanya disampel dengan 16 bit atau lebih. Namun resolusi 16 bit masih belum sesuai dengan rentang dinamis telinga manusia, yaitu sekitar 140 dB.

Sekarang mari kita bahas prinsip dasar pengkodean audio (Gbr. 8.9.). Sinyal sumber audio digital dibagi menjadi dua cabang di pembuat kode, disaring dan dibawa ke penganalisis frekuensi. Penganalisis frekuensi melakukan analisis spektrum melalui transformasi Fast Fourier (FFT) dan menentukan komponen sinyal audio dengan resolusi waktu rendah dan resolusi frekuensi tinggi. Berdasarkan pengetahuan tentang model psikoakustik (efek penyamaran), komponen frekuensi yang tidak relevan dari sinyal saat ini dapat diidentifikasi.

Bersamaan dengan analisis spektrum, sinyal audio mengalami penyaringan yang membaginya menjadi banyak subband. Mungkin terjadi bahwa subband lengkap ditutupi oleh sinyal dari subband lain, yaitu tingkat sinyal di subband ini di bawah ambang batas masking. Jika hal ini terjadi, subband yang bersangkutan tidak perlu ditransmisikan; informasi yang dibawa dalam pita ini sama sekali tidak relevan dengan telinga manusia.

Proses penyaringan dimana sinyal audio disebarkan ke subband harus menggunakan resolusi waktu yang sangat tinggi sehingga tidak ada informasi dalam domain waktu yang akan hilang. Berbeda dengan domain frekuensi, resolusi kasar akan dilakukan. Sejauh menyangkut pengurangan ketidakrelevanan, ada kemungkinan lain. Terkadang, sinyal di subband berada di atas ambang batas, tetapi hanya dengan sedikit margin. Dalam kasus seperti itu, kuantisasi di subband

yang bersangkutan dikurangi sejauh noise kuantisasi di band ini di bawah ambang batas masking dan karena itu tidak terdengar.

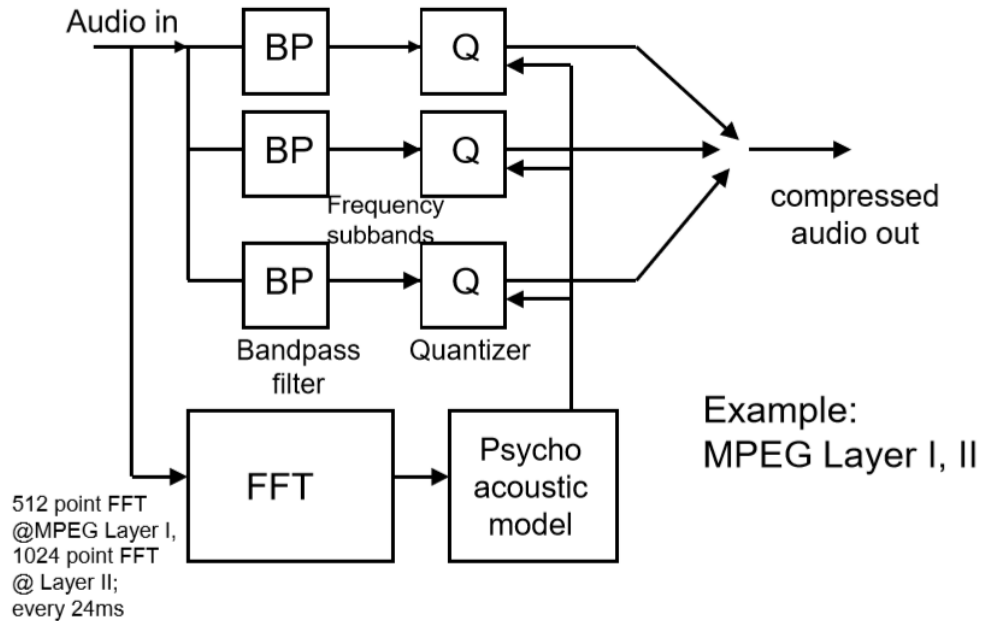
Demikian juga, sinyal di bawah ambang batas audibilitas tidak perlu ditransmisikan. Di sini juga, kuantisasi yang lebih kasar atau lebih halus dapat dipilih tergantung pada ambang batas audibilitas yang berbeda dari subband sehingga derau kuantisasi yang dihasilkan selalu tetap di bawah ambang batas. Resolusi bit yang lebih rendah dimungkinkan terutama pada frekuensi yang lebih tinggi.

Keputusan apakah subband akan ditekan sepenuhnya, atau jika kuantisasi lebih kasar atau lebih halus akan diterapkan dibuat dalam blok "model psikoakustik", yang diumpankan dengan informasi dari blok analisis spektrum. Kuantisasi ditekan atau dikendalikan dengan menggunakan subband quantizer. Ini mungkin diikuti oleh pengurangan redundansi, yang dipengaruhi oleh pengkodean data khusus. Setelah proses ini selesai, sinyal audio terkompresi tersedia.

Pengkodean perseptual dapat diimplementasikan dengan berbagai cara. Ada pengkodean subband murni dan pengkodean transformasi, dan ada bentuk campuran yang disebut sebagai pengkodean hibrida.

Pengkodean Subband (*Subband Coding*) Sesuai dengan MPEG Layer I, II

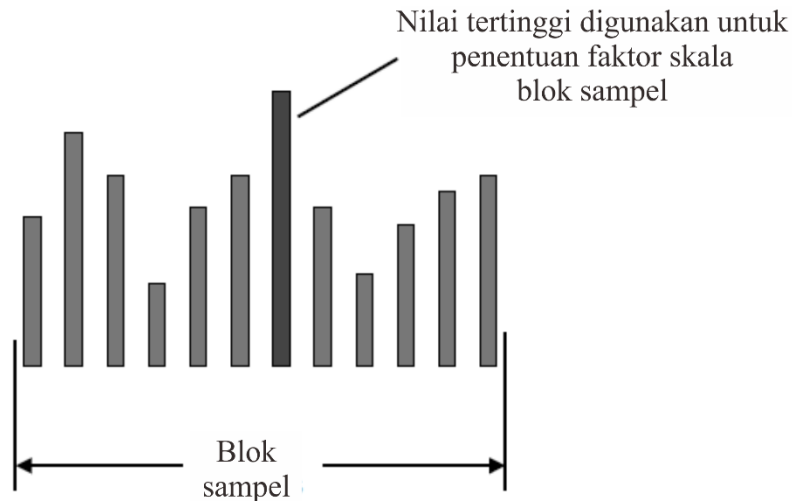
Pertama metode pengkodean subband akan dibahas. Sesuai dengan MPEG lapisan I dan II (Gbr. 8.10.), sinyal audio dilewatkan melalui bank filter dari 32 filter yang membagi sinyal menjadi subband frekuensi 750 Hz. Untuk setiap subband ada kuantizer terpisah yang dikendalikan oleh blok FFT dan model psikoakustik. Quantizer baik sepenuhnya menekan subband yang bersangkutan atau mengurangi jumlah langkah kuantisasi. Dalam kasus pengkodean lapisan II, FFT dilakukan setiap 24 milidetik pada 1024 sampel. Ini berarti bahwa informasi yang diumpankan ke model psikoakustik berubah setiap 24 milidetik. Selama interval 24 ms, subband mengalami reduksi yang tidak relevan sesuai dengan informasi yang diterima dari blok model psikoakustik. Dengan kata lain, sinyal diperlakukan seolah-olah komposisinya tidak diubah selama 24 ms.



Gambar 6.10. Pengkodean subband menggunakan 32 filter bandpass pada MPEG-1 dan MPEG-2 layer I, II

Karena ambang batas pendengaran yang berbeda, alokasi bit dan dengan demikian kuantisasi berbeda untuk subband yang berbeda. Kuantisasi harus terbaik pada frekuensi rendah; itu dapat dikurangi menuju frekuensi yang lebih tinggi.

Gambar 8.11. mengilustrasikan prinsip pengurangan ketidakrelevanan dalam transmisi audio melalui dua contoh. Dalam satu subband, ada sinyal sekitar 5 kHz dengan tingkat di atas ambang batas masking. Dalam kasus subband ini, hanya jumlah langkah kuantisasi yang dapat dikurangi. Di subband lain, kami menemukan sinyal sekitar 10 kHz dengan level di bawah ambang batas masking. Ini berarti bahwa subband ini sepenuhnya ditutupi oleh sinyal dari subband tetangga dan oleh karena itu dapat ditekan sepenuhnya.



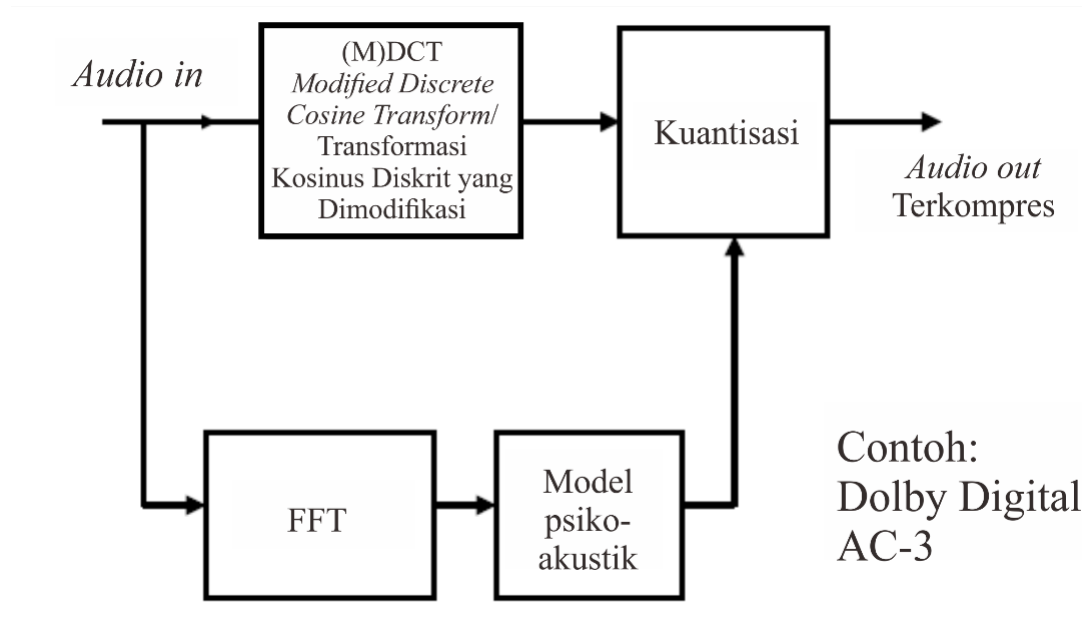
Gambar 6.13. Pengurangan redundansi ke MPEG-2 layer I, II

Dalam reduksi irrelevance, subband juga dievaluasi apakah mengandung harmonik sinyal milik subband yang lebih rendah, yaitu apakah sinyal bertopeng adalah komponen tonal (harmonik) atau non-tonal. Hanya sinyal bertopeng non-tonal yang dapat sepenuhnya ditekan. Dalam pengkodean MPEG, sejumlah sampel selalu digabungkan ke dalam bingkai. Sebuah bingkai lapisan I dibentuk dengan 12 sampel untuk setiap subband. Sebuah bingkai lapisan II dibentuk dengan 3 x 12 sampel untuk setiap subband (Gbr. 8.12.).

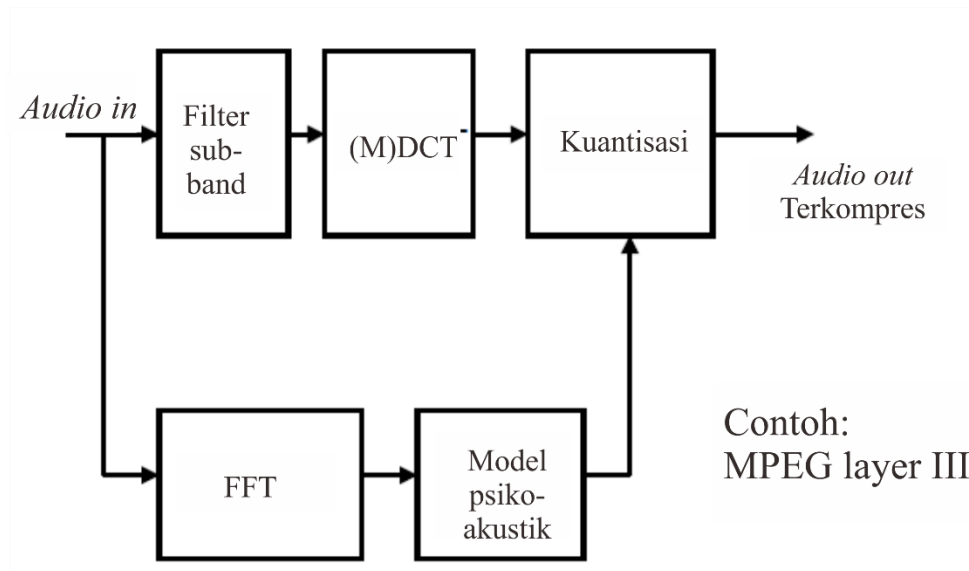
Untuk setiap blok 12 sampel, sampel tertinggi ditentukan. Sampel ini digunakan sebagai faktor penskalaan yang diterapkan ke semua 12 sampel blok untuk memberikan pengurangan redundansi (Gbr. 8.13.).

Transformasi Coding untuk MPEG Layer III dan Dolby Digital

Pengkodean transformasi, berbeda dengan pengkodean subband, tidak menggunakan bank filter untuk penyaringan subband; pemisahan informasi audio dalam domain frekuensi dipengaruhi oleh variasi Transformasi Fourier Diskrit. Menggunakan *Discrete Cosine Transform* (DCT) atau *Modified Discrete Cosine Transform* (MDCT), sinyal audio diproses untuk memberikan 256 atau 512 nilai daya spektral. Pada saat yang sama, dengan cara yang sama seperti pengkodean subband, *Fast Fourier Transform* (FFT) dilakukan dengan resolusi yang relatif tinggi dalam domain frekuensi. Dikendalikan oleh model psikoakustik yang dibuat dari data output FFT, nilai daya sinyal audio yang diperoleh melalui MDCT dikenai kuantisasi yang lebih kasar atau lebih halus atau ditekan sepenuhnya. Keuntungan dari metode ini dibandingkan pengkodean subband adalah bahwa ia menawarkan resolusi frekuensi yang lebih tinggi untuk proses pengurangan yang tidak relevan. Jenis pengkodean ini digunakan, misalnya, dalam Dolby Digital AC-3 Audio (Gbr. 8.14.) (AC-3 singkatan dari pengkodean audio 3).

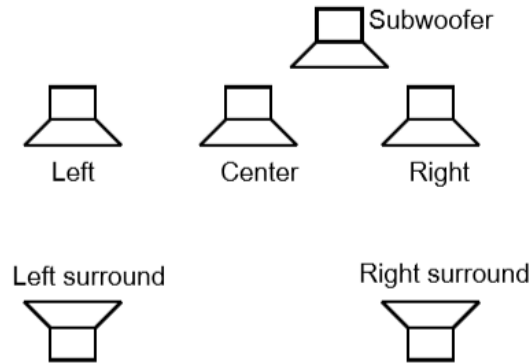


Gambar 6.14 Transform Coding



Gambar 6.15. Subband hybrid dan transformasi pengkodean

Ada juga pengkodean subband campuran dan pengkodean transformasi, yang dikenal sebagai pengkodean hibrid. Misalnya, dalam pengkodean MPEG layer III, penyaringan subband dilakukan sebelum (M)DCT (Gbr. 8.15.). Ini berarti bahwa pertama-tama terjadi pemisahan kasar menjadi subband, kemudian (M)DCT diterapkan ke setiap subband untuk mendapatkan resolusi yang lebih halus. Setelah (M)DCT, data mengalami reduksi ketidakrelevanan yang dikendalikan oleh model psikoakustik, yang pada gilirannya diberi informasi dari Fast Fourier Transform. Data audio yang dikodekan ke MPEG layer III biasanya disebut sebagai file audio MP3 dan digunakan di seluruh dunia saat ini.



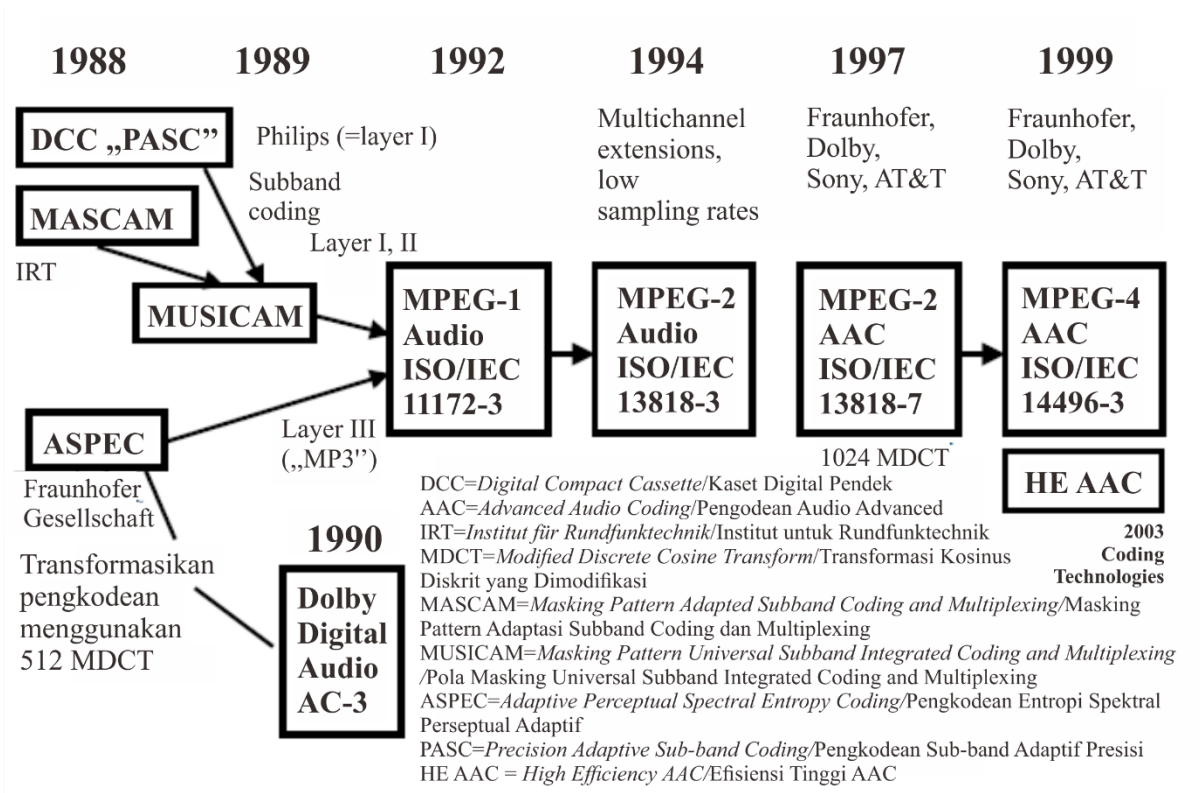
Gambar 6.16. Audio multichannel

Suara Multichannel

Dalam pengkodean audio multichannel, ketidakrelevanan antara channel dapat ditentukan dan dihilangkan dalam transmisi. Ini berarti bahwa channel diselidiki untuk komponen berkorelasi yang tidak berkontribusi pada kesan pendengaran spasial. Prosedur ini digunakan, misalnya, dalam MPEG layer II MC dan Dolby digital 5.1 surround. Dalam audio 5.1, channel berikut ditransmisikan: kiri, tengah, kanan, surround kiri, surround kanan, dan channel peningkatan frekuensi rendah (LFE) untuk subwoofer.

Gambar 6.16. menunjukkan konfigurasi loudspeaker untuk audio multichannel 5.1.

Struktur yang lebih rinci dari metode pengkodean audio ini tidak relevan dalam hal aplikasi praktis dan tidak akan dibahas lebih lanjut di sini. Untuk informasi lebih lanjut, lihat literatur yang relevan dan standar.



Gambar 6.17. Sejarah perkembangan pengkodean audio

MPEG-1 Part 3	MPEG-2 Part 3	MPEG-4 Part 3
Layer I (Philips, DCC, PASC)	Layer I	(includes MPEG-2 AAC)
Layer II (DAB, MUSICAM)	Layer II	AAC LC
Layer III (ASPEC, Fraunhofer, MP3)	Layer III (all layers: low sampling rates and multichannel 3/2 +LFE)	AAC LTP
		AAC scalable
		Twin VQ
		CELP
		HVXC
		TTSI
		BSAC
		HE AAC = AAC+
	MPEG-2 Part 7 AAC	

Gambar 6.18. Struktur codec audio dalam MPEG

Perkembangan Baru - MPEG-4

Waktu juga tidak berhenti di bidang kompresi audio. MPEG-4 Advanced Audio Coding - MPEG-4 AAC - adalah standar yang berisi sejumlah codec audio yang baru dikembangkan. Gambar 8.17. menunjukkan sekali lagi sejarah perkembangan lengkap kompresi audio termasuk MPEG-4 AAC. MPEG-4 AAC = ISO/IEC 14493-3, yaitu MPEG-4 Bagian 3 mencakup codec MPEG-2 AAC sebelumnya dan berbagai codec audio MPEG-4 baru hingga MPEG-4 HE (High Efficiency) AAC,

yaitu setara dengan AAC+ yang dikembangkan oleh Coding Technologies di Nuremberg. AAC+ memungkinkan kualitas audio tipe penyiaran pada kecepatan data 64 kbit/dtk, yaitu 1/3 kecepatan data dibandingkan dengan MPEG-1 Layer II.

Kata ajaib dari metode pengkodean audio terbaru adalah "Spectral Band Replication" (SBR), yaitu transmisi efektif dan pemulihan komponen audio frekuensi tinggi. Metode kompresi audio ini digunakan oleh semua standar TV seluler. DAB+ dan DRM juga menggunakan algoritma MPEG-4 AAC terbaru. Gambar 8.18. sekali lagi menunjukkan struktur audio dari semua standar MPEG. Metode pengkodean audio selalu dijelaskan di Bagian 3 dari masing-masing standar MPEG. DVB menggunakan Audio MPEG-1 Layer II saat ini dengan kecepatan data 192 kbit/s dalam banyak kasus.

Ekstensi MPEG-2 tidak memberikan keuntungan apa pun di DVB. Kemampuan multichannel diimplementasikan melalui Dolby Digital Audio yang ditransmisikan secara paralel. Dan DVB tidak memerlukan tingkat pengambilan sampel yang lebih rendah yang disediakan oleh MPEG-2 Layer II Audio. Pemutar audio sebagian besar mendukung Audio MPEG-1 Layer III, MPEG-2 Layer III Audio atau MPEG-4 AAC. Perangkat ini, yang disebut pemutar MP3 dalam banyak kasus, diketahui semua orang sekarang dan juga menggantikan hampir semua perangkat perekaman dan pemutaran ulang audio lainnya.

BAB 7

SINYAL ANTARMUKA AV FISIK

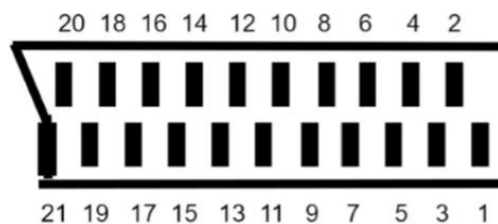
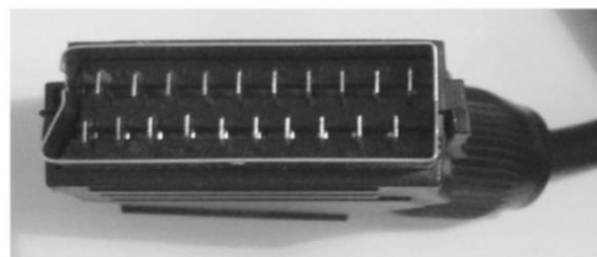
Sinyal video analog SDTV (Standard Definition Television) memiliki bandwidth sekitar 4,2 MHz hingga 6 MHz dan ditransfer melalui kabel koaksial 75 Ohm. Di era profesional dan segmen elektronik konsumen yang lebih canggih, ini biasanya kabel berjaket hijau yang dilengkapi dengan colokan BNC. Ketika diakhiri dengan tepat 75 Ohm, sinyal video analog memiliki amplitudo 1 Vpp. Sinyal video analog ditemui dalam berbagai format, yaitu:

- sinyal video komposit yang dikodekan secara inheren, juga disebut FBAS atau CVBS, CCVS di PAL, SECAM dan NTSC,
- Sinyal video komponen berkode RGB, atau
- sinyal YUV.

Pertanyaan yang sering diajukan adalah mengapa teknologi video menggunakan sistem 75 Ohm. Peralannya, kabel koaksial dengan impedansi 75 Ohm memiliki redaman yang lebih rendah. Di mana pun redaman penting, kabel dengan impedansi 75 Ohm digunakan di seluruh teknologi radio, yang juga berlaku untuk kabel video dan antena (baik terrestrial, broadband, atau satelit). Di segmen konsumen, semua antarmuka input dan output video dan audio dilengkapi dengan soket dan colokan RCA tanpa kecuali, atau sinyal ditransfer melalui apa yang disebut antarmuka SCART.



Gambar 7.1. Soket RCA, untuk sinyal video komponen dalam contoh ini



Gambar 7.2. Pinout dari colokan SCART

Tabel 7.1. Pinout dari colokan SCART

Pin	Sinyal
1	Audio output, right
2	Audio input, right
3	Audio output, left/mono
4	Audio ground
5	RGB - blue ground (ground for pin 7)
6	Audio input left/mono
7	RGB Blue, S-Video down, Component PB up
8	Status dan aspek rasio hingga 0...0.4V – off 5...8V – on/16:9 9.5...12V on/4:3
9	RGB Green ground (ground for pin 11)
10	Clock / Data 2 / Control bus
11	RGB Green Component Y
12	Reserved / Data 1
13	RGB Red ground (ground for pin 15)
14	Data signal ground (ground for pins 8, 10, 12)
15	RGB Red up S-Video C up Component PR up
16	Blanking signal up RGB-selection voltage up 0...0.4V composite 1...3V RGB
17	Gabungan video ground (ground for pins 19, 20)
18	Blanking signal ground (ground for pin 16)
19	Gabungan video output S-Video Y output
20	Gabungan video input S-Video Y input
21	Shell/Chassis

Sinyal audio analog biasanya memiliki level sinyal 0dBu (1 mW pada 600 Ohm) atau +6 dBu (perhatikan huruf kecil "u") dan tersedia di

- Colokan XLR dan soket XLR (segmen profesional), atau
- Colokan RCA dan soket RCA (segmen konsumen).

Impedansi input antarmuka berada dalam kisaran 600 Ohm hingga 100 kOhm.

Antarmuka Fisik untuk Sinyal Video Digital

Antarmuka pertama untuk sinyal TV digital diimplementasikan sebagai antarmuka paralel menggunakan konektor D-sub 25-pin yang familiar dari antarmuka printer PC. Karena ketebalan noise, sinyal ditransfer sebagai Sinyal Diferensial Tegangan Rendah (LVDS) melalui kabel pasangan terpilin. Saat ini teknologi coax 75-Ohm digunakan secara eksklusif di area ini juga. Sinyal video digital ditransmisikan sebagai informasi serial pada kecepatan data 270 Mbit/s melalui kabel koaksial 75 Ohm yang dipasang dengan colokan BNC yang populer dan kuat. Kedua sinyal video tidak terkompresi sesuai standar 601 dan sinyal video terkompresi ditransmisikan

dengan cara yang sama. Jalur distribusi di studio sama, seperti kabel, amplifier, dan equalizer kabel. Teknik gaul sering menyebut ini SDI atau TS-ASI.

TS-ASI dan SDI menggunakan antarmuka fisik yang sama, hanya kontennya yang berbeda. SDI (Serial Digital Interface) membawa sinyal video digital serial yang tidak terkompresi sesuai standar 601 pada kecepatan data 270 Mbit/s. TS-ASI (*Transport Stream - Asynchronous Serial Interface*) adalah MPEG-2 transport stream pada antarmuka serial. Antarmuka secara fisik identik dengan antarmuka SDI, tetapi alih-alih SDI, antarmuka ini membawa Transport stream pada kecepatan data yang jauh lebih rendah daripada yang mungkin melalui jalur transmisi fisik serial ini; maka "asinkron". Dalam hal kecepatan data, Transport stream tidak sinkron dengan kecepatan data konstan 270 Mbit/s pada antarmuka TS-ASI. Misalnya, jika kecepatan data Transport stream adalah 38 Mbit/s, sisa kecepatan data 270 Mbit/s diisi dengan informasi berhenti. Bekerja dengan kecepatan data 270 Mbit/s yang konstan memberikan keuntungan nyata bahwa studio dapat menggunakan jalur distribusi yang seragam untuk sinyal 601 dan Transport stream MPEG-2. Sementara itu, antarmuka video digital lebih lanjut seperti HD-SDI, DVI dan HDMI juga telah muncul. Antarmuka fisik yang digunakan untuk sinyal TV digital adalah sebagai berikut:

- antarmuka paralel untuk sinyal video digital terkompresi
- antarmuka SDI
- Antarmuka HD-SDI
- Antarmuka 3G/HD/SDI
- Antarmuka paralel TS
- Antarmuka paralel TS-ASI
- SMPTE310
- Antarmuka BCMUX (ISDB-T)
- antarmuka DVI
- antarmuka HDMI

7.2 "CCIR 601" Antarmuka Paralel dan Serial

Tabel 7.2. CCIR 601 paralel dan antarmuka Transport Stream

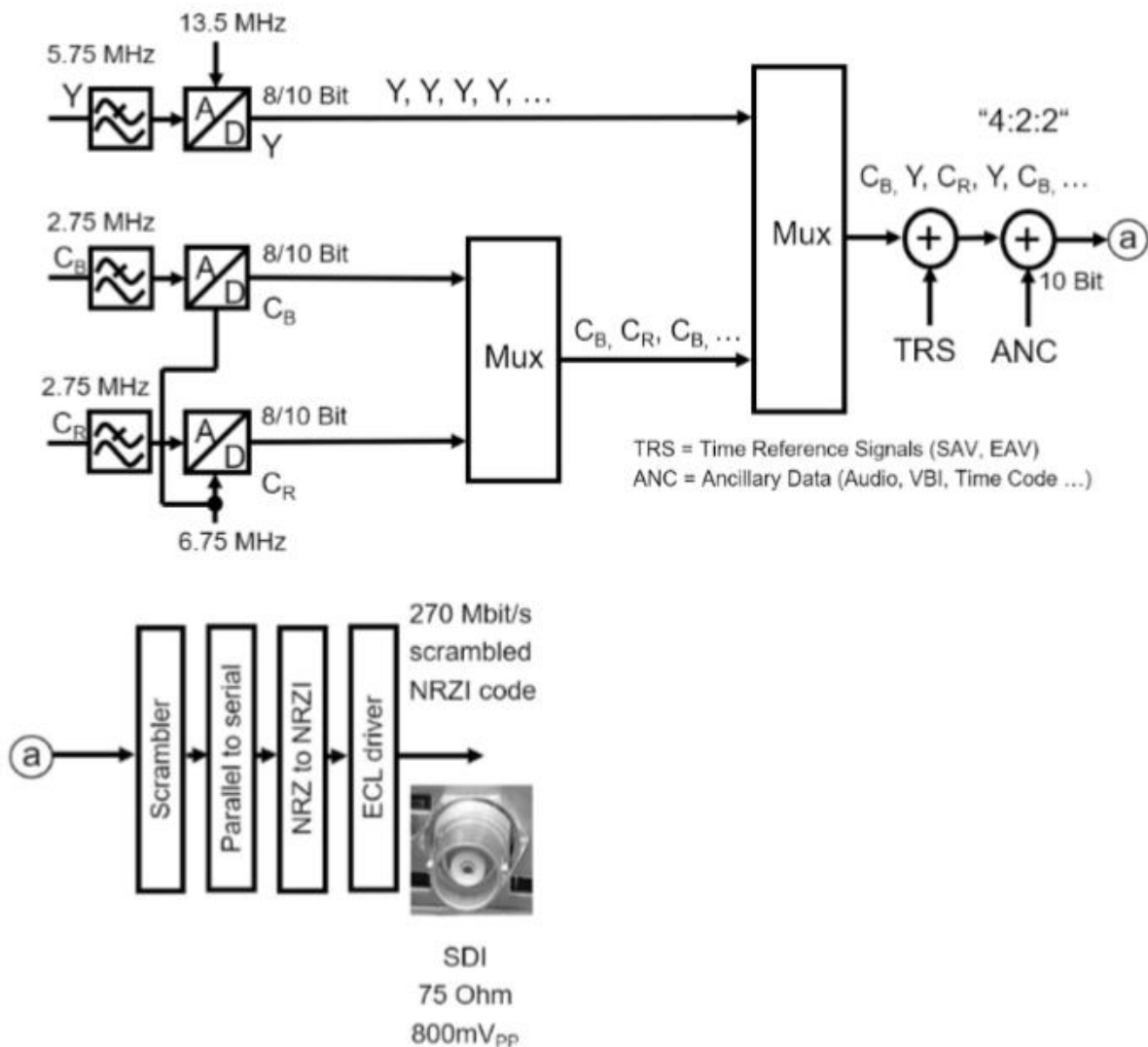
Pin	Signal	Pin	Signal
1	Clock	14	Clock inverted
2	System ground	15	System ground
3	601 data bit 9 (MSB) TS data bit 7 (MSB)	16	601 data bit 9 (MSB) inverted TS data bit 7 (MSB) inverted
4	601 data bit 8 TS data bit 6	17	601 data bit 8 inverted TS data bit 6 inverted
5	601 data bit 7 TS data bit 5	18	601 data bit 7 inverted TS data bit 5 inverted
6	601 data bit 6 TS data bit 4	19	601 data bit 6 inverted TS data bit 4 inverted
7	601 data bit 5 TS data bit 3	20	601 data bit 5 inverted TS data bit 3 inverted
8	601 data bit 4 TS data bit 2	21	601 data bit 4 inverted TS data bit 2 inverted
9	601 data bit 3 TS data bit 1	22	601 data bit 3 inverted TS data bit 1 inverted
10	601 data bit 2 TS data bit 0	23	601 data bit 2 inverted TS data bit 0 inverted
11	601 data bit 1 TS data valid	24	601 data bit 1 inverted TS data valid inverted
12	601 data bit 0 TS packet sync	25	601 data bit 0 inverted TS packet sync inverted
13	Shell/Chassis		

Sinyal video SDTV yang tidak terkompresi memiliki kecepatan data 270 Mbit/s dan didistribusikan secara paralel melalui kabel pasangan terpilin, atau secara serial melalui kabel koaksial 75-Ohm. Antarmuka paralel adalah soket D-Sub 25-pin yang dikenal, antara lain, port printer PC. Sinyal memiliki format LVDS (Low Voltage Differential Signalling), yang berarti bahwa alih-alih level tegangan TTL, level ECL (800 mVpp) digunakan. Selain itu, setiap bit data ditransmisikan bersama dengan nilai terbaliknyanya untuk menjaga tingkat noise pada pasangan terpilin seminimal mungkin.

Tabel 7.2 menunjukkan pinout dari port paralel 25-pin, bersama dengan pinout dari antarmuka transport stream MPEG-2 paralel meskipun sebagian besar telah digantikan oleh jalur serial "CCIR 601", juga dikenal sebagai SDI (Serial Digital Interface). Konektor yang terakhir ini adalah soket BNC 75-Ohm dengan level tegangan 800 mVpp, digunakan dengan kabel video 75-Ohm biasa. Berbeda dengan antarmuka paralel, sinyal dapat didistribusikan pada jarak yang lebih jauh menggunakan equalizer kabel.

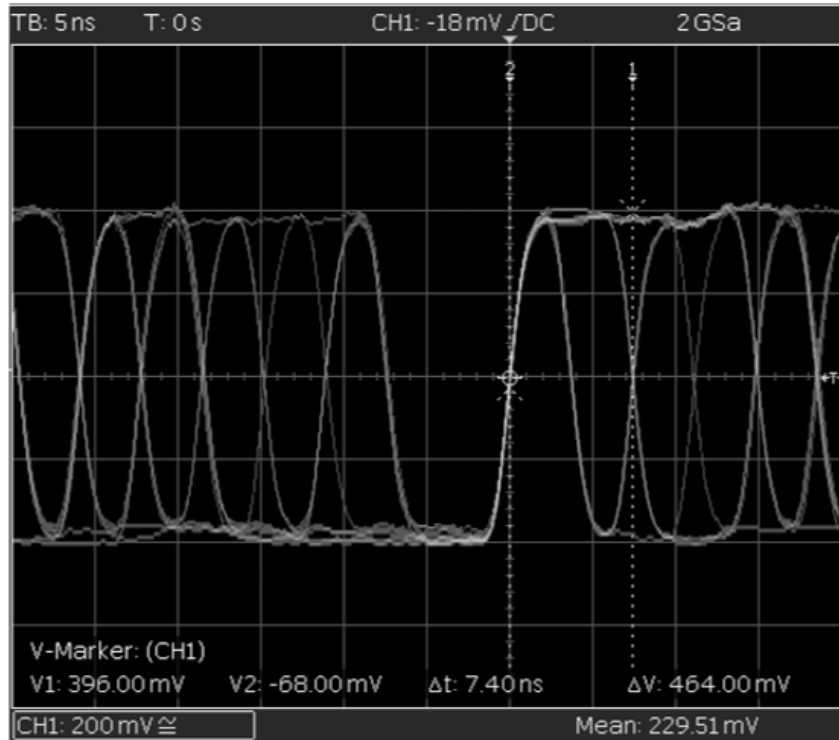
Antarmuka Transport stream Paralel Sinkron (TS PARALLEL)

Antarmuka Transport stream MPEG-2 paralel dirancang agar sepenuhnya kompatibel dengan antarmuka "CCIR 601". Di sini juga, sinyal LVDS (Low Voltage Differential Signalling) digunakan pada level ECL (Emitter Coupled Logic) dan ditransfer sebagai sinyal seimbang melalui pasangan bengkok. Konektor sekali lagi merupakan konektor D-sub 25-pin, dan pinout-nya kompatibel dengan antarmuka "CCIR 601". Pinout dari sinyal data, yang hanya berisi 8 bit berbeda dengan sinyal "CCIR 601", ditunjukkan pada Tabel 10.2 pada bagian sebelumnya (Tabel 10.2.).

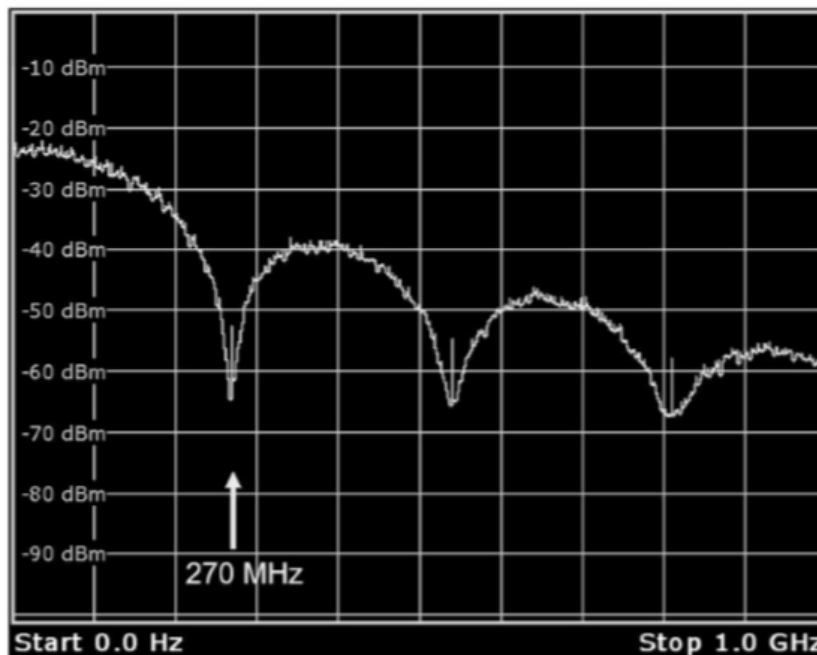


Gambar 7.3. Antarmuka SDI, diagram blok (kode NRZI acak, level ECL); NRZI = Non-Return-to-Zero Inverted.

Datastream yang ditransmisikan melalui antarmuka Transport stream paralel ini (lihat Gambar 10.3, 10.4, dan 10.5) selalu disinkronkan dengan Transport stream MPEG-2 yang akan ditransmisikan, yaitu jika Transport stream memiliki kecepatan data mis. 38 Mbit/s, maka kecepatan data antarmuka TS paralel juga akan menjadi 38 Mbit/s. Transport stream tetap tidak berubah.



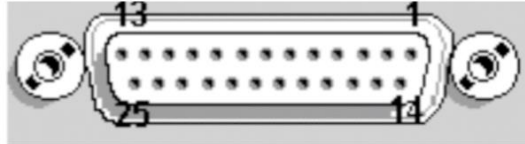
Gambar 7.4. Sinyal SDI dalam domain waktu (kode NRZI)



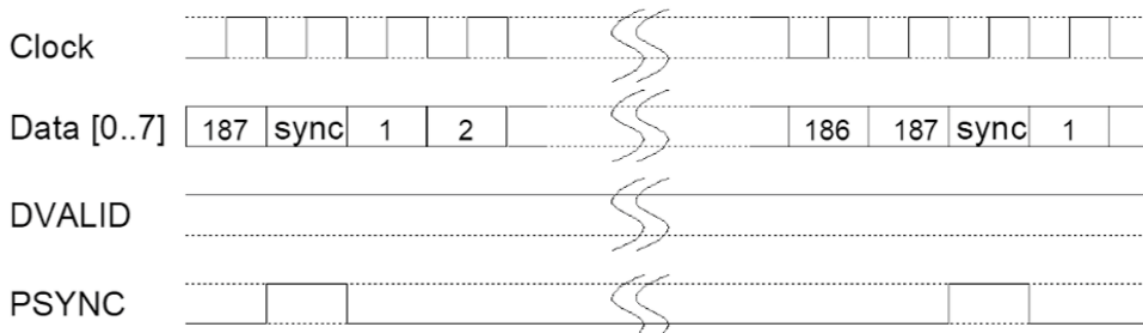
Gambar 7.5. spektrum SDI; fungsi $\sin(x)/x$ dengan nol pada kelipatan 270 MHz

Namun, ukuran paket yang didukung oleh antarmuka Transport Stream bisa 188, 204 atau 208 byte. Ukuran paket 204-byte atau 208-byte berasal dari perlindungan kesalahan Reed-Solomon

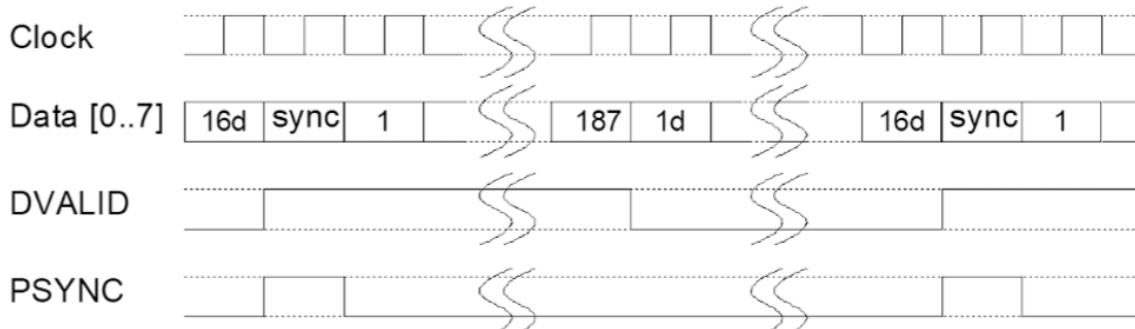
yang digunakan dalam link transmisi sinyal DVB dan ATSC, masing-masing. Setiap data yang dikirim melalui antarmuka aliran transmisi selain 188 byte dianggap sebagai byte tiruan dan kontennya dapat diabaikan. Banyak perangkat dapat dikonfigurasi ke berbagai ukuran paket ini atau mendukung semua format.



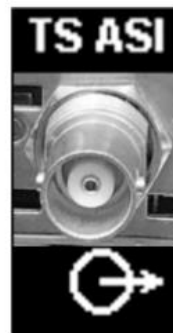
Gambar 7.6. Antarmuka Transport stream paralel



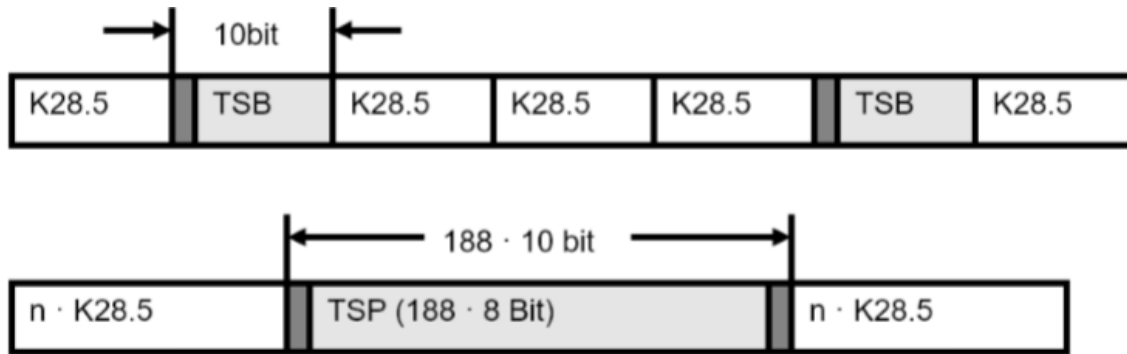
Gambar 7.7. Format transmisi melalui antarmuka paralel TS menggunakan paket 188-byte



Gambar 7.8. Format transmisi menggunakan paket 188-byte dan 16 byte dummy



Gambar 7.9. Konektor TS-ASI (75 Ohm, BNC)



Karakter spesial K28.5

0011111010

1100000101

TSB = Transport Stream Byte

TSP = Transport Stream Packet

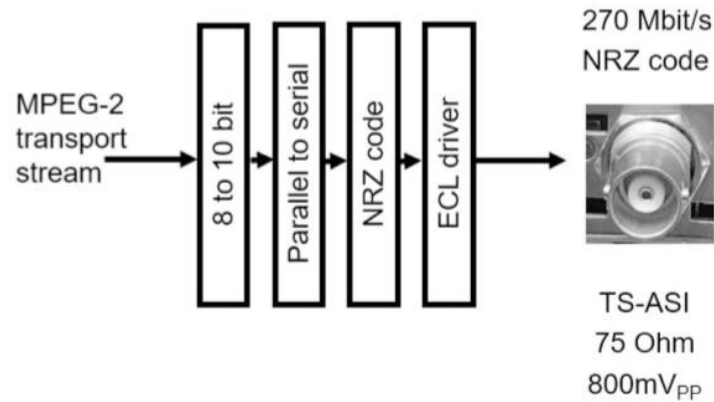
Gambar 7.10. TS-ASI dalam mode single-byte (atas) dan mode burst (bawah)

188 byte dari paket Transport Stream dapat diperpanjang dengan 16 byte informasi tambahan, seperti halnya ISDB-T saat menggunakan format BCMUX. ISDB-T menggunakan 16 byte ini untuk mengidentifikasi multiplexing, yaitu lapisan yang digunakan.

Antarmuka Transport stream Serial Asinkron (TS-ASI)

Antarmuka aliran transport serial asinkron (Gbr. 10.9.) memiliki kecepatan data konstan 270 Mbit/dtk dan dapat mengirimkan (8-bit) byte data hingga 27 MB/dtk. Karena kecepatan data tetap 270 Mbit/s dari antarmuka ini, antarmuka ini tidak sinkron dengan MPEG-2 transport stream yang sebenarnya. Namun kelebihanannya adalah TS-ASI dapat menggunakan sistem distribusi yang sama dengan SDI. Setiap byte dilengkapi dengan dua bit tambahan berdasarkan tabel standar. Mereka berfungsi di satu sisi untuk mengidentifikasi byte data (byte dummy) yang digunakan untuk mengisi kecepatan data 27 MB/s, dan, di sisi lain, untuk mencegah komponen tegangan DC dalam sinyal serial.

Konektor yang digunakan adalah soket BNC 75 Ohm dengan level 800 mVpp (+/-10%). Antarmuka TS-ASI dapat dioperasikan dalam dua mode: mode burst atau single byte (Gbr. 10.10.). Dalam mode burst, paket TS tetap tidak berubah dan paket dummy dimasukkan untuk mencapai data rate 270 Mbit/s, sedangkan dalam mode single-byte, dummy byte dimasukkan sebagai "padding" untuk mencapai output data rate 270 Mbit/s. .



Gambar 7.11. Antarmuka TS-ASI, diagram blok (tanpa pengacak, kode NRZ, level ECL)

SMPTE310 Antarmuka

Jenis khusus dari jalur TS-ASI adalah antarmuka SMPTE310 yang ditentukan untuk ATSC. Ini adalah antarmuka data sinkron serial yang beroperasi pada kecepatan data tetap 19,39 Mbit/s dari standar ATSC dan menggunakan konektor BNC.

ISDB-T BCMUX

Standar ISDB-T Jepang mendefinisikan tiga lapisan fisik untuk mentransfer tiga Transport stream yang berbeda, masing-masing dengan parameter fisik yang berbeda (koreksi kesalahan, metode modulasi). Format BCMUX telah ditetapkan untuk memungkinkan ketiga Transport stream ini dikirimkan ke lokasi pemancar sebagai sinyal tunggal (lihat juga Bab 25, ISDB-T). Untuk mencapai ini, 16 byte lebih lanjut ditambahkan ke 188 byte dari paket Transport stream untuk memberi sinyal pada lapisan yang dimiliki oleh paket Transport stream yang diberikan.

Tabel 7.3. Pinout dari antarmuka DVI

Pin	Signal
01	TMDS Data 2-
02	TMDS Data 2+
03	TMDS data 2/4 shield
04	TMDS Data 4-
05	TMDS Data 4+
06	DDC clock
07	DDC data
08	Analog vertical sync
09	TMDS Data 1-
10	TMDS Data 1+
11	TMDS data 1/3 shield
12	TMDS Data 3-
13	TMDS Data 3+
14	+5 V
15	+5 V ground
16	Hot plug detect
17	TMDS Data 0-
18	TMDS Data 0+
19	TMDS data 0/5 shield
20	TMDS Data 5-
21	TMDS Data 5+
22	TMDS clock shield
23	TMDS clock+
24	TMDS clock-
C1	Analog Red
C2	Analog Green
C3	Analog Blue
C4	Analog horizontal sync
C5	Analog ground

TMDS = *Transmission Minimized Digital Signalling*/Transmisi Sinyal Digital yang Diminimalkan

DDC = *Display Data Channel* /Tampilkan Channel Data

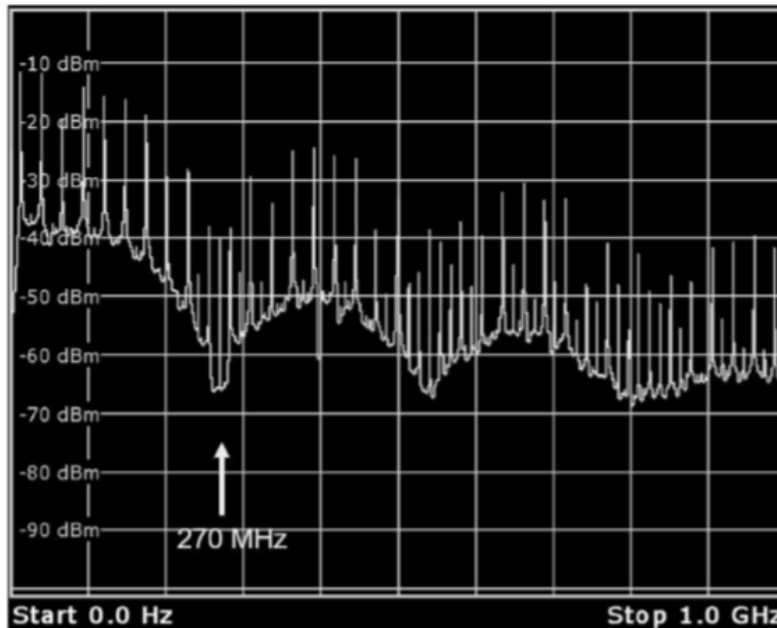
Antarmuka DVI

DVI (Digital Visual Interface) adalah standar antarmuka yang, untuk saat ini, menggantikan antarmuka VGA yang digunakan dengan tampilan di dunia PC. Muncul dalam dua versi: DVI-I (Terintegrasi) dan DVI-D (Digital). Antarmuka DVI-I tambahan berisi komponen VGA analog, yaitu dapat dikonversi ke antarmuka VGA menggunakan colokan adaptor pasif. Antarmuka DVI-D hanya berisi sinyal monitor digital. Jalur DVI memiliki kecepatan data 1,65 Gbit/s. Ini dapat digunakan untuk mentransfer sinyal dari monitor HD Ready atau beamer (proyektor).

Antarmuka HD-SDI

HD-SDI (High Definition Serial Digital Interface) adalah "kakak" dari antarmuka SDI. Ini digunakan untuk mendistribusikan video HD yang tidak terkompresi pada kecepatan data 1,485 Gbit/s dan resolusi 10 bit, atau untuk memasok sinyal ke encoder HD MPEG. Media transfer yang

sesuai dapat berupa channel 75-Ohm / 800 mV koaksial dengan konektor BNC atau tautan optik. Antarmuka HD-SDI 3G mendukung kecepatan data hingga 3 Gbit/dtk. Tabel 10.4. daftar semua format SDI fisik yang saat ini digunakan.



Gambar 7.12. Spektrum TS-ASI (distribusi spektrum berbeda dibandingkan SDI karena kode NRZ tidak diacak); karena kode NRZ murni, sinyal TS-ASI harus memiliki polaritas yang tepat.



Gambar 7.13. Antarmuka DVI (kiri: DVI-D; kanan: DVI-I)

Standar	Singkatan	Tingkat data	Contoh
SMPTE259M	SD-SDI	270 Mbit/s	576i, 480i
SMPTE344M	ED-SDI	540 Mbit/s	576p, 480p
SMPTE292M	HD-SDI	1.485 Gbit/s	720p, 1080i
SMPE372M	Dual Link HD-SDI	2.970 Gbit/s	1080p
SMPTE424M	3G-SDI	2.970 Gbit/s	1080p
SMPTE ST 2081	6G-UHD-SDI	6 Gbit/s	4K
SMPTE ST 2082	12G-UHD-SDI	12 Gbit/s	4K

Tabel 7.4. Format SDI fisik

Antarmuka DVB-IP

Dalam peningkatan jumlah aplikasi, antarmuka TS-ASI yang menangani Transport stream MPEG-2 digantikan oleh antarmuka Gigabit Ethernet (kabel CAT6, konektor RJ45). Antarmuka DVB-IP ini akan sepenuhnya menggantikan TS-ASI dalam jangka menengah. Ini dapat digunakan untuk

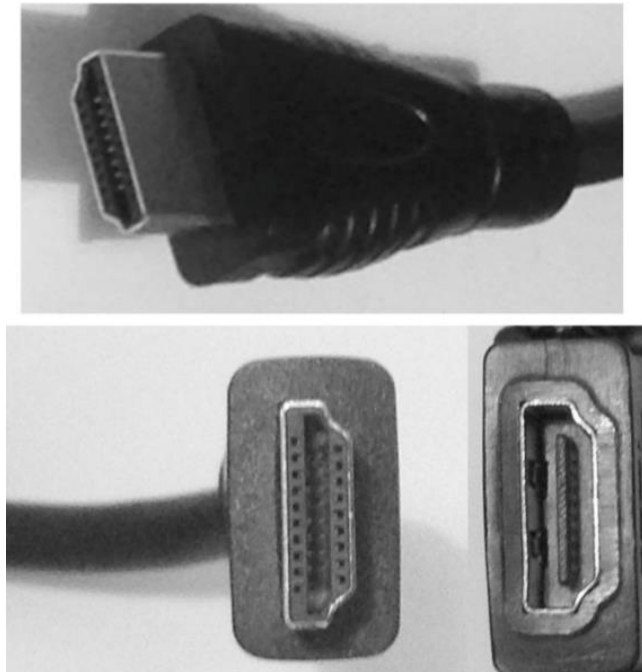
mendistribusikan beberapa Transport stream melalui satu antarmuka, dengan pengalamatan aliran berdasarkan "soket" (dikenal dari dunia PC), yang terdiri dari nomor port dan alamat IP.

SDI melalui IP, AVB

Sinyal video tidak terkompresi di luar HD (4K, UHD-1) saat ini sebagian besar ditransmisikan melalui empat kabel 3G HD-SDI paralel yang masing-masing mengangkut satu kuadran. Dua alternatif lain menawarkan solusi yang lebih praktis:

- 802.AVB (Jembatan Audio Video)
- SDI melalui IP – SMPTE2022

Keduanya mengandalkan struktur kabel IP. 802.AVB menggantikan semua lapisan ISO/OSI dengan protokolnya sendiri, sementara SDI over IP, yaitu SMPTE2022, membiarkan lapisan ISO/OSI terendah tidak tersentuh.



Gambar 7.14. Antarmuka HDMI

HDMI – Antarmuka Multimedia Definisi Tinggi

Di era televisi analog, SCART (Gbr. 10.2) adalah antarmuka yang paling banyak digunakan untuk menghubungkan perangkat eksternal ke perangkat TV dan mendistribusikan sinyal video – sebagai sinyal CVBS yang dikodekan secara inheren (video komposit) atau sebagai video komponen (RGB) –, dan sinyal audio (kiri, kanan). VGA (Video Graphics Array) dan antarmuka DVI, keduanya dikenal dari dunia PC, hanya membawa sinyal video. DVI (Digital Visual Interface) dikembangkan sebagai stand-in digital untuk antarmuka VGA analog. Antarmuka HDMI (Gbr. 10.14.), yang kompatibel dengan sinyal dengan DVI, muncul sekitar tahun 2003. Colokan adaptor pasif murni dapat digunakan untuk mengkonversi antara DVI dan HDMI. Di era HDTV (TV resolusi tinggi), antarmuka HDMI adalah koneksi utama antara TV layar datar dan sumber video

dan audio eksternal seperti pemutar DVD, pemutar Blu-ray, atau penerima AV. Persyaratan industri film untuk mekanisme perlindungan salinan dipenuhi dengan HDCP (Perlindungan Konten Digital Bandwidth Tinggi) yang diterapkan di HDMI. Bagian berikut membahas fitur penting dan protokol data antarmuka HDMI.

HDMI – Jalur Pengembangan dan Versi

Ketika standar HDMI diterbitkan pada tahun 2003, HDTV masih dalam masa pertumbuhan. Semua perangkat saat ini dilengkapi dengan setidaknya antarmuka HDMI v1.4, dan produk untuk segmen UHD TV sudah dikirimkan dengan HDMI V2.0.

Berbagai versi HDMI mendukung fungsionalitas yang berbeda, kecepatan data, dan jenis konektor seperti yang tercantum di bawah ini:

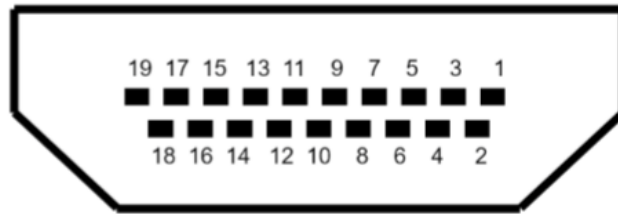
- HDMI versi 1.0, diterbitkan pada tahun 2002: hingga 3,96 Gbit/dtk, konektor tipe A
- HDMI versi 1.1, diterbitkan pada tahun 2004: hingga 3,96 Gbit/dtk dengan konektor tipe A dan hingga 7,92 Gbit/dtk dengan konektor tipe B, DVD-Audio
- HDMI versi 1.2, diterbitkan pada tahun 2005: konektor dan kecepatan data seperti pada 1.1, tetapi sekarang juga audio SACD
- HDMI versi 1.2a, diterbitkan pada tahun 2005: sebagai 1.2, tetapi sekarang juga mendukung CEC
- HDMI versi 1.3, diterbitkan pada tahun 2006: hingga 8,16 Gbit/dtk, konektor tipe C ditambahkan (mini-HDMI), sekarang juga audio Dolby Digital Plus
- HDMI versi 1.3abc, diterbitkan pada tahun 2006: hingga 8,16 Gbit/s, pertama yang mendukung 3D
- HDMI versi 1.4, diterbitkan pada tahun 2009: hingga 8,16 Gbit/dtk, konektor tipe D ditambahkan (mikro-HDMI), sekarang juga resolusi 4K/2K, channel Ethernet HDMI, Channel Pengembalian Audio
- HDMI versi 1.4a, diterbitkan pada 2010: standarisasi 3D lebih lanjut (Berdampingan, Atas-dan-Bawah, dll.)
- HDMI versi 2.0, diterbitkan pada tahun 2014: kecepatan data hingga 14,4 Gbit/dtk, mendukung 4Kp50/60
- HDMI versi 2.0a, diterbitkan pada tahun 2015: mendukung HDR (Jangkauan Dinamis Tinggi)
- HDMI versi 2.0b, diterbitkan pada tahun 2016: Fungsi HDR diperluas dengan HLG
- HDMI versi 2.1, diterbitkan pada tahun 2017: kecepatan data hingga 42,6 Gbit/dtk, diperluas dengan Display Stream Compression, mendukung semua format gambar 4K dan seterusnya

Evolusi standar HDMI menghasilkan pengenalan berbagai jenis konektor, peningkatan kecepatan data, dan channel pengembalian audio dalam kabel HDMI yang diterapkan khusus untuk penerima AV.

Implementasi Mekanis

Antarmuka HDMI dapat ditemukan di TV layar datar dan perangkat eksternal terhubung khususnya, serta di ponsel, kamera video, kamera aksi, kendaraan, dll. Konektor harus memenuhi berbagai batasan beban aplikasi ini, atau hanya harus cukup kecil atau bahkan kompatibel secara mekanis

dengan format antarmuka lainnya. Oleh karena itu, konektor HDMI hadir dalam berbagai bentuk dan ukuran fisik agar sesuai dengan aplikasi tertentu.

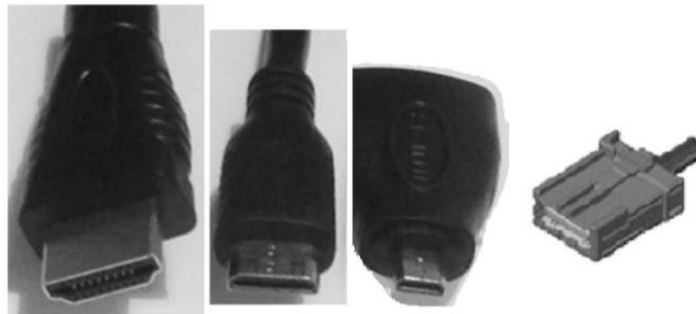


Gambar 7.15. Pinout dari konektor HDMI tipe A standar

Konektor HDMI tersedia dalam format berikut:

- Tipe standar A dengan 19 kabel sinyal, konektor yang secara fisik relatif besar
- Tipe B (29-pole, belum merambah pasar)
- Tipe C "mini" (19 tiang)
- Tipe D "mikro" (19 kutub)
- Tipe E "otomotif"

Mini dan mikro terutama digunakan di ponsel, PC tablet, dan kamera. Tipe E telah dirancang untuk aplikasi otomotif.



Gambar 7.16. Jenis colokan HDMI (dari kiri): tipe A ("standar"), tipe C ("mini"), tipe D ("mikro") dan tipe E ("otomotif")

Tabel 7.5. Pin keluar HDMI

Pin #, Plug Type A	Pin #, Plug Type D	Sinyal	Deskripsi
1	3	TMDS Data 2+	
2	4	TMDS Data 2 GND	Ground
3	5	TMDS Data 2-	
4	6	TMDS Data 1+	
5	7	TMDS Data 1 GND	Ground
6	8	TMDS Data 1-	

7	9	TMDS Data 0+	
8	10	TMDS Data 0 GND	Ground
9	11	TMDS Data 0-	
10	12	TMDS Clock+	
11	13	TMDS Clock GND	Ground
12	14	TMDS Clock-	
13	15	CEC	
14	2	Cadangan, atau data HEC-	
15	17	SLC	I2C bus untuk DDC Clock
16	18	SDA	I2C bus untuk DDC Data
17	16	DDC/CEC/HEC GND	Ground
18	19	+5V, max. 55 mA	Supply voltage
19	1	Deteksi steker panas, data HEC +	

Fungsi Antarmuka HDMI

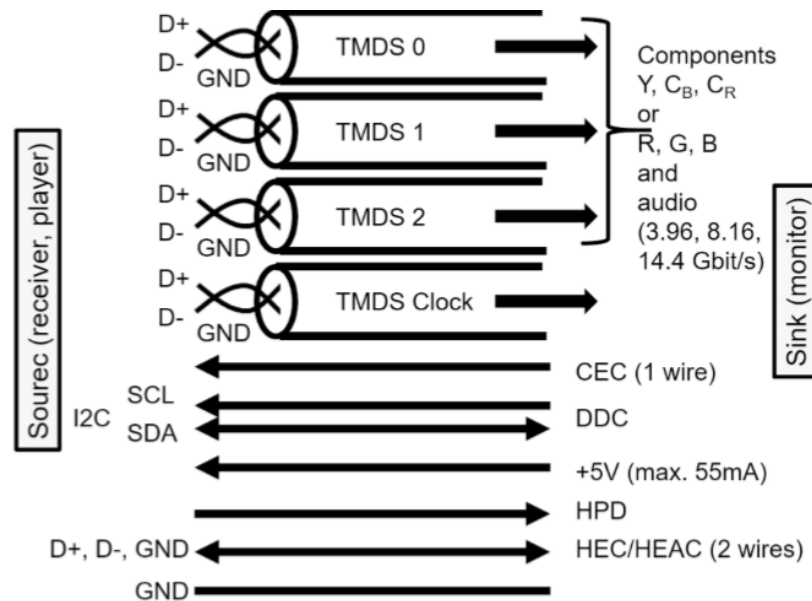
Antarmuka HDMI menawarkan fungsi berikut (Gbr. 10.12):

- Transmisi video dan audio (dienkripsi jika diperlukan)
- Pertukaran kemampuan source dan sink, negosiasi format yang digunakan □ Remote control perangkat (CEC/Consumer Electronics Control)
- Channel pengembalian audio dari TV ke penerima AV (ARC Channel Pengembalian Audio)
- Deteksi colokan panas (HPD)
- Catu daya (5 V, maks. 55 mA) mis. untuk power amplifier/equalizer
- Juga tautan data Ethernet

Antarmuka HDMI digunakan untuk mentransfer sinyal data video dan audio (dienkripsi jika diperlukan – HDCP) dari sumber (penerima, pemutar Blu-ray, dll.) ke perangkat target (TV layar datar) melalui apa yang disebut TMDS (Transisi -Jalur Sinyal Diferensial yang Diminimalkan). Transmisi ini bersifat terarah dan memiliki kecepatan data yang sangat tinggi. Data harus dienkripsi dalam kasus tertentu untuk mencegah akses oleh pihak ketiga. Namun, perlindungan konten (HDCP) ini hanya akan diaktifkan jika diminta oleh sumbernya (Blu ray, layanan TV, dll.). Kunci yang akan digunakan untuk transfer dinegosiasikan oleh dua perangkat (sumber dan wastafel) melalui antarmuka HDMI.

HDMI juga menyediakan remote control perangkat, memungkinkan mis. pemutar Blu-ray yang terhubung untuk ditangani dari remote kontrol TV; komunikasi ini juga ditransfer melalui kabel HDMI. Kabel HDMI dapat dicolokkan dan dicabut. Perangkat yang terhubung harus dapat secara otomatis mendeteksi ini dan bereaksi terhadapnya. Fitur ini disebut HPD (Hot Plug Detect).

Perangkat yang terhubung melalui kabel HDMI bertukar kemampuan fisik mereka, yaitu masing-masing menginformasikan yang lain apa itu dan format video dan audio mana yang didukungnya. Kemudian kedua perangkat menyetujui format umum yang kompatibel untuk video dan audio.



Gambar 7.17. Sinyal antarmuka HDMI

Jika home theater menyertakan penerima AV, penerima AV bertanggung jawab untuk menyediakan suara surround. Untuk tujuan ini, sinyal audio video harus diumpangkan dari perangkat TV ke penerima AV. Untuk menghemat kabel tambahan, channel balik kabel HDMI dapat digunakan untuk memasok audio dari perangkat TV ke penerima AV. Kabel HDMI mencakup jalur suplai yang menyediakan 5 V dan arus output maksimal 55 mA, yang dapat digunakan untuk memberi daya, mis. penguat garis, equalizer.

Format Sinyal Antarmuka HDMI

Format sinyal antarmuka HDMI adalah sebagai berikut:

- TMDS: *Transition-Minimized Differential Signalling*/Pensinyalan Diferensial yang Diminimalkan Transisi
- I²C bus: bus data dua arah serial
- CEC: *Consumer Electronic Control*/Kontrol Elektronik Konsumen
- HEC: Channel Ethernet HDMI
- HEAC: HDMI Ethernet dan Channel Audio
- DDC: *Display Data Channel*/Menampilkan Channel Data
- dan tegangan suplai

TMDS (Transition-Minimized Differential Signalling) adalah transmisi serial kecepatan tinggi data video dan audio dari sumber ke sink melalui tiga pasang kawat berpelingung (0, 1, 2) pada level ECL (800 mVpp) dan impedansi channel ke ground 50 Ohm. Tarif data yang disediakan oleh TMDS adalah sebagai berikut:

- hingga 1.65 Gbit/s (DVI — Digital Visual Interface)
- hingga 3.96 Gbit/s (HDMI 1.0, 1.1, 1.2)
- hingga 8.16 Gbit/s (HDMI 1.3, 1.4)
- hingga 14.4 Gbit/s (HDMI 2.0)

Selain tiga pasang kawat yang digunakan untuk data, TMDS menggunakan pasangan kawat terlindung keempat untuk mentransmisikan jam TMDS. Laju data aktual dan karenanya frekuensi clock aktual bergantung pada konten yang akan ditransmisikan. Data yang dikirim melalui jalur TMDS dienkripsi jika diperlukan menggunakan HDCP, dan pengkodean channel 8b/10b digunakan untuk memastikan bahwa sinyal TMDS tidak mengandung komponen DC apa pun. Sinyal video juga mencakup interval pengosongan horizontal dan vertikal. HDMI mendukung format RGB 4:4:4, YcbCr 4:4:4, YcbCr 4:2:2, dan YcbCr 4:2:0 dengan ruang warna yang menyediakan resolusi hingga 24, 30, 36, dan 48 bit. Data dan audio ditransmisikan dalam interval pengosongan, yaitu sinyal audio disematkan dalam sinyal video dan ditransmisikan sebagai Pulau Data. Tujuan awal menggunakan tiga pasang kabel di antarmuka HDMI plus satu untuk jam TMDS adalah untuk memungkinkan transfer tepat tiga komponen sinyal video, yaitu

- R G B
- Y C_B C_R

pada resolusi awal 8 bit. Payload 8-bit kemudian menjadi sasaran pengkodean 8b/10b, menghasilkan kode 10-bit. Nilai 10-bit yang muncul pada masing-masing dari tiga jalur TMDS merupakan sinyal TMDS. Awalnya, jalur TMDS 0 ditetapkan ke R, TMDS 1 ke G, dan TMDS 2 ke B untuk sinyal RGB 4:4:4. Sementara itu, sejumlah sinyal video dengan resolusi lebih tinggi telah ditentukan, sehingga penetapan jalur umum ini tidak berlaku lagi.

Bus I²C, bahan pokok elektronik konsumen lama, adalah bus data serial dua arah yang terdiri dari data (SDA) dan jalur jam (SCL). Peran bus ini adalah untuk mengirimkan data DDC. Data DDC (Display Data Channel), disimpan dalam memori perangkat yang disebut E-EDID (Enhanced Extended Display Identification Data), mewakili kemampuan fisik perangkat dan dipertukarkan saat koneksi.

Channel HEC (HDMI Ethernet Channel) atau HEAC (HDMI Ethernet and Audio Channel) terdiri dari dua pasangan kabel berpelindung (HEC Data- dan HEC Data+) yang digunakan untuk mengirimkan data Ethernet, dan, yang terpenting, ARC (Audio Return Channel).

Tegangan suplai (5 V, maks. 55 mA) dapat digunakan untuk amplifier channel listrik, equalizer jika diperlukan. Secara opsional, perangkat, biasanya TV layar datar, dapat menggunakan jalur CEC dari kabel HDMI untuk mengontrol perangkat yang terhubung dari jarak jauh.

Tabel 7.6. Format video biasa pada HDMI, parameter teknis

Video Identification Code (VIC) /	Resolusi, Tingkat refresh	Jam Piksel (<i>Pixel Clock</i>)
-----------------------------------	---------------------------	-----------------------------------

Kode Identifikasi Video		
1	640x480p (VGA), 59.94/60 Hz	25,175 MHz
2, 3	720x480p, 59.94/60 Hz	27,000 MHz
17, 18	720x576p, 50 Hz	27,000 MHz
6, 7	720 (1440)x480i, 59.94/60 Hz	27,000 MHz
21, 22	720 (1440)x576i, 50 Hz	27,000 MHz
4	1280x720p, 59.94/60 Hz	74,250 MHz
19	1280x720p, 50 Hz	74,250 MHz
5	1920x1080i, 59.94/60 Hz	74,250 MHz
20	1920x1080i, 50 Hz	74,250 MHz
16	1920x1080p, 59.94/60 Hz	148,500 MHz
31	1920x1080p, 50 Hz	148,500 MHz
34	1920x1080i, 29.97/30 Hz	74,250 MHz
101	4096x2160p, 50 Hz	594,000 MHz
102	4096x2160p, 59.94 Hz	594,000 MHz

Contoh perhitungan di bawah ini menjelaskan cara menentukan kecepatan data HDMI dan jam piksel dari format video. Perhatikan bahwa data pada jalur TMDS selalu dikodekan 8b/10b, yaitu setiap simbol ditransmisikan sebagai 10 bit, tetapi muatan sebenarnya hanya 8 bit/symbol. Dua bit tambahan dikodekan secara khusus (untuk output bebas DC).

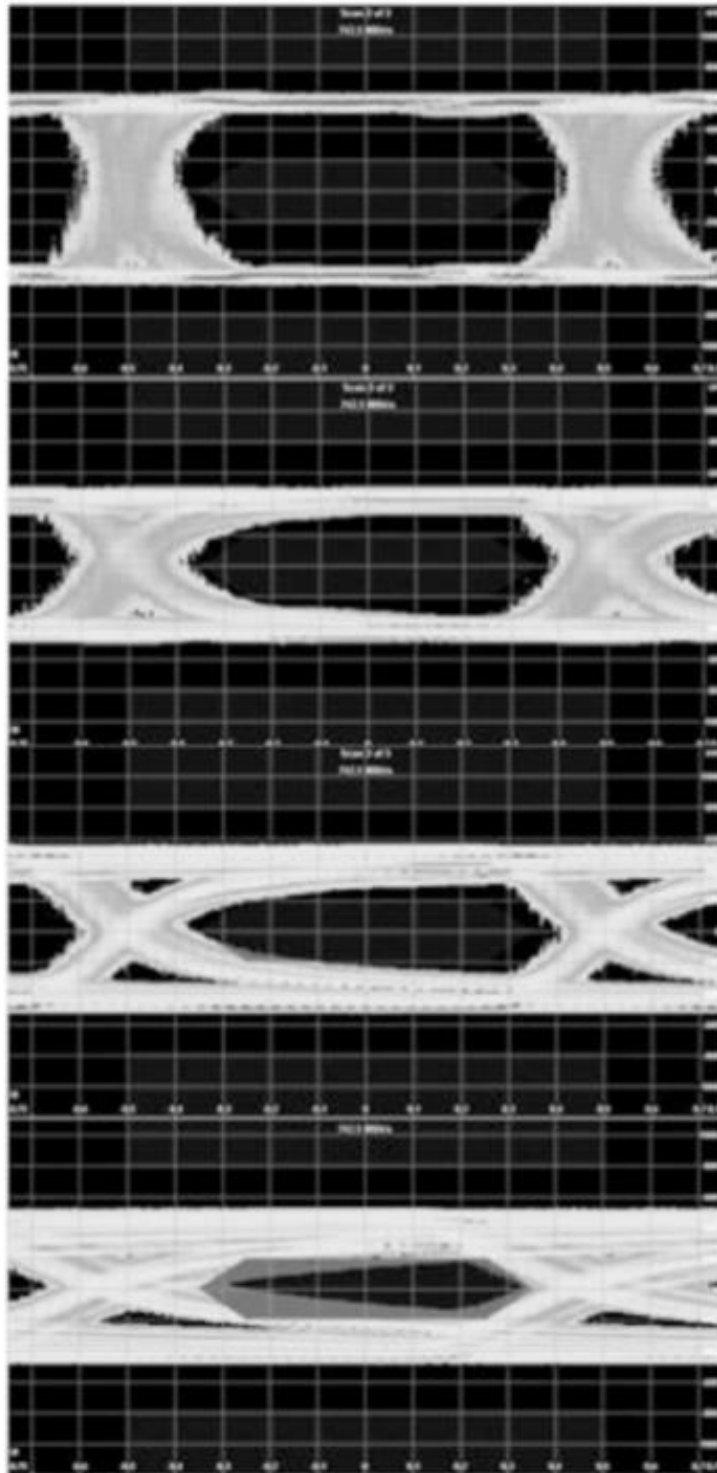
Teknologi Pengukuran HDMI

Antarmuka produk konsumen AV perlu diuji, termasuk antarmuka HDMI, baik output maupun input. Perangkat untuk analisis protokol HDMI dan analisis domain waktu fisik ("pola mata") tersedia secara komersial (lihat Rohde&Schwarz VTC, VTE, VTX).

Gambar 10.18 menunjukkan pola mata sinyal TMDS pada antarmuka HDMI untuk panjang kabel yang berbeda. Mata menjadi lebih kecil dengan bertambahnya panjang kabel. Gambar 10.19 menunjukkan nilai parameter yang diukur pada antarmuka HDMI untuk sinyal SDTV, HDTV, dan UHD TV.

HDMI – Ringkasan dan Pandangan

Antarmuka HDMI menghubungkan perangkat audiovisual yang dibuat sesuai dengan standar SDTV atau HDTV atau standar UHD TV baru. Perangkat menggunakan antarmuka HDMI untuk bertukar konten video dan audio, dan untuk mengontrol unit lain. Sudah dalam kisaran Gigahertz, bandwidth dan kecepatan data kabel HDMI akan terus bertambah. Panjang kabel dan kualitas kabel merupakan faktor pembatas signifikan yang membatasi koneksi hingga sekitar 3-5 m, meskipun standar HDMI menyediakan panjang kabel hingga 15 m. Meskipun kabel HDMI dengan panjang 10 m dan bahkan lebih panjang tersedia secara komersial, kegunaannya sangat bergantung pada kualitas kabel, serta kualitas antarmuka input dan output perangkat yang akan dihubungkan.



Gambar 7.18. Analisis domain waktu menggunakan Video Test Center (VTC) dari Rohde & Schwarz; pola mata sinyal TMD5 untuk berbagai panjang kabel (0 m, 3 m, 10 m)

Tidak disarankan menggunakan panjang kabel yang berlebihan, sebagaimana dibuktikan dengan jelas oleh pengalaman praktis dengan laptop dan berbagai proyektor yang terhubung di berbagai

lingkungan seminar. Metode yang disarankan untuk menjembatani jarak yang lebih jauh adalah dengan mengkonversi mis. untuk sinyal optik dan kembali, atau menggunakan sistem distribusi berdasarkan kabel CAT6. Namun, beberapa perangkat kontemporer dengan antarmuka HDMI sudah tersedia dengan equalizer kabel HDMI untuk mengkompensasi kehilangan kabel.

Video Code	Pixel Clock	TMOS Char Clk	Input	Standard
720 (1440) x 576i @ 50Hz (22)	27.000MHz	27.000MHz	HDMI [L1]	HDMI 2.0
Video Code (derived from AVI InfoFrame) 720 (1440) x 576i @ 50Hz (22)				
Pixel Clock	27.000.000MHz	Vertical Frequency	50.000Hz	
Video Format	Interlaced	Horizontal Frequency	15.625kHz	
Horizontal Video Parameters		Vertical Video Parameters		
H Total Pixels	1.728	V Total Lines	625	
H Active Pixels	1.440	V Active Lines	576	
H Front Porch Pixels	24	V Front Porch Lines	2	
H Sync Pixels	126	V Sync Lines	3	
H Back Porch Pixels	138	V Back Porch Lines	19	
H Sync Polarity	Negative	V Sync Polarity	Negative	
Video Code	Pixel Clock	TMOS Char Clk	Input	Standard
1280 x 720p @ 50Hz (19)	74.250MHz	74.250MHz	HDMI [L1]	HDMI 2.0
Video Code (derived from AVI InfoFrame) 1280 x 720p @ 50Hz (19)				
Pixel Clock	74.250.000MHz	Vertical Frequency	50.000Hz	
Video Format	Progressive	Horizontal Frequency	37.500kHz	
Horizontal Video Parameters		Vertical Video Parameters		
H Total Pixels	1.980	V Total Lines	750	
H Active Pixels	1.280	V Active Lines	720	
H Front Porch Pixels	440	V Front Porch Lines	5	
H Sync Pixels	40	V Sync Lines	5	
H Back Porch Pixels	220	V Back Porch Lines	20	
H Sync Polarity	Positive	V Sync Polarity	Positive	
Video Code	Pixel Clock	TMOS Char Clk	Input	Standard
1920 x 1080i @ 50Hz (20)	74.250MHz	74.250MHz	HDMI [L1]	HDMI 2.0
Video Code (derived from AVI InfoFrame) 1920 x 1080i @ 50Hz (20)				
Pixel Clock	74.250.000MHz	Vertical Frequency	50.000Hz	
Video Format	Interlaced	Horizontal Frequency	28.125kHz	
Horizontal Video Parameters		Vertical Video Parameters		
H Total Pixels	2.640	V Total Lines	1.125	
H Active Pixels	1.920	V Active Lines	1.080	
H Front Porch Pixels	528	V Front Porch Lines	2	
H Sync Pixels	44	V Sync Lines	5	
H Back Porch Pixels	148	V Back Porch Lines	15	
H Sync Polarity	Positive	V Sync Polarity	Positive	
Video Code	Pixel Clock	TMOS Char Clk	Input	Standard
3840 x 2160 @ 50Hz (96)	594.000MHz	297.000MHz	HDMI [L1]	HDMI 2.0
Video Code (derived from AVI InfoFrame) 3840 x 2160 @ 50Hz (96)				
Pixel Clock	594.000.000MHz	Vertical Frequency	50.000Hz	
Video Format	Progressive	Horizontal Frequency	112.500kHz	
Horizontal Video Parameters		Vertical Video Parameters		
H Total Pixels	2.640	V Total Lines	2.250	
H Active Pixels	1.920	V Active Lines	2.160	
H Front Porch Pixels	528	V Front Porch Lines	8	
H Sync Pixels	44	V Sync Lines	10	
H Back Porch Pixels	148	V Back Porch Lines	72	
H Sync Polarity	Positive	V Sync Polarity	Positive	

Gambar 7.19. Parameter video HDMI dari format video penyiaran arus utama (SDTV 720x576i, HDTV 720p, HDTV 1080i, dan UHD-1 3840x2150p50), diukur dengan Video Test Center (VTC) Rohde & Schwarz

BAB 8

PRINSIP DASAR MODULASI DIGITAL

Untuk memulainya, bab ini secara umum menciptakan dasar untuk pendekatan metode modulasi digital. Setelah bab ini, mungkin juga untuk melanjutkan, mis. di bidang teknologi radio bergerak (GSM, IS95, UMTS, LTE, 5G) sebagai pengetahuan dasar yang dibahas disini berlaku untuk bidang teknologi komunikasi dan aplikasinya secara keseluruhan. Namun, tujuan utamanya adalah untuk menciptakan landasan bagi bab-bab selanjutnya tentang DVB-S, DVB-C, OFDM/COFDM, DVB-T, ATSC, dan ISDB-T. Para ahli, tentu saja dapat dengan mudah melewati bab ini.

Pendahuluan

Transmisi analog informasi telah lama dilakukan melalui modulasi amplitudo (AM) dan modulasi frekuensi (FM). Informasi yang akan ditransmisikan terkesan pada pembawa dengan memvariasikan baik amplitudo atau frekuensi atau fase, proses ini disebut sebagai modulasi.

Untuk mengirimkan sinyal data, yaitu sinyal digital, kunci pergeseran amplitudo atau frekuensi digunakan pada masa awal transmisi data. Untuk mengirimkan datastream mis. 10 Mbit/s melalui simple amplitudo shift keying (ASK), bandwidth minimal 10 MHz diperlukan jika non-return-to-zero code (NRZ) digunakan.

Menurut teorema Nyquist, bandwidth yang sesuai dengan setidaknya setengah kecepatan data diperlukan untuk sinyal baseband NRZ. Menggunakan ASK menghasilkan dua sideband dan itu memberikan sinyal RF dengan bandwidth yang sama dengan kecepatan data sinyal baseband. Bandwidth yang sebenarnya dibutuhkan bahkan lebih besar karena penyaringan sinyal diperlukan untuk menekan gangguan channel yang berdekatan.

Channel telepon analog lebarnya sekitar 3 KHz. Awalnya, kecepatan data 1200 bit/s dapat dicapai untuk channel ini. Saat ini, dengan VDSL 50 hingga 100 Mbit/s tidak ada masalah lagi. Tautan faks dan modem dioperasikan hingga 56 kbit/dtk. Lompatan kuantum ke depan ini hanya mungkin melalui penggunaan metode modulasi digital modern yang dikenal sebagai modulasi IQ. Modulasi IQ pada dasarnya adalah bentuk modulasi amplitudo.

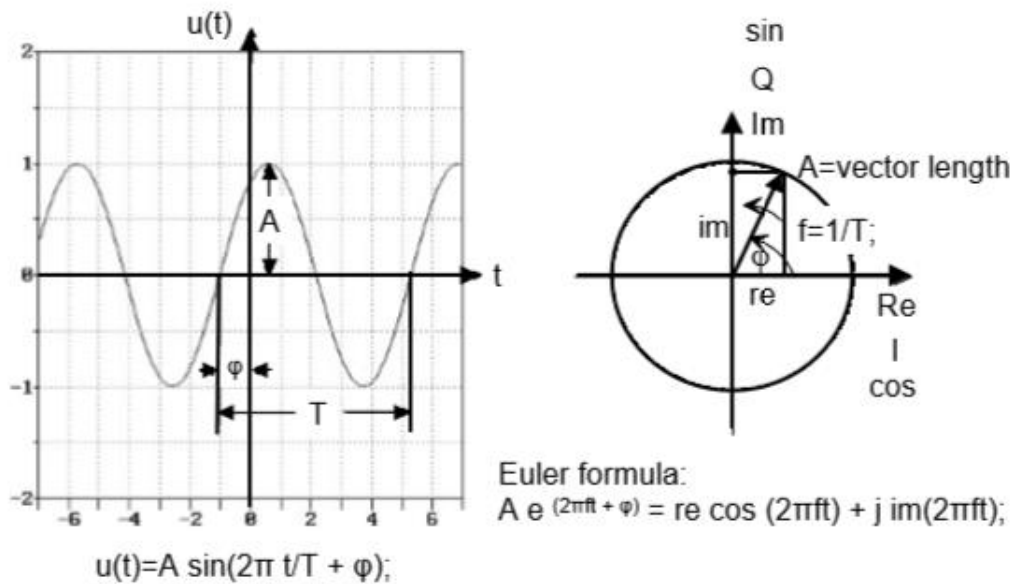
Kita tahu metode modulasi berikut:

- Modulasi amplitudo
- Modulasi frekuensi
- Modulasi fase
- Penguncian pergeseran amplitudo/*Amplitude shift keying* (ASK)
- Kunci pergeseran frekuensi/*Frequency shift keying* (FSK)
- Penguncian pergeseran fase/*Phase shift keying* (PSK)
- Amplitudo dan penguncian fase/*Amplitude and phase shift keying* (QAM)

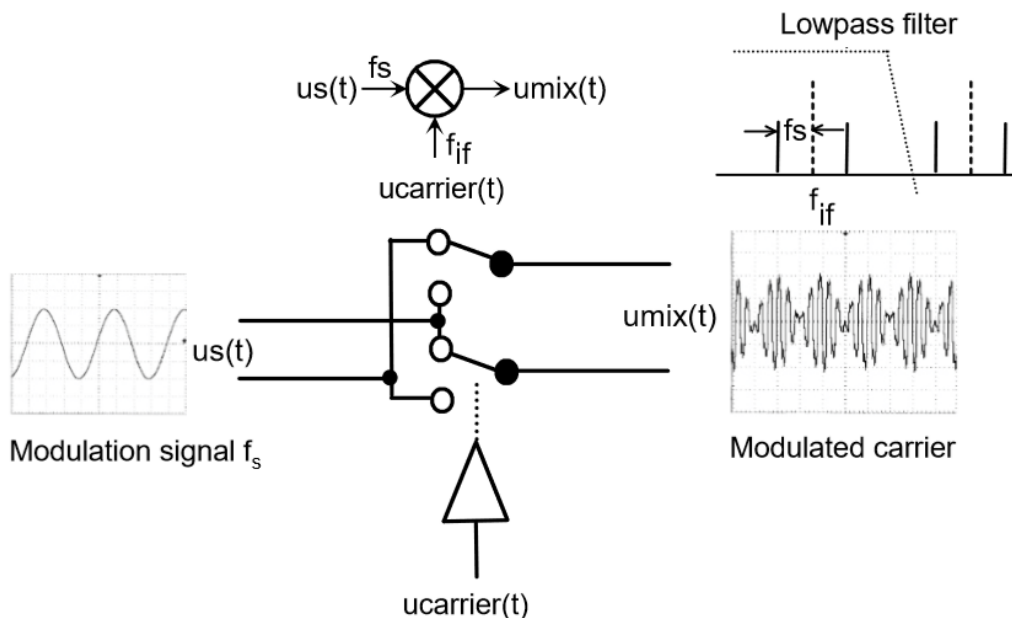
Yang diinginkan adalah mengurangi bandwidth untuk transmisi sinyal data. Ini hanya mungkin dengan menggunakan metode modulasi digital modern. Tujuannya adalah untuk memotong *bandwidth* yang dibutuhkan oleh beberapa faktor relatif terhadap kecepatan data dari sinyal yang

ditransmisikan. Jelas bahwa ini tidak akan berjalan tanpa kerugian, yaitu kerentanan terhadap noise dan gangguan akan meningkat. Berikut ini, metode modulasi digital akan dibahas.

Sebelum masuk ke subjek ini, kami ingin menunjukkan bahwa dalam teknik elektro, merupakan kebiasaan untuk menyatakan besaran sinusoidal melalui vektor (gambar 13.1.). Setiap besaran sinusoidal dapat dijelaskan dengan jelas oleh amplitudo dan sudut fase nolnya. Apalagi frekuensinya harus diketahui. Dalam representasi vektor, vektor berputar pada saat $t = 0$ ditampilkan. Vektor kemudian pada sudut fase nol dan panjangnya sesuai dengan amplitudo kuantitas sinusoidal.



Gambar 8. 1. Representasi vektor dari sinyal sinusoidal

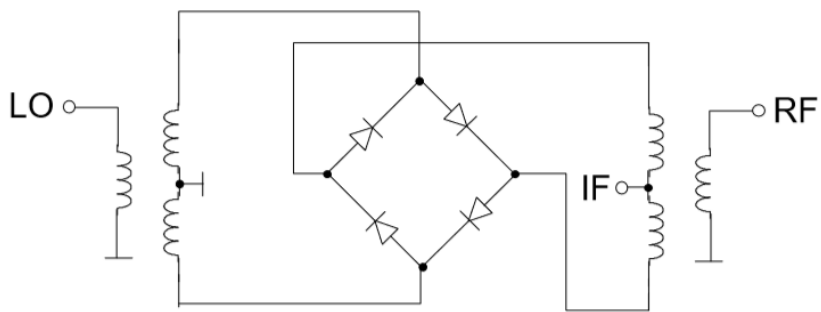


Gambar.8.2. Mixer dan proses pencampuran. Modulasi amplitudo dengan pembawa yang ditekan

Mixer

Kita akan melihat bahwa mixer adalah salah satu komponen elektronik terpenting yang membentuk modulator IQ. Mixer pada dasarnya adalah pengganda. Sinyal modulasi biasanya diubah menjadi IF melalui sinyal pembawa. Akibatnya, dua sidebands tentang pembawa diperoleh. Jenis modulasi ini dikenal sebagai modulasi amplitudo pita sisi ganda dengan pembawa yang ditekan. Mixer ditunjukkan pada Gambar. 13.2. pada dasarnya adalah saklar ganda yang digerakkan oleh pembawa. Ini membalikkan polaritas sinyal modulasi pada frekuensi pembawa.

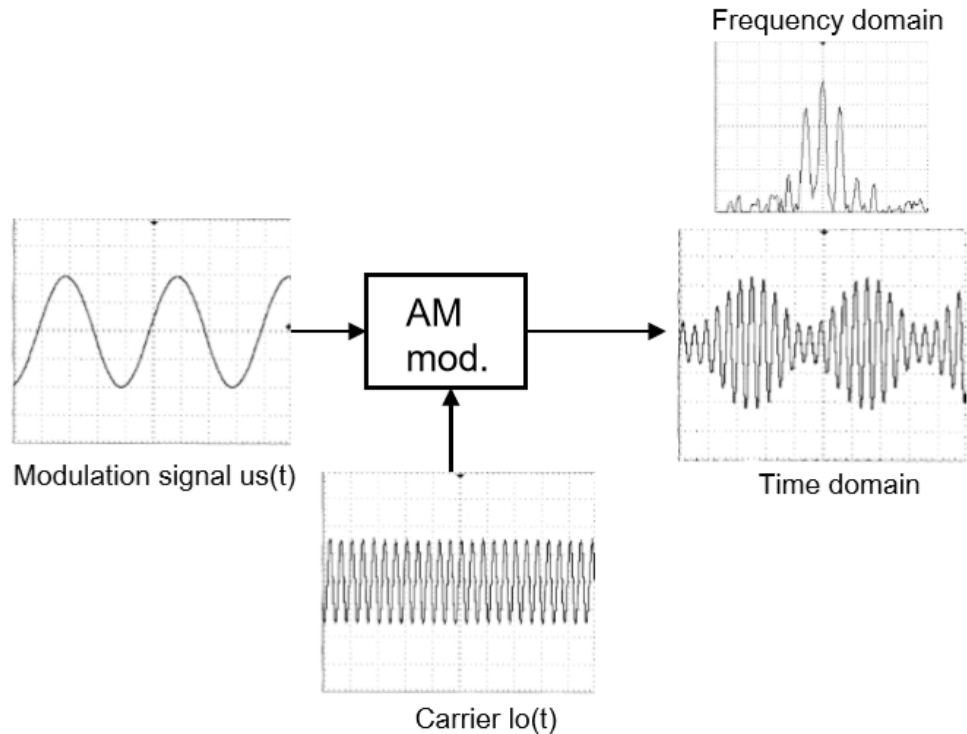
Dalam kasus sinyal modulasi sinusoidal murni, dua garis spektral diperoleh - satu di atas dan satu di bawah frekuensi pembawa - masing-masing berjarak dari pembawa pada offset frekuensi modulasi. Selain itu, sub-harmonik pada offset frekuensi pembawa dihasilkan. Yang terakhir harus ditekan melalui filter lowpass.



Gambar 8.3. Diagram blok dari mixer seimbang ganda

Gambar 8.3. adalah diagram blok mixer analog ganda modern. Polaritas sinyal modulasi diaktifkan oleh 4 dioda PIN. Sinyal pembawa (LO = osilator lokal) digabungkan melalui transformator RF, dan produk modulasi digabungkan keluar melalui transformator RF. Sinyal modulasi diumpankan ke DC-coupled.

Mixer saat ini sering diimplementasikan dalam bentuk pengganda digital murni yang, kecuali untuk noise kuantisasi dan kesalahan pembulatan, memiliki perilaku yang ideal. Jika tegangan langsung diterapkan sebagai sinyal modulasi, pembawa itu sendiri muncul pada output mixer. Melapiskan sinyal sinusoidal pada DC mengarah ke modulasi amplitudo normal dengan pembawa yang tidak tertekan. (Gbr. 8.4.).

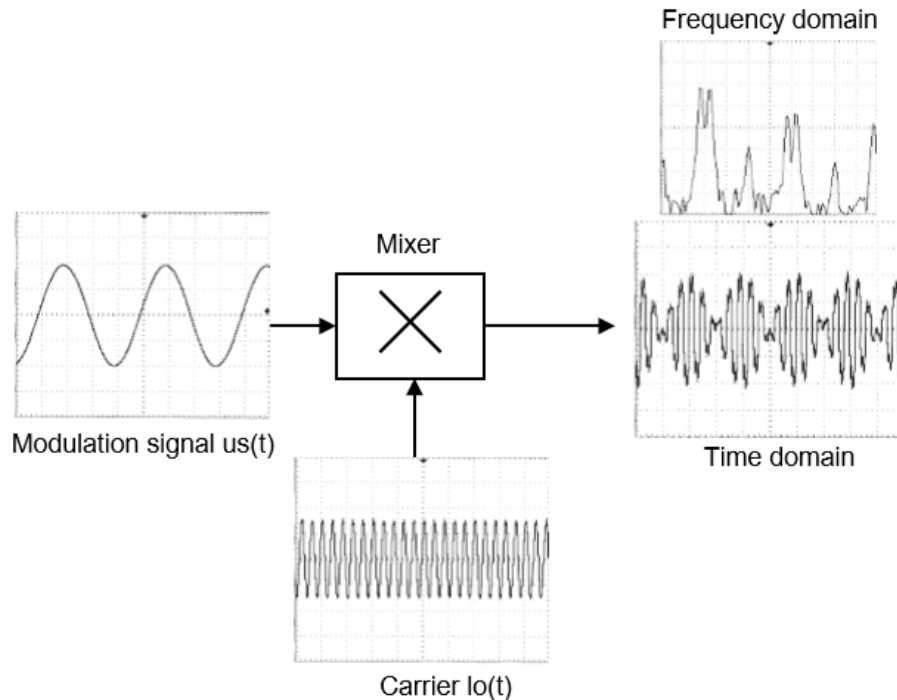


Gambar 8.4. Modulasi amplitudo "Normal" dengan pembawa yang tidak ditekan

Modulator Amplitudo

Dalam modulasi amplitudo, informasi terkandung dalam amplitudo pembawa. Sinyal modulasi mengubah (memodulasi) amplitudo pembawa. Hal ini dipengaruhi oleh sebuah modulator AM. Gambar 8.4. menggambarkan modulasi AM "normal", di mana pembawa tidak ditekan. Sinyal modulasi sinusoidal memvariasikan amplitudo pembawa sehingga terkesan pada pembawa sebagai amplop. Dalam contoh pada Gambar 8.4., baik sinyal pembawa maupun sinyal modulasi adalah sinyal sinusoidal.

Melihat spektrum, kami tidak hanya menemukan garis spektral pada frekuensi pembawa tetapi juga dua pita samping yang berjarak dari pembawa pada offset frekuensi modulasi. Misalnya, jika pembawa 1 MHz dimodulasi amplitudo dengan sinyal sinusoidal 1 kHz, spektrum modulasi dengan sinyal pembawa pada 1 MHz dan dua sinyal sideband pada 1 kHz di atas dan di bawah pembawa akan diperoleh. Bandwidth adalah 2 kHz dalam hal ini.



Gambar 8.5. Modulasi amplitudo dengan pembawa yang ditekan

Seperti disebutkan di atas, pembawa ditekan oleh mixer. Jika mixer digunakan untuk modulasi amplitudo dan sinyal modulasi itu sendiri tidak memiliki komponen DC, tidak ada garis spektral pada frekuensi pembawa yang akan ditemukan dalam spektrum modulasi. Hanya ada dua sideband.

Gambar 8.5. menunjukkan modulasi amplitudo yang dipengaruhi oleh mixer berimbang ganda. Dalam spektrum modulasi, kami menemukan tidak hanya dua pita samping tetapi juga pita samping harmonik tentang kelipatan frekuensi pembawa. Yang terakhir harus ditekan oleh filter lowpass. Gambar 13.5. juga menunjukkan sinyal termodulasi amplitudo khas dalam domain waktu dengan pembawa yang ditekan. Bandwidth sama dengan modulasi amplitudo "normal", yaitu dengan pembawa yang tidak tertekan.

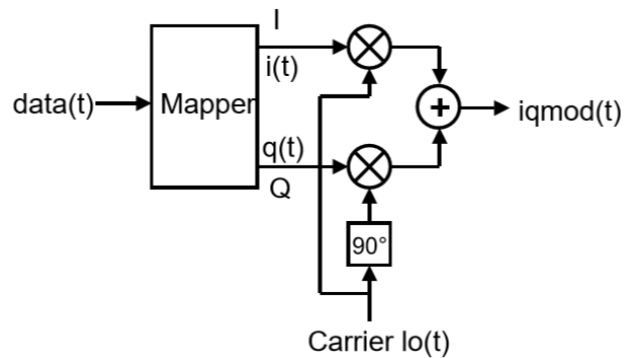
Modulator IQ

Di televisi berwarna, modulasi kuadratur atau modulasi IQ telah digunakan sejak lama untuk transmisi informasi warna. Dengan subcarrier warna PAL atau NTSC, informasi chrominance terkandung dalam fase subcarrier dan saturasi warna, atau intensitas warna, dalam amplitudo subcarrier. Subcarrier warna ditumpangkan pada sinyal luminance. Subcarrier warna termodulasi dihasilkan melalui modulator IQ atau modulator kuadratur, di mana "I" berarti fase dalam dan "Q" untuk fase kuadratur.

Sebuah modulator IQ (lihat Gambar 13.6.) memiliki jalur I dan jalur Q. Jalur I menggabungkan mixer yang digerakkan dengan fase pembawa 0° . Mixer di jalur Q digerakkan dengan fase pembawa 90° . Ini berarti bahwa I mewakili 0° dan Q untuk fase pembawa 90° . I dan Q saling

ortogonal. Dalam diagram vektor, sumbu I berimpit dengan sumbu nyata dan sumbu Q dengan sumbu imajiner.

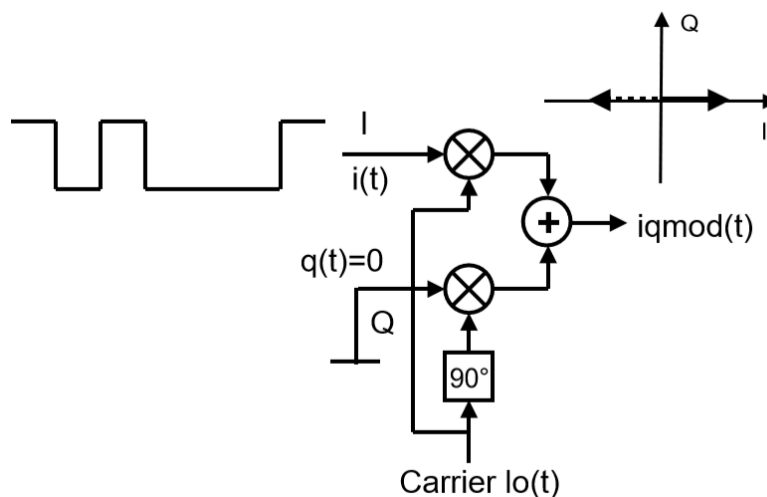
Modulator PAL atau NTSC juga menggabungkan modulator IQ. Untuk modulasi digital, mapper terhubung di depan modulator IQ. Pemeta diumpankan dengan data datastream (t) yang akan ditransmisikan; sinyal output $i(t)$ dan $q(t)$ dari mapper adalah sinyal modulasi untuk I dan Q mixer. $i(t)$ dan $q(t)$ bukan lagi sinyal data tetapi tegangan bertanda.



Gambar 8.6. Modulator IQ

Jika $i(t)=0$, mixer I tidak menghasilkan sinyal output, jika $q(t)=0$, mixer Q tidak menghasilkan sinyal. Jika $i(t)$ pada 1 V, misalnya, mixer I akan mengeluarkan sinyal pembawa dengan amplitudo konstan dan fase pembawa 0° . Jika $q(t)$, sebaliknya, berada pada 1 V, pencampur Q akan mengeluarkan sinyal pembawa dengan amplitudo konstan dan fase pembawa 90° (s. Gambar 8.10.).

Produk modulasi I dan Q digabungkan dalam sebuah penambah.



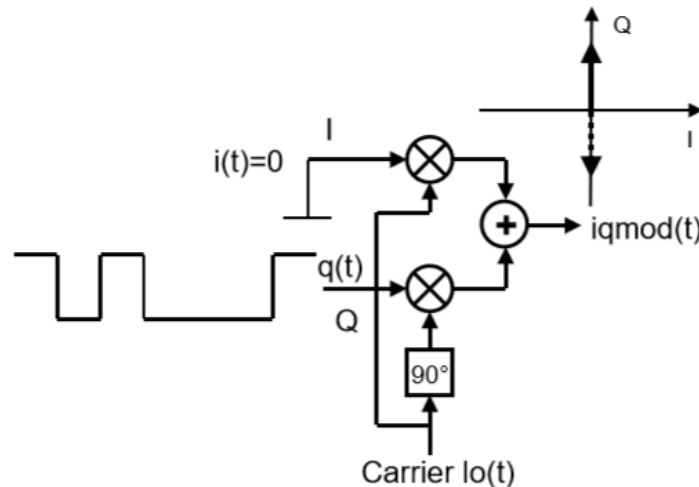
Gambar 8.7. Modulator IQ, saya hanya jalur

Oleh karena itu, produk $iqmod(t)$ adalah jumlah output sinyal dari pencampur I dan pencampur Q. Jika pencampur Q tidak memberikan output sinyal, $iqmod(t)$ sesuai dengan output sinyal jalur I dan sebaliknya.

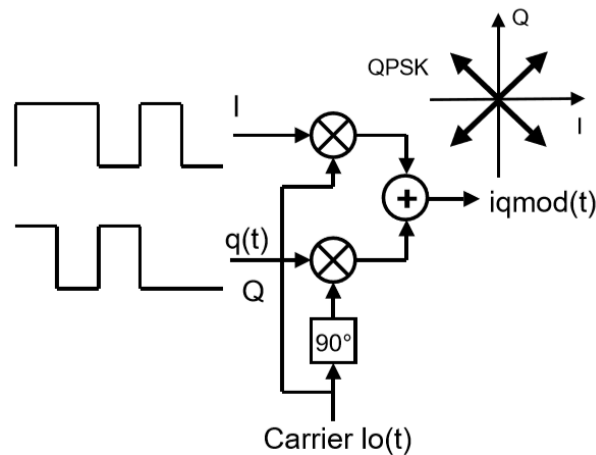
Karena output sinyal dari jalur I dan Q adalah sinyal sinus dan cosinus dengan frekuensi yang sama (frekuensi pembawa) dan hanya berbeda dalam amplitudo, output sinyal sinusoidal $i_{qmod}(t)$ dengan amplitudo dan fase variabel diperoleh melalui superposisi dari output sinyal sinusoidal I dan output sinyal Q cosinusoidal. Oleh karena itu, dengan bantuan sinyal kontrol $i(t)$ dan $q(t)$, kita dapat memvariasikan amplitudo dan fase $i_{qmod}(t)$.

Dengan modulator IQ, kita dapat menghasilkan modulasi amplitudo murni, modulasi fase murni, atau gabungan amplitudo dan modulasi fase. Output sinyal modulator sinusoidal dengan demikian dapat dikontrol dalam amplitudo dan fase.

Sekarang mari kita asumsikan bahwa $i(t)$ adalah nol dan hanya ada output sinyal $q(t)$. Kami sekarang beralih $q(t)$ antara +1 V dan -1 V. $i_{qmod}(t)$ sesuai dengan sinyal output dari Q mixer; tidak ada kontribusi dari jalur I. Sekali lagi, sinyal sinus diperoleh untuk $i_{qmod}(t)$, tetapi dengan fase 90° atau 270° . Dengan memvariasikan amplitudo $q(t)$, amplitudo $i_{qmod}(t)$ dapat divariasikan. Untuk diagram vektor ini berarti bahwa vektor berubah antara 90° dan 180° dan panjangnya bervariasi sepanjang sumbu Q (sumbu imajiner).



Gambar 8.8. Modulator IQ, jalur Q hanya aktif



Gambar 8.9. Modulator IQ, Jalur I dan Q Amplitudo aktif dan identik (QPSK)

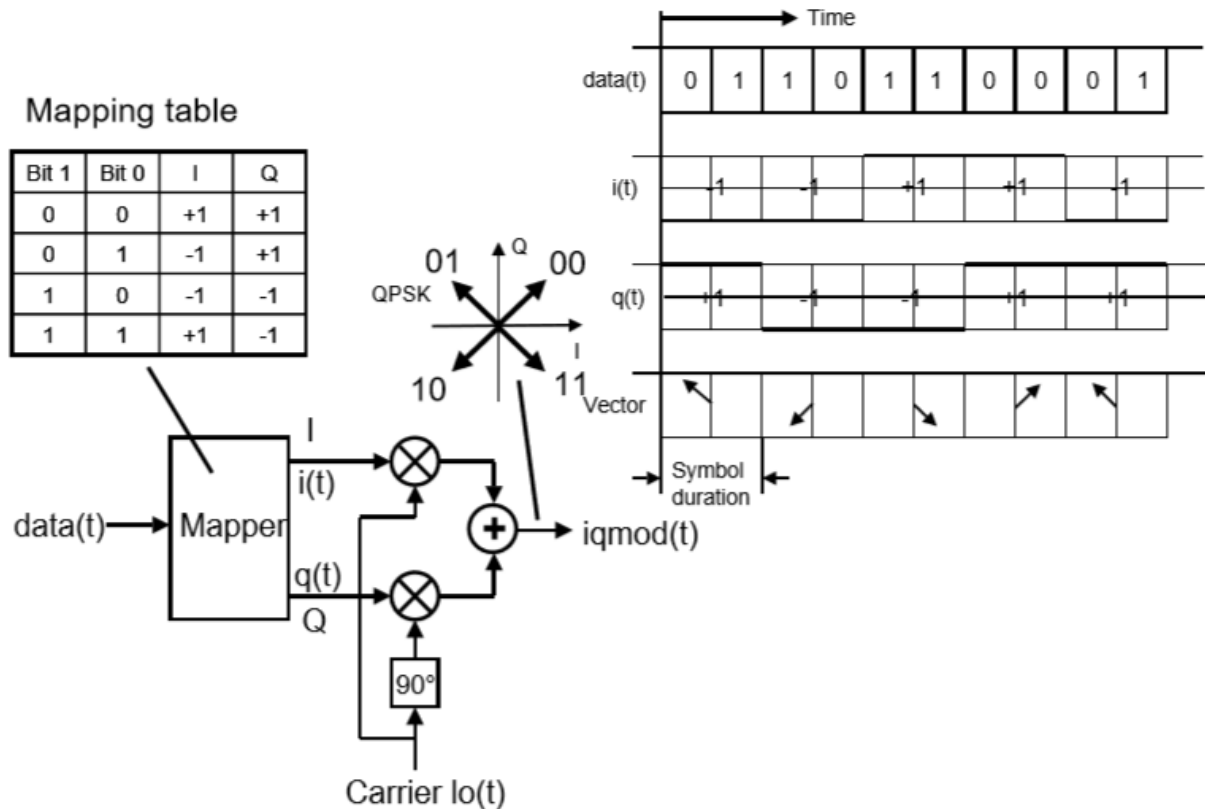
Selanjutnya, kita ingin memvariasikan baik $i(t)$ dan $q(t)$ antara $+1$ V dan -1 V. Dalam hal ini, produk modulasi dari jalur I dan jalur Q dijumlahkan, sehingga kita dapat mengganti pembawa antara 45° , 135° , 225° dan 315° . Ini disebut sebagai penguncian fase kuadratur atau QPSK. Dengan membiarkan tegangan apa pun untuk $i(t)$ dan $q(t)$, amplitudo dan fase apa pun yang diinginkan dapat dihasilkan untuk $iqmod(t)$.

Data $datastream(t)$ diubah menjadi dua sinyal modulasi $i(t)$ untuk jalur I dan $q(t)$ untuk jalur Q melalui alat pemetaan. Hal ini ditunjukkan pada Gambar. 8.13. untuk modulasi QPSK. Tabel pemetaan adalah aturan di mana $datastream$ $data(t)$ diubah menjadi sinyal modulasi $i(t)$ dan $q(t)$. Dalam kasus QPSK, dua bit (sesuai dengan bit 0 dan bit 1 dalam tabel pemetaan) digabungkan untuk membentuk dibit. Untuk kombinasi dibit 10, misalnya, pembuat peta mengeluarkan sinyal $i(t) = -1$ V dan $q(t) = -1$ V sesuai dengan tabel pemetaan yang ditunjukkan di sini.

Kombinasi bit 11 menghasilkan $i(t) = +1$ V dan $q(t) = -1$ V dalam contoh ini. Alokasi bit ke sinyal modulasi, mendefinisikan bagaimana aliran bit harus dibaca dan diubah oleh mapper, hanyalah masalah definisi. Adalah penting bahwa modulator dan demodulator, yaitu mapper dan demapper, menggunakan aturan pemetaan yang sama. Gambar 8.12. juga menunjukkan bahwa dalam hal ini data rate dibelah dua setelah mapper.

QPSK dapat mengirimkan dua bit per negara. Dua bit masing-masing digabungkan untuk membentuk dibit yang menentukan keadaan output sinyal mapper $i(t)$ dan $q(t)$. Oleh karena itu, dalam hal ini, $i(t)$ dan $q(t)$ memiliki setengah kecepatan data dari $data(t)$. $i(t)$ dan $q(t)$ pada gilirannya memodulasi sinyal pembawa dan, dalam kasus QPSK, alihkan hanya dalam fase. Ada empat kemungkinan konstelasi untuk $iqmod(t)$: 45° , 135° , 225° dan 315° .

Informasi tersebut terkandung dalam fase pembawa. Sekarang kita dapat mengganti fase pembawa pada setengah kecepatan data relatif terhadap kecepatan input, bandwidth channel yang diperlukan dikurangi dengan faktor 2. Waktu pembawa atau vektor berdiam pada fase tertentu (waktu tinggal = durasi simbol) adalah disebut sebagai simbol (Gbr. 8.12. dan 8.14.). Kebalikan dari durasi simbol adalah kecepatan simbol. Bandwidth yang dibutuhkan sesuai dengan simbol rate. Dibandingkan dengan transmisi bit sederhana, kapasitas bandwidth yang tersedia sekarang ditingkatkan dengan faktor 2.

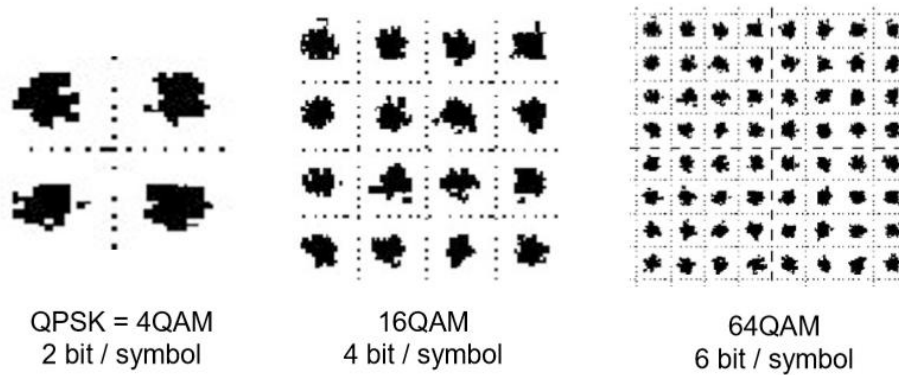


Gambar 8.10. Pemetaan dengan modulasi QPSK

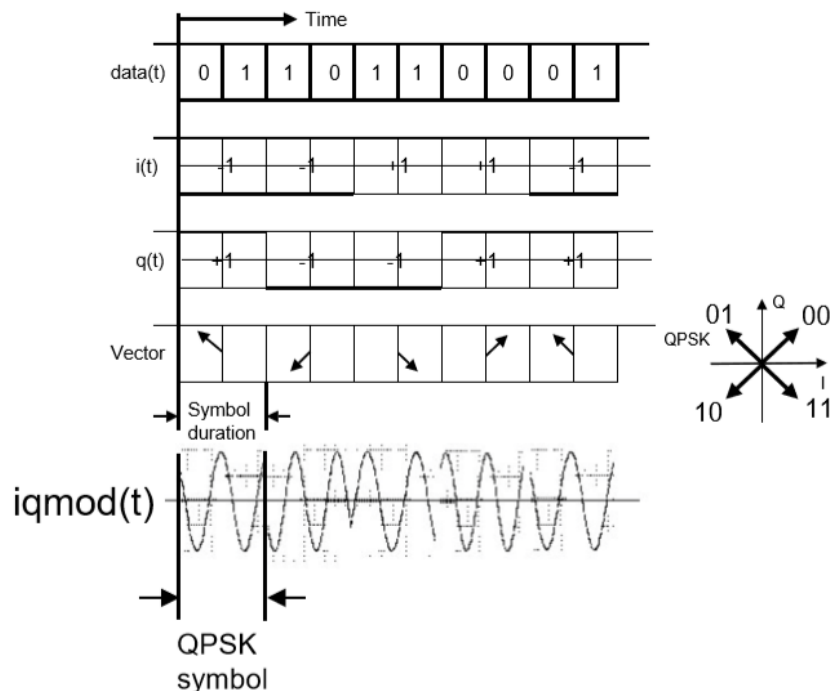
Dalam praktiknya, metode modulasi tingkat tinggi digunakan selain QPSK. Gambar 13.11. menunjukkan 16QAM yang dihasilkan dengan memvariasikan amplitudo dan fase. Informasi dalam amplitudo, atau besarnya, dan dalam fase. Dalam kasus 16QAM (= 16 modulasi amplitudo kuadratur), empat bit digabungkan dalam mapper; satu konstelasi pembawa dapat, oleh karena itu, membawa empat bit, dan ada 16 konstelasi pembawa yang mungkin. Laju data setelah mapper, atau laju simbol, adalah seperempat dari laju data input. Ini berarti bahwa bandwidth channel yang dibutuhkan telah dikurangi dengan faktor empat.

Dalam diagram vektor untuk modulasi IQ, merupakan praktik umum untuk hanya mewakili titik akhir vektor. Diagram vektor di mana semua konstelasi vektor yang mungkin dimasukkan disebut sebagai diagram konstelasi.

Gambar 8.10. menunjukkan diagram konstelasi sinyal QPSK, 16QAM dan 64QAM nyata, yaitu terganggu oleh noise. Ambang keputusan demapper juga ditampilkan. Jumlah bit yang ditransmisikan per simbol adalah logaritma ke basis 2 konstelasi.



Gambar 8.11. Diagram konstelasi QPSK, 16QAM dan 64QAM

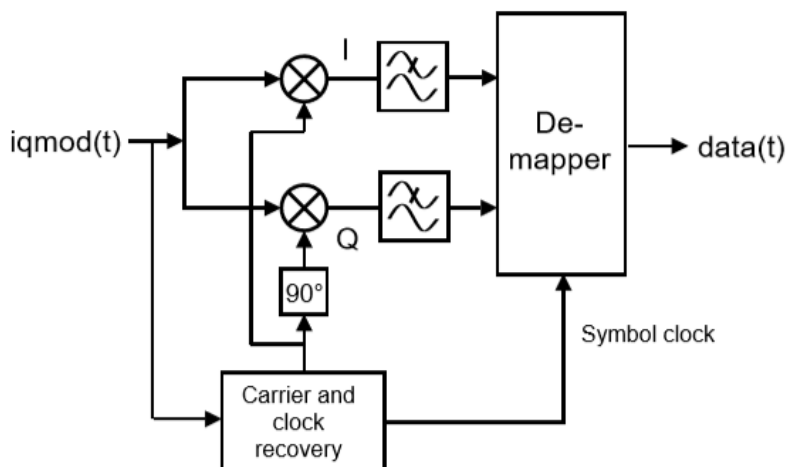


Gambar 8.12. QPSK

Gambar 8.12. menunjukkan data datastream asli(t), konstelasi yang dihasilkan dari vektor pembawa, dan sinyal pembawa yang dialihkan, atau dikunci, iqmod(t) dalam domain waktu. Setiap status switching disebut sebagai simbol. Durasi status switching disebut durasi simbol. Kebalikan dari durasi simbol adalah kecepatan simbol.

Demodulator IQ

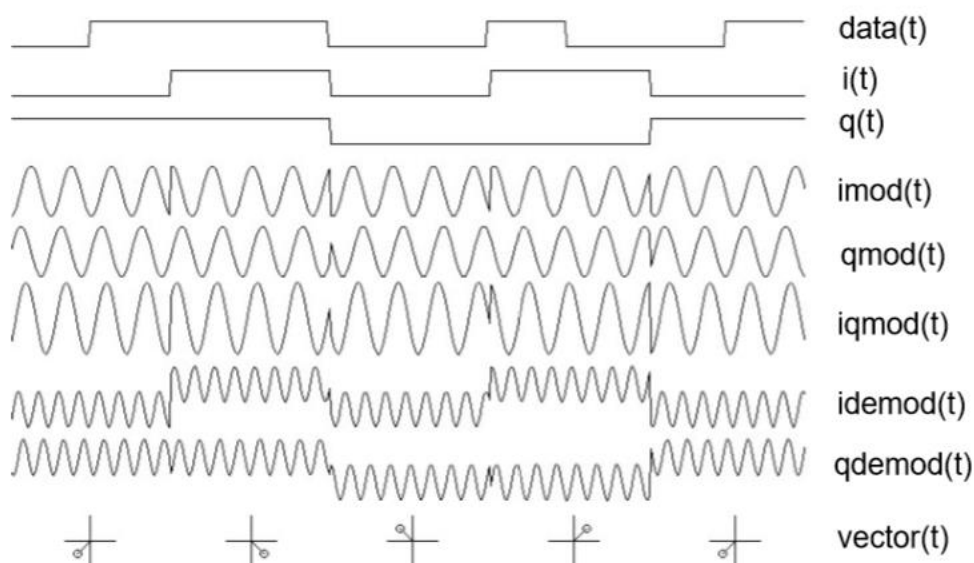
Pada bagian ini, demodulasi IQ akan dibahas secara singkat (s. Gbr. 8.12.). Sinyal modulasi digital iqmod(t) diumpangkan ke mixer I, yang digerakkan dengan fase pembawa 0° , dan ke demodulator Q, yang digerakkan dengan fase pembawa 90° . Pada saat yang sama, pembawa dan jam simbol dipulihkan dalam blok pemrosesan sinyal.



Gambar 8.13. demodulator IQ

Untuk memulihkan pembawa, sinyal input $i_{qmod}(t)$ dikuadratkan dua kali. Jadi, garis spektral pada frekuensi pembawa empat kali lipat dapat diisolasi melalui filter bandpass. Generator jam dikunci ke frekuensi ini melalui PLL. Selain itu, jam simbol harus dipulihkan, yaitu titik di tengah simbol harus ditentukan. Beberapa metode modulasi memungkinkan pemulihan pembawa hanya dengan ketidakpastian kelipatan 90° .

Dengan pencampuran IQ, sinyal pita dasar $i(t)$ dan $q(t)$ diperoleh. Harmoni pembawa yang ditumpangkan pada sinyal-sinyal ini harus dihilangkan dengan menggunakan filter lowpass sebelum sinyal diterapkan ke demapper. Demapper hanya membalikkan prosedur pemetaan, yaitu sampel sinyal baseband $i(t)$ dan $q(t)$ di tengah simbol dan memulihkan data datastream (t).



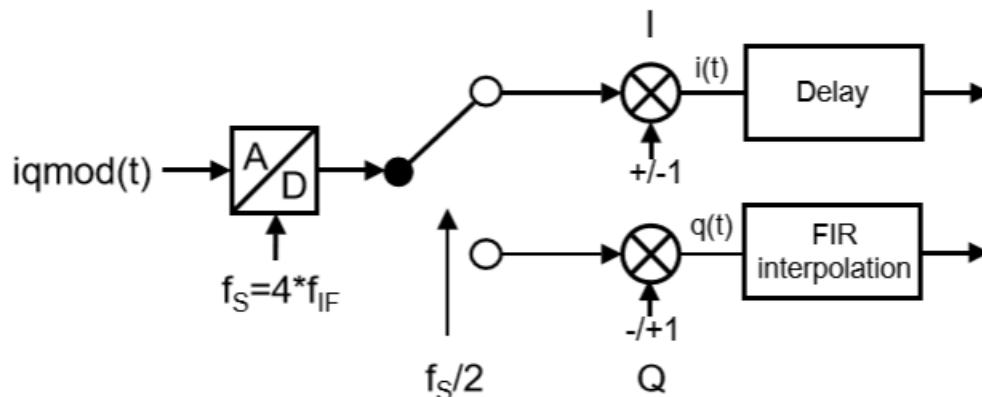
Gambar 8.14. Modulasi dan demodulasi IQ (tabel pemetaan berbeda dengan contoh sebelumnya)

Gambar 8.14. menggambarkan proses modulasi dan demodulasi IQ dalam domain waktu dan dalam bentuk diagram konstelasi untuk metode QPSK. Sinyal pada baris pertama mewakili data

datastream input (t). Baris kedua dan ketiga menunjukkan sinyal $i(t)$ dan $q(t)$ pada akhir modulasi. Baris keempat dan kelima adalah karakteristik tegangan setelah mixer I dan Q dari modulator, baris keenam karakteristik $iqmod(t)$.

Langkah-langkah fase antara simbol terlihat jelas. Amplitudo tidak berubah (QPSK). Pada baris terakhir, diagram konstelasi yang sesuai ditampilkan. Baris 7 dan 8 menunjukkan sinyal yang diperoleh kembali secara digital $i(t)$ dan $q(t)$ pada akhir demodulasi. Dapat dilihat bahwa, selain sinyal pita dasar, jejak mengandung pembawa pada frekuensi dua kali lipat. Yang terakhir harus dihilangkan baik di jalur I dan Q melalui filter lowpass sebelum demapping. Dalam kasus pencampuran analog, harmonik akan ditumpangkan sebagai tambahan yang juga akan ditekan oleh filter lowpass.

Akan tetapi, sangat sering, demodulasi dilakukan dengan menggunakan metode $f_s/4$, yang membutuhkan demodulator IQ yang tidak terlalu rumit. Sinyal termodulasi $iqmod(t)$ dilewatkan melalui filter lowpass anti-aliasing dan kemudian diambil sampelnya melalui konverter A/D yang beroperasi pada IF empat kali lipat dari sinyal termodulasi $iqmod(t)$. Oleh karena itu, jika pembawa $iqmod(t)$ berada pada f_{IF} , frekuensi samplingnya adalah $4 \cdot f_{IF}$. Ini berarti bahwa siklus pembawa yang lengkap diambil sampelnya empat kali (lihat Gambar 8.12). Asalkan jam konverter A/D sepenuhnya sinkron dengan jam pembawa, vektor pembawa yang berputar diambil sampelnya tepat pada saat yang ditunjukkan pada Gambar 8.14. Jam simbol dipulihkan dalam pembawa dan blok pemulihan jam seperti dijelaskan di atas.

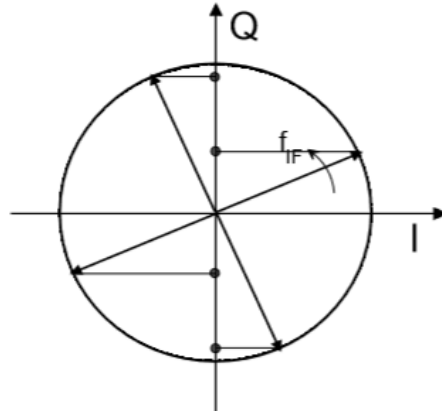


Gambar 8.15. Demodulasi IQ menggunakan metode $f_s/4$

Setelah konverter A/D, sakelar membagi datastream menjadi dua aliran dengan setengah kecepatan data. Misalnya, sampel ganjil diambil ke jalur I dan sampel genap ke jalur Q. Ini berarti bahwa hanya setiap sampel kedua yang diambil masing-masing ke jalur I atau jalur Q, sehingga mengurangi separuh laju data di kedua jalur. Pengganda di dua jalur hanya membalikkan tanda, yaitu mengalikan sampel secara bergantian dengan $+1$ dan -1 .

Prinsip metode $f_s/4$:

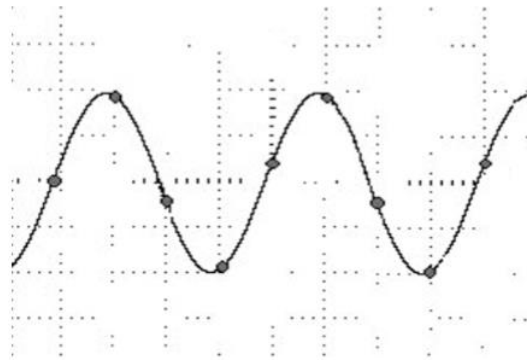
Jika konverter A/D beroperasi tepat pada frekuensi pembawa empat kali lipat (IF) dan jam konverter A/D dan jam pembawa sepenuhnya disinkronkan, sampel secara bergantian sesuai dengan nilai I dan Q. Hal ini dapat dilihat dari Gambar 8.15. Setiap sampel kedua di jalur I dan Q memiliki tanda negatif sehingga harus dikalikan dengan -1 .



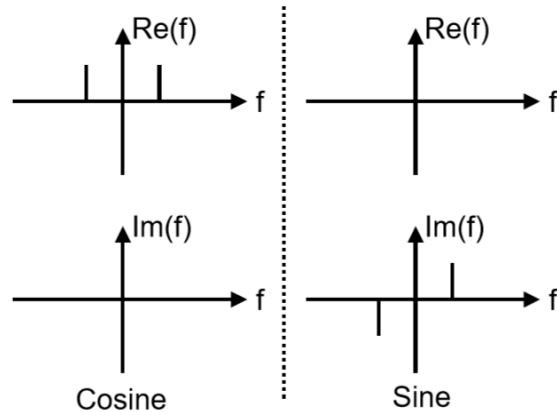
Gambar 8.16. demodulasi $f_S/4$

Sinyal pita dasar $i(t)$ dan $q(t)$ diperoleh kembali dengan cara yang sangat sederhana. Karena sinyal $i(t)$ dan $q(t)$ harus menetap setelah setiap perubahan simbol (perubahan status switching), dan penyelesaian ditunda setengah siklus clock oleh sakelar setelah konverter A/D, sinyal harus ditarik kembali ke sinkronisme dengan bantuan filter digital.

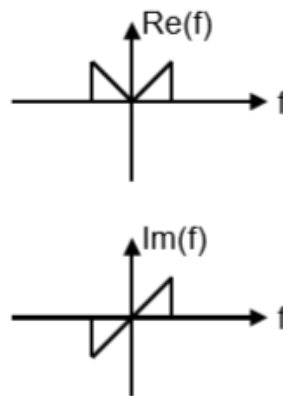
Untuk efek ini sinyal, misalnya $q(t)$, diinterpolasi, sehingga mengambil sampel antara dua nilai. Ini dilakukan dengan bantuan filter FIR (filter respons impuls terbatas, filter digital). Setiap filter digital memiliki penundaan dasar, namun, yang harus dikompensasikan dengan memperkenalkan penundaan yang sesuai di jalur lain, yaitu jalur I dalam hal ini, melalui jalur tunda. Setelah filter FIR dan channel tunda, sinyal sampel dan sinyal clocksynchronous $i(t)$ dan $q(t)$ tersedia dan dapat diterapkan ke demapper.



Gambar 8.17. Demodulasi IQ menurut metode $f_S/4$



Gambar 8.18. Transformasi Fourier dari kosinus dan sinus



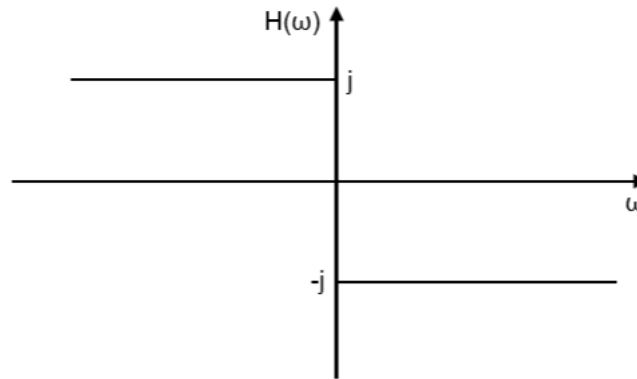
Gambar 8.19. Transformasi Fourier dari sinyal domain waktu nyata umum

Seperti yang telah disebutkan, metode $fs/4$ yang kurang kompleks sering digunakan dalam praktik. Dalam kasus sinyal termodulasi OFDM-(Orthogonal Frequency Division Multiplex), sirkuit ini disediakan langsung di depan blok pemrosesan sinyal FFT. Metode demodulasi $fs/4$ didukung oleh banyak sirkuit digital modern.

Penggunaan transformasi Hilbert dalam modulasi IQ

Pada bagian ini kita akan membahas Transformasi Hilbert, yang memainkan peran utama dalam beberapa metode modulasi digital seperti OFDM atau 8VSB. Mari kita mulai dengan sinyal sinus dan kosinus. Pada saat $t=0$, sinyal sinus memiliki nilai 0, sinyal kosinus bernilai 1. Sinyal sinus bergeser 90° relatif terhadap sinyal kosinus, yaitu memimpin sinyal kosinus sebesar 90° .

Kita akan melihat nanti bahwa sinyal sinus adalah Transformasi Hilbert dari sinyal kosinus. Berdasarkan fungsi sinus dan kosinus, kita dapat sampai pada beberapa definisi penting: fungsi kosinus adalah fungsi genap, yaitu simetris terhadap $t=0$, sehingga berlaku $\cos(x) = \cos(-x)$.



Gambar 8.20. Transformasi Fourier dari Transformasi Hilbert

Fungsi sinus, di sisi lain, adalah fungsi ganjil, yaitu setengah putaran simetris tentang $t=0$, sehingga $\sin(x) = -\sin(-x)$ berlaku. Spektrum kosinus, yaitu Transformasi Fouriernya, murni nyata dan simetris tentang $f=0$. Komponen imajiner adalah nol (s. Gambar 8.20.).

Spektrum sinus, yaitu transformasi Fouriernya, murni imajiner dan simetris setengah putaran (Gbr. 8.20.). Komponen sebenarnya adalah nol. Fakta di atas penting untuk memahami Transformasi Hilbert. Untuk semua sinyal domain waktu nyata, spektrum semua komponen nyata versus f ($\text{Re}(f)$) adalah simetris tentang $f=0$, dan spektrum semua komponen imajiner versus f ($\text{Im}(f)$) adalah setengah putaran simetris tentang $f=0$ (s. Gambar 8.20.).

Setiap sinyal domain waktu nyata dapat direpresentasikan sebagai deret Fourier – superposisi harmonik cosinusoidal dan sinusoidal dari sinyal. Fungsi kosinus genap dan fungsi sinus ganjil. Oleh karena itu, karakteristik yang dinyatakan sebelumnya untuk fungsi kosinus tunggal atau fungsi sinus tunggal juga umumnya berlaku untuk jumlah fungsi kosinus atau jumlah fungsi sinus. Sekarang mari kita bahas Transformasi Hilbert itu sendiri.

Gambar 8.20. menunjukkan fungsi transfer transformator Hilbert. Transformator Hilbert adalah blok pemrosesan sinyal dengan karakteristik khusus. Tujuan utamanya adalah untuk menggeser fase sinyal sinus sebesar 90° . Ini berarti bahwa kosinus diubah menjadi sinus dan sinus menjadi kosinus minus. Amplitudo tetap invarian di bawah Transformasi Hilbert. Karakteristik ini berlaku untuk semua jenis sinyal sinusoidal, yaitu frekuensi, amplitudo, atau fase apa pun.

Oleh karena itu, mereka juga berlaku untuk semua harmonik dari semua jenis sinyal domain waktu. Hal ini disebabkan oleh fungsi alih trafo Hilbert yang ditunjukkan pada Gambar 8.20. – pada dasarnya itu hanya memanfaatkan karakteristik simetri sinyal domain waktu genap dan ganjil yang disebutkan di atas.

Ketika memeriksa fungsi transfer dari transformator Hilbert, kami menemukan:

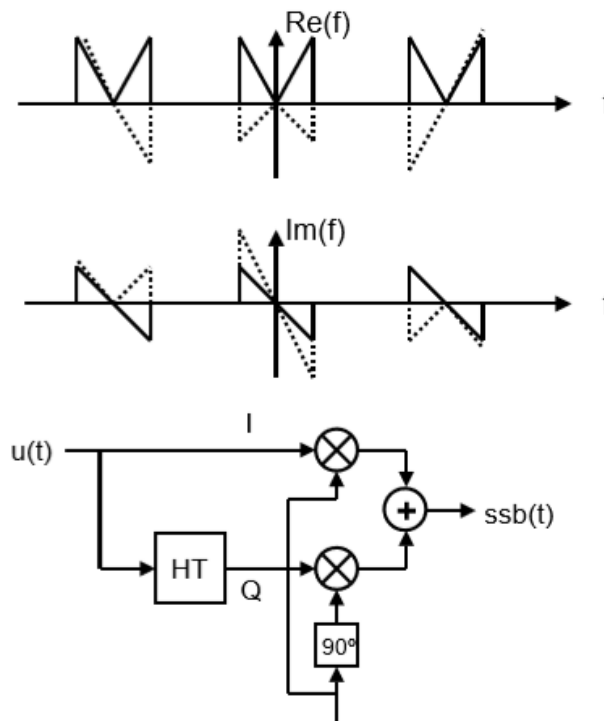
- Semua frekuensi negatif dikalikan dengan j , semua frekuensi positif dikalikan dengan $-j$. j adalah akar kuadrat imajiner positif dari -1
- Aturan $j \cdot j = -1$ berlaku
- Komponen spektral nyata, oleh karena itu, menjadi imajiner dan komponen imajiner menjadi nyata
- Perkalian dengan j atau $-j$ dapat membalikkan bagian negatif atau positif dari spektrum

Menerapkan Transformasi Hilbert ke sinyal kosinus, berikut ini diperoleh: Sebuah kosinus memiliki spektrum simetris murni nyata sekitar nol. Jika setengah negatif dari spektrum dikalikan dengan j , spektrum imajiner positif murni diperoleh untuk semua frekuensi negatif. Jika setengah positif dari spektrum dikalikan dengan $-j$, spektrum imajiner negatif murni diperoleh untuk semua frekuensi di atas nol. Spektrum sinus diperoleh.

Ini berlaku secara analog dengan Transformasi Hilbert dari sinyal sinus:

Dengan mengalikan spektrum sinus negatif imajiner positif dengan j , yang terakhir menjadi real negatif ($j \cdot j = -1$). Dengan mengalikan spektrum sinus positif imajiner negatif dengan $-j$, yang terakhir menjadi real positif murni ($-j \cdot -j = -(\sqrt{-1} \cdot \sqrt{-1}) = 1$). Spektrum kosinus minus diperoleh.

Pemetaan kosinus-ke-sinus dan sinus-ke-minus-kosinus oleh Transformasi Hilbert juga berlaku untuk semua harmonik dari semua jenis sinyal domain waktu. Ringkasnya, Transformasi Hilbert menggeser fase semua harmonik dari semua jenis sinyal domain waktu sebesar 90° , yaitu bertindak sebagai pemindah fase 90° untuk semua harmonik.

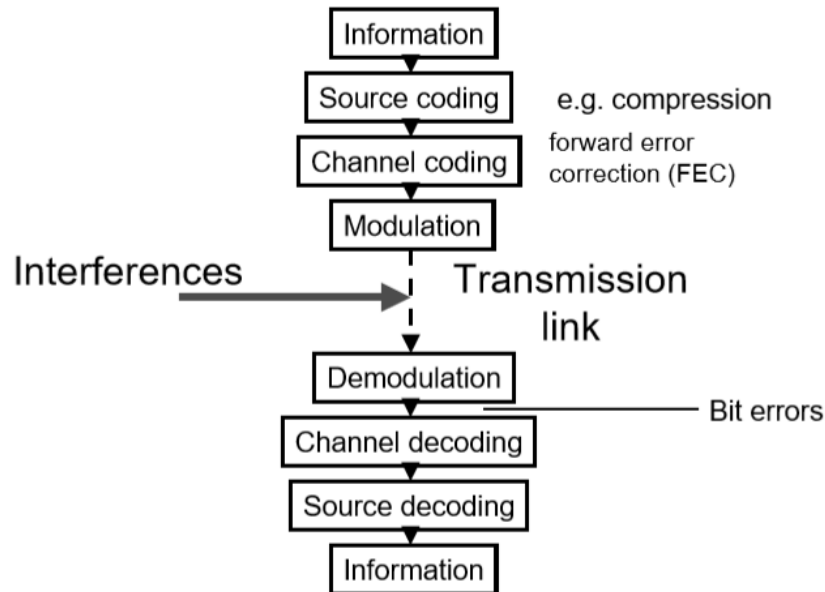


Gambar 8.21. Aplikasi praktis Hilbert Transform untuk menekan sideband dalam modulasi SSB

Aplikasi Praktis dari Transformasi Hilbert

Seringkali, sideband atau bagian dari sideband harus ditekan selama modulasi. Dengan modulasi pita sisi tunggal (modulasi SSB), misalnya, pita samping atas atau bawah harus ditekan, yang dapat dilakukan dengan berbagai cara. Misalnya, penyaringan lowpass sederhana dapat digunakan atau, seperti praktik umum di TV analog, penyaringan pita samping vestigial. Penyaringan lowpass yang keras memiliki kelemahan yaitu menghasilkan distorsi tunda kelompok yang signifikan.

Metode terakhir dalam hal apa pun secara teknis rumit. Untuk waktu yang lama, bagaimanapun, alternatif untuk modulasi single-sideband telah tersedia, alternatif ini dikenal sebagai metode fase. Modulator pita sisi tunggal yang menggunakan metode fase beroperasi sebagai berikut: modulator IQ diumpangkan dengan sinyal modulasi yang diterapkan tanpa dimodifikasi ke jalur I dan ke jalur Q dengan pergeseran fasa 90° . Pergeseran fase plus atau minus 90° di jalur Q menghasilkan penekanan pita samping atas atau bawah, masing-masing.



Gambar 8.22. Transmisi informasi

Sulit untuk menerapkan pemindah fasa 90° yang ideal untuk semua harmonik sinyal pita dasar sebagai rangkaian analog. Implementasi digital tidak menjadi masalah – berkat Hilbert Transform. Trafo Hilbert adalah pemindah fasa 90° untuk semua komponen sinyal domain waktu nyata.

Gambar 8.22. menunjukkan penekanan sideband melalui modulator IQ dan transformator Hilbert. Sinyal baseband nyata langsung diumpangkan ke jalur I dari modulator IQ dan ke jalur Q melalui transformator Hilbert. Garis kontinu pada $f=0$ mewakili spektrum sinyal pita dasar, garis putus-putus pada $f=0$ merupakan spektrum Transformasi Hilbert dari sinyal pita dasar.

Dapat dilihat dengan jelas bahwa, di bawah Transformasi Hilbert, komponen imajiner simetris setengah putaran menjadi komponen nyata simetris cermin dan komponen nyata simetris cermin menjadi komponen imajiner simetris setengah putaran pada pita dasar.

Jika sinyal pita dasar yang tidak dimodifikasi kemudian dimasukkan ke jalur I dan Transformasi Hilbert dari sinyal pita dasar ke jalur imajiner, spektrum tentang pembawa modulator IQ seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.22. diperoleh. Dapat dilihat bahwa dalam hal ini sideband bawah ditekankan.

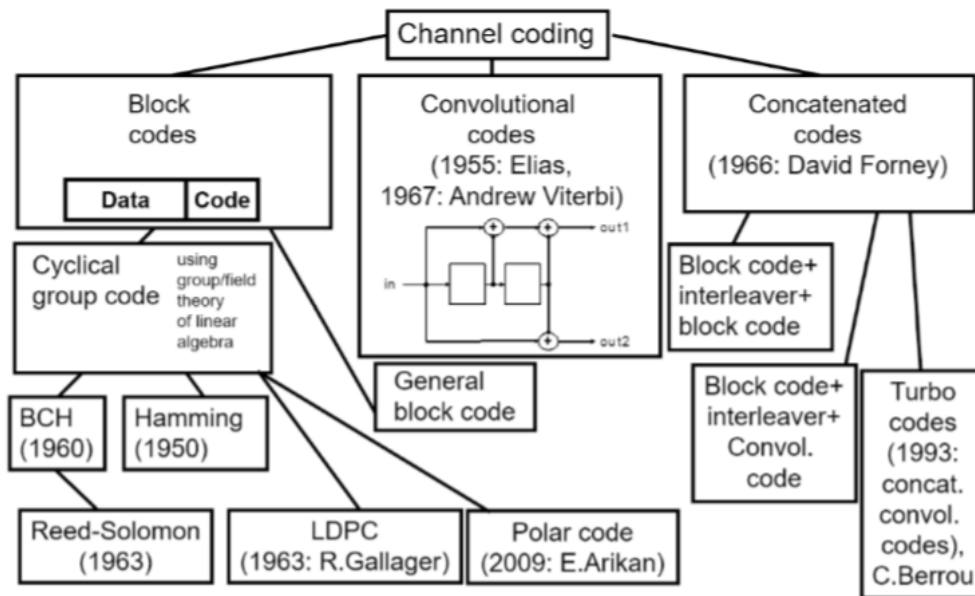
Pengodean Channel/Koreksi Kesalahan Teruskan

Selain metode modulasi yang paling sesuai, proteksi kesalahan yang paling tepat, yaitu pengkodean channel, dipilih di antara karakteristik masing-masing channel transmisi. Tujuan saat

ini adalah untuk mendekati Shannon-Limit sedekat mungkin. Bagian ini membahas mekanisme perlindungan kesalahan yang umum digunakan dan menciptakan dasar untuk metode transmisi di televisi digital.

Sebelum informasi ditransmisikan, pengkodean sumber (Gbr. 8.22.) digunakan untuk mengubahnya menjadi bentuk yang dapat ditransmisikan dalam ruang sesedikit mungkin. Ini berarti bahwa itu dikompresi sebaik mungkin dan dapat ditoleransi. Setelah itu, perlindungan kesalahan (Gbr. 8.22.) ditambahkan sebelum data dikirim dalam perjalanannya. Ini sesuai dengan pengkodean channel.

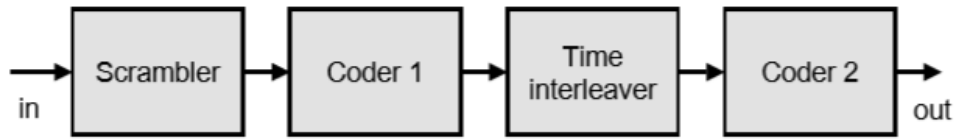
Data yang dilindungi kesalahan kemudian dimodulasi secara digital ke pembawa sinusoidal setelah informasi dikirim dalam perjalanannya, mengalami interferensi seperti noise, distorsi linier dan nonlinier, interferensi diskrit dan pita lebar, intermodulasi, propagasi multipath, dll. Karena berbagai tingkat kualitas sinyal di ujung penerima (Gbr. 8.22.), ini menyebabkan kesalahan bit setelah demodulasi kembali ke datastream. Menggunakan proteksi kesalahan yang ditambahkan pada pemancar (FEC - Forward Error Correction), kesalahan kemudian dapat dikoreksi sampai batas tertentu di dekoder channel. Rasio kesalahan bit dikurangi kembali ke jumlah yang dapat ditoleransi, atau menjadi nol. Informasi tersebut kemudian diolah sedemikian rupa sehingga dapat disajikan. Yaitu. data didekompresi, jika perlu, yang sesuai dengan decoding sumber.



Gambar 8.23. Pengkodean channel

“Kotak alat” (Gbr. 8.23.) yang dapat digunakan untuk memberikan perlindungan kesalahan tidak sebesar yang diperkirakan. Dasar-dasar penting sebagian besar dibuat kembali pada tahun 1950 – 1970. Pada dasarnya, ada kode blok dan kode konvolusi. Kode blok (Gbr. 8.25.) didasarkan pada prinsip aljabar linier dan hanya melindungi blok data dengan blok perlindungan kesalahan. Dari data yang akan ditransmisikan, jenis checksum pada dasarnya dihitung yang dapat digunakan untuk mengetahui apakah kesalahan telah merayap selama transmisi atau tidak, dan di mana kesalahan, jika ada, berada.

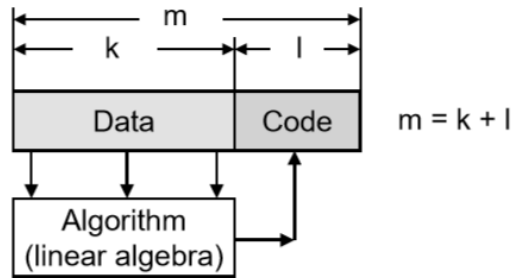
Beberapa kode blok juga memungkinkan sejumlah kesalahan untuk diperbaiki. Kode convolutional (Gbr. 8.24.) menunda dan mengacak datastream dengan dirinya sendiri dan dengan demikian memperkenalkan "kecerdasan" tertentu ke dalam datastream yang akan ditransmisikan. Mitra dari convolutional coder adalah Viterbi-decoder yang dikembangkan oleh Andrew Viterbi pada tahun 1967.



contoh : DVB-S, DVB-T:

- Scrambler = penyebaran energi,
- Coder = Buluh-Salomo,
- Time Interleaver = Forney interleaver
- Coder 2 = pembuat kode konvolusi

Gambar 8.24. Koreksi Kesalahan Maju Gabungan



Contoh: kode DVB Reed-Solomon:

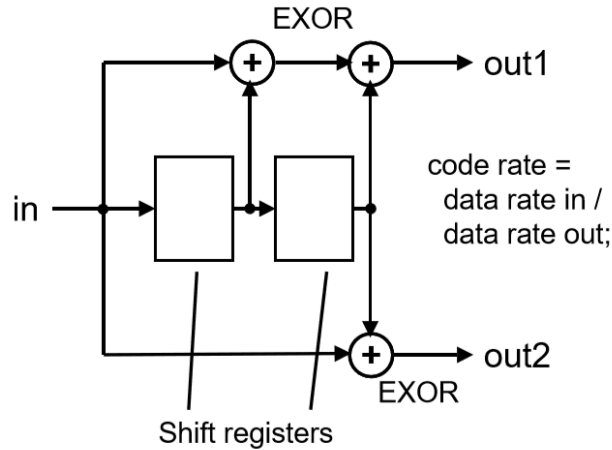
$k = 188$ byte,

$l = 16$ byte,

$m = 204$ byte

Gambar 8.25. Kode blok

Sebelum data dipasok ke bagian perlindungan kesalahan (Gbr. 8.24.), bagaimanapun, mereka terlebih dahulu diacak untuk membawa pergerakan ke dalam datastream, untuk memecah string panjang nol atau satu yang berdekatan menjadi lebih atau kurang data acak sungai. Ini dilakukan dengan mencampur dan operasi-EXOR pada urutan biner acak semu (PRBS). Di sisi penerima, datastream yang sekarang dienkripsi harus dipulihkan dengan penguraian sinkron. Perebutan diikuti oleh FEC pertama. Datastream kemudian didistribusikan dalam waktu dengan cara interleaving waktu. Ini diperlukan agar selama deinterleaving di sisi penerima, kesalahan burst dapat dipecah menjadi kesalahan individu. Ini dapat diikuti oleh FEC kedua.



Contoh : GSM, UMTS, DVB inner coder

Gambar 8.26. Pengkodean konvolusi

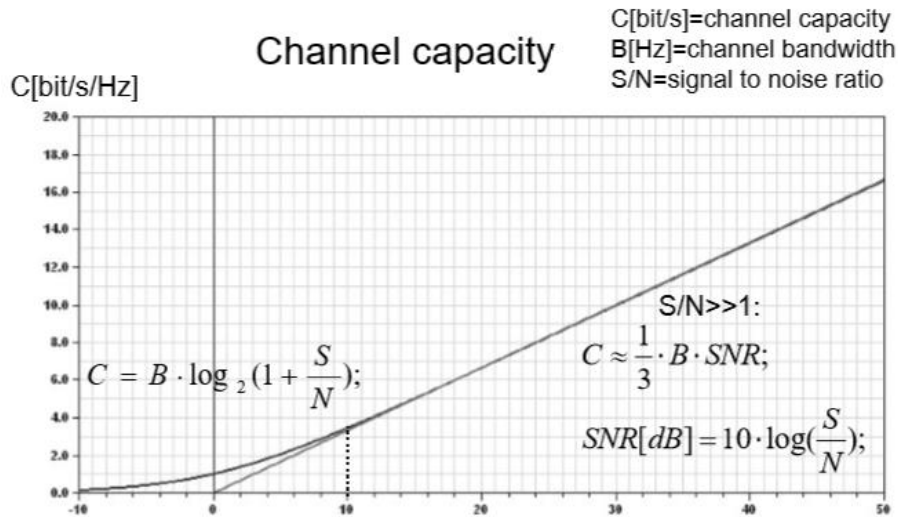
Ada juga perlindungan kesalahan gabungan (Gbr. 8.25. dan 8.26.) (David Forney, 1966). Dimungkinkan untuk menggabungkan kedua kode blok dengan kode blok dan kode blok dengan kode konvolusi atau juga kode konvolusi dengan kode konvolusi. Kode konvolusi yang digabungkan disebut kode turbo. Mereka hanya muncul di tahun 90-an.

Itu tergantung pada pilihan metode modulasi dan perlindungan kesalahan seberapa dekat Shannon-Limit didekati. Shannon menentukan batas teoritis kecepatan data dalam channel terdistorsi dari bandwidth tertentu. Rumus yang tepat untuk ini adalah:

$$C = B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right);$$

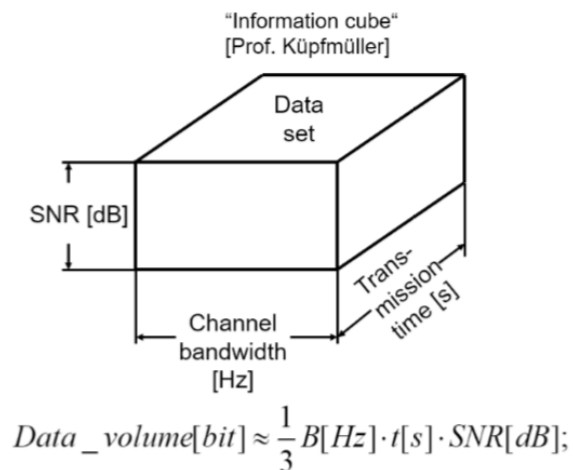
Jika rasio sinyal/noise lebih dari 10 dB, rumus berikut juga dapat digunakan:

$$C \left[\frac{\text{Bit}}{\text{s}} \right] \approx \frac{1}{3} \cdot B[\text{Hz}] \cdot \text{SNR}[\text{dB}]$$



Gambar 8.27. Kapasitas channel

Tergantung pada sifat channel transmisi, sejumlah data dapat ditransmisikan dalam jangka waktu yang lebih pendek atau lebih lama. Bandwidth channel yang tersedia menentukan tingkat simbol maksimum yang mungkin. Rasio sinyal/noise yang ada di channel kemudian menentukan metode modulasi yang akan dipilih, dalam kombinasi dengan perlindungan kesalahan yang sesuai. Hubungan ini diilustrasikan oleh apa yang disebut kubus informasi Prof. Küpfmüller (Gbr. 8.27.).



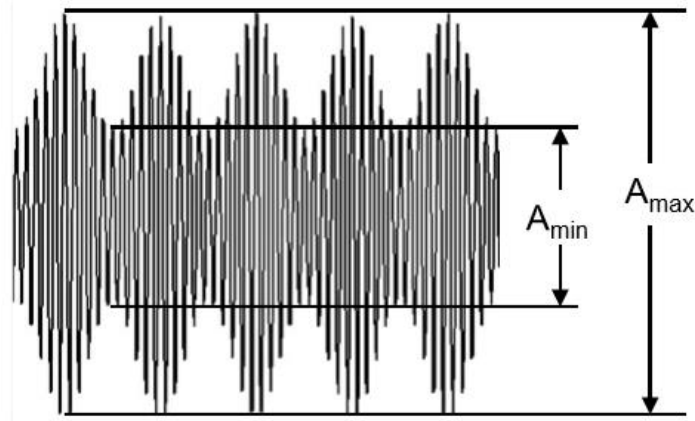
Gambar 8.28. kubus informasi

Perbandingan dengan Metode Modulasi Analog

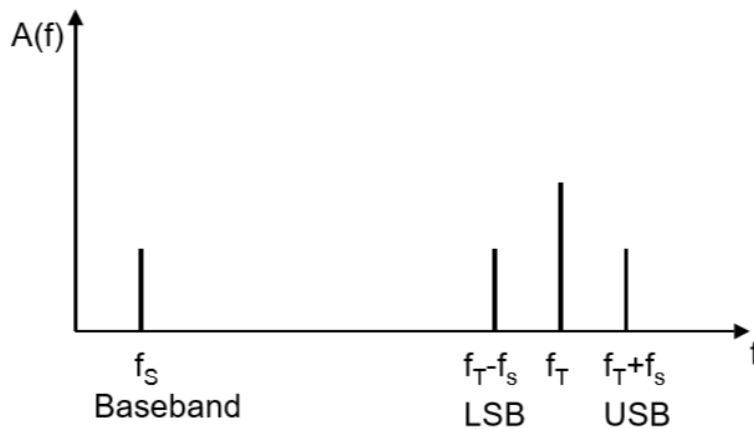
Di era metode transmisi digital, masih layak untuk melihat metode modulasi analog tradisional yang telah menjadi bagian dari kehidupan kita selama lebih dari 100 tahun, dari awal memasukkan kode Morse ke radio AM dan kemudian radio FM yang , karena kualitasnya, masih memberikan siaran audio digital untuk mendapatkan uangnya. Berdekatan dengan pembawa termodulasi frekuensi, bagaimanapun, sinyal termodulasi digital sekarang juga sedang ditransmisikan (misalnya IBOC, radio HD) itulah sebabnya masuk akal untuk memperkenalkan diri lagi dengan

metode modulasi analog. Oleh karena itu, dalam bagian ini, fitur khusus dari metode modulasi tradisional:

- Modulasi amplitudo (AM)
- Modulasi frekuensi (FM)
- Modulasi fase (PM)



Gambar 8.29. Modulasi Amplitudo



Gambar 8.30. Spektrum modulasi amplitudo (AM) dengan sinyal baseband, lower sideband (LSB) dan upper sideband (USB)

Pada paruh kedua abad ke-19, para insinyur komunikasi pemula dihadapkan pada pertanyaan tentang bagaimana menyampaikan pesan melalui kabel dan tanpa kabel dari satu tempat ke tempat lain. Varian pertama transmisi pesan melalui kabel adalah telepon dan telegram. Dalam telepon, suara diubah oleh mikrofon karbon menjadi variasi amplitudo tegangan listrik dan ditransmisikan sebagai sinyal pita dasar murni melalui channel dua kawat. Dalam kasus telegram, tegangan langsung dinyalakan dan dimatikan, sehingga memungkinkan, dengan bantuan alfabet Morse, untuk mengirimkan pesan teks dari titik A ke titik B. Alfabet Morse dengan demikian sebenarnya sudah menjadi jenis pengkodean sumber, bekerja dengan pengurangan redundansi.

Kode pendek digunakan untuk huruf yang sering muncul dalam bahasa tersebut dan kode panjang digunakan untuk huruf yang jarang muncul. Setelah penemuan dan penelitian gelombang elektromagnetik, kemudian masalah penerapannya dalam transmisi pesan nirkabel. Sinyal baseband (suara, berbagai teks) kemudian terkesan pada pembawa sinusoidal dari frekuensi tertentu dan pembawa ini kemudian mengirimkan informasi dari antena pemancar ke satu atau lebih antena penerima.

Kebutuhan untuk memilih frekuensi transmisi yang sesuai, yaitu frekuensi pembawa, dalam rentang frekuensi atau panjang gelombang yang benar dan memodulasinya dengan informasi yang akan dikirim, pertama-tama muncul dari fakta bahwa gelombang elektromagnetik akan memancar dari antena pemancar hanya ketika panjang gelombang $= c/f$ mencapai orde besarnya dimensi antena. Tergantung pada rentang frekuensi yang dipilih, pesan-pesan ini kemudian dapat ditransmisikan melalui jarak yang lebih jauh atau lebih kecil. Tetapi di atas segalanya, adalah mungkin untuk memilih frekuensi pembawa yang berbeda dan dengan demikian mengirim banyak pesan yang berbeda secara bersamaan, sebuah prinsip yang berlaku hingga saat ini.

Berbeda dengan masa lalu, bagaimanapun, masalah utama saat ini adalah bahwa sangat banyak orang ingin mengirimkan sejumlah besar informasi pada saat yang sama, dengan masalah yang dihasilkan dari kurangnya frekuensi dan dengan demikian harus mengontrol ketersediaan frekuensi. Pada awal teknologi komunikasi tidak peduli apakah seluruh band diduduki atau hanya sebagian saja, berbeda dengan hari ini di mana sumber daya frekuensi langka dan harus dikelola dengan baik. Ada organisasi internasional terpisah yang khusus didirikan untuk tujuan ini yang menangani masalah ini.

Modulasi Amplitudo

Dalam modulasi amplitudo, informasi yang akan ditransmisikan terkesan pada amplitudo pembawa sinusoidal (Gbr. 8.30.). Jenis modulasi ini dapat dianggap hanya sebagai mengalikan sinyal modulasi dengan sinyal pembawa. Jika sinyal pembawa dikalikan dengan nilai nol, hasilnya juga nol. Jika sinyal pembawa dikalikan dengan nilai tertentu yang bergantung pada informasi, amplitudo pembawa tertentu diperoleh. Varian paling sederhana dari modulasi amplitudo adalah amplitudo shift keying (ASK). Dalam transmisi tipe Morse asli, pembawa hanya dinyalakan dan dimatikan. Karakter asli dapat didekodekan kembali dari durasi periode aktif dan nonaktif. Namun, sekarang kita akan mempertimbangkan kasus modulasi pembawa sinusoidal atau cosinusoidal dengan sinyal modulasi sinusoidal atau cosinusoidal. Menggunakan kosinus alih-alih sinus untuk mewakili situasi menghasilkan teorema penjumlahan yang lebih sederhana yang dapat digunakan untuk menjelaskan fisika. Sinyal modulasi digambarkan sebagai:

Menafsirkan ulang ini, komponen pembawa sekarang diproduksi di tengah pita, ditambah dua pita samping - satu lebih rendah dari pembawa dengan frekuensi modulasi dan satu lebih tinggi dari pembawa dengan frekuensi modulasi. Mengatur komponen DC ke nol menghasilkan modulasi amplitudo dengan pembawa yang ditekan. Tergantung pada komponen DC yang ditambahkan ke komponen modulasi, komponen pembawa yang lebih besar atau lebih kecil dihasilkan.

Dapat dilihat bahwa dua sideband dari masing-masing frekuensi modulasi tertinggi dibuat (Gbr. 8.30.) dan sebagai hasilnya, bandwidth minimum yang diperlukan pada domain RF harus lebih besar dari/sama dengan dua kali frekuensi modulasi tertinggi:

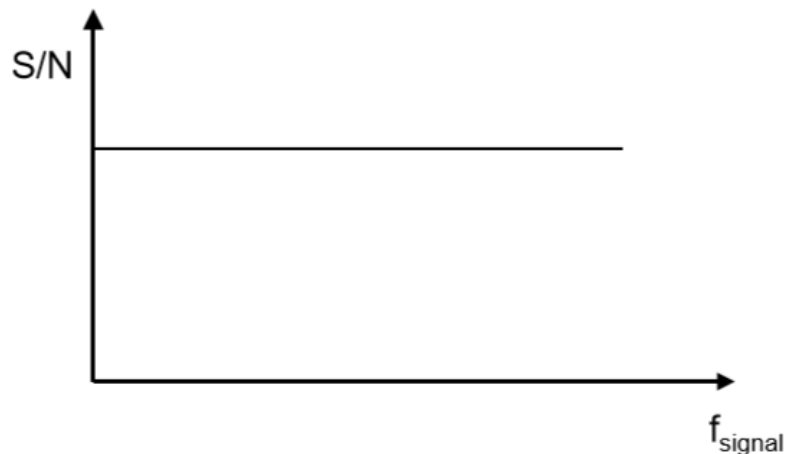
$$b_{RFAM} \geq 2 \cdot f_{signal}$$

Jumlah modulasi amplitudo pembawa sinusoidal atau cosinusoidal ditentukan oleh faktor modulasi m (Gbr. 8.30.). Jika A_{max} sesuai dengan amplitudo maksimum dari pembawa termodulasi dan A_{min} sesuai dengan amplitudo minimum dari sinyal pembawa termodulasi, faktor modulasi m didefinisikan sebagai:

$$m = \frac{A_{max} - A_{min}}{A_{max} + A_{min}}$$

Dalam modulasi amplitudo, informasi yang akan ditransmisikan terletak di amplitudo pembawa termodulasi. Nonlinier dalam channel transmisi memiliki efek langsung sebagai distorsi amplitudo dalam sinyal baseband yang didemodulasi. yang berarti bahwa sistem AM harus sangat linier. Namun, sistem transmisi nyata juga menunjukkan efek gangguan dalam bentuk noise.

Dalam kasus AM, sinyal baseband dengan aditif white Gaussian noise (AWGN) yang ditumpangkan diperoleh setelah demodulasi. Densitas daya noise di sini konstan dan tidak bergantung pada frekuensi sinyal modulasi (Gbr. 8.31.). Rasio sinyal/noise pita dasar yang dihasilkan (Gbr. 8.31.) secara langsung berhubungan secara linier dengan rasio sinyal/noise RF atau mungkin sedikit digeser secara paralel karena karakteristik demodulasi negatif.



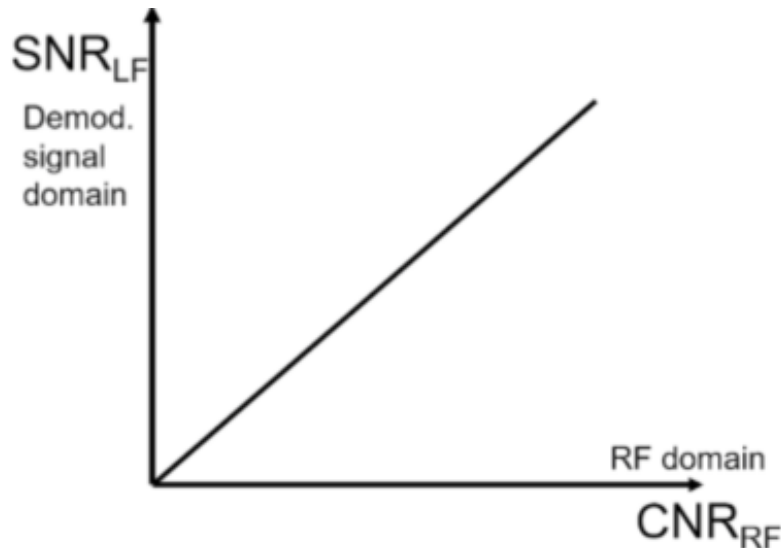
Gambar 8.31. Rasio sinyal/noise LF di AM sebagai fungsi dari frekuensi sinyal pita dasar

Varian Modulasi Amplitudo

Dalam modulasi amplitudo, berbagai varian telah berhasil dalam praktiknya yaitu:

- AM tradisional dengan pembawa yang tidak ditekan dan kedua sideband,
- AM dengan pembawa yang ditekan dan kedua sideband,
- Modulasi pita sisi tunggal dengan pembawa yang tidak tertekan,
- Modulasi pita sisi tunggal dengan pembawa yang ditekan,
- Modulasi pita sisi vestigial.

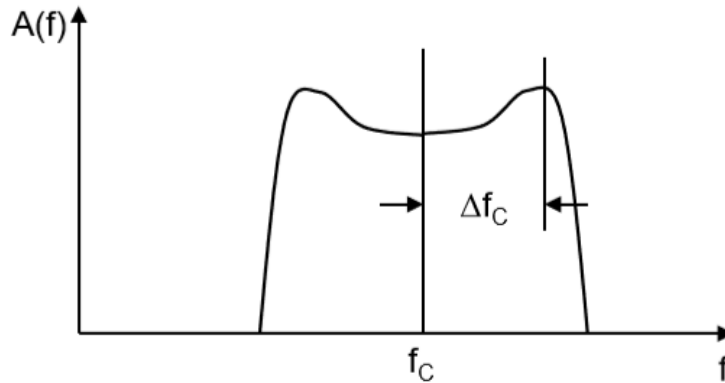
Dalam modulasi single-sideband, baik sideband atas atau bawah sepenuhnya ditekan sedangkan dalam modulasi sideband vestigial satu sideband hanya sebagian ditekan. Penggunaan praktisnya hanyalah penghematan bandwidth karena informasi hadir sepenuhnya baik di sideband atas maupun di sideband bawah. Sideband yang relevan sebelumnya ditekan sepenuhnya atau sebagian oleh penyaringan analog dan kemudian dengan menerapkan transformator Hilbert atau pemindah fase 90 derajat, dan modulator IQ. Pada vestigial sideband modulation (VSB), filter analog dapat dibuat lebih ringan pada ujung transmisi dan penerima.



Gambar 8.32. Rasio sinyal/noise LF AM sebagai fungsi dari rasio pembawa/noise RF

Modulasi Frekuensi

Dalam modulasi frekuensi (Gbr. 8.32.), informasi yang akan ditransmisikan dipengaruhi oleh frekuensi pembawa, yaitu frekuensi pembawa berubah sampai batas tertentu tergantung pada informasi yang akan ditransmisikan. Varian paling sederhana dari modulasi frekuensi adalah frequency shift keying (FSK). Prinsip modulasi frekuensi dapat ditelusuri kembali ke Edwin Howard Armstrong (1933) yang juga menemukan penerima superheterodyne. Tujuannya adalah untuk menjadi lebih tidak sensitif terhadap gangguan atmosfer. Saat ini, modulasi frekuensi sangat penting terutama di bidang penyiaran suara VHF. Modulasi frekuensi (FM) cukup toleran terhadap nonlinier dan jauh lebih tidak sensitif terhadap pengaruh seperti noise.



Gambar 8.33. Spektrum modulasi frekuensi

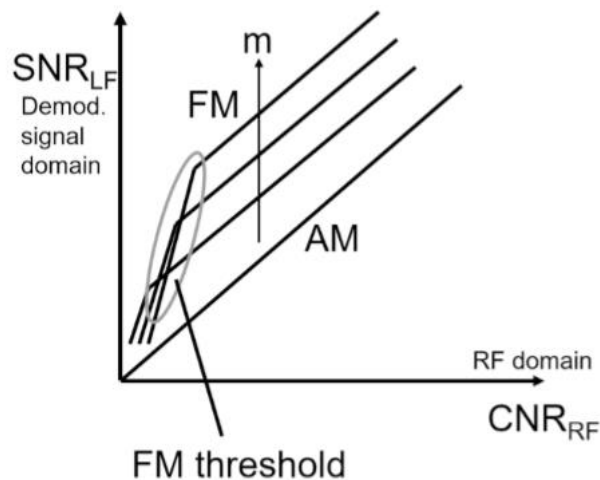
Inilah sebabnya mengapa pemancar FM sebagian besar beroperasi dalam mode kelas C, yaitu amplifier itu sendiri sangat nonlinier, tetapi ini juga berarti bahwa mereka jauh lebih efisien. Yaitu, FM terutama digunakan di mana persyaratan channel yang sesuai ditetapkan (SNR Rendah, nonlinier). Dalam transmisi TV analog melalui satelit, amplifier tabung perjalanan (TWA), yang cukup nonlinier, digunakan baik di terminal bumi maupun di satelit. Selain itu, SNR sekitar 10 dB karena jarak yang jauh antara satelit dan Bumi sekitar 36000 km.

Semua komponen sinyal di channel di sini masing-masing di bawah 10% atau 1%. Garis spektrum yang dihasilkan dapat ditentukan dengan fungsi Bessel. Membatasi bandwidth menyebabkan distorsi nonlinier dalam sinyal yang didemodulasi. Penyebaran bandwidth di channel menghasilkan keuntungan di LF SNR sehubungan dengan modulasi amplitudo di atas apa yang disebut ambang FM (Gbr. 8.33.). Keuntungan ini dapat dinyatakan sebagai:

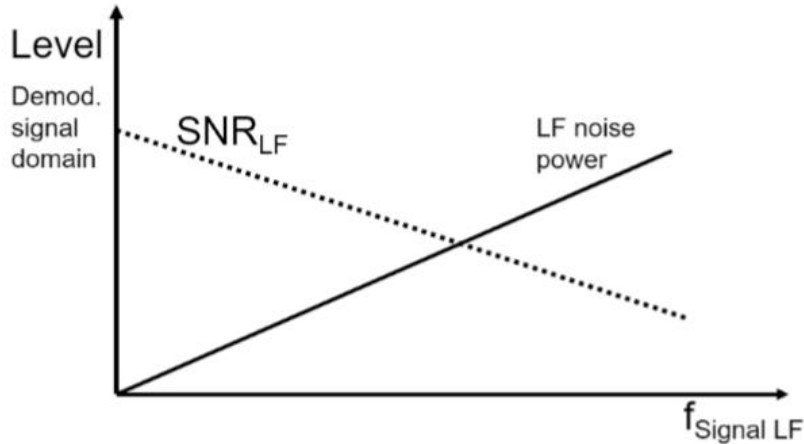
$$FM_{gain_SN_LF} = 10 \cdot \log(3 \cdot M^3) \text{ dB}$$

Penguatan FM ini hanya ada di atas ambang FM yang merupakan SNR dalam domain RF sekitar:

$$FM_{threshold} \approx 7 \dots 10 \text{ dB} + 10 \cdot \log(2 \cdot M + 1) \text{ dB}$$



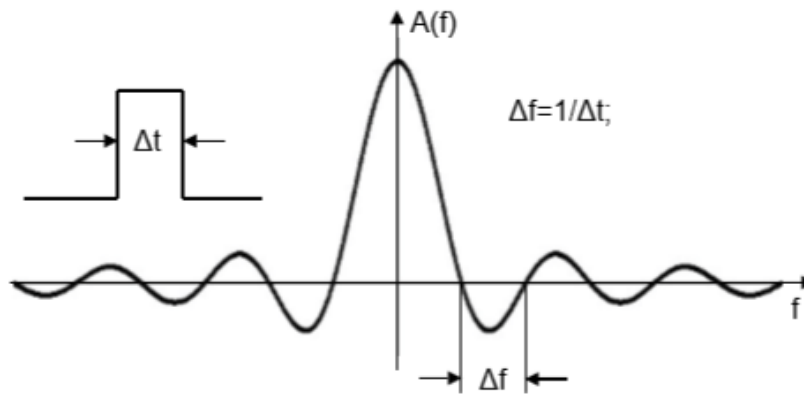
Gambar 8.34. LF SNR dalam modulasi frekuensi sebagai fungsi dari RF CNR



Gambar 8.35. Rasio LF signal-to-noise dari modulasi frekuensi sebagai fungsi dari frekuensi sinyal baseband, “delta noise”, “triangular noise”

Ambang FM itu sendiri didefinisikan sebagai penurunan tinggi yang tidak proporsional dibandingkan dengan penguatan FM pada titik 1-dB. Di bawah ambang FM, sinyal noise seperti lonjakan terjadi karena diskontinuitas fase pembawa. Dalam kasus FM pita lebar yang biasanya digunakan di televisi analog oleh satelit, cipratan putih kecil kemudian dihasilkan dalam gambar.

Noise LF yang terjadi dengan modulasi frekuensi disebut "derau delta" atau "derau segitiga" (Gbr. 8.35.), yaitu kepadatan daya derau tidak konstan tetapi meningkat dengan meningkatnya bandwidth LF. Untuk mengatasi hal ini, preemphasis diterapkan pada akhir transmisi, yaitu frekuensi yang lebih tinggi lebih ditekankan. Di ujung penerima, deemphasis kemudian diterapkan, menurunkan amplitudo frekuensi yang lebih tinggi lagi sesuai dengan karakteristik preemphasis sehingga respons frekuensi linier diperoleh lagi.

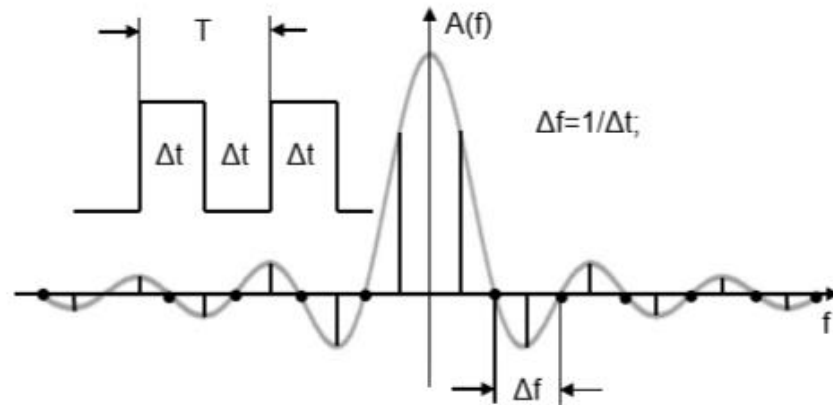


Gambar 8.36. Spektrum denyut persegi panjang tunggal

Pembatasan Pita dari Sinyal Pembawa Termodulasi

Sinyal pembawa termodulasi hanya boleh menempati channel yang ditentukan; mereka tidak boleh mengganggu channel yang berdekatan atau bahkan lebih jauh. Ini berlaku untuk semua jenis modulasi, apakah modulasi amplitudo, fase atau frekuensi atau apakah analog atau digital. Untuk tujuan ini, langkah-langkah diambil baik di sisi pita dasar maupun di sisi RF. Sinyal baseband itu

sendiri harus sudah dibatasi band. Di sisi RF, juga, tindakan pencegahan untuk melindungi channel yang berdekatan diambil dalam banyak kasus dengan menggunakan filter SAW pada tingkat frekuensi menengah. Selain itu, perangkat harmonik dan filter topeng yang bergantung pada channel digunakan langsung di jalur RF.



Gambar 8.37. Spektrum garis dari urutan simetris denyut persegi panjang

Dalam hal modulasi digital, khususnya, penyaringan pita dasar masih akan dibahas secara singkat pada poin ini karena hal ini menjadi perhatian di setiap TV digital atau standar transmisi penyiaran suara yang menggunakan modulasi pembawa tunggal. Dengan demikian hal ini dapat ditangani di sini secara terpusat terlebih dahulu. Jika pembawa sinusoidal dikunci oleh gelombang persegi seperti halnya dengan modulasi digital (amplitudo dan penguncian pergeseran fasa), ini menghasilkan perkalian gelombang persegi dengan sinyal sinusoidal dalam domain waktu dan konvolusi dengan transformasi Fourier dari sinyal gelombang persegi dengan transformasi Fourier dari sinyal sinusoidal dalam domain frekuensi. Jika denyut gelombang persegi tunggal dari minus tak terhingga ke plus tak terhingga hadir, spektrum $\sin(x)/x$ berbentuk kontinu dengan nol yang sesuai dengan kebalikan dari durasi denyut gelombang persegi akan diperoleh (Gbr. 13.38).

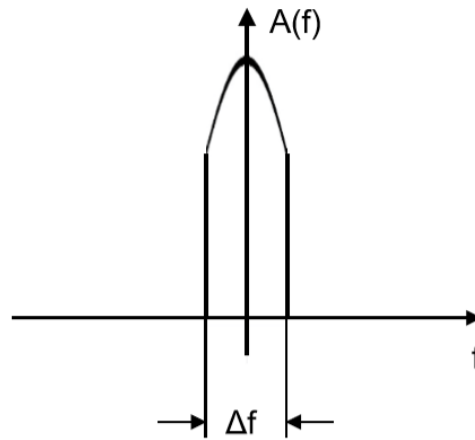
Urutan denyut persegi panjang, atau gelombang persegi, menghasilkan spektrum garis yang dibentuk ke fungsi $\sin(x)/x$. Garis-garis spektral terjadi dengan jarak periode T . Jika periode tersebut sesuai dengan tepat dua kali lebar denyut gelombang persegi, spektrum garis dengan frekuensi maksimum yang mungkin diperoleh, memberikan komponen spektral yang berjarak $1/(2 \cdot \Delta t)$ (Gbr. 8.37.). Jika periode memiliki durasi yang lebih lama, garis spektral bergerak ke arah frekuensi yang lebih rendah. Tetapi akan selalu ada spektrum garis periodik kelipatan fundamental yang sesuai dengan kebalikan dari periode urutan denyut gelombang persegi.

Jika periodenya berfluktuasi dan durasi denyut gelombang persegi konstan, bentuk $\sin(x)/x$ kurang lebih "termodulasi", sehingga menghasilkan spektrum keseluruhan berbentuk $\sin(x)/x$ dalam kasus modulasi digital dengan sinyal data dengan penyebaran energi yang baik. Namun, hanya dasar yang diperlukan untuk demodulasi, yaitu semua harmonik dapat ditekan. Ini dilakukan secara maksimal dalam bentuk persegi panjang (Gbr. 8.37.).

Sinyal kontrol pada input modulator IQ $i(t)$ dan $q(t)$ awalnya adalah sinyal gelombang persegi dan memenuhi kondisi yang disebutkan di atas. Mereka harus dibatasi pita sebelum dipasok ke modulator IQ. Dalam hal modulasi digital pada tingkat pita dasar, pembatasan pita ini dilakukan

oleh filter low-pass khusus yang "bersikap baik". Ini dibangun dalam banyak kasus, dan selalu digital hari ini, sebagai filter akar cosinus kuadrat dengan karakteristik roll-off khusus.

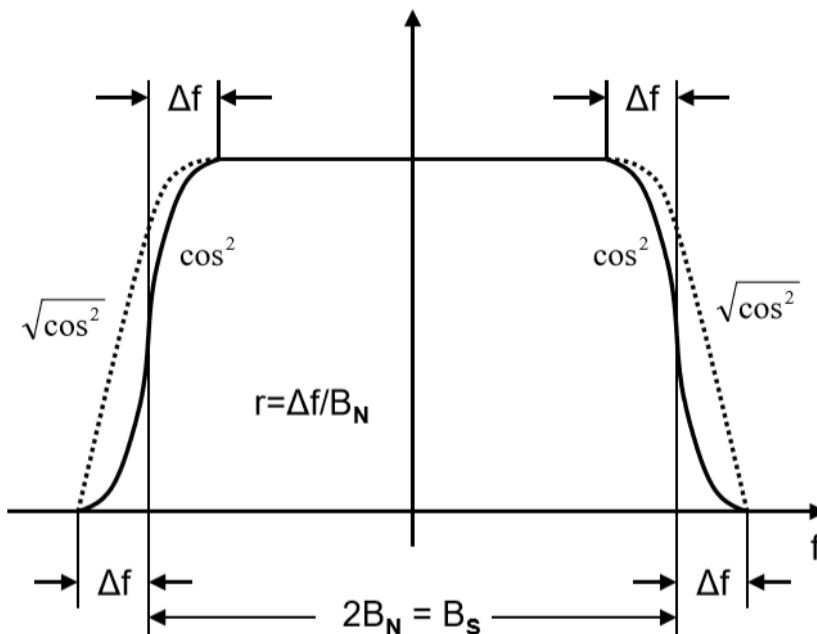
Faktor roll-off r menjelaskan di sini di mana penyaringan dimulai dari dalam kaitannya dengan bandwidth Nyquist. Kurva filter simetris dan memiliki pusat pada titik yang disebut Nyquist. Penyaringan cocok yang sama dilakukan lagi di penerima, menghasilkan kurva filter total. Karakteristik filter dirancang untuk menghasilkan overshoot minimum pada sinyal terdemodulasi $i(t)$ dan $q(t)$. Gambar 8.37. menunjukkan spektrum RF yang dihasilkan. Kurva putus-putus sesuai dengan spektrum setelah modulator dan kurva kontinu sesuai dengan spektrum setelah penyaringan tambahan (filter yang cocok) di demodulator. Dalam kasus GSM, penyaringan Gaussian menggantikan penyaringan cosinus. Namun, dalam DVB-S, DVBS2 dan DVB-C, digunakan penyaringan cosinus kuadrat atau akar cosinus kuadrat yang ditunjukkan pada Gambar 8.37. Di sisi pita dasar, spektrum di sebelah kiri sumbu vertikal dapat dibayangkan terdiri dari frekuensi negatif; sumbu vertikal sesuai dengan pusat pita channel di sisi RF.



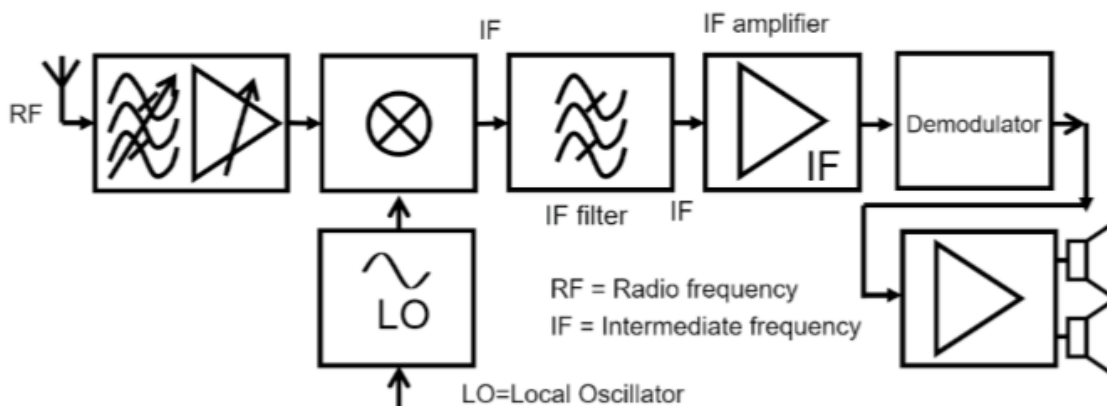
Gambar 8.38. Penekanan harmonik persegi panjang (representasi linier)

Ringkasan

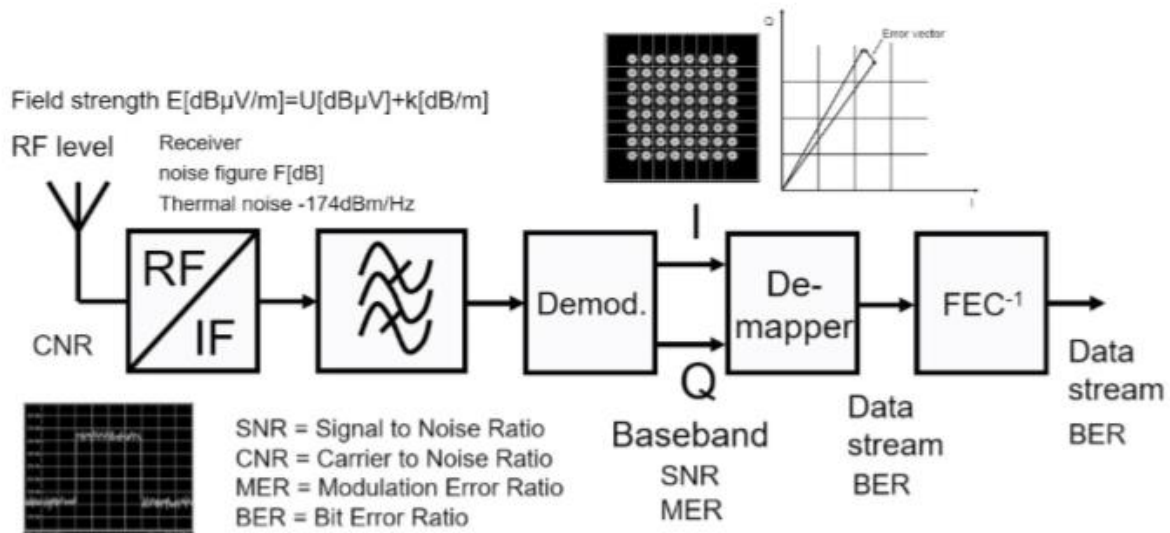
Dalam bab ini, banyak prinsip dasar sebagai standar transmisi video dan audio telah diulang atau dibuat ulang. Pemahaman dasar modulasi pembawa tunggal (modulasi SC) juga merupakan prasyarat untuk pemahaman modulasi multicarrier (modulasi MC). Sementara modulasi pembawa tunggal adalah subjek dari banyak standar transmisi, yang lain menggunakan modulasi multicarrier, tergantung pada karakteristik dan persyaratan channel transmisi. Diagram blok 8.37. dan 8.38. adalah diagram dasar yang akan digunakan untuk memahami semua standar transmisi siaran seperti DVB-S/S2, DVB-T/T2, DVB-S/S2, ATSC, ISDB-T, DAB/DAB+, dll. Standar ini akan menjadi dijelaskan dalam bab-bab berikutnya.



Gambar 8.39. Penyaringan roll-off dari sinyal yang dimodulasi secara digital



Gambar 8.40. Diagram blok dasar penerima termasuk penguat RF, pemilihan awal RF, konverter RF/IF (mixer), pemilihan IF (filter IF), penguat IF, demodulator, dan pemrosesan sinyal pita dasar; diagram blok penerima ini berlaku untuk semua standar transmisi siaran DVB-S/S2, DVB-T/T2 dan DVB-C/C2, dll.



Gambar 8. 41. Definisi parameter CNR = Carrier to Noise Ratio, SNR = Signal to Noise Ratio, BER = Bit Error Ratio dan MER = Modulation Error Ratio; CNR didefinisikan sebagai Carrier to Noise Ratio pada konektor input receiver; SNR didefinisikan sebagai Signal to Noise Ratio pada titik demodulasi; BER adalah Rasio Kesalahan Bit dalam datastream yang didemodulasi; diagram blok ini berlaku untuk semua standar transmisi siaran DVB-S/S2, DVB-T/T2 dan DVB-C/C2, dll.

BAB 9

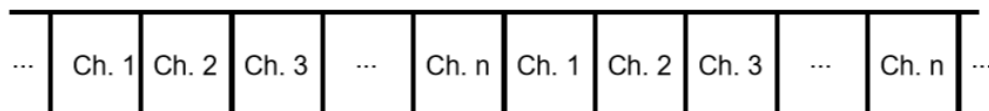
DIGITAL AUDIO BROADCASTING – DAB/DAB+

Meskipun DAB (Digital Audio Broadcasting) diperkenalkan kembali pada awal tahun sembilan puluhan, jauh sebelum DVB, masih relatif tidak dikenal oleh publik di banyak negara dan hanya di beberapa negara beberapa ukuran keberhasilan DAB dan DAB+ di pasar dapat didaftarkan. Bab ini membahas prinsip-prinsip standar radio suara digital DAB/DAB+. DAB+ adalah perpanjangan dari standar DAB; encoding audio MPEG-4 yang lebih efisien dan FEC tambahan digunakan di DAB+. Lapisan fisik DAB+ masih merupakan DAB “tradisional”.

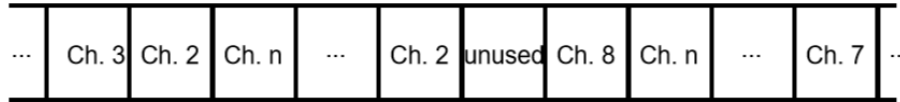
Namun, pada awalnya, mari kita pertimbangkan sejarah radio suara. Usia transmisi sinyal audio untuk keperluan penyiaran dimulai pada tahun 1923 dengan penyiaran gelombang menengah (AM). Pada tahun 1948, pemancar FM pertama di Eropa dioperasikan, dikembangkan dan diproduksi oleh Rohde&Schwarz. Penerima rumah FM pertama juga dikembangkan dan diproduksi oleh Rohde&Schwarz. 1983 adalah tahun ketika semua orang mengambil langkah dari audio analog ke audio digital dengan diperkenalkannya compact disk, CD audio. Pada tahun 1991, sinyal audio digital yang ditujukan untuk masyarakat luas disiarkan untuk pertama kalinya melalui satelit di Eropa, DSR (Digital Satellite Radio). Metode ini, yang beroperasi tanpa kompresi, tidak bertahan lama, dan sedikit diketahui publik. 1993 kemudian, ADR (Astra Digital Radio) mulai beroperasi yang disiarkan di subcarrier sistem satelit ASTRA yang juga menayangkan program TV analog. Metode MUSICAM, yang digunakan hingga saat ini untuk kompresi audio di MPEG-1 dan MPEG-2 layer II dan juga digunakan di DAB atau, lebih tepatnya, dikembangkan untuk DAB sebagai bagian dari proyek DAB, telah ditetapkan. pada tahun 1989. Digital Audio Broadcasting, DAB, dikembangkan pada awal tahun sembilan puluhan dan menggunakan teknik baru yang revolusioner dari audio MPEG-1 dan MPEG-2 dan metode modulasi COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex). Pada pertengahan tahun sembilan puluhan kemudian standar DVB-S, DVB-C dan DVB-T untuk televisi digital diselesaikan dan dengan demikian era televisi digital juga telah dimulai. Sejak tahun 2001, ada standar radio suara digital DRM (Digital Radio Mondiale), yang ditujukan untuk penggunaan gelombang pendek dan menengah digital, yang juga didasarkan pada COFDM tetapi menggunakan pengkodean audio MPEG-4 AAC.

Uji coba DAB pertama dilakukan pada tahun 1991 di Munich. Sebelum memulai kembali dengan DAB+ setelah 2011, Indonesia memiliki cakupan DAB sekitar 80%, terutama di Band III. Ada juga beberapa pemancar DAB di LBand untuk program lokal. Pada tahun 2019 cukup banyak receiver DAB+ tersedia di pasar dan banyak “stasiun FM” mengudara di DAB+ simulcast (2 hingga 5 multipleks dengan hingga lebih dari 40 layanan). Perbedaan antara DAB+ dan DAB hanya pada sinyal data bukan pada struktur sinyal RF. DAB+ dua hingga tiga kali lebih efisien daripada DAB “tradisional”. Tetapi penerima DAB tidak kompatibel dengan DAB+.

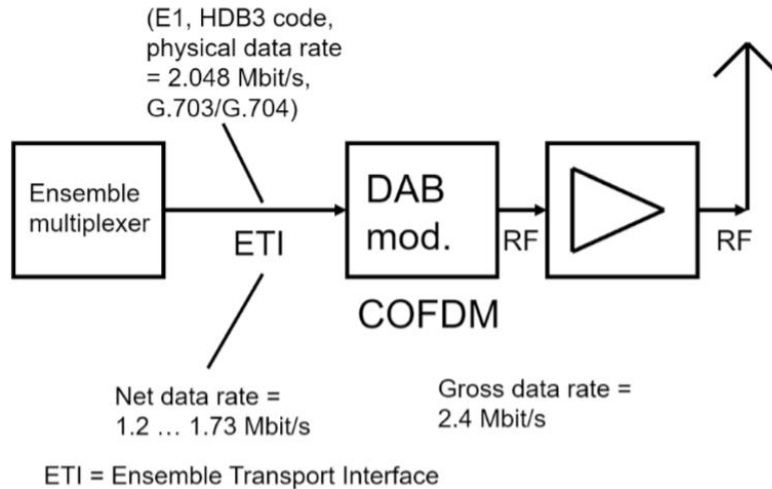
Mode transfer sinkron (PDH, SDH, DAB)



Mode transfer asinkron (ATM, MPEG-TS / DVB)



Gambar 9.1. Mode transfer sinkron dan asinkron



Gambar 9.2. Tautan transmisi DAB

Membandingkan DAB dan DVB

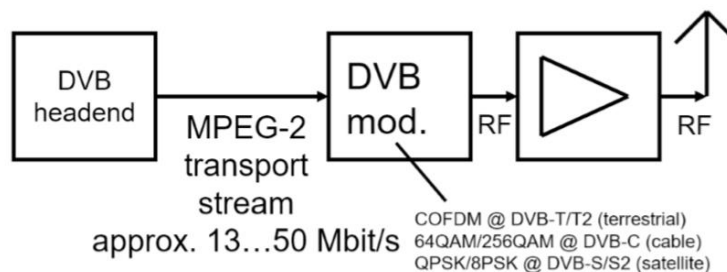
Dalam perbandingan DAB dan DVB, karakteristik dasar kedua metode akan dibandingkan terlebih dahulu, menunjukkan sifat dan perbedaannya. Pada prinsipnya, dimungkinkan untuk mengirimkan data secara sinkron atau asinkron. Dalam transmisi sinkron, kecepatan data konstan untuk setiap channel data dan slot waktu masing-masing channel data tetap. Dalam transmisi asinkron, kecepatan data dari masing-masing channel data dapat konstan atau dapat bervariasi. Slot waktu tidak memiliki alokasi tetap. Mereka dialokasikan sesuai kebutuhan dan urutannya di channel individu dengan demikian dapat sepenuhnya acak. Contoh transmisi data sinkron adalah PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy), SDH (Synchronous Digital Hierarchy) dan DAB (Digital Audio Broadcasting). Contoh transmisi data asinkron adalah ATM (Asynchronous Transfer Mode) dan transport stream MPEG-2/Digital Video Broadcasting (DVB).

DAB adalah sistem yang sepenuhnya sinkron, datastream yang sepenuhnya sinkron diproduksi kembali di pusat pemutaran, yaitu pada titik di mana sinyal multipleks DAB dihasilkan. Kecepatan data masing-masing konten adalah konstan dan selalu kelipatan 8 kbit/s. Slot waktu di mana konten dari masing-masing sumber ditransmisikan dialokasikan secara permanen dan hanya bervariasi bila ada perubahan lengkap dalam multipleks, yaitu dalam komposisi datastream. Sinyal data yang berasal dari multiplexer yang disuplai ke modulator dan pemancar DAB disebut ETI (Ensemble Transport Interface) (Gbr. 9.2.). Datastream multipleks, atau multipleks, itu sendiri disebut ensemble. Sinyal ETI menggunakan jalur transmisi E1 (kode HDB3, lihat Gambar 25.46.) yang diketahui dari telekomunikasi yang memiliki kecepatan data fisik 2,048 Mbit/s. E1 akan sesuai dengan 30 channel ISDN dan 2 channel pensinyalan masing-masing 64 kbit/s, juga disebut antarmuka G.703 dan G.704. Secara fisik, ini adalah antarmuka PDH tetapi DAB menggunakan protokol yang berbeda. Meskipun kecepatan data fisik adalah 2048 kbit/s, kecepatan data bersih

sebenarnya dari sinyal DAB yang diangkut melintasinya adalah antara (0.8) 1.2 ... 1.73 Mbit/s. Sinyal ETI ditransmisikan baik tanpa perlindungan kesalahan, atau dengan kode perlindungan kesalahan Reed Solomon yang, bagaimanapun, dihapus lagi pada input modulator DAB. Proteksi kesalahan sistem DAB itu sendiri hanya ditambahkan pada modulator DAB meskipun hal ini sering salah ditunjukkan dalam berbagai referensi. Metode modulasi yang digunakan dalam DAB adalah COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex) dan subcarriernya dimodulasi /4-shift DQPSK. Setelah proteksi kesalahan ditambahkan, kecepatan data kotor dari sinyal DAB adalah 2,4 Mbit/s. Fitur khusus DAB terdiri dari bahwa konten yang berbeda dapat dilindungi dari kesalahan ke tingkat yang berbeda (FEC yang tidak sama).

MPEG-2, dan dengan demikian DVB, adalah sistem yang sepenuhnya asinkron.

Aliran transport MPEG-2 adalah sinyal pita dasar yang membentuk sinyal input ke modulator DVB. Aliran transport MPEG-2 dihasilkan di headend DVB dengan mengkodekan dan menggandakan program individu (layanan) dan kemudian dipasok ke modulator melalui berbagai jalur transmisi (Gbr. 25.3.). Dalam modulator DVB, harus diputuskan bagaimana, yaitu melalui jalur transmisi mana, aliran transpor MPEG-2 akan dipancarkan: terrestrial (DVB-TT2), melalui kabel (DVB-C) atau melalui satelit (DVB-S/ S2). Secara alami, tingkat transmisi dan metode modulasi berbeda untuk metode transmisi individu. Dalam DVB-T, COFDM digunakan bersama dengan QPSK, 16QAM atau 64QAM. Dalam DVB-C, itu adalah 64QAM atau 256QAM tergantung pada jenis tautan kabel (kabel koaksial atau serat optik). Dalam DVB-S/S2, metode modulasi pilihan adalah QPSK/8PSK karena rasio sinyal/noise yang buruk di channel.



Gambar 9.3. Tautan transmisi DVB

Di DVB, semua konten yang ditransmisikan membawa tingkat perlindungan kesalahan yang sama (FEC sama).

Sebagai aturan, kecepatan data dalam DVB-S adalah sekitar 38 Mbit/s. Itu hanya tergantung pada tingkat simbol yang dipilih dan pada tingkat kode, yaitu perlindungan kesalahan. Menggunakan QPSK 2 bit/symbol dapat ditransmisikan. Kecepatan simbol sebagian besar 27,5 Msymbols/s. Jika 3/4 dipilih sebagai kecepatan kode, kecepatan data yang dihasilkan adalah 38,01 Mbit/dtk.

Jika, misalnya, 64QAM (jaringan coax) dipilih di DVB-C, dan kecepatan simbol 6,9 Msymbols/s, kecepatan data bersih yang dihasilkan adalah 38,15 Mbit/s.

Tabel 9.1. Perbandingan DAB dan DVB

	Digital Audio Broadcasting - DAB	Digital Video Broadcasting - DVB
Metode transfer	tersinkronkan	tidak tersinkronkan
Modulasi Forward error correction (FEC)	tidak setara	setara
Modulasi	COFDM mit1/4 - geser DQPSK	single carrier QPSK, 64QAM, 256QAM or COFDM with QPSK, 16QAM, 64QAM
Link transmisi	Terrestrial	satelit, kabel, terrestrial

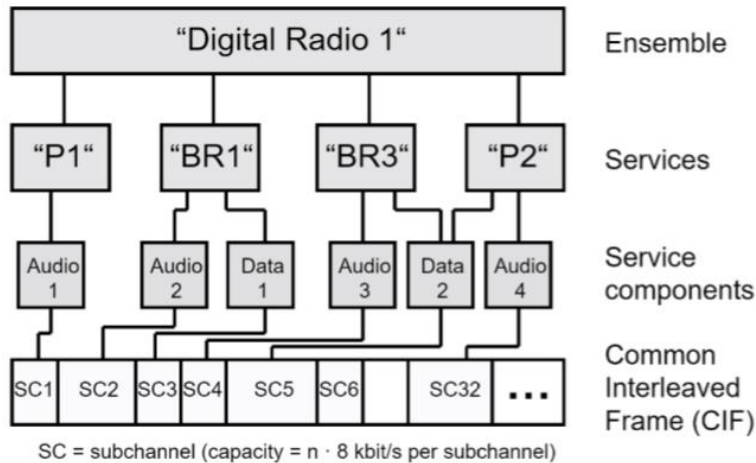
Dalam DVB-T, kemungkinan kecepatan data antara 4 dan sekitar 32 Mbit/s tergantung pada mode operasi (jenis modulasi - QPSK, 16QAM, 64QAM, perlindungan kesalahan, interval penjaga, bandwidth). Namun, kecepatan data yang biasa adalah kira-kira. 15 Mbit/s dalam aplikasi yang memungkinkan penerimaan portabel dan kira-kira. 22 Mbit/s dalam aplikasi stasioner dengan antena atap. Jaringan siaran DVB-T dirancang untuk penerimaan portabel atau untuk penerimaan antena atap, yaitu jika antena atap digunakan dalam jaringan DVB-T yang dirancang untuk penerimaan portabel, ini tidak akan menghasilkan peningkatan kecepatan data.

Aliran transport MPEG-2 adalah sinyal data yang dipasok ke modulator DVB. Ini terdiri dari paket dengan panjang konstan 188 byte. Aliran transport MPEG-2 mewakili transmisi asinkron, yaitu konten individual yang akan ditransmisikan dimasukkan ke dalam area muatan paket transport stream secara acak sesuai kebutuhan. Isi yang terkandung dalam transport stream dapat memiliki kecepatan data yang sama sekali berbeda yang tidak harus benar-benar konstan. Satu-satunya aturan yang berkaitan dengan kecepatan data adalah bahwa kecepatan data agregat yang disediakan oleh channel tidak boleh dilampaui. Dan, tentu saja, kecepatan data transport stream MPEG-2 harus benar-benar sesuai dengan kecepatan data input modulator DVB yang dihasilkan dari parameter modulasi.

Singkatnya: DAB adalah sistem transmisi yang sepenuhnya sinkron dan DVB adalah sistem yang sepenuhnya tidak sinkron. Mengingat hal ini akan memudahkan untuk memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang karakteristik kedua sistem.

Proteksi kesalahan dalam DAB tidak sama, artinya dapat dipilih berbeda untuk konten yang berbeda, sedangkan untuk semua konten yang akan ditransmisikan dalam DVB sama, dan karena mode asinkron, bahkan tidak dapat dipilih untuk berbeda karena tidak diketahui konten apa yang sedang ditransmisikan kapan.

Modulator DAB mendemultipleks konten saat ini dalam sinyal ETI dan mempertimbangkannya. Modulator DVB tidak tertarik dengan konten saat ini yang ditransmisikan. Pada DAB, metode modulasinya adalah COFDM dengan /4-shift DQPSK. DVB menggunakan transmisi single-carrier atau COFDM tergantung pada jalur transmisi. DAB ditujukan untuk aplikasi terestrial sedangkan DVB menyediakan standar transmisi terestrial, kabel dan satelit. Transmisi satelit disediakan dalam DAB tetapi saat ini tidak digunakan.



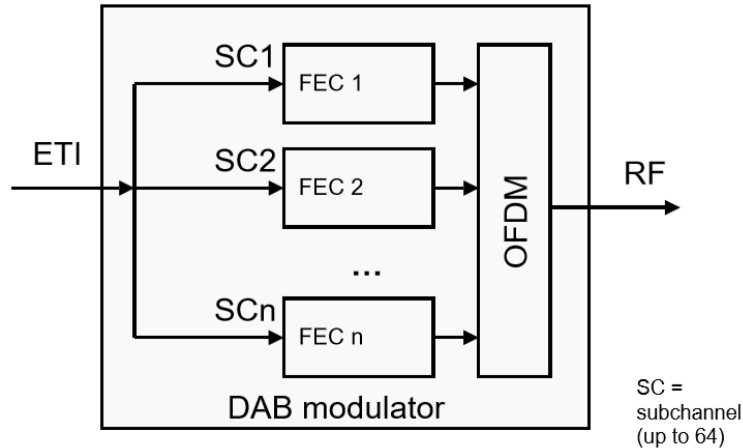
Gambar 9.4. ansambel DAB

Gambaran DAB

Bagian berikut akan memberikan gambaran singkat tentang DAB - Digital Audio Broadcasting. Standar DAB adalah Standar ETSI ETS300401. Dalam Standar, struktur data, FEC dan modulasi COFDM dari Standar DAB dijelaskan. Selain itu, sinyal suplai ETI (Ensemble Transport Interface) dijelaskan dalam ETS300799, dan dalam ETS300797 sinyal suplai untuk ensemble multiplexer STI (Service Transport Interface) dijelaskan. Dokumen penting lainnya adalah TR101496 yang berisi pedoman dan aturan pelaksanaan dan pengoperasian DAB. Selanjutnya, ETS301234 menjelaskan bagaimana objek multimedia (data broadcasting) dapat ditransmisikan dalam DAB.

Gambar 9.4. menunjukkan contoh komposisi datastream DAB multipleks. Istilah "Ensemble" mencakup beberapa program yang digabungkan menjadi satu datastream. Dalam kasus ini, ansambel yang diberi nama contoh "Radio Digital 1" terdiri dari 4 program, yang disebut layanan, di sini memiliki sebutan "P1", "BR1", "BR3" dan "P2". Layanan ini, pada gilirannya, dapat terdiri dari sejumlah komponen layanan. Komponen layanan dapat berupa, mis. aliran audio atau datastream. Dalam contoh, layanan "P1" berisi aliran audio, "Audio1". Aliran audio ini secara fisik ditransmisikan di subchannel SC1. "BR" terdiri dari aliran audio "Audio2" dan datastream "Data1" yang disiarkan di subchannel SC2 dan SC3. Setiap subchannel memiliki kapasitas $n \cdot 8$ kbit/s. Transmisi di subchannel sepenuhnya sinkron, yaitu urutan subchannel selalu sama dan kecepatan data di subchannel selalu konstan. Semua subchannel bersama-sama - hingga maksimum 64 - menghasilkan apa yang disebut Common Interleaved Frame. Komponen layanan dapat dikaitkan dengan sejumlah layanan, mis. seperti pada contoh "Data2".

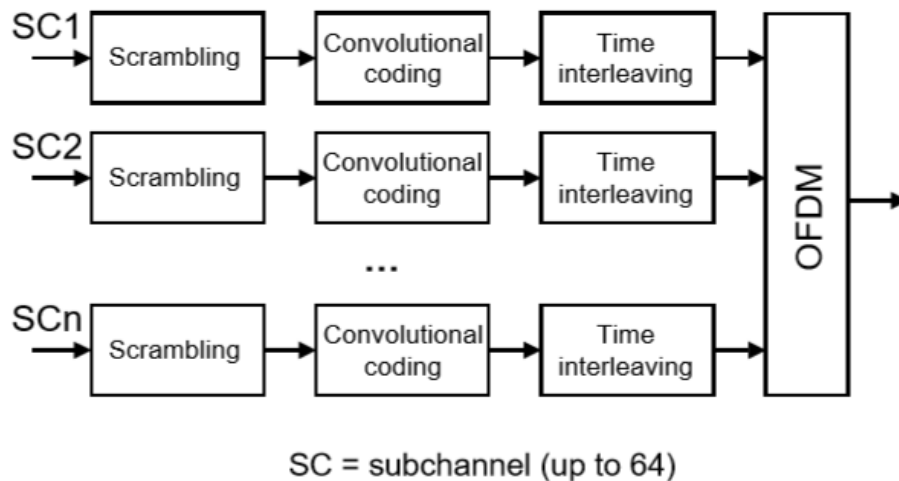
Selama transmisi mereka dalam sistem DAB, sub-channel yang berbeda dapat diberikan dengan tingkat perlindungan kesalahan yang berbeda (FEC yang tidak sama).



Gambar 9.5. Modulator DAB

Datastream yang dihasilkan dalam multiplexer DAB disebut ETI (Ensemble Transport Interface). Ini berisi semua program dan konten yang akan disiarkan nanti melalui pemancar DAB. Sinyal ETI dapat disuplai ke modulator dari pusat multipleks ansambel DAB, mis. melalui tautan serat optik melalui jaringan telekomunikasi yang ada atau melalui satelit. Tautan yang cocok untuk tujuan ini adalah tautan E1 yang memiliki kecepatan data 2,048 Mbit/dtk.

Dalam modulator DAB, COFDM dilakukan (Gbr. 25.5.). Datastream pertama-tama dilengkapi dengan perlindungan kesalahan dan kemudian dimodulasi COFDM. Setelah modulator, kekuatan sinyal RF diperkuat dan kemudian dipancarkan melalui antena.



Gambar 9.6. Koreksi kesalahan maju (FEC) di DAB

Di DAB, semua subchannel dilindungi dari kesalahan secara individual dan pada tingkat yang berbeda. Hingga 64 subchannel dimungkinkan. FEC disediakan dalam modulator DAB. Dalam banyak diagram blok, FEC sering digambarkan dalam hubungannya dengan multiplexer DAB yang, meskipun pada prinsipnya tidak salah, tidak sesuai dengan kenyataan. Multiplexer DAB membentuk sinyal data ETI di mana subchannel ditransmisikan secara sinkron dan tidak terlindungi.

ETI, bagaimanapun, membawa informasi tentang berapa banyak perlindungan yang harus disediakan untuk masing-masing channel. Datastream ETI kemudian dibagi dalam modulator DAB dan setiap subchannel kemudian dilindungi dari kesalahan ke tingkat yang berbeda sesuai dengan pensinyalan di ETI. Subchannel yang disediakan dengan FEC kemudian dipasok ke modulator COFDM.

Perlindungan kesalahan di DAB (Gbr. 9.6.) terdiri dari pengacakan diikuti oleh pengkodean konvolusi. Selain itu, sinyal DAB kemudian mengalami interleaving lama, yaitu data disisipkan dari waktu ke waktu sehingga lebih tahan untuk memblokir kesalahan selama transmisi. Setiap subchannel dapat dilindungi dari kesalahan ke tingkat yang berbeda (koreksi kesalahan maju yang tidak sama). Data dari semua subchannel kemudian dipasok ke modulator COFDM yang pertama melakukan interleaving frekuensi dan kemudian memodulasinya ke sejumlah besar subcarrier COFDM.

Ada 4 mode berbeda yang dapat dipilih di DAB. Mode ini disediakan untuk aplikasi dan pita frekuensi yang berbeda. Mode I digunakan pada pita VHF dan Mode II hingga IV digunakan pada pita L, tergantung pada frekuensi dan aplikasi. Jumlah operator antara 192 dan 1536 dan bandwidth sinyal DAB selalu 1,536 MHz. Perbedaan antara mode hanyalah panjang simbol dan jumlah subcarrier yang digunakan.

Mode I memiliki simbol terpanjang dan subcarrier paling banyak dan dengan demikian jarak subcarrier terkecil. Ini diikuti oleh Mode IV, Mode II dan akhirnya Mode III dengan periode simbol terpendek dan pembawa paling sedikit dan dengan demikian jarak subcarrier terbesar. Namun, pada prinsipnya, semakin panjang simbol COFDM, semakin baik toleransi Echo dan semakin kecil jarak subcarrier, semakin buruk kesesuaian untuk aplikasi seluler.

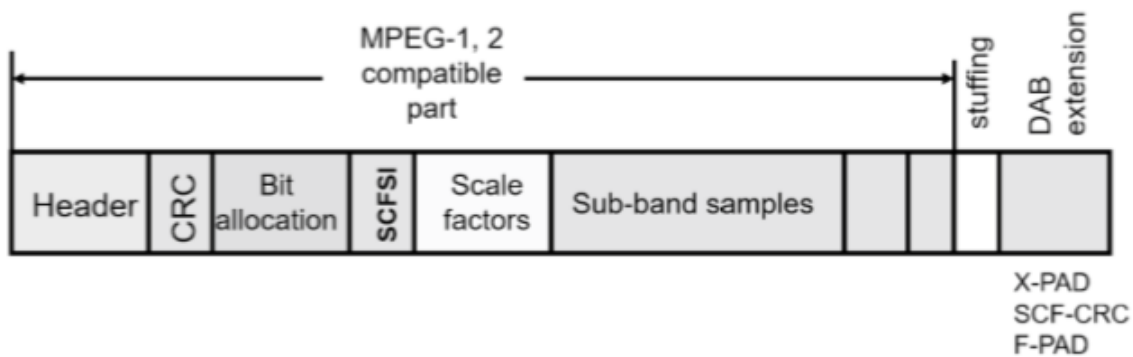
Mode yang sebenarnya digunakan dalam praktik adalah Mode I untuk pita VHF dan Mode II untuk pita L

Tabel 9.2. Mode DAB

Mode	rentang frekuensi	subcarier spacing [KHz]	No. Carrier COFDM	penggunaan untuk	simbol durasi 5 μ s	durasi interval guard 5 μ s	panjang frame
I	Band III VHF	1	1536	singlefrequency network (SFN)	1000	246	96 ms 76 simbol
II	L band (<1.5 GHz)	4	384	multi- frequency network (MFN)	250	62	24 ms 76 simbol
III	L band (<3 GHz)	8	192	Satellit	125	31	24 ms 152 simbol

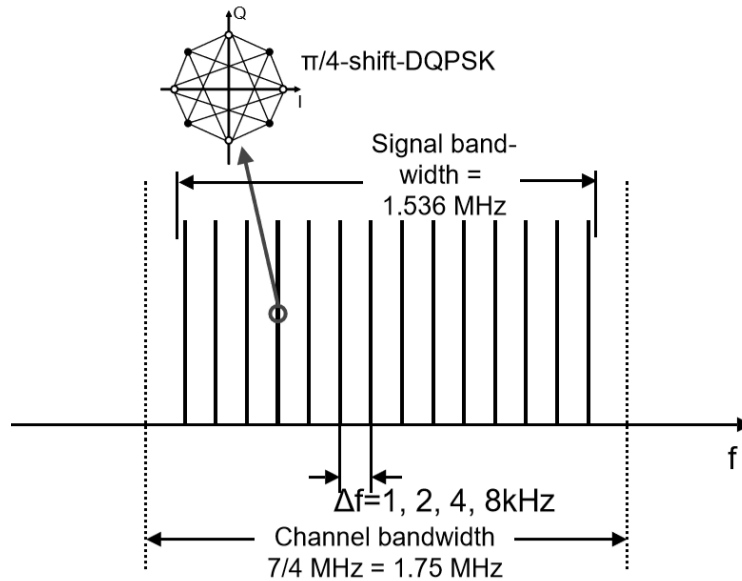
IV	L band (<1.5 GHz)	2	768	small singlefrequency network (SFN)	500	123	48 ms 76 simbol
----	-------------------------	---	-----	---	-----	-----	-----------------------

Sinyal audio dalam DAB dikodekan ke MPEG-1 atau MPEG-2 (Layer II), yaitu dikompresi dari sekitar 1,5 Mbit/s hingga 64 ... 384 kbit/s. Selama proses ini, sinyal audio dibagi menjadi bagian sepanjang 24 atau 48 ms yang kemudian dikompresi satu per satu, menggunakan jenis pengkodean persepsi di mana komponen sinyal audio yang tidak terdengar oleh telinga manusia dihilangkan. Metode ini didasarkan pada prinsip MUSICAM (Masking pattern diadaptasi Universal Subband Integrated Coding And Multiplexing) yang dijelaskan dalam Standar ISO/IEC 11172-3 (MPEG-1) dan 13818-3 (MPEG-2) dan benar-benar dikembangkan untuk DAB sebagai bagian dari proyek DAB. Dalam MPEG-1 dan -2 dimungkinkan untuk mengirimkan audio dalam mode mono, stereo, suara ganda dan stereo bersama. Panjang frame adalah 24 ms di MPEG-1 dan 48 ms di MPEG-2. Panjang bingkai ini juga ditemukan dalam Standar DAB dan juga mempengaruhi panjang bingkai COFDM. Hal yang sama berlaku seperti sebelumnya: DAB adalah sistem transmisi yang sepenuhnya sinkron di mana semua proses disinkronkan satu sama lain.



Gambar 9.7. Bingkai audio DAB

Gambar 9.7. menunjukkan struktur bingkai audio DAB. Bingkai yang kompatibel dengan MPEG-1 memiliki panjang 24 ms. Frame dimulai dengan header yang berisi 32 bit informasi sistem. Header dilindungi oleh checksum CRC sepanjang 16 bit. Ini diikuti oleh blok dengan alokasi bit di masing-masing sub-band, diikuti oleh faktor skala dan sampel subband. Selain itu, data tambahan dapat ditransmisikan secara opsional. Kecepatan pengambilan sampel dari sinyal audio adalah 48 kHz dalam MPEG-1 dan dengan demikian tidak sesuai dengan 44,1 kHz dari CD audio. Kecepatan data antara 32 dan 192 kbit/dtk untuk satu channel atau antara 64 dan 384 kbit/dtk untuk stereo, stereo gabungan, atau suara ganda. Kecepatan data adalah kelipatan 8 kbit/s. Dalam MPEG-2, bingkai MPEG-1 dilengkapi dengan ekstensi MPEG-2. Dalam MPEG-2 Layer II, panjang frame adalah 48 ms dan kecepatan pengambilan sampel dari sinyal audio adalah 24 kHz.

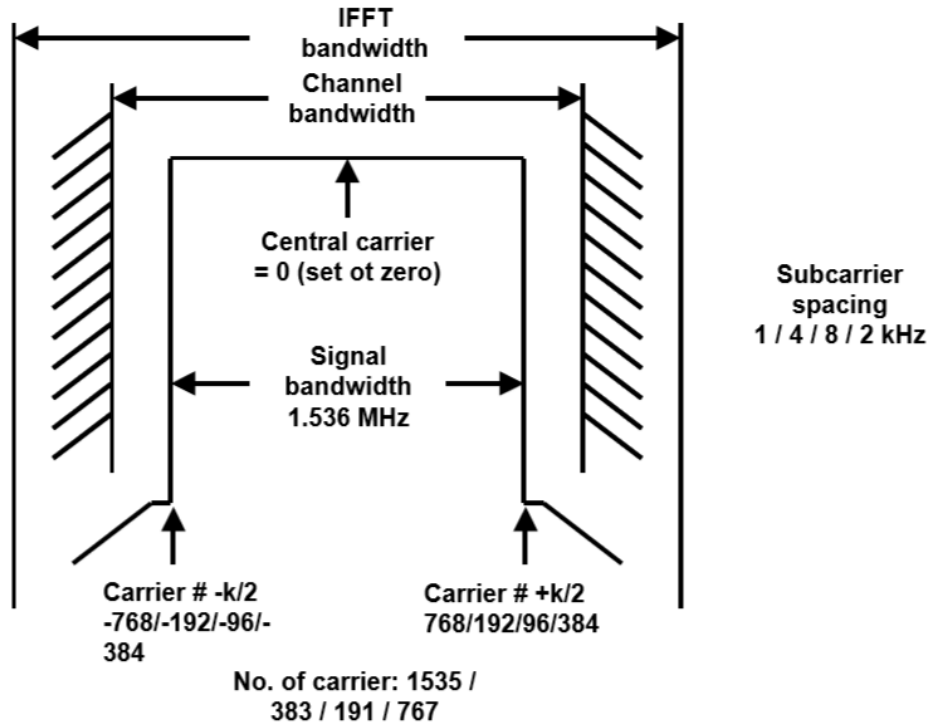


Gambar 9.8 Channel DAB COFDM

Struktur bingkai audio Standar MPEG-1 dan -2 ini diulang dalam DAB. Bagian yang kompatibel dengan MPEG-1 dan MPEG-2 dilengkapi dengan ekstensi DAB di mana data terkait program (PAD) ditransmisikan. Di antara ini, byte isian (padding) digunakan, jika perlu. Dalam PAD, perbedaan dibuat antara PAD diperpanjang "X-PAD" dan PAD tetap "F-PAD". Antara lain, PAD menyertakan pengidentifikasi untuk musik/suara, teks terkait program dan perlindungan kesalahan tambahan.

Lapisan Fisik DAB

Pada bagian berikut, implementasi COFDM dalam DAB Digital Audio Broadcasting akan dibahas secara rinci. Item utama yang menjadi perhatian adalah detail DAB pada akhir modulasi. COFDM adalah metode transmisi multicarrier di mana, dalam kasus DAB, antara 192 dan 1536 pembawa digabungkan untuk membentuk satu simbol. Karena DQPSK, setiap operator dapat membawa 2 bit dalam DAB. Simbol adalah superposisi dari semua pembawa individu ini. Sebuah interval penjaga dengan panjang sekitar 1/4 dari panjang simbol ditambahkan ke simbol yang memiliki panjang antara 125 s dan 1 ms. Dalam interval penjaga, akhir dari simbol berikut diulangi di mana Echo karena penerimaan multipath dapat "melemahkan dirinya sendiri". Ini mencegah interferensi antarsymbol selama interval Echo maksimum tidak terlampaui.

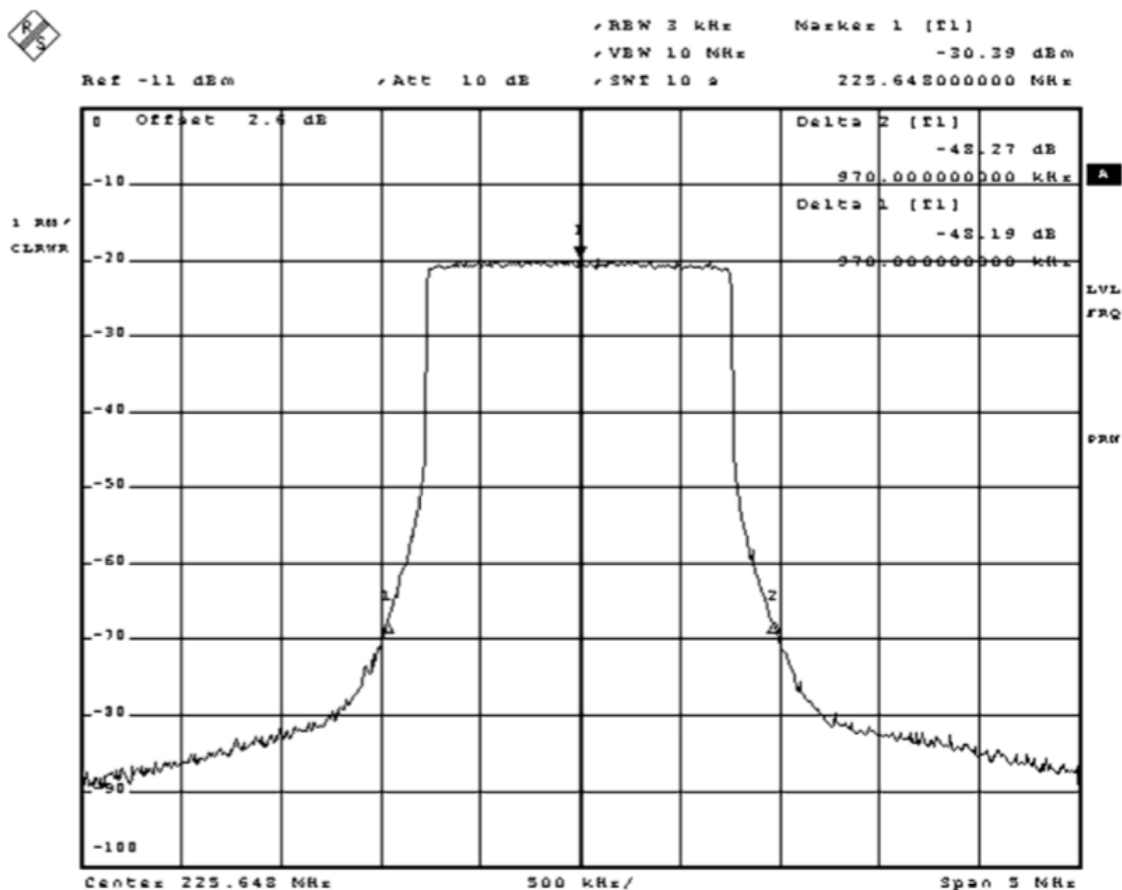


Gambar 9.9. spektrum DAB

Alih-alih satu pembawa, COFDM melibatkan ratusan hingga ribuan subcarrier dalam satu channel (Gbr. 25.8.). Pembawa berjarak sama satu sama lain. Semua operator di DAB dimodulasi /4-shift DQPSK (Differential Quadrature Phase Shift Keying). Bandwidth sinyal DAB adalah 1,536 MHz, bandwidth channel yang tersedia, mis. di VHF Band 12 (223 ... 230 MHz) adalah 1,75 MHz yang sesuai dengan tepat 1/4 dari channel 7 MHz.

Namun, pertama-tama, mari kita beralih ke prinsip QPSK diferensial: Vektor dapat mengambil empat posisi, yaitu 45, 135, 225, dan 315 derajat. Namun, vektor tidak dipetakan dalam nilai absolut tetapi secara diferensial. Yaitu, informasi terkandung dalam perbedaan antara satu simbol dan simbol berikutnya. Keuntungan dari jenis modulasi ini terletak pada kenyataan bahwa tidak diperlukan koreksi channel. Juga tidak relevan bagaimana penerima terkunci dalam fase, decoding akan selalu beroperasi dengan benar. Namun ada juga kelemahannya: pengaturan memerlukan rasio sinyal terhadap noise yang lebih baik sekitar 3 dB daripada dalam kasus pemetaan absolut (modulasi koheren) karena dalam kasus simbol yang salah, perbedaan sehubungan dengan yang sebelumnya simbol dan simbol berikut salah dan akan menyebabkan kesalahan bit. Setiap peristiwa interferensi kemudian akan menyebabkan kesalahan 2 bit.

Namun pada kenyataannya, DAB tidak menggunakan DQPSK melainkan DQPSK /4-shift, yang akan dibahas lebih lanjut nanti. Banyak referensi yang salah menyebutkan hanya DQPSK di DAB. Namun, jika standar DAB dianalisis secara rinci, dan terutama struktur rangka COFDM, jenis DQPSK khusus ini ditemukan secara otomatis melalui simbol referensi fase (TFPR).



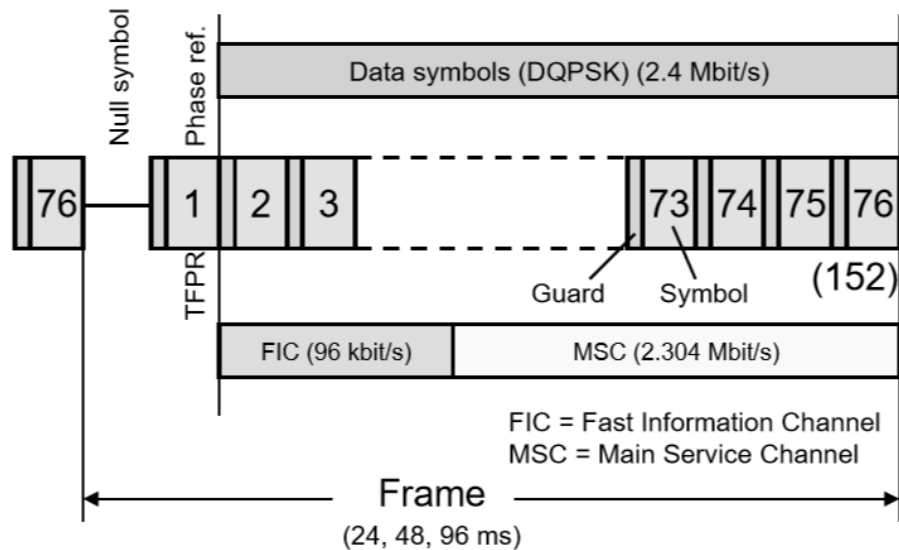
Gambar 9.10. Spektrum DAB nyata setelah filter topeng

Sinyal COFDM dihasilkan dengan bantuan Inverse Fast Fourier Transform (IFFT) (bab COFDM s.) yang membutuhkan sejumlah pembawa yang sesuai dengan pangkat dua. Dalam kasus DAB, IFFT 2048 poin, IFFT 512 poin, IFFT 256 poin, atau IFFT 1024 poin dilakukan. Bandwidth IFFT kumulatif dari semua operator ini lebih besar dari bandwidth channel tetapi operator tepi tidak digunakan dan disetel ke nol (guard band), membuat bandwidth aktual DAB 1,536 MHz. Bandwidth channel adalah 1,75 MHz. Spasi subcarrier adalah 1, 4, 8 atau 2 kHz tergantung pada mode DAB (Mode I, II, II atau IV) (lihat Gambar 9.8. dan 9.9.).

Gambar 9.10. menunjukkan spektrum DAB nyata seperti yang akan diukur dengan penganalisis spektrum pada output pemancar setelah filter topeng. Lebar spektrum adalah 1,536 MHz. Ada juga komponen sinyal yang meluas ke channel yang berdekatan, istilah yang relevan adalah bahu dan redaman bahu. Bahu diturunkan dengan menggunakan filter masker.

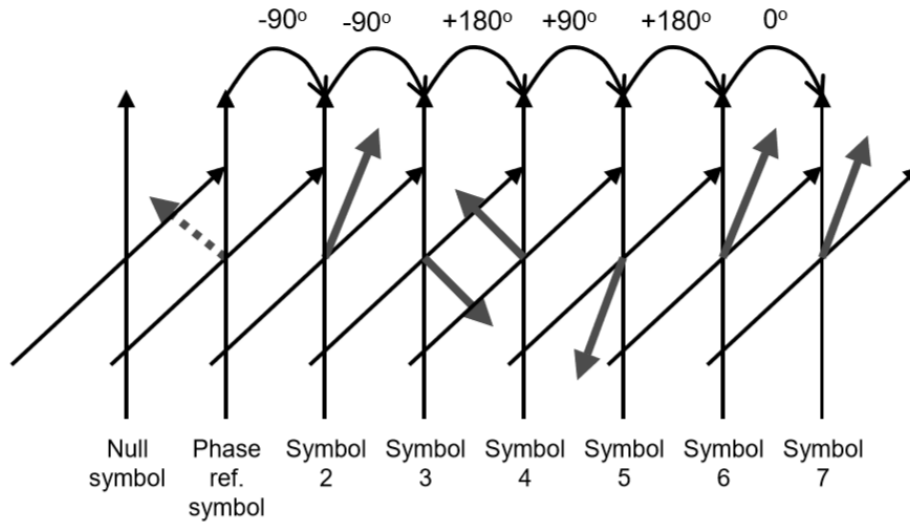
Dalam DAB, bingkai COFDM (Gbr. 9.11.) terdiri dari 77 simbol COFDM. Panjang simbol COFDM tergantung pada mode DAB dan antara 125 s dan 1 ms, yang ditambahkan interval penjaga sekitar 1/4 dari panjang simbol. Panjang total simbol dengan demikian antara sekitar 156 s dan 1,246 ms. Simbol No. 0 adalah apa yang disebut simbol nol. Selama waktu ini, pembawa RF benar-benar tertutup. Simbol nol memulai bingkai DAB dan diikuti oleh referensi fase frekuensi

waktu (TFPR) yang digunakan untuk sinkronisasi frekuensi dan fase di penerima. Itu tidak mengandung data apa pun.



Gambar 9.11. Bingkai DAB

Semua pembawa COFDM diatur ke nilai amplitudo dan fase yang ditentukan dalam simbol referensi fase. Transmisi data yang sebenarnya dimulai dengan simbol kedua. Berbeda dengan DVB, datastream di DAB benar-benar sinkron dengan bingkai COFDM. Dalam simbol pertama dari bingkai DAB, Channel Informasi Cepat (FIC) ditransmisikan, yang panjangnya tergantung pada mode DAB. Kecepatan data FIC adalah 96 kbit/s. Dalam FIC, informasi penting untuk penerima DAB ditransmisikan. Setelah FIC, transmisi Channel Layanan Utama (MSC) dimulai di mana data muatan aktual ditemukan. Kecepatan data MSC adalah konstan 2,304 Mbit/s dan tidak tergantung mode. Baik FIC dan MSC juga mengandung FEC yang di-gated oleh modulator DAB COFDM. FEC di DAB sangat fleksibel dan dapat dikonfigurasi secara berbeda untuk berbagai subchannel, menghasilkan kecepatan data bersih (0,8) 1,2 hingga 1,73 Mbit/s untuk muatan aktual (audio dan data). Jenis modulasi yang digunakan dalam DAB adalah QPSK diferensial. Kecepatan data kotor agregat FIC dan MSC adalah 2,4 Mbit/dtk. Panjang bingkai DAB adalah antara 24 dan 96 ms (tergantung mode).

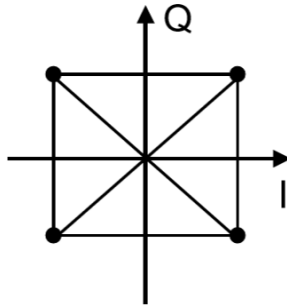


Gambar 9.12. Urutan DQPSK dengan simbol nol dan simbol referensi fase

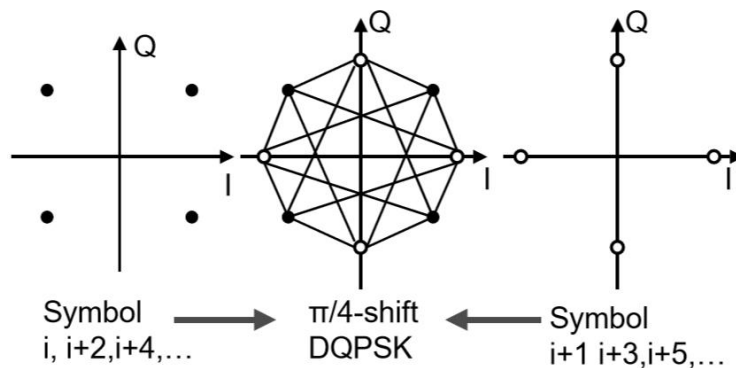
Dalam uraian lebih lanjut, rincian implementasi COFDM di DAB akan dibahas lebih detail. Di DAB, bingkai COFDM dimulai dengan simbol nol. Semua operator hanya disetel ke nol dalam simbol ini. Namun, Gambar 9.12. hanya menunjukkan satu pembawa melalui sejumlah simbol. Simbol pertama yang ditunjukkan di tepi kiri gambar adalah simbol nol di mana vektor memiliki amplitudo nol. Ini diikuti oleh simbol referensi fase yang diacu oleh fase dari simbol data pertama (simbol no. 2). Perbedaan antara simbol referensi fase dan simbol no. 2 dan, melanjutkan dari sana, perbedaan antara dua simbol yang berdekatan memberikan bit yang dikodekan. Yaitu, informasi yang terkandung dalam perubahan fase.

Prinsip yang ditunjukkan pada Gambar. 9.12. masih belum sesuai dengan realitas yang tepat di DAB yang, bagaimanapun, kami mendekati langkah demi langkah.

Gambar 9.12. menunjukkan pemetaan dan transisi status dalam kasus QPSK sederhana atau DQPSK sederhana. Dapat dilihat dengan jelas bahwa pergeseran fasa ± 90 derajat dan ± 180 derajat dimungkinkan. Namun, dalam kasus pergeseran fasa ± 180 derajat, kurva tegangan melewati nol yang menyebabkan kurva amplop terjepit. Dalam metode pembawa tunggal, biasanya, untuk melakukan apa yang disebut $\pi/4$ - menggeser DQPSK alih-alih DQPSK, sehingga menghindari masalah ini. Dalam jenis modulasi ini, fase pembawa digeser 45 derajat dari fase ke fase, yaitu oleh $\pi/4$. Penerima diberitahu tentang ini dan membatalkan proses ini. Contoh DQPSK $\pi/4$ -shift adalah standar radio seluler TETRA. Di DAB juga, metode modulasi ini diadopsi, tetapi dalam kasus ini bersama dengan metode multicarrier COFDM.



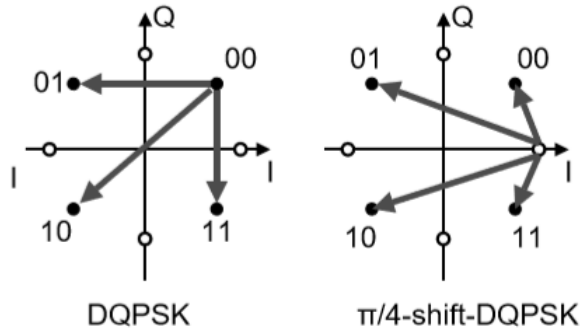
Gambar 9.13. Pemetaan QPSK "normal" atau DQPSK "normal", dengan transisi status yang juga melewati titik nol



Gambar 9.14. Transisi dari DQPSK ke $\pi/4$ -shift DQPSK

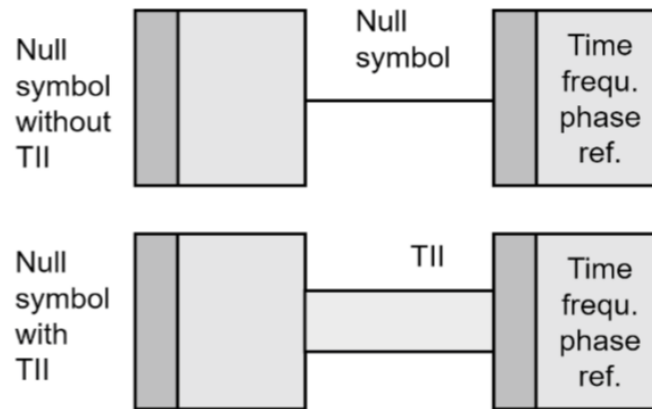
Mengingat sekarang transisi dari DQPSK ke $\pi/4$ -shift DQPSK (Gbr. 25.14.). Di sebelah kiri, pola konstelasi QPSK sederhana ditampilkan. Di sebelah kanan, ditampilkan QPSK yang diputar 45 derajat, yaitu sebesar $\pi/4$. $\pi/4$ -shift DQPSK terdiri dari keduanya. Fase pembawa digeser 45 derajat dari simbol ke simbol. Jika hanya 2 bit per transisi vektor yang akan direpresentasikan, pergeseran fasa 180 derajat dapat dihindari. Dapat ditunjukkan bahwa pergeseran fasa ± 45 derajat ($\pm \pi/4$) dan ± 135 derajat ($\pm 3\pi/4$) cukup untuk mentransmisikan 2 bit per perbedaan simbol dengan pemetaan diferensial. Pola konstelasi $\pi/4$ -shift DQPSK (Gbr. 914., tengah) menunjukkan transisi keadaan yang digunakan. Dapat dilihat bahwa tidak ada pergeseran 180 derajat.

Dalam DAB, $\pi/4$ -shift DQPSK digunakan bersama dengan COFDM. Bingkai COFDM dimulai dengan simbol nol di DAB. Selama waktu ini, semua pembawa diatur ke nol, yaitu $u(t) = 0$ untuk periode simbol COFDM. Ini diikuti oleh simbol referensi fase, atau lebih tepatnya dengan simbol referensi fase frekuensi waktu (TFPR) di mana semua pembawa dipetakan ke $n \cdot 90$ derajat sesuai dengan apa yang disebut urutan CAZAC (Constant Amplitude Zero Autocorrelation). Ini berarti bahwa pembawa dipetakan ke sumbu I atau Q secara berbeda untuk setiap pembawa menurut pola tertentu, yaitu mengasumsikan ruang fase 0, 90, 180, 270 derajat. Simbol referensi fase adalah referensi untuk $\pi/4$ -shift DQPSK dari simbol data pertama, yaitu simbol no. 2. Pembawa dalam simbol No. 2 dengan demikian menempati ruang fase $n \cdot 45$ derajat. Simbol tidak. 3 mendapatkan referensinya dari simbol no. 2 dan menempati ruang fase $n \cdot 90$ derajat dll. Hal yang sama berlaku untuk semua pembawa lainnya.



Gambar 9.15. Pola konstelasi DQPSK dibandingkan dengan $\pi/4$ -shift DQPSK

Gambar 9.15. menunjukkan perbandingan DQPSK dengan $\pi/4$ -shift DQPSK. Aturan pemetaan yang dipilih telah dipilih secara sewenang-wenang di sini dan dapat dengan mudah dipilih secara berbeda.



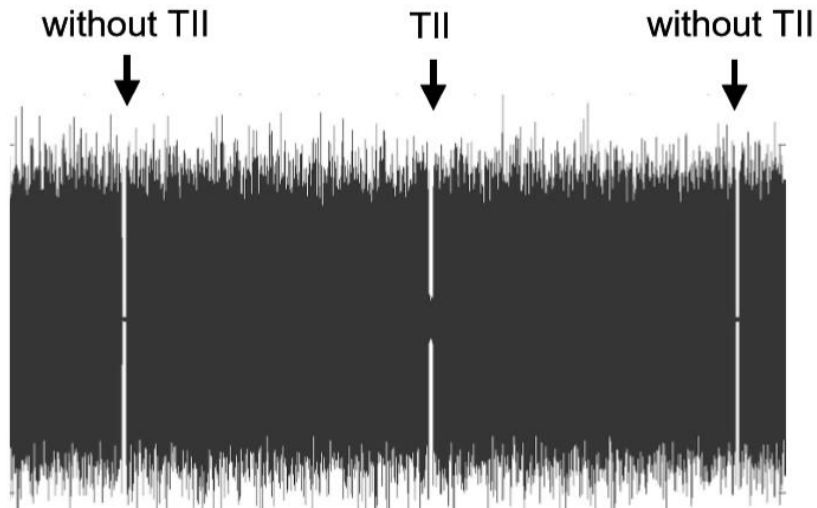
Gambar 9.16. Simbol nol dengan dan tanpa TII

Jika dimaksudkan untuk mentransmisikan kombinasi bit 00 dengan menggunakan DQPSK dalam contoh, sudut fasa tidak akan berubah. Kombinasi bit 01 ditandai dengan pergeseran fasa +45 derajat, kombinasi bit 11 sesuai dengan pergeseran fasa -45 derajat. A 10, pada gilirannya, sesuai dengan pergeseran fasa 180 derajat.

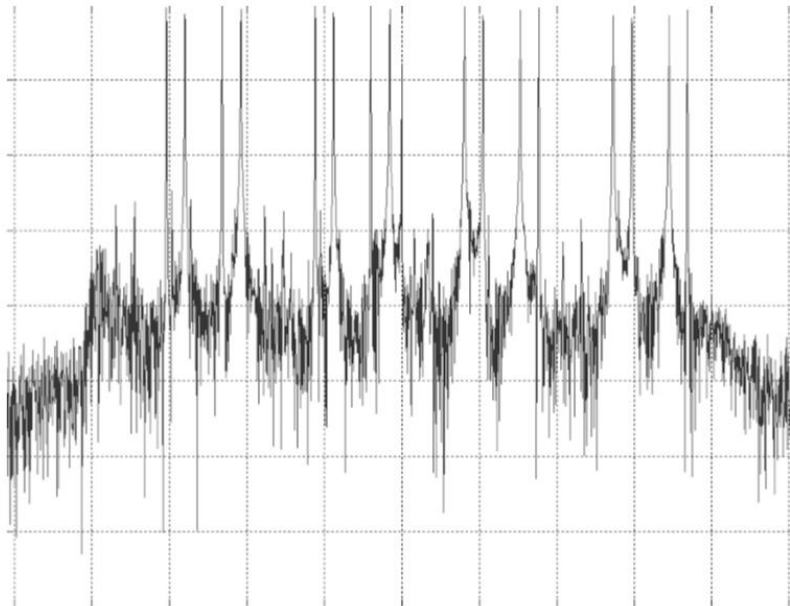
Pada gambar sebelah kanan Gambar 9.15., transisi keadaan dari $\pi/4$ -shift DQPSK ditunjukkan dengan pergeseran fasa ± 45 derajat dan ± 135 derajat. Pembawa tidak pernah berdiam pada fase konstan, juga tidak ada pergeseran fase 180 derajat.

Simbol nol adalah simbol pertama dari bingkai DAB, yang disebut simbol no. 0 dalam urutan numerik. Selama waktu ini, amplitudo sinyal COFDM adalah nol. Panjang simbol nol sesuai kira-kira dengan panjang simbol normal ditambah interval penjaga. Namun, pada kenyataannya, ini sedikit lebih panjang karena digunakan untuk menyesuaikan panjang bingkai DAB hingga tepat 14, 48 atau 96 ms agar sesuai dengan panjang bingkai lapisan audio MPEG-1 atau -2. Simbol null menandai awal dari bingkai DAB COFDM. Ini adalah simbol pertama dari bingkai ini dan dapat dengan mudah dikenali karena semua pembawa di-nolkan selama waktu ini (Gbr. 9.16., Gbr. 9.17., Gbr. 9.19. dan Gbr. 9.20.). Dengan demikian digunakan untuk menyinkronkan waktu penerima

secara kasar. Selama simbol nol, ID pemancar, yang disebut TII (informasi identifikasi pemancar) (Gbr. 9.16. dan Gbr. 9.17.), juga dapat ditransmisikan. Dalam kasus TII, pasangan pembawa tertentu dalam simbol nol ditetapkan dan dapat digunakan untuk memberi sinyal ID pemancar (Gbr. 9.18.).



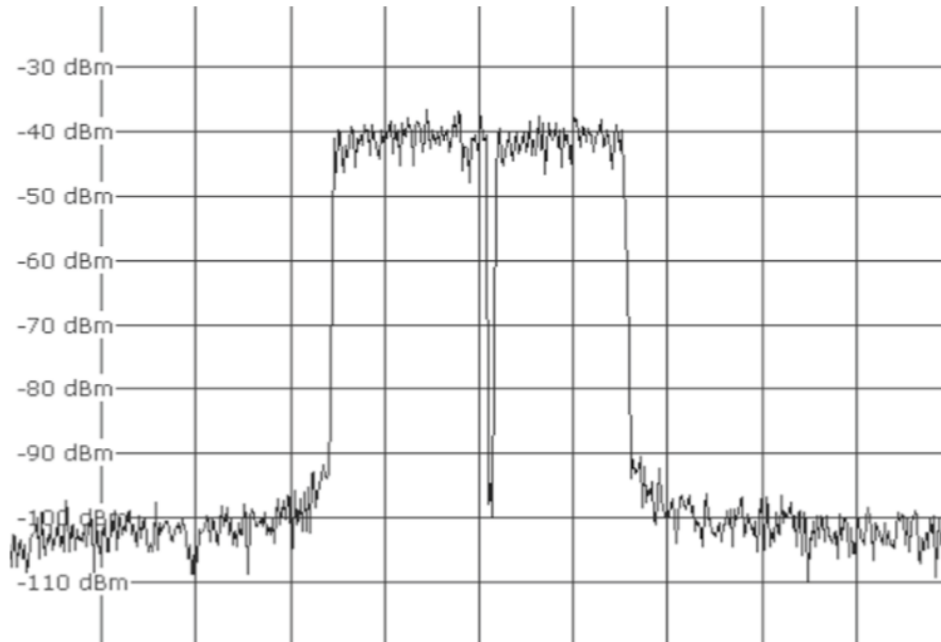
Gambar 9.17. Osilogram dari bingkai DAB dengan simbol nol (hanya setiap simbol nol detik yang menyertakan TII = Informasi Identifikasi Pemancar)



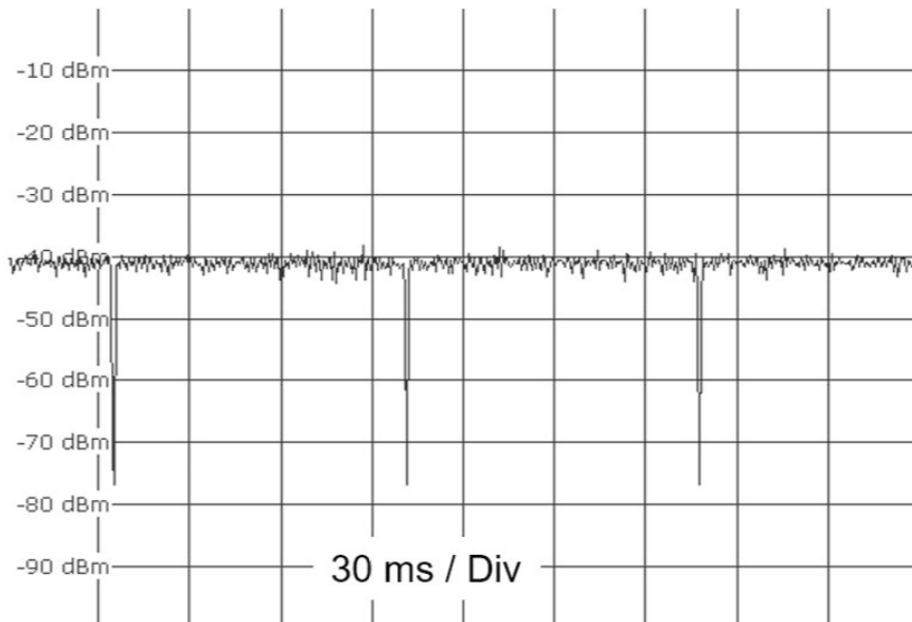
Gambar 9.18. FFT dari simbol nol dengan TII; pasangan pembawa diatur untuk memberi sinyal pada ID Utama TII dan Sub-ID TII

Panjang bingkai, panjang simbol dan dengan demikian juga panjang simbol nol bergantung pada mode DAB dan tercantum dalam Tabel 9.2.

Simbol referensi fase atau simbol TFPR (Time Frequency Phase Reference) adalah simbol yang mengikuti langsung setelah simbol nol. Dalam simbol ini, semua pembawa diatur ke posisi fase tetap tertentu sesuai dengan urutan CAZAC (Constant Amplitude Zero Autocorrelation). Simbol ini digunakan untuk penerima AFC (kontrol frekuensi otomatis), di satu sisi, dan, di sisi lain, sebagai referensi fase awal untuk DQPSK /4-shift.



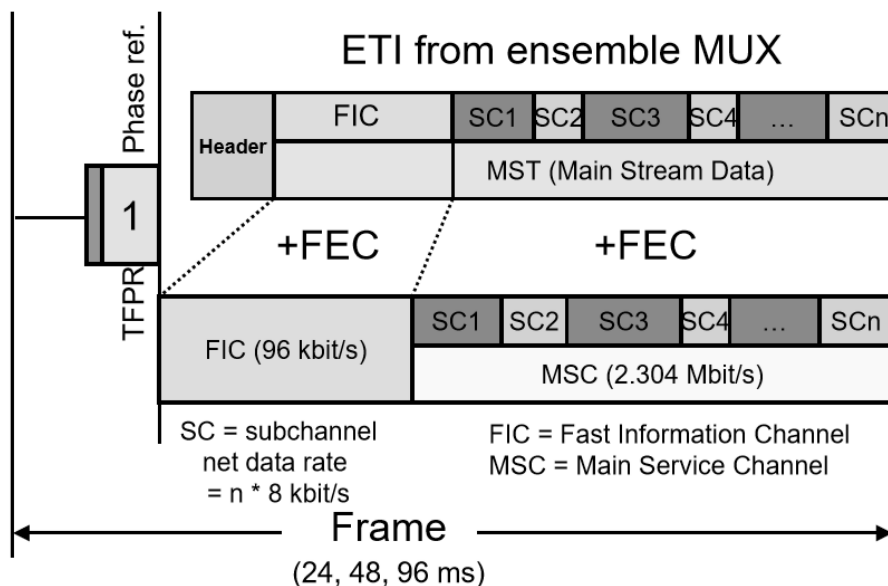
Gambar 9.19. Spektrum sinyal DAB dengan simbol nol berjalan melalui



Gambar 9.20. Spektrum sinyal DAB dengan rentang nol; bingkai DAB dengan simbol nol dapat dengan mudah dilihat (Mode I)

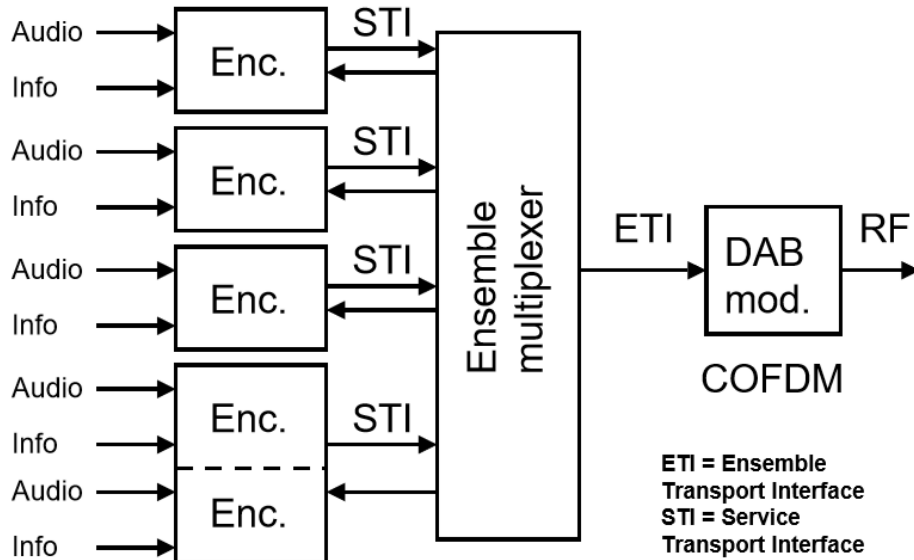
Penerima juga dapat menggunakan simbol ini untuk menghitung respons impuls channel untuk melakukan sinkronisasi waktu yang akurat, antara lain untuk memposisikan jendela pengambilan sampel FFT di penerima. Respons impuls memungkinkan jalur Echo individu untuk diidentifikasi. Selama simbol TFPR, pembawa diatur ke 0, 90, 180 atau 270 derajat, berbeda untuk setiap pembawa. Aturan yang relevan didefinisikan dalam tabel dalam standar (Urutan CAZAC).

Kembali sekarang ke sinyal data DAB, kecepatan data kotor channel DAB adalah 2,4 Mbit/s. Dengan mengurangi FIC (Fast Information Channel) yang digunakan untuk konfigurasi receiver, dan proteksi error (convolutional coding), diperoleh kecepatan data bersih (0.8) 1.2 ... 1.73 Mbit/s. Berbeda dengan DVB, DAB beroperasi sepenuhnya secara sinkron. Sedangkan di DVB-T, tidak ada struktur kerangka COFDM yang dapat dikenali dalam sinyal data, transport stream MPEG-2, sinyal data DAB juga terdiri dari bingkai. Bingkai DAB COFDM (Gbr. 25.21.) dimulai dengan simbol nol.



Gambar 9.21. bingkai DAB

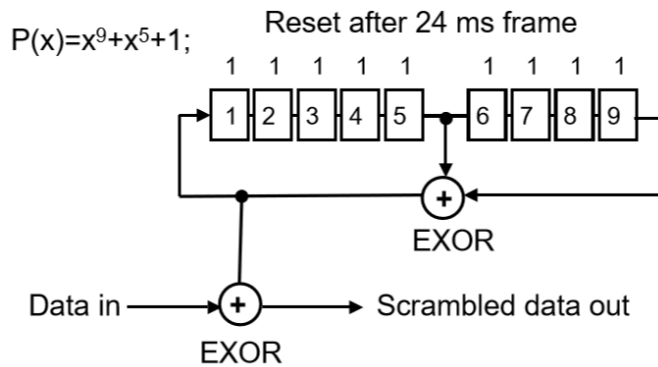
Selama waktu ini, sinyal RF di-nolkan. Ini diikuti oleh simbol referensi. Tidak ada transmisi data selama waktu simbol nol dan simbol referensi. Transmisi data dimulai dengan simbol COFDM no. 2 dengan transmisi FIC (Fast Information Channel), diikuti oleh MSC, Main Service Channel. FIC dan MSC sudah berisi error protection (FEC) yang disisipkan oleh modulator. Perlindungan kesalahan yang digunakan dalam FIC adalah sama dan yang digunakan dalam MSC tidak sama. Perlindungan kesalahan yang sama berarti bahwa semua data diberikan perlindungan kesalahan yang sama, perlindungan kesalahan yang tidak sama berarti bahwa data yang lebih penting dilindungi lebih baik daripada yang tidak penting. Kecepatan data FIC adalah 96 kbit/s, kecepatan data MSC adalah 2,304 Mbit/s. Bersama-sama, kecepatan data kotor 2,4 Mbit/s diperoleh. Bingkai DAB memiliki panjang 77 simbol COFDM dalam mode I, II, IV dan 153 simbol COFDM dalam mode III. Frame terdiri dari $1536 \cdot 2 \cdot 76 \text{ bit} = 233472 \text{ bit}$ dalam mode DAB I, $384 \cdot 2 \cdot 76 \text{ bit} = 58638 \text{ bit}$ dalam mode II, $152 \cdot 2 \cdot 151 \text{ bit} = 57984 \text{ bit}$ dalam mode III dan $768 \cdot 76 \text{ bit} = 116736 \text{ bit}$ dalam mode IV.



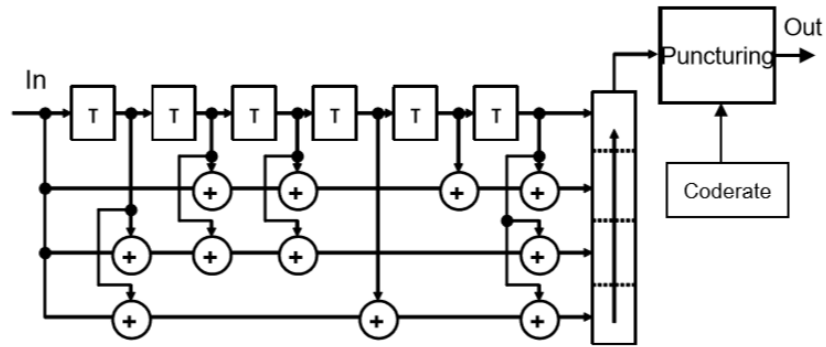
Gambar 9.22. Umpan DAB melalui ETI

Data DAB diumpkan dari multiplexer ensemble ke modulator dan pemancar DAB melalui sinyal data yang disebut ETI (Ensemble Transport Interface). Kecepatan data sinyal ETI lebih rendah daripada frame DAB karena belum mengandung perlindungan kesalahan. Perlindungan kesalahan hanya ditambahkan di modulator (pengkodean konvolusi dan interleaving). Namun, sinyal ETI sudah berisi struktur rangka DAB (Gbr. 25.21.). Bingkai ETI dimulai dengan sebuah header. Ini diikuti oleh data Fast Information Channel (FIC). Setelah itu muncul mainstream (MST). Arus utama dibagi menjadi sub-channel. Hingga 64 subchannel dimungkinkan. Informasi tentang struktur arus utama dan perlindungan kesalahan yang akan ditambahkan dalam modulator dapat ditemukan di Fast Information Channel (FIC). FIC dimaksudkan untuk konfigurasi otomatis penerima.

Modulator memperoleh informasinya untuk komposisi dan konfigurasi datastream multipleks dari header ETI.



Gambar 9.23. Pengacakan data



$$\text{Coderate} = \text{in} / \text{out};$$

8/9, 8/10, 8/11, ...8/32

Gambar 9.24. Pengkodean konvolusi DAB dengan tusukan

DAB – Koreksi Kesalahan Teruskan

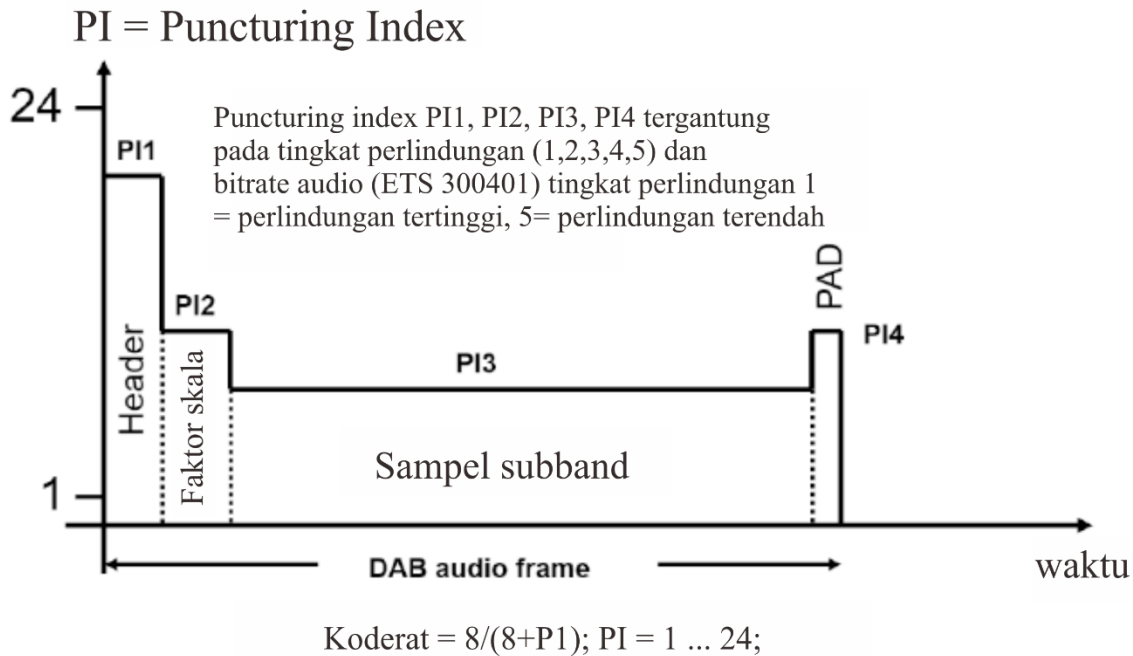
Pada bagian ini, proteksi kesalahan, *Forward Error Correction* (FEC) yang digunakan dalam DAB akan dibahas secara lebih rinci.

Di DAB, semua subchannel dilindungi dari kesalahan secara individual dan pada derajat yang berbeda (Gbr. 9.5. dan 9.6.). Hingga 64 subchannel dimungkinkan. Perlindungan kesalahan (FEC) dilakukan di modulator DAB.

Sebelum datastream dilengkapi dengan perlindungan kesalahan, datastream diacak (Gbr. 25.23.). Ini dilakukan dengan mencampurkan dengan urutan biner acak semu (PRBS). PRBS dihasilkan dengan bantuan register geser dengan umpan balik. Datastream kemudian dicampur dengan PRBS ini dengan menggunakan gerbang OR eksklusif. Ini memecah urutan panjang satu dan nol yang mungkin ada dalam datastream. Ini disebut penyebaran energi. Dalam metode pembawa tunggal, penyebaran energi diperlukan untuk mencegah vektor pembawa tetap pada posisi konstan. Hal ini akan menyebabkan garis spektral diskrit. Tetapi perlindungan kesalahan juga hanya beroperasi dengan benar jika ada pergerakan dalam sinyal data. Hal inilah yang menjadi alasan mengapa scrambling ini dilakukan pada awal FEC juga pada metode COFDM. Setiap 24 ms, susunan register geser dimuat dengan semuanya dan dengan demikian diatur ulang.

Setelah pengkodean konvolusi, datastream telah diperluas dengan faktor empat. Namun, datastream output sekarang membawa 300% overhead, yaitu perlindungan kesalahan. Ini menurunkan kecepatan data bersih yang tersedia. Overhead ini, dan dengan demikian perlindungan kesalahan, dapat dikontrol di unit penusuk. Kecepatan data dapat diturunkan lagi dengan menghilangkan bit secara selektif. Menghilangkan, yaitu menusuk, dilakukan sesuai dengan skema yang diketahui oleh pemancar dan penerima: skema menusuk. Tingkat kode menggambarkan tusukan dan dengan demikian memberikan ukuran untuk perlindungan kesalahan. Kode rate hanya dihitung dari rasio input data rate untuk output data rate. Di DAB, bisa divariasikan antara 8/9, 8/10, 8/11...8/32. 8/32 memberikan perlindungan kesalahan terbaik pada kecepatan data bersih terendah, 8/9 memberikan perlindungan kesalahan terendah pada kecepatan data bersih tertinggi. Berbagai konten data dilindungi ke tingkat yang berbeda di DAB. Akan tetapi, sering kali terjadi error burst selama transmisi. Jika kesalahan burst berlangsung lebih lama,

perlindungan kesalahan akan gagal. Untuk alasan ini, data disisipkan dalam langkah operasi lebih lanjut, yaitu didistribusikan selama periode waktu tertentu. Interleaving panjang lebih dari 384 ms membuat sistem sangat kuat dan cocok untuk penggunaan seluler. Selama de-interleaving di ujung penerima, setiap kesalahan burst yang mungkin ada kemudian dipecah dan didistribusikan lebih luas dalam datastream. Sekarang lebih mudah untuk memperbaiki kesalahan burst ini, yang telah menjadi kesalahan tunggal, dan ini tanpa overhead data tambahan. Dalam DAB ada dua jenis perlindungan kesalahan yang digunakan, yaitu perlindungan kesalahan yang sama dan perlindungan kesalahan yang tidak sama.



Gambar 9.25. Koreksi kesalahan maju yang tidak sama dari bingkai audio DAB

Perlindungan kesalahan yang sama berarti bahwa semua komponen disediakan dengan overhead FEC yang sama. Ini berlaku untuk Fast Information Channel (FIC) dan untuk kasus transmisi data murni.

Konten audio, yaitu komponen bingkai audio MPEG-1 atau -2 membawa perlindungan yang tidak setara. Beberapa komponen dalam bingkai audio lebih penting karena kesalahan bit akan menyebabkan gangguan yang lebih besar di sana dan oleh karena itu bagian-bagian ini lebih terlindungi. Komponen-komponen yang berbeda dalam bingkai audio ini disediakan dengan tingkat kode yang berbeda.

Dalam banyak metode transmisi, perlindungan kesalahan yang sama konstan digunakan. Contohnya adalah DVB. Di DAB, hanya sebagian informasi yang akan dikirimkan yang diberikan perlindungan kesalahan yang sama. Ini termasuk data berikut: FIC dilindungi sama dengan tingkat kode rata-rata 1/3. Data mode paket dapat diberikan dengan laju kode 2/8, 3/8, 4/8 atau 6/8.

Paket audio MPEG dilindungi dengan perlindungan kesalahan yang tidak sama yang juga dapat dikontrol di DAB. Beberapa komponen paket audio MPEG lebih sensitif terhadap kesalahan bit daripada yang lain.

Komponen dalam bingkai audio DAB yang dilengkapi dengan perlindungan kesalahan yang berbeda adalah:

- Tajuk
- Faktor skala
- Sampel subband
- Data terkait program (PAD)

Header harus dilindungi dengan sangat baik. Jika kesalahan terjadi di header, ini akan menyebabkan masalah sinkronisasi yang serius. Faktor skala juga harus dilindungi dengan baik karena kesalahan bit di area ini akan membuat pendengaran menjadi sangat tidak menyenangkan. Sampel subband kurang sensitif dan perlindungan kesalahannya juga lebih rendah.

Gambar 9.25. menunjukkan contoh perlindungan kesalahan yang tidak sama dalam bingkai audio DAB. Indeks penusuk menggambarkan kualitas perlindungan kesalahan. Dari indeks tusukan, laju kode di bagian yang relevan dapat dengan mudah dihitung menggunakan rumus berikut:

$$code_rate = 8/(8+PI);$$

di mana $PI = 1 \dots 24$, indeks tusukan.

Indeks penusuk, pada gilirannya, diperoleh dari tingkat perlindungan, yang berada dalam kisaran 1, 2, 3, 4 atau 5, dan bit rate audio. Tabel 25.3. daftar tingkat kode rata-rata sebagai fungsi dari tingkat perlindungan dan tingkat bit audio. PL1 menawarkan perlindungan kesalahan tertinggi dan PL5 menawarkan perlindungan kesalahan terendah.

Tabel 9.3. Tingkat perlindungan DAB dan tarif kode rata-rata

Audio bitrate [kbit/s]	tingkat perlindungan kode tingkat 1	tingkat perlindungan kode tingkat 2	tingkat perlindungan kode tingkat 3	tingkat perlindungan kode tingkat 4	tingkat perlindungan kode tingkat 5
32	0.34	0.41	0.50	0.57	0.75
48	0.35	0.43	0.51	0.62	0.25
56	X	0.40	0.50	0.60	0.72
64	0.34	0.41	0.50	0.57	0.75
80	0.36	0.43	0.52	0.58	0.75
96	0.35	0.43	0.51	0.62	0.75
112	X	0.40	0.50	0.60	0.72
128	0.34	0.41	0.50	0.57	0.75
160	0.36	0.43	0.52	0.58	0.75
192	0.35	0.43	0.51	0.62	0.75
224	0.36	0.40	0.50	0.60	0.72
256	0.34	0.41	0.50	0.57	0.75
320	X	0.43	X	0.58	0.75
384	0.35	X	0.51	X	0.75

Tabel 9.4. menunjukkan rasio sinyal/noise minimum yang diperlukan SNR dan jumlah program yang dapat diakomodasi dalam datastream DAB multipleks berdasarkan kecepatan data 192 kbit/dtk per program, bergantung pada tingkat perlindungan. Jika, misalnya Dengan menggunakan PL3, 6 program masing-masing 196 kbit/s dapat diakomodasi dalam datastream DAB multipleks dan rasio sinyal/noise minimum yang dibutuhkan adalah 11 dB. Laju data kotor dari sinyal DAB (termasuk perlindungan kesalahan) adalah 2,4 Mbit/dtk dan laju data bersih antara (0,8) 1,2 dan 1,7 Mbit/dtk tergantung pada perlindungan kesalahan yang dipilih.

Tabel 9.4. Kapasitas channel DAB dan SNR minimum

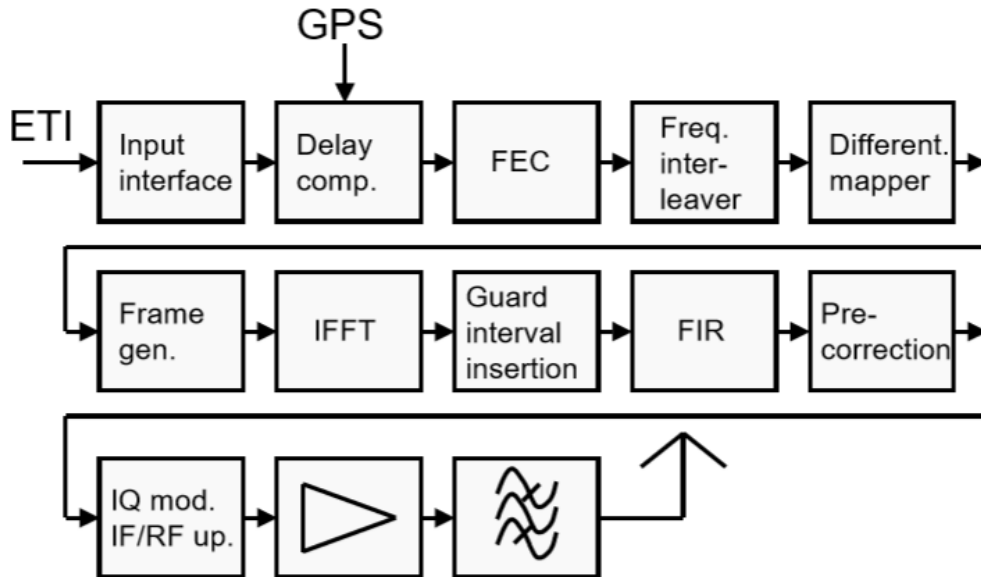
Protection level (FEC)	No. of programs at 196 kbit/s	SNR [dB]
PL1 (highest)	4	7.4
PL2	5	9.0
PL3	6	11.0
PL4	7	12.7
PL5 (lowest)	8	16.5

Tabel 9.5. Parameter dan kualitas DAB

Program type	Format	Quality	Sampling rate [kHz]	Protection level	Bitrate [kbit/s]
music/voice	mono	broadcast	48	PL2 oder 3	112...160
music/voice	2-channel stereo	broadcast	48	PL2 oder 3	128...224
music/voice	multichannel	broadcast	48	PL2 oder 3	384...640
voice	mono	acceptable	24 oder 48	PL3	64...112
news	mono	intelligible	24 oder 48	PL4	32 or 64
data	--	--		PL4	32 or 64

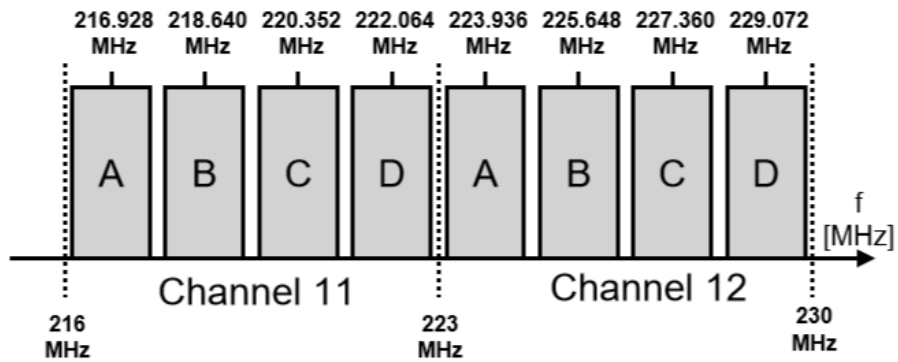
Perlindungan kesalahan yang tidak sama dalam DAB memiliki efek bahwa penerimaan DAB tidak terputus secara tiba-tiba ketika sinyal turun di bawah rasio SNR minimum tertentu. Pada awalnya, gangguan terdengar muncul dan penerimaan berhenti hanya sekitar 2 dB kemudian. Tabel 9.5. menunjukkan tingkat perlindungan dan kecepatan audio yang sering dipilih di DAB.

Sekarang mari kita perhatikan diagram blok keseluruhan dari modulator DAB (Gbr. 9.26.) dan pemancar. ETI (Ensemble Transport Interface) hadir pada antarmuka input di mana modulator menyinkronkan dirinya dengan sinyal ETI. Dalam kasus jaringan frekuensi tunggal, kompensasi penundaan dilakukan dalam modulator yang dikontrol melalui TIST (Stempel Waktu) dalam sinyal ETI. Ini diikuti oleh perlindungan kesalahan (FEC) yang berbeda untuk setiap konten sinyal.



Gambar 9.26. Diagram blok modulator dan pemancar DAB

Datastream yang dilindungi kesalahan kemudian disisipkan frekuensi, yaitu didistribusikan. Setiap pembawa COFDM diberikan bagian dari datastream yang selalu 2 bit per pembawa di DAB. Dalam pemetaan diferensial, tabel bagian nyata dan imajiner kemudian dibentuk, yaitu posisi vektor saat ini ditentukan untuk setiap pembawa. Setelah ini frame DAB dengan simbol null, simbol TFPR dan simbol data dibentuk dan tabel bagian real dan imajiner yang lengkap kemudian dipasok ke IFFT, Inverse Fast Fourier Transform. Setelah itu, kita kembali ke domain waktu di mana interval penjaga ditambahkan ke simbol dengan mengulangi akhir simbol berikut. Setelah penyaringan FIR, pra-koreksi dilakukan di pemancar daya untuk mengkompensasi non-linearitas jumlah dan fase dari karakteristik penguat. Modulator IQ berikut biasanya merupakan konverter IF/RF up pada saat yang bersamaan. Saat ini, modulasi langsung biasanya digunakan, yaitu konversi langsung dari baseband ke RF. Ini diikuti oleh penguatan daya dalam tahap output transistor. Non-linearitas yang tersisa dan pemotongan puncak tegangan yang diperlukan menjadi sekitar 13 dB menghasilkan apa yang disebut bahu sinyal DAB. Ini adalah komponen out-off-band yang akan mengganggu channel yang berdekatan.



Band III: 174 – 240 MHz
 L Band: 1452 – 1492 MHz

Gambar 9.27. Alokasi channel DAB dengan channel 11 dan 12 sebagai contoh

Channel	Frekuensi tengah [MHz]
5A	174.928
5B	176.640
5C	178.352
5D	180.064
6A	181.936
6B	183.648
6C	185.360
6D	187.072
7A	188.928
7B	190.640
7C	192.352
7D	194.064
8A	195.936
8B	197.648
8C	199.360
8D	201.072
9A	202.928
9B	204.640
9C	206.352
9D	208.064
10A	209.936
10N	210.096
10B	211.648
10C	213.360
10D	215.072
11A	216.928
11N	217.088

11B	218.640
11C	220,352
11D	222.064
12A	223.936
12N	224.096
12B	225.648
12C	227.360
12D	229.072
13A	230.784
13B	232.496
13C	234.208
13D	235.776
13E	237.488
13F	239.200

Tabel 9.6. Band meja channel DAB III VHF

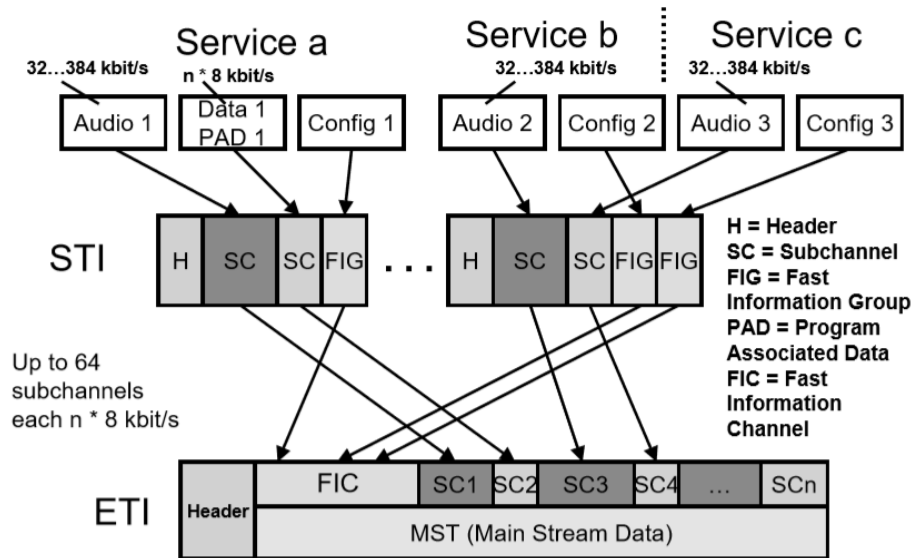
Channel	frekuensi tengah [MHz]
LA	1.452.960
LB	1.454.672
LC	1.456.384
LD	1.458.096
LF	1461,52
LG	1.463.232
LH	1464,944
LI	1.466.656
LJ	1.468.368
LK	1.470.080
LL	1.471.792
LM	1473,504
LN	1.475.216
LO	1.476.928
LP	1.478.640
LQ	1.480.352
LR	1.482.064
LS	1.483.776
LT	1.485.488
LU	1.487.200
LV	1.488.912
LW+A728:B750	1.490.624

Tabel 9.7. Tabel channel DAB pita L

Channel	frekuensi tengah [MHz]
1	1.452.816
2	1.454.560
3	1.456.304
4	1.458.048
5	1.459.792
6	1461,536
7	1.463.280
8	1.465.024
9	1.466.768
10	1.468.512
11	1.470.256
12	1.472.000
13	1473,744
14	1.475.488
15	1.477.232
16	1.478.976
17	1.480.720
18	1.482.464
19	1.484.464
20	1485,952
21	1.487.696
22	1.489.440
23	1491,184

Tabel 9.8. Tabel channel DAB pita L, Kanada

Untuk alasan ini ada filter bandpass pasif lainnya (filter topeng). Tanpa pra-koreksi sinyal DAB akan memiliki redaman bahu sekitar 30 dB. Jika pra-koreksi telah diatur dengan benar, redaman bahu akan menjadi sekitar 40 dB. Ini masih akan mengganggu channel yang berdekatan dan tidak akan diizinkan oleh Otoritas. Setelah filter topeng, bahu kemudian diturunkan 10 dB lagi.



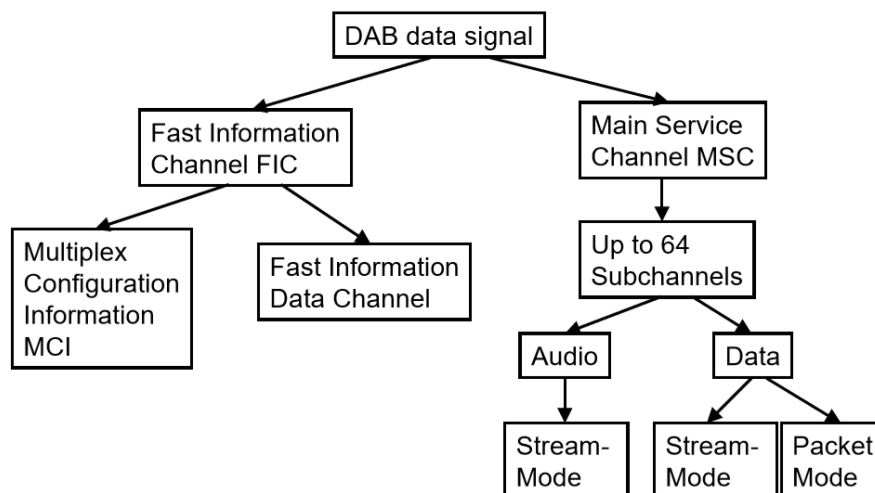
Gambar 9.28. Komposisi datastream ETI

Gambar 9.27. menunjukkan blok DAB yang sering digunakan. Channel VHF (bandwidth 7 MHz) dibagi menjadi 4 blok DAB. Blok kemudian disebut mis. blok 12A, 12B, 12C atau 12D.

Tabel 9.6., 9.7. dan 9.8. daftar tabel channel yang digunakan di DAB. Setiap channel DAB memiliki lebar $7/4 \text{ MHz} = 1,75 \text{ MHz}$. Namun, bandwidth sinyal COFDM hanya 1,536 MHz dan dengan demikian ada pita pelindung untuk channel yang berdekatan.

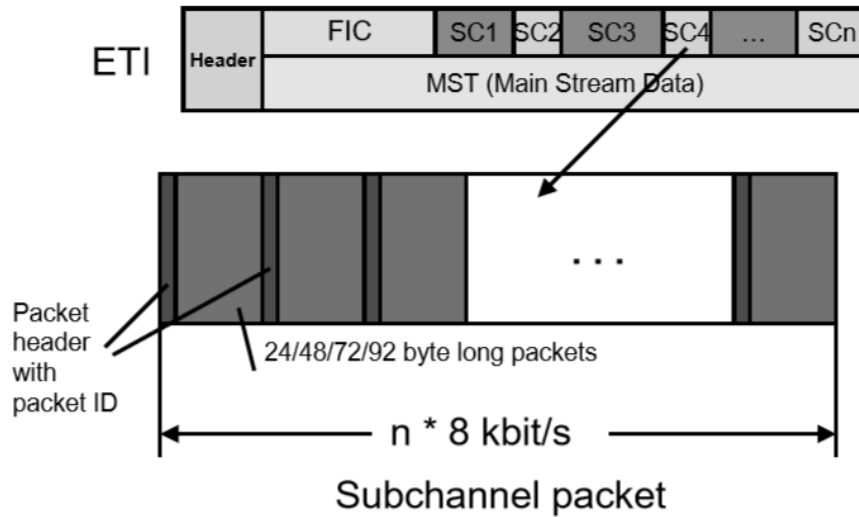
Struktur Data DAB

Pada bagian berikut fitur-fitur penting dari struktur data DAB akan dijelaskan. Dalam DAB, sejumlah sinyal audio berkode MPEG-1 atau -2 Audio Layer II (MUSICAM) digabungkan untuk membentuk ensemble (Gbr. 9.28.) ditransmisikan dalam channel DAB selebar 1,75 MHz. Kecepatan data bersih maksimum channel DAB adalah sekitar 1,7 Mbit/dtk dan laju data kotor adalah 2,4 Mbit/dtk. Kecepatan data channel audio adalah antara 32 dan 384 kbit/dtk.

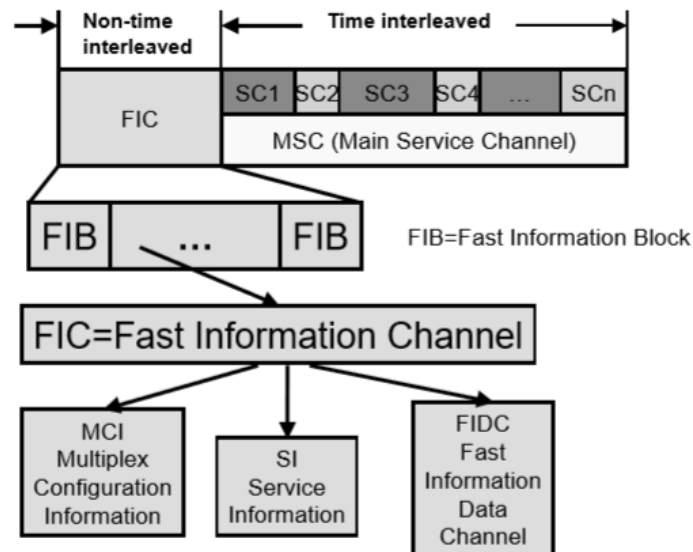


Gambar 9.29. struktur data DAB

Sinyal data DAB (ETI) terdiri dari Channel Informasi Cepat (FIC) dan channel Layanan Utama (MSC) (Gbr. 9.29.). Dalam Channel Informasi Cepat, modulator dan penerima diinformasikan tentang komposisi datastream multipleks melalui Informasi Konfigurasi Multipleks (MCI). Channel Layanan Utama berisi hingga 64 subchannel dengan kecepatan data masing-masing $n \cdot 8$ kbit/s (Gbr. 9.30.). Di subchannel, sinyal audio dan data ditransmisikan. Modulator dan penerima memperoleh informasi tentang komposisi Channel Layanan Utama dari Multiplex Configuration Information (MCI).



Gambar 9.30. Struktur data DAB dalam mode paket

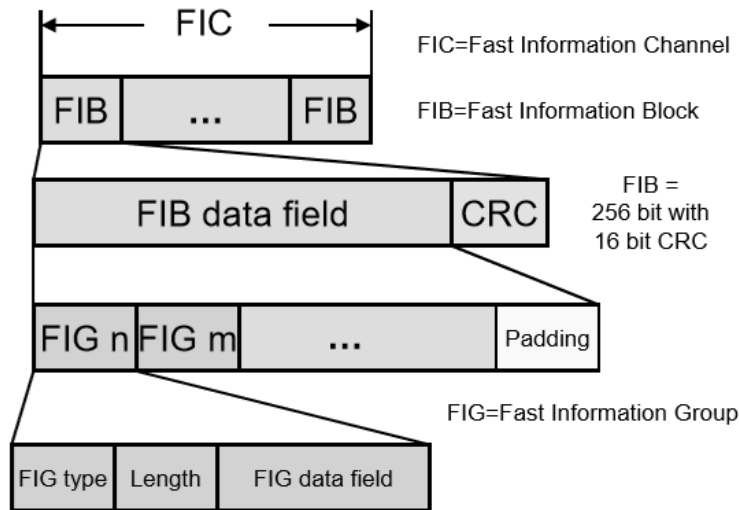


Gambar 9.31. Struktur Channel Informasi Cepat DAB (FIC)

Transmisi di subchannel dapat dilakukan dalam Stream Mode dan Packet Mode. Dalam Stream Mode, data ditransmisikan secara terus menerus. Dalam Mode Paket, subchannel juga dibagi

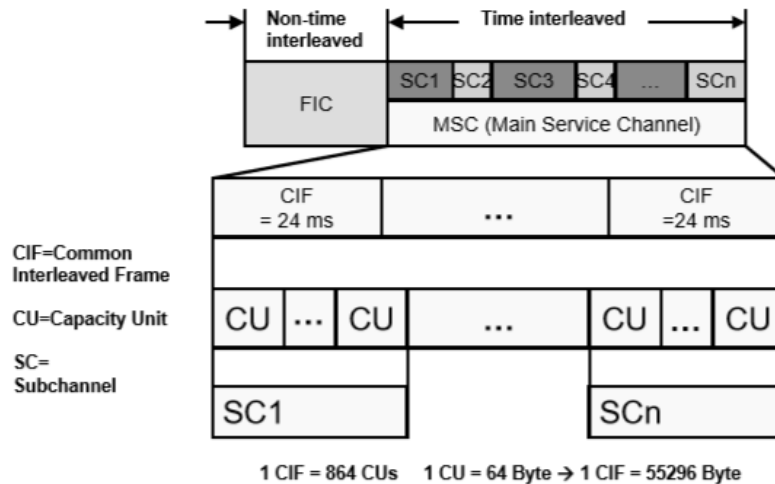
menjadi sub-paket dengan panjang yang konstan. Audio selalu ditransmisikan dalam Mode Streaming. Struktur data di sini ditentukan sebelumnya oleh pengkodean audio (pola 24/48 ms). Data dapat ditransmisikan dalam Mode Paket (mis. MOT - Transfer Objek Multimedia) atau dalam Mode Stream (mis. T-DMB). Dalam Mode Paket, datastream yang paling bervariasi dapat ditransmisikan dalam subchannel.

Dalam Mode Aliran, subchannel digunakan sepenuhnya untuk datastream berkelanjutan. Ini adalah kasus misalnya selama transmisi audio. Data juga dapat ditransmisikan dalam mode streaming. Ini adalah kasus misalnya dalam metode T-DMB (Korea Selatan). Dalam Mode Paket, subchannel juga dibagi menjadi paket-paket dengan panjang konstan 24, 48, 72 atau 92 byte. Sebuah paket dimulai dengan header paket sepanjang 5 byte yang berisi ID paket, antara lain. ID paket dapat digunakan untuk mengidentifikasi konten. Sebuah paket diakhiri dengan checksum CRC. Ini memberikan penggunaan subchannel yang fleksibel. Dimungkinkan untuk menyematkan layanan data yang berbeda dan menyediakan kecepatan data variabel.



Gambar 9.32. Struktur DAB FIC

Pada bagian berikut, struktur dan isi Fast Information Channel (FIC) (Gbr. 9.31. dan 9.32.) dan Main Service Channel (MSC) akan dibahas secara lebih rinci. Informasi yang dikirimkan dalam channel informasi cepat dan channel layanan utama berasal dari Main Stream Data (MST) dari Ensemble Transport Interface (ETI). FIC dan MSC dilengkapi dengan perlindungan kesalahan (FEC) di modulator, FIC diberikan perlindungan terkuat. Perlindungan kesalahan dalam MSC dapat dikonfigurasi. Kekuatan proteksi kesalahan di MSC disinyalkan ke penerima di FIC.



Gambar 9.33. Channel layanan utama DAB

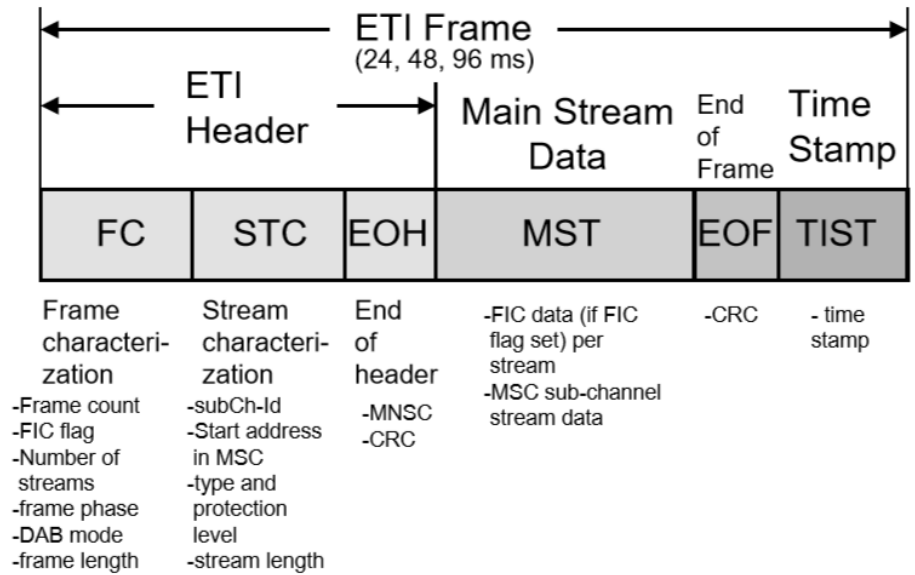
Dalam MSC, masing-masing subchannel ditransmisikan, total 64 subchannel yang mungkin. Setiap subchannel dapat dilindungi dari kesalahan ke tingkat yang berbeda yang juga ditandai di FIC. Subchannel digabungkan atau lebih tepatnya dialokasikan ke layanan.

Channel Informasi Cepat tidak disisipkan waktu tetapi kesalahan yang ditransmisikan dilindungi dalam apa yang disebut Blok Informasi Cepat (FIB).

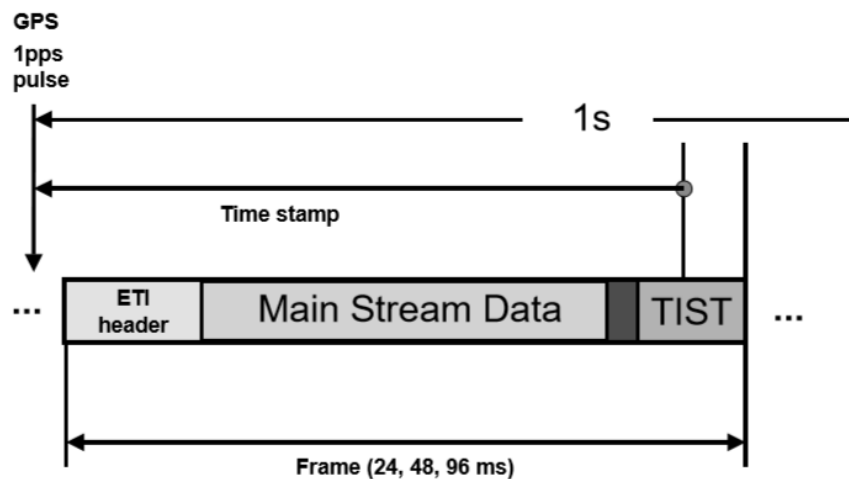
Dalam FIC, Informasi Konfigurasi Multipleks (MCI) ditransmisikan yang merupakan informasi tentang komposisi datastream multipleks, serta Informasi Layanan (SI) dan Channel Data Informasi Cepat (FIDC).

SI mengirimkan informasi tentang program yang dikirimkan, layanan. Di FIDC, data multi-program tambahan yang cepat ditransmisikan.

Fast Information Channel (FIC) terdiri dari Fast Information Blocks dengan panjang 256 bit. FIB terdiri dari bidang data FIB dan checksum CRC dengan lebar 16-bit. Di area data FIB, pesan ditransmisikan dalam apa yang disebut Fast Information Groups (FIG). Setiap Gambar diidentifikasi oleh jenis Gambarnya. Gambar terdiri dari jenis Gambar, panjang dan bidang data Gambar di mana pesan yang sebenarnya ditransmisikan.



Gambar 9.34. Struktur rangka DAB ETI



Gambar 9.35. Sinkronisasi modulator DAB melalui TIST dalam bingkai ETI

Di channel layanan utama (Gbr. 9.33.), masing-masing subchannel disiarkan. Sebanyak 64 subchannel dimungkinkan. Setiap subchannel memiliki kecepatan data $n \cdot 8$ kbit/s. MSC terdiri dari apa yang disebut Common Interleaved Frames (Gbr. 9.33.) yang memiliki panjang 24 ms dan terdiri dari Unit Kapasitas (CU) dengan panjang 64 byte. Secara keseluruhan, 864 CU menghasilkan satu CIF yang kemudian memiliki panjang 55296 byte. Sejumlah CU membentuk satu subchannel di mana frame audio atau data ditransmisikan.

Jaringan Frekuensi Tunggal DAB

Dalam teks lebih lanjut, jaringan frekuensi tunggal DAB (SFN) dan sinkronisasinya akan dibahas.

COFDM secara optimal cocok untuk operasi frekuensi tunggal. Dalam operasi frekuensi tunggal, semua pemancar beroperasi pada frekuensi yang sama, itulah sebabnya operasi frekuensi tunggal

sangat ekonomis dalam kaitannya dengan frekuensi. Semua pemancar memancarkan sinyal yang benar-benar identik dan harus beroperasi sepenuhnya secara sinkron untuk alasan ini. Sinyal dari pemancar yang berdekatan terlihat ke penerima DAB seolah-olah hanya Echo.

Kondisi yang paling sederhana adalah sinkronisasi frekuensi karena akurasi dan stabilitas frekuensi sudah harus memenuhi persyaratan tinggi pada radio terrestrial analog. Di DAB, RF pemancar terikat dengan referensi terbaik. Karena sinyal satelit GPS (Global Positioning System) tersedia di seluruh dunia, digunakan sebagai referensi untuk sinkronisasi frekuensi transmisi jaringan frekuensi tunggal DAB.

Satelit GPS memancarkan sinyal 1pps yang dihubungkan dengan osilator 10 MHz pada penerima GPS profesional yang digunakan sebagai sinyal referensi untuk pemancar DAB.

Namun, ada juga persyaratan ketat terkait dengan jarak pemancar maksimum. Jarak pemancar maksimum yang mungkin adalah hasil dari panjang interval penjaga dan kecepatan cahaya dan waktu propagasi terkait. Interferensi antar-simbol hanya dapat dihindari jika dalam penerimaan multi-jalur tidak ada jalur yang memiliki waktu propagasi lebih lama dari panjang interval penjaga. Pertanyaan tentang apa yang akan terjadi jika sinyal pemancar yang lebih jauh yang melanggar interval penjaga diterima dapat dengan mudah dijawab. Interferensi antar-simbol yang dihasilkan menjadi terlihat sebagai noise yang mengganggu di penerima. Sinyal dari pemancar yang lebih jauh harus dilemahkan dengan cukup baik. Ambang untuk operasi yang hampir bebas kesalahan diatur oleh kondisi yang sama seperti dalam kasus noise murni. Oleh karena itu, sangat penting bahwa jaringan frekuensi tunggal memiliki tingkat yang benar. Bukan daya pancar maksimum yang diperlukan di setiap lokasi, tetapi yang benar. Perencanaan jaringan membutuhkan informasi topografi.

Dengan kecepatan cahaya $C=299792458$ m/s diperoleh delay sinyal sebesar 3,336 s per kilometer jarak pemancar.

Jarak maksimum antara pemancar yang berdekatan mungkin dengan DAB dalam jaringan frekuensi tunggal ditunjukkan pada Tabel 25.9.

	Mode I	Mode IV	Mode II	Mode III
Symbol duration	1 ms	500 μ s	250 μ s	125 μ s
Guard interval	246 ms	123 μ s	62 μ s	31 μ s
Symbol+guard	1246 μ s	623 μ s	312 μ s	156 μ s
Max. transmitter distance	73.7 km	36.8 km	18.4 km	9.2 km

Tabel 9.9. Parameter SFN di DAB

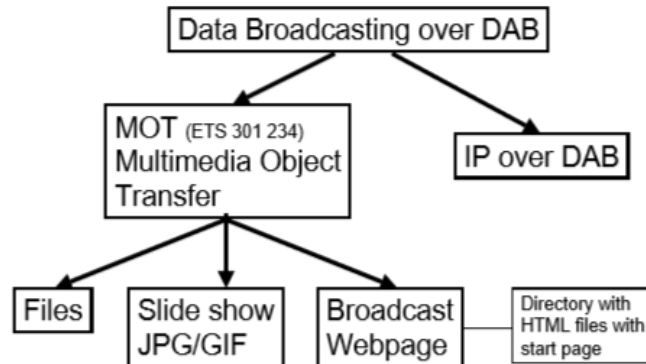
Dalam jaringan frekuensi tunggal, semua pemancar individual harus beroperasi secara sinkron satu sama lain. Kontribusi disediakan oleh multiplexer ensemble DAB di mana multiplexer DAB berada, mis. melalui satelit, serat optik atau link microwave. Jelas bahwa karena panjang jalur yang berbeda, sinyal ETI yang dimasukkan akan membawa penundaan yang berbeda.

Namun, di setiap modulator DAB dalam jaringan frekuensi tunggal, paket data yang sama harus diproses untuk membentuk simbol COFDM. Setiap modulator harus melakukan semua langkah

operasi dalam sinkronisasi lengkap dengan semua modulator lain dalam jaringan. Paket yang sama, bit yang sama dan byte yang sama harus diproses pada waktu yang sama. Di setiap lokasi pemancar DAB, simbol COFDM yang benar-benar identik harus dipancarkan pada waktu yang sama.

Modulasi DAB diatur dalam bingkai.

Untuk melakukan kompensasi penundaan di DAB SFN, Time Stamps (TIST) (Gbr. 2.34.) yang berasal dari sinyal GPS ditambahkan ke sinyal ETI di multiplexer.

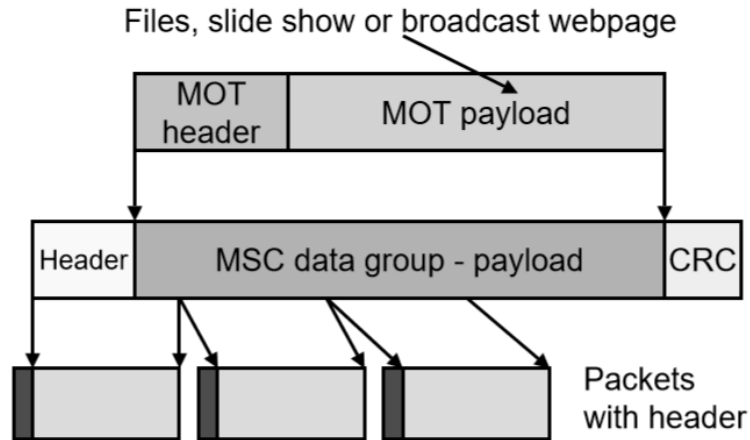


Gambar 9.36. Siaran data melalui DAB

Pada akhir bingkai ETI, TIST ditransmisikan yang diturunkan oleh multiplexer ansambel DAB oleh penerimaan GPS dan dimasukkan ke dalam sinyal ETI. Ini menentukan waktu kembali ke penerimaan sinyal GPS 1pps terakhir (Gbr. 25.35.). Informasi waktu di TIST kemudian dibandingkan di modulator dengan sinyal GPS yang juga diterima di lokasi pemancar dan digunakan untuk melakukan start frame DAB RF yang terkontrol.

Penyiaran Data DAB

Pada bagian berikut, kemungkinan penyiaran data di DAB akan dibahas secara singkat. Dalam penyiaran data DAB (Gbr. 9.36.), perbedaan dibuat antara standar MOT (Multimedia Object Transfer) sebagaimana didefinisikan dalam Standar, dan transmisi IP melalui DAB. Dalam kedua kasus, subchannel DAB dioperasikan dalam mode paket, yaitu paket data yang akan dikirim dibagi menjadi paket pendek dengan panjang konstan. Masing-masing paket ini memiliki ID paket di bagian header yang dengannya konten yang ditransmisikan dapat diidentifikasi.



Gambar 9.37. struktur data MOT

Dalam Transfer Objek Multimedia (MOT) menurut, perbedaan dibuat antara transmisi file, tayangan slide dan operasi "Halaman Web Siaran". Dalam transmisi file, hanya file yang diumpangkan secara siklis. Tampilan slide dapat dikonfigurasi sehubungan dengan kecepatan tampilannya. Dimungkinkan untuk mengirimkan file JPEG atau GIF.

Dalam "Halaman Web Siaran", direktori halaman HTML ditransmisikan secara siklis dan halaman awal dapat ditentukan. Resolusi sesuai dengan 1/4 VGA.

Gambar 9.37. menunjukkan struktur data MOT. File yang akan ditransmisikan, tayangan slide atau data HTML ditransmisikan dalam segmen muatan paket MOT. Paket MOT plus header dimasukkan ke dalam segmen payload dari grup data MSC, header MOT didahulukan diikuti oleh checksum CRC. Seluruh paket MOT dibagi menjadi paket-paket panjang konstan pendek dari mode paket. Paket-paket ini kemudian ditransmisikan dalam subchannel.

Kategori DAB Data Broadcasting juga harus menyertakan T-DMB (Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting). Dalam metode Korea Selatan ini, DAB dioperasikan dalam mode datastream.

DAB+

Pada tahun 2007 ekstensi baru untuk standar DAB, bernama "DAB+", diterbitkan (Gbr. 25.38.). DAB+ menggunakan HE MPEG-4 AAC sebagai ganti Audio MPEG-1 atau -2 Layer II. Sebagai akibatnya, perlindungan kesalahan yang tidak sama yang awalnya disediakan di DAB tidak lagi mungkin, karena skema perlindungan kesalahan yang tidak sama bergantung langsung pada struktur bingkai MPEG-1 atau MPEG-2 Layer II. Namun, sekarang dimungkinkan untuk mengakomodasi tiga kali lebih banyak layanan, yaitu program, per multipleks DAB. Ini memungkinkan untuk mentransfer 12 hingga 18 layanan audio, bukan hanya sekitar 6 layanan di DAB asli. Mirip dengan transmisi T-DMB, tidak ada perubahan pada lapisan fisik DAB. DAB+ beroperasi dalam mode DAB "Data Streaming", menggunakan EEP (Equal Error Protection). Tabel 9.10 dan 9.11 mencantumkan parameter fisik mode Equal Error Protection. Dalam DAB+ biasanya EEP 3-A diterapkan. Pada EEP 1-A, 2-A, 3-A dan 4-A kecepatan data subkanal adalah kelipatan 8 kbit/s, sedangkan pada 1-B, 2-B, 3-B dan 4-B data subkanal rate adalah kelipatan 32 kbit/s. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, DAB diatur ke dalam hingga 64 subchannel. Yang disebut Common Interleaved Frame (CIF) memiliki kapasitas total 864 Unit Kapasitas (CU),

yang setara dengan 55296 bit. 1 CU memiliki panjang 64 Bit. Durasi waktu CIF adalah 24 ms. Ini menghasilkan kecepatan data kotor $55296 \text{ bit} / 24 \text{ ms} = 2,304 \text{ Mbit/s}$ untuk Channel Layanan Utama DAB.

PL	1-A	2-A	3-A	4-A
Coderate	1/4	3/8	1/2	3/4
Subchannel size [CU]	$12 \cdot n$	$8 \cdot n$	$6 \cdot n$	$4 \cdot n$
Capacity [kbit/s]	$n \cdot 8$	$n \cdot 8$	$n \cdot 8$	$n \cdot 8$
Evaluated SNR _{min} [dB]	3.5	3.9	5.3	-
Evaluated RF _{min} [dB μ V]	5.2	5.6	7	-

n=integer value ≥ 1 ;
CU = Capacity Unit

Tabel 9.10. Parameter fisik untuk EEP 1-A, 2-A, 3-A, 4-A

PL	1-B	2-B	3-B	4-B
Coderate	4/9	4/7	4/6	4/5
Subchannel size [CU]	$27 \cdot n$	$21 \cdot n$	$18 \cdot n$	$15 \cdot n$
Capacity [kbit/s]	$n \cdot 32$	$n \cdot 32$	$n \cdot 32$	$n \cdot 32$
Evaluated SNR _{min} [dB]	-	5.9	-	-
Evaluated RF _{min} [dB μ V]	-	7.6	-	-

n=integer value > 1 :

Tabel 9.11. Parameter fisik untuk EEP 1-B, 2-B, 3-B, 4-B

Total kecepatan data ini dapat digunakan bersama oleh sekitar 6 layanan DAB “tradisional” atau 12 hingga 18 layanan DAB+, termasuk juga DAB FEC.

SNRmin dan RFmin dievaluasi di bawah kondisi lab menggunakan sinyal multipleks ETI yang direkam dari jaringan DAB+ Bavaria; objek uji adalah "penerima DAB+ yang bagus". Penerima DAB+ yang praktis terkadang memerlukan tingkat RF yang lebih tinggi hingga 10 hingga 20 dB (25 hingga 30 dB μ V), karena frontend RF yang biasanya lebih buruk (angka noise yang lebih tinggi).

Format Sinyal DAB/DAB+ Multipleks

Format sinyal distribusi dalam DAB/DAB+ untuk memberi makan pemancar DAB yang berbeda dari headend siaran DAB/DAB+ (encoder audio dan multiplexer ensemble) adalah:

- ETI (Ensemble Transport Interface)
- EDI (Encapsulation of DAB Interfaces).

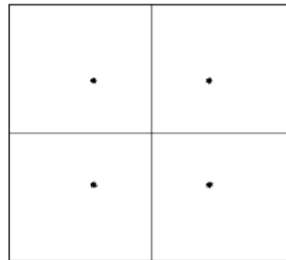
ETI adalah antarmuka E1 yang menggunakan kode HDB3 (75 Ohm, BNC), sedangkan EDI adalah versi IP. Tetapi EDI tidak hanya menyampaikan sinyal ETI melalui jaringan IP: konten ETI dipisahkan menjadi pesan yang berbeda dan kemudian diangkut melalui jaringan IP menggunakan protokol RTP/UDP/IP. Aliran multicast-IP EDI tertentu terkadang diangkut bersama menggunakan enkapsulasi multiprotokol dalam aliran transport MPEG-2, ditransfer melalui jaringan satelit DVB-S2 yang memberi makan stasiun pemancar DAB yang berbeda.

Teknologi Pengukuran DAB

Teknologi pengukuran DAB dapat disalin langsung dari dunia DVB-T. Hal ini diperlukan baik untuk menguji penerima DAB dan untuk mengukur pemancar DAB. Untuk tujuan ini, pemancar uji sekarang tersedia yang mengirimkan sinyal DAB dan penerima uji yang mampu menganalisis sinyal DAB

Menguji Penerima DAB

Dalam pengujian penerima DAB, realitas penerimaan DAB harus disimulasikan untuk penerima DAB. Ini memerlukan penerimaan multi-jalur, noise, tingkat input penerima minimum, interferensi, dll. sebagai skenario pengujian yang diperlukan. Mirip dengan DVB-T, sumber input ini disediakan oleh pemancar uji yang sesuai dengan simulator fading. Ini juga dapat digunakan untuk T-DMB dan DAB+ karena lapisan fisiknya sama.



Gambar 9.39. Diagram konstelasi DAB terdemodulasi yang relatif tidak terganggu.

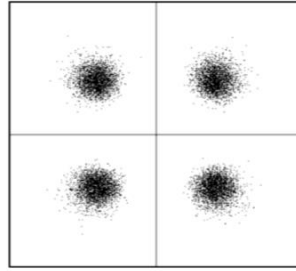
Mengukur Sinyal DAB

Dalam DAB, seperti pada DVB-T, pengukuran berikut dapat dilakukan pada sinyal DAB:

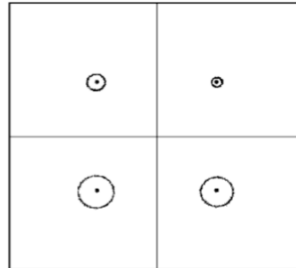
- Mendeteksi rasio kesalahan bit
- Pengukuran pada spektrum DAB
- Analisis konstelasi

Karena perlindungan kesalahan yang tidak sama, lebih sulit untuk mengukur rasio kesalahan bit. Mengukur kesalahan bit relatif sederhana hanya di Fast Information Channel (FIC) karena perlindungan kesalahan konstan dengan laju kode 1/3 hadir di sana.

Dalam analisis konstelasi DAB [ETL], diagram konstelasi pertama kali didemodulasi secara diferensial dan menghasilkan 4 titik lagi. Semakin kecil kemunculan titik-titik ini dalam diagram konstelasi, semakin tidak terganggu transmisinya (Gbr. 9.39.).



Gambar 9.40. Diagram konstelasi DAB dengan noise



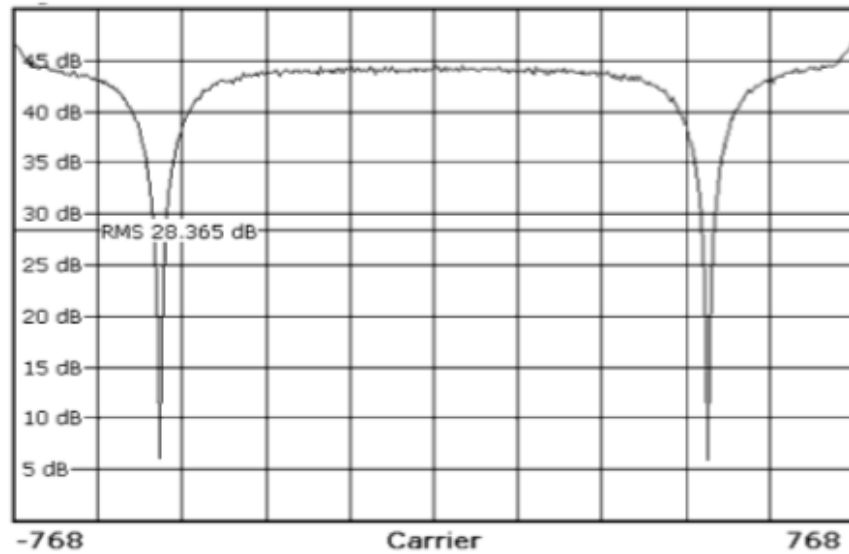
Gambar 9.41. Diagram konstelasi DAB dengan interferensi sinusoidal yang ditumpangkan



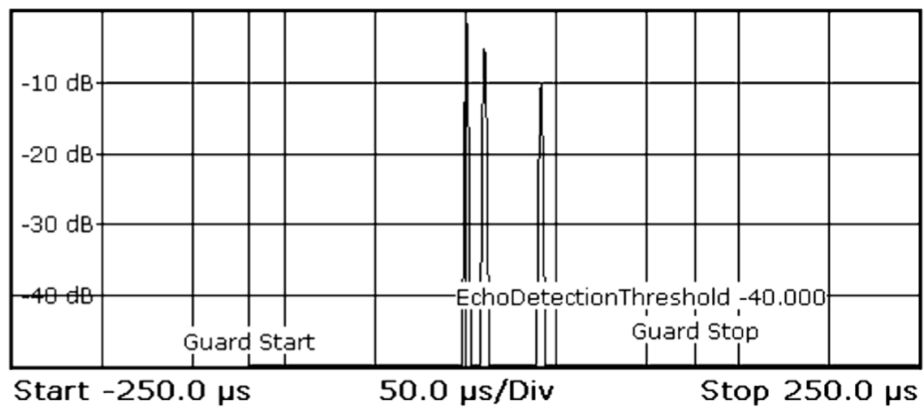
Gambar 9.42. MER(f) dalam DAB tidak terganggu (Mode I)

Jika efek noise mempengaruhi sinyal DAB, diagram konstelasi DAB akan muncul seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.40. Mirip dengan DVB-T, fase jitter akan menghasilkan distorsi seperti pergeseran pada diagram konstelasi. Interferensi sinusoidal akan menghasilkan titik konstelasi melingkar (Gbr. 9.41.). Modulator IQ yang dikalibrasi secara salah akan menghasilkan cross-talk pembawa dari sub-band DAB yang lebih rendah ke sub-band atas dan sebaliknya dan akan menghasilkan SNR yang lebih buruk seperti pada DVB-T. Dalam DAB, rasio kesalahan modulasi (MER) juga dapat ditentukan (lihat juga bab tentang Teknologi Pengukuran DVB-T).

Dalam DAB juga, MER juga dapat didefinisikan dan diukur sebagai fungsi dari subcarrier (Gbr. 9.42. dan 9.43.).



Gambar 9.43. MER(f) di DAB dengan fading



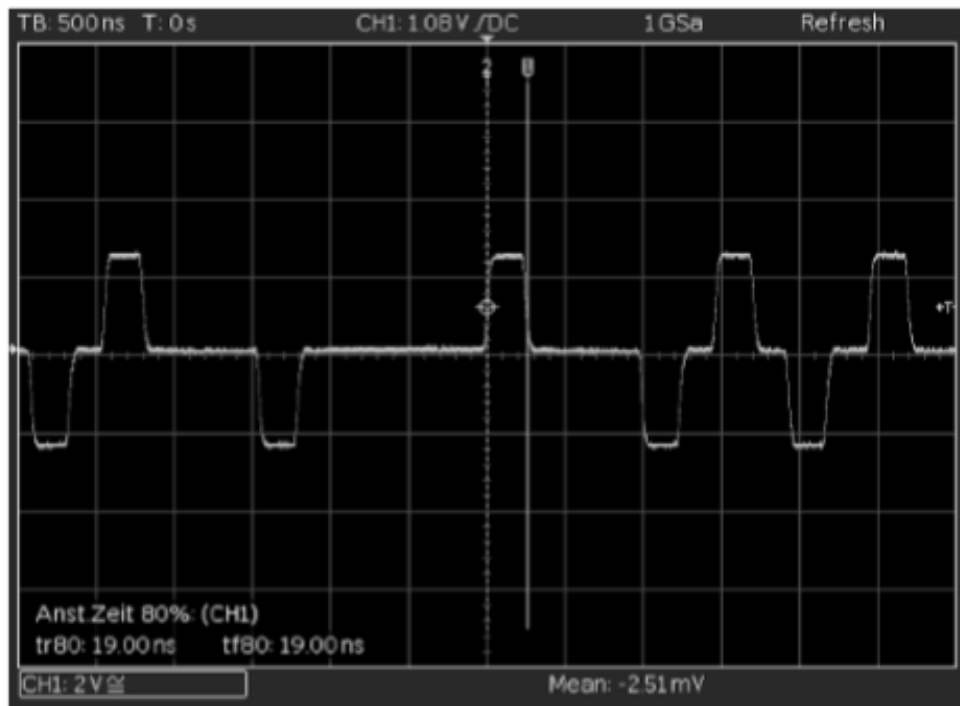
Gambar 9.44. Respon impuls channel DAB (3 jalur)



Gambar 9.45. DAB-XPlorer untuk analisis ETI/EDI

Karena demodulasi diferensial, MER yang dihasilkan dalam DAB dipengaruhi oleh dua simbol berurutan; ini menghasilkan nilai MER yang lebih rendah 3 dB dibandingkan dengan sinyal termodulasi yang koheren. Ini adalah salah satu kelemahan dari sistem DAB.

Pengukuran lebih lanjut yang diperlukan dalam DAB adalah mengukur respons impuls channel (Gbr. 9.44.). Respon impuls channel, yang dapat dihitung dengan menganalisis simbol TFPR, dapat digunakan untuk memverifikasi apakah jaringan frekuensi tunggal DAB berjalan secara sinkron dan tidak ada pelanggaran interval penjaga.

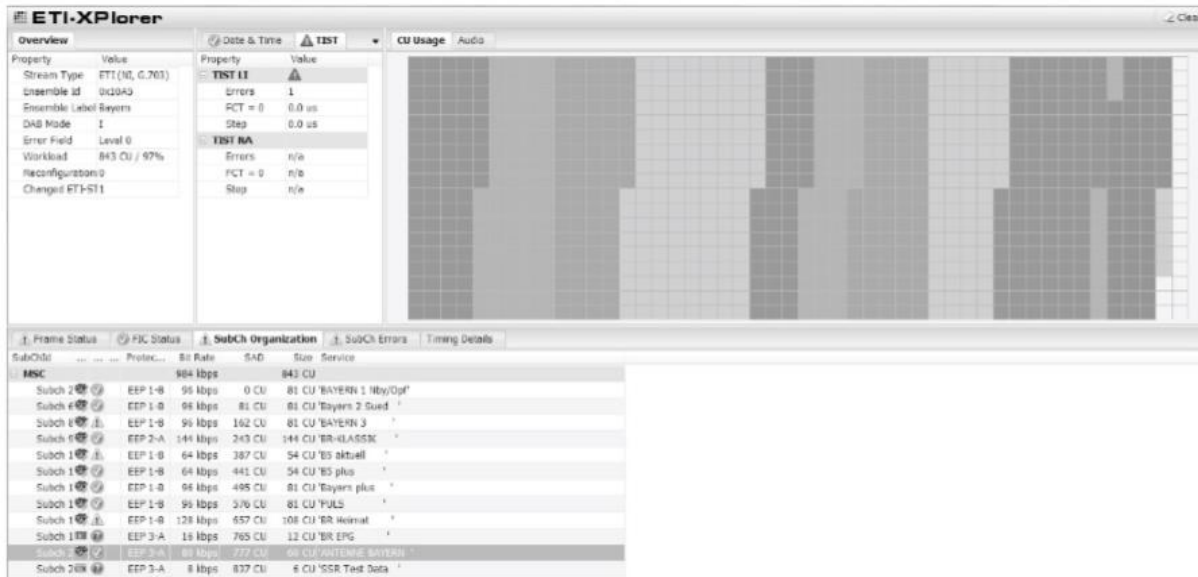


Gambar 9.46. Sinyal data ETI (kode HDB3) dianalisis dengan osiloskop. Evaluasi isi data dalam sinyal DAB juga menarik. Analisis sinyal ETI (Gbr. 9.46.) atau EDI pada output multiplexer

ensemble atau pada input pemancar, masing-masing, sesuai dengan analisis MPEG-2 di DVB. Ada juga alat analisis yang tersedia untuk tujuan ini Gbr. 9.45, Gbr. 9. 47, Gbr. 9.48.

Label	P/S	Type	Id	Bit Rate	Information
Bayern		Ensemble	0x1045		
BAYERN 3		Service	0xD313		
- - - -	P / 0	SubCh	8	96 kbps	ASCTy (63) - MPEG-4 HE AAC v2
		UAtype	0x002		MOT Slideshow TS 101 499
BR-KLASSIK		Service	0xD314		
- - - -	P / 0	SubCh	9	144 kbps	ASCTy (63) - MPEG-4 HE AAC v2
		UAtype	0x002		MOT Slideshow TS 101 499
B5 aktuell		Service	0xD315		
- - - -	P / 0	SubCh	10	64 kbps	ASCTy (63) - MPEG-4 HE AAC v2
		UAtype	0x002		MOT Slideshow TS 101 499
Bayern plus		Service	0xD316		
- - - -	P / 0	SubCh	12	96 kbps	ASCTy (63) - MPEG-4 HE AAC v2
		UAtype	0x002		MOT Slideshow TS 101 499
PULS		Service	0xD317		
- - - -	P / 0	SubCh	13	96 kbps	ASCTy (63) - MPEG-4 HE AAC v2
		UAtype	0x002		MOT Slideshow TS 101 499
ANTENNE BAYERN		Service	0xD318		
- - - -	P / 0	SubCh	21	80 kbps	ASCTy (63) - MPEG-4 HE AAC v2
		UAtype	0x002		MOT Slideshow TS 101 499
		UAtype	0x44A		Journaline® Fraunhofer IIS
		UAtype	0x007		EPG TS 102 818
Bayern 2 Sued		Service	0xD412		
- - - -	P / 0	SubCh	6	96 kbps	ASCTy (63) - MPEG-4 HE AAC v2
		UAtype	0x002		MOT Slideshow TS 101 499
BAYERN 1 Hby/Opf		Service	0xD811		
- - - -	P / 0	SubCh	2	96 kbps	ASCTy (63) - MPEG-4 HE AAC v2
		UAtype	0x002		MOT Slideshow TS 101 499
B5 plus		Service	0xDF15		
- - - -	P / 0	SubCh	11	64 kbps	ASCTy (63) - MPEG-4 HE AAC v2
		UAtype	0x002		MOT Slideshow TS 101 499
BR Heimat		Service	0xDF16		
- - - -	P / 0	SubCh	14	128 kbps	ASCTy (63) - MPEG-4 HE AAC v2
		UAtype	0x002		MOT Slideshow TS 101 499
BR EPG		Service	0xE0020A2		
- - - -	P / 0	SC	0x000		DSCTy (60) - Multimedia Object Transfer (1)
		SubCh	19 / 0x001	16 kbps	Data Groups used (0), FEC scheme (1) - FE
		UAtype	0x007		EPG TS 102 818
SSR Test Data		Service	0xE0030A2		
- - - -	P / 0	SubCh	25	8 kbps	DSCTy (8) - Unspecified data
		UAtype	0x5DC		

Gambar 9.47. Analisis ETI/EDI menggunakan DAB-XPlorer; Struktur Ensemble DAB



Gambar 9.48. Analisis ETI menggunakan DAB-XPlorer; penggunaan Unit Kapasitas

BAB 10

Persiapan Ruang Studio STREAMING

Ruang Studio STREAMING pada Bab Sepuluh ini Pak Bambang membahas seperti apa ruang Studio yang layak dan support untuk streaming, apa saja yang semestinya wajib ada dalam ruang Studio STREAMING. Seberapa besar Ruang Studio diperlukan ?, simak baik- baik ya agar sahabat dapat melakukan STREAMING dengan Optimal.

Jaman Now tahun 2021 ini, semakin berkembangnya dunia digital pada zaman sekarang tentu tidak heran jika industri *live streaming* sudah mulai diperhitungkan. Banyaknya beberapa orang yang mulai membuat ruang studio sendiri baik di rumah atau di kantor menjadi hal yang sudah tidak asing lagi. Ditambah dengan majunya *Esports* di Indonesia, berbagai macam turnamen atau pertandingan yang diadakan tentunya memerlukan jasa dari studio untuk menyiarkan turnamen secara *online*. Namun ruang studio untuk *livestream* tentunya tidak sekedar sebuah ruang kosong juga namun perlu dipertimbangkan desainnya agar pihak penyelenggara ingin menggunakan jasa studio milik kita. Yuk, simak beberapa hal yang harus sahabat STEKOM pertimbangkan jika ingin membuat studio *live stream* sendiri.

Ayo simak Pembahasan Ruang Studio STREAMING dapat dibedakan menjadi 5 hal meliputi:

1. Ukuran ruang dan situasi
2. Senyap dan kedap ?
3. *Lighting* dan daya
4. Sinyal Internet
5. Perlengkapan, setting penataan

10.1 Ukuran Ruang STREAMING dan Situasi

Bicara ukuran Ruang STREAMING sebaiknya menyesuaikan materi streaming. misalnya materi hanya teori terkait benda yang kecil seperti bahasan alat ukur AVO meter yang hanya ber ukuran 10x 5x3 Cm tentu tidak membutuhkan ruang yang luas mengingat saat mendemonstrasikan cara membaca skala AVO meter tidak perlu ruang yang luas. Cukup menggunakan ukuran standar ruang kerja 1 orang (3x3x3)m (panjang x Lebar x Tinggi). Jadi ruang ini cukup untuk menaruh meja kerja AVO meter Leptop dan komponen yang diukur serta mic stand dan gelas minum. Sudah cukup. Mejaupun cukup meja standar panjang 150Cm Lebar 90 Cm,Tinggi 80-85 Cm. serta kursi yang nyaman missal kursi yang bisa berputar kekiri ke kanan dan atas kebawah guna fleksibilitas saat mengambil komponen dan pengaturan ketinggian saat duduk di belakang meja.

Beda dengan saat menjelaskan cara mengukur tegangan kerja pada perangkat elektronik seperti TV LED-TV-LCD –TV PLASMA dengan ukuran 32 inc atau 50 Inc , atau Lemari ES dan sistem pendingin AC, Split atau AC Floor serta AC Central, Nah mengapa beda karena bahan yang akan digunakan untuk Live mendemonstrasikan pengukuran sudah jauh lebih besar bahkan sangat besar kalua bicara IC Split, AC Floor AC central. Misalnya AC central yang letaknya biasa di atas gedung bagian deck atap gedung. Seperti AC Central untuk Swalayan Matahari PLAZA Simpang Lima , AC Centralnya ada di ruang terbuka dan di lantai 9 karena Mesin Cooler (pendinginnya) membutuhkan ruangan yang terbuka agar proses pendinginan mesin ACnya outdoor lebih cepat dingin. Nah sedangkan intalasi kapiler udara dinginnya ada di Plafon masing masing ruang Swalayan. Tentunya ruang untuk live menjelaskan prakteknya sudah tidak terukur lagi. Ya seukuran gedung itu tentunya. Beda lagi dengan Live Streaming Indonesia Open (badminton) yang baru baru ini diBali, tentu ruang Streaming ya seluas Stadion lapangan Badminton beserta Tribun penontonnya. Jadi Prinsipnya ukuran ruang Studio STREAMING tidak mengikat menyesuaikan/mengikuti kebutuhan meteri kegiatan *Streaming*. Semakin besar alat media yang akan dijelaskan ke penonton maka semakin besar pula ruang studionya. Semakin kecil alat bahan media yang akan dibahas maka semakin kecil pula ruangan yang dibutuhkan.

Ilustrasi ruang Studio streaming dari yang terkecil hingga terluas, gambar gambar dibawah ini menunjukkan desain ragam Studio Live STREAMING yang menarik dan bisa menjadi acuan saat sahabat akan membuat Studio Live streaming yang memadai dan nyaman serta *cool*.

Tentunya desain studio live STREAMING pada ilustrasi gambar ini membutuhkan biaya yang tidak sedikit mengingat untuk menghasilkan desain yang istimewa dan mewah sudah pasti memakan biaya yang special. Ok ?



Gambar 10.1 Desain Ruang stuidi STREAMING yang MINIMALIS



Gambar 10.2 Desain Ruang Studio STREAMING exotic untuk Gamming

Gambar 10.2 diatas contoh real Ruang studio Gamming dilengkapi dengan pernik- pernik lampu soft yang tidak begitu terang tetapi menimbulkan suasana wah. Ini contoh ruang Studio STREAMING untuk para You Tuber Gamming. Heboh bukan ? Pernak Pernik Lampu LED semi biru ungu merah dapat menggunakan Strip LED agar hemat listrik tetapi kesan seru-wah *dapet*.



Gambar 10.3 Ruang Studio Live STREAMING santai dengan *background* natural Glass block.

Ruang semacam ini cocok untuk *live* Cerita-cerita Kolosal temporer. Atau yang berbau mistis. Karena dengan model glass block dapat di mainkan peran horornya di belakang model.



Gambar 10.4 Desain Ruang Studi Live Music Band tunggal

Ruang semacam ini sering digunakan pada band live streaming yang tidak melibatkan Tribun penonton dimasa pandemi karena tidak ada ruang kerumunan penonton di studio seperti konser konser besar. Ruang ini cukup berukuran 8 meter x 8 meter dengan ketinggian plafon 3-4 meter. Dengan lampu interior desain shadow dome. Dengan desain model ini menimbulkan kesan soft dan damai mengikuti music atau genre music yang dimainkan oleh kelompok Band yang bersangkutan. Beda dengan studio metalica underground Gunroses atau music Cadas lainnya. Yang penuh dengan *spot light* serta dynamic lamp serat asap ngepul di panggung. Seperti pada gambar 10.5 gambar 10.6 10.7 10.8 semuanya desain studi live streaming sebelum masa pandemi.



Gambar 10.5 desain studi Live STREAMING konser music



Gambar 10.6 Studio Live Streaming konser Music dengan asap mengepul

Asap mengepul menambah seru hiruk pikuknya konser music secara *live*, tentunya jaman pandemi covid-19 sudah tidak bisa digelar semacam ini karena menimbulkan kerumunan dan menyebabkan penyebaran Covid meningkat.

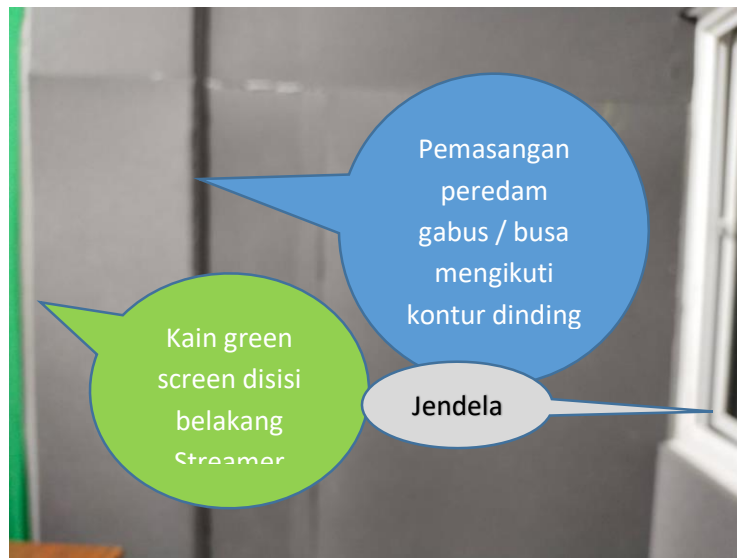


Gambar 10.7 Ruang panggung Studio Live konser dipotret dari panggung

10.2 Ruang STREAMING SENYAP dan KEDAP

Perluakah Ruang Studio Senyap dan Kedap ?, Pertanyaan ini dapat dijawab tergantung kebutuhan, namun secara umum apa bila ruang studio tertutup (indoor) / *In room* memang sebaiknya kedap dan senyap. Apa arti kedap ? kedap artinya apabila terdapat hiruk pikuk suara music *backsound* dalam studio maka suara tersebut tidak bocor atau tembus ke luar ruangan, tentunya akan mengganggu aktifitas orang lain di luar ruangan STREAMING. Atau mengganggu ruangan lain disekitarnya. Atau sebaliknya apabila ada berisik atau gangguan suara music aktifitas lalu lalang orang diluar ruangan maka suara diluar ruangan tidak akan terdengar sampai masuk kedalam ruangan STUDIiO STREAMING. Tentu tidak enak bukan kalau pas streaming dalam ruangan lalu ada bakul baxo bulat atau tahu bulat lewat depan studio hahah tentu mengganggu saja seperti iklan heheh oleh karena itu sebaiknya ruang studio kedap suara dan senyap. Kedap dapat diartikan suara yang hiruk pikuk didalam studio tidak menggema dan tidak memantulkan suara itu sendiri sehingga apabila ada suara yang muncul dari siaran live atau streaming You Tuber sedang berteriak teriak heboh suara tidak dipentulkan oleh dinding atau plafon. Oleh karena itu butuh peredam yang dilekatkan pada dinding pintu jendela maupun plafon ini sangat ideal. Atau minimal di dinding pintu dan

jendela, dengan peredam khusus. Serta di list jendela dan pintu di beri karet peredam agar senyap dan kedap. Adapun bahan peredam yang digunakan berupa spon busa dengan ketebalan 4 cm setinggi dan selebar ruangan, beberapa orang menggunakan Glasswool dan karpet namun menurut pengalaman Pak Bambang saat membangun studio cukup menggunakan spon / busa dengan ketebalan 4 cm yang direkatkan menggunakan lem di dinding melingkar ruangan termasuk jendela dan pintu. Seperti contoh di gambar 10. 8 dibawah ini.



Gambar 10.7 Dinding yang sudah dipasang peredam berupa spon/ gabus 4 cm

Pemasangan ini membutuhkan kerapihan dan benar benar rekat dengan tembok tentunya temboknya harus acian yang bagus dan tidak lembab. Terutama bila tembok yang terlanjur sudah di cat. Sebaiknya tembok tanpa cat karena bila tembok yang sudah dicat maka lem akan merekat di lapisan Cat sehingga bila tembok lembab maka busa akan lepas. Oleh karena itu perlu pemeliharaan khusus saat ruang tidak digunakan dalam waktu lama harus sesering mungkin dibuka agar ada sirkulasi udara agar dinding tidak lembab yang dapat membuat cat mengelupas. Apabila cat tembok yang mengelupas membuat peredam tidak lagi menempel di dinding dan apabila ada getaran akan menimbulkan gesekan noise. Inilah maka disarankan ruang yang akan dipasang peredam sebaiknya tidak perlu di cat cukup di plester dan acian halus saja serta di bersihkan dari debu semen agar lem dapat

merekat ke pori pori tembok atau dinding. Ini contoh ruangan yang sudah diberi kain green screen pada bagian dibalik kain green screen juga sudah diberi lapisan spon/ busa dengan ketebalan sama 4 cm. setinggi plafon. Seperti pada gambar 10.8



Gambar 10.9 Busa/spone Peredam di belakang kain green screen

Pada sisi daun pintu dan daun jendela diberi karet siller peredam agar tidak bocor suara dari dalam tidak keluar dan suara dari luar tidak masuk ruangan studio Streaming.



Gambar 10.10 Karet Siller di daun jendela agar kedap dan senyap

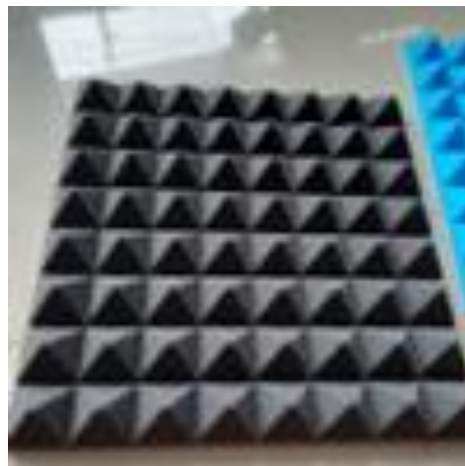
Pemasangan karet siller juga pada daun pintu atau kusen jendela pintu agar tidak ada kebocoran suara sehingga ruang studio STREAMING benar-benar kedap dan senyap.

Istimewa lagi bila menggunakan peredam jenis pyramid maupun model telur peredam jenis dan model ini sering disebut dengan peredam *diffusion* benar-benar menyerap suara dari sisi manapun karena bentuk detail kontur busanya bentuk pyramid maupun yang bentuk gelombang telur seperti pada gambar 10.11 dibawah ini.



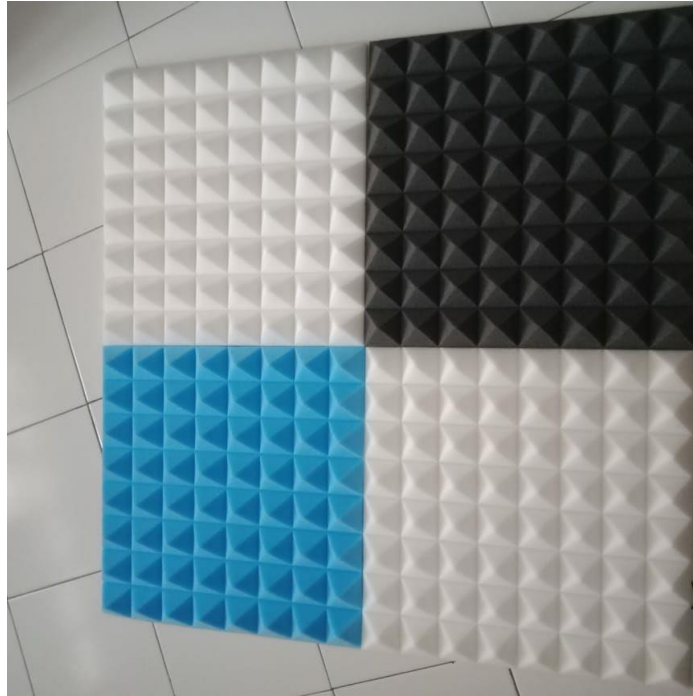
Gambar 10.11 Peredam jenis lengkung telur super 6 CM

Beda lagi dengan yang ini pada gambar 10.12 peredam *diffusion pyramid* dapat dilihat kontur detailingnya percentinya berbentuk pyramid tentu suara akan lebih senyap, dan harganya juga lebih mahal.



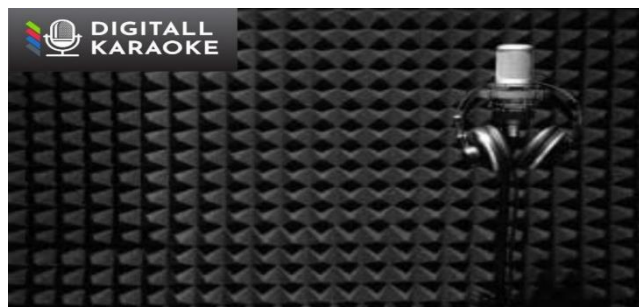
Gambar 10.12 Gambar Peredam jenis *Diffusion Pyramid*

Peredam jenis ini bukan hanya dipasang didinding melainkan juga dipasang di lantai / ubin sehingga tidak lagi ada pantulan dari lantai. Rasanya pun saat dilewati juga *empuk*. Seperti pada gambar 10.13 dibawah ini.



Gambar 10.13 Busa peredam jenis/ model diffusion Pyramid super

Peredam jenis ini sudah banyak dipakai pada ruang ruang karaoke seperti gambar berikut 10.15 benar benar senyap dan kedap meskipun ruang bersebelahan menyatel music yang berbeda tak saling terdengar dengan mode peredam *diffusion pyramid* ini.



Gambar 10.14 ikon digital karaoke dengan peredam Pyramid



Gambar 10.15 Ruang Studio Room karaoke yang menggunakan Spon Pyramid

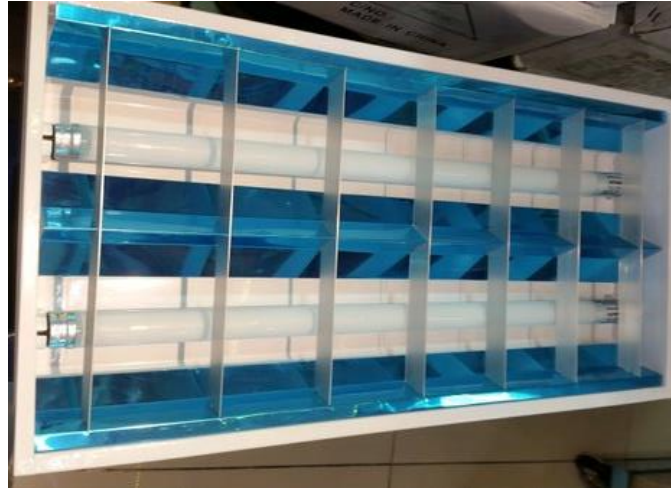
Semakin tebal bahan spon peredam maka semakin senyap dan kedap. Namun ingat semakin tebal semakin mahal biaya pengadaan bahan. Inilah kunci dari kedap dan senyap.

10.3 *Lighting* dan Daya

Lighting yang dimaksud adalah Penerangan atau pencahayaan pada ruang Studio STTEMING. Pencahayaan dapat disesuaikan dengan tema materi acara, misalnya *live STREAMING* dialog cara umum sebaiknya yang terang benderang, konsep ini mengingat para penonton butuh transparansi sehingga konsep ini menerapkan aplikasi penerangan merata diseluruh sisi ruang.

Tentunya membutuhkan daya listrik yang cukup misalnya menggunakan lampu neon TL 40 Watt group 2 buah setiap titik setiap jarak 3 meter dipasang 1set 2 lampu tersebut melintang dan membujur merata diseluruh ruangan, sehingga tidak ada sisi ruang yang gelap. Tidak perlu menggunakan lampu spot karena tidak ada acara atraktif dalam dialog ini. Ruang ini pula tidak membutuhkan *background Green Screen*. Karena tidak ada yang perlu di tembus. Misalnya ruang 8x8 meter maka berdasarkan angka tadi setiap 3 meter 1 set lampu TL 40 Watt maka dapat dihitung arah kekanan kekiri menggunakan 3 titik lampu ke depan kebelakang menggunakan 3 titik lampu juga jadi total ada 9 titik lampu. Masing-masing titik membutuhkan 2 buah lampu 40 Watt-an maka setiap titik membutuhkan 80 Watt.

Sehingga diperoleh hitungan $80 \times 9 \text{ titik} = 720 \text{ Watt}$ ini ideal. Bila menggunakan MCB maka dapat memakai yang ukuran 2 Amper. Konstruksi seperti pada gambar 10.16 berikut



Gambar 10.16 Pemasangan 1 titik 2 lampu TL 40 Watt.



Gambar 10.17 Gambar pemasangan di Plafon 1 titik 2 Lampu TL 40 Watt

Untuk ruang yang diset dialog santai dengan model setting ruang tamu maka menggunakan lampu hias bulat dengan daya 200 watt berbentuk melingkar dapat menjadi pilihan seperti pada gambar 10.18 Lampu ini sering disebut dengan lampu neon *Circle* dengan daya dari 36 watt 80 Watt 100 watt 200 watt. Penulis sarankan untuk ruangan 8×9 cukup menggunakan daya 200 Watt sudah sangat terang merata Karena terdapat reflector dan pemendar cahaya berbentuk circle. Untuk daya sebesar ini memang menimbulkan efek panas, sehingga membutuhkan AC untuk

mendinginkan ruangan atau dengan model jendela dibuka di belakang kursi studio sehingga terkesan lebih santai.



Gambar 10.18 Lampu *Neon Circle* 200 Watt

Lampu jenis inipun sudah ada yang memiliki remote untuk mengatur tingkat kecerahan penerangan sehingga menambah nilai lebih modern dan menunjukkan kecanggihan pada lampu dengan fasilitas *remote commander*.



Gambar 10. 17 setting Lampu Studio model ruang tamu interior mewah

Penggunaan lampu jenis ini lebih hemat daya listrik namun lebih mahal setiap unit lampu jenis ini, karena kategori lampu hias. Tentu ini menjadi pilihan untuk ruang *live* studio yang modern dan kelas mewah.

Namun ada pencahayaan yang memang harus sempurna terangnya seperti penerangan dengan minimal 5 titik lampu dengan masing masing set softbox terdapat 4 buah lampu 25 Watt jadi kalau dihitung dalam satu softbox $4 \times 25 \text{ watt} = 100 \text{ watt}$. Nah kalau da 4 softbox berarti $4 \times 100 \text{ watt}$ keempat-empatnya menggunakan softbox. Dihitung menjadi 400 watt peletakannya 2 softbox di depan kiei kanan dan 2 *softbox* di samping kiri kanan. Sehingga benar benar tidak ada shadow atau benar benar tanpa bayangan. Ditambah dengan satu set lampu plafon 40 watt 2 buah menjadi 80 watt untuk ruangan streaming sendirian dengan background GREEN SCREEN. Misalnya untuk mengajar teori secara *online*. Jadi daya total penerangan sebanyak $400 \text{ watt} + 80 \text{ Watt} = 480 \text{ watt}$. Nah ini secara khusus untuk *live stream* sendiri dengan ruang kerja 4 x 3 meter. Contohnya dapat dilihat di gambar 10. 18 dibawah ini.



Gambar 10.18 *Lighting Studio live STREAMING* sendirian

Pada gambar diatas tampak 4 buah *softbox* dengan setiap *softbox* terdapat 4 buah lampu masing masing 25 Watt LED. Pada plafon sudah pak Bambang sebutkan diatas. Hasil penerangan model ini efektif untuk menghilangkan Shadow bayangan disekeliling You Tuber yang sedang *live STREAMING*.



Gambar 10.19 Gambar control power *on off* lampu *softbox* 2 saklar

Pada pemakaian tertentu dapat memilih opsi soft dengan lighting dikurangi tanpa melepas lampu cukup dengan mematikan salah satu saklar power pada punggung box lampu, tampak 2 buah saklar *power on off* bersebelahan. Ini berguna untuk membuat 2 lampu saja atau 4 lampu yang akan dinyalakan sesuai selera. Menurut pengalaman Pak Bambang menyalakan kedua saklar lebih jernih saat green screen akan ditembus. Karena intensitas cahaya benar benar rata. Sedangkan apabila hanya menggunakan satu saklar yang dionkan (2 lampu yang menyala) maka saat menebus green screen masih ada NOISE bitnik-bintik hitam di tepi rambut *Streamer*.

Sedangkan posisi tinggi rendahnya dapat di atur naik turun melalui pengaturan Tripot menyesuaikan ketinggian streamer. Untuk posisi *Tilt-up* *Tilt-down* dibuat sedikit menunduk 15-20 derajat, sehingga dapat saling menghilangkan semua bayangan disemua sisi streamer. Sudut penarangan yang tegak lurus cenderung menimbulkan bayangan di belakang streamer dan akan jatuh bayangan di *green screen*, ini akan menyulitkan menembus *green screen* dengan hasil yang memuaskan. Oleh karena itu hindari arah sudut pencahayaan datar horizontal terhadap. Usahakan arah pencahayaan dari softbox cenderung ke bawah atau ke atas. Yang tidak sejajar dengan camera Webcam maupun camera bawaan Leptop. Karena posisi yang sejajar dengan arah camera pasti akan membuat camera menangkap bayangan setipis apapun. Sedangkan pemakaian daya pada lampu studio streaming sebaiknya memperhitungkan ketersediaan daya Listrik (MCB) dari ruang tersebut. Maksudnya kalau menggunakan lampu yang banyak, dayanya yang diserap lampu jangan melebihi kapasitas Amper dari MCB penyalur / pemutus arus lebih. Dan jangan pula disamakan dengan kapasitas Amper mCB. Misalnya MCB 2 Amper bila dihitung daya maksimal sebesar $P = V \times I$ (P daya , V Voltage tegangan PLN, I arus yang mengalir) = $P = 220 \text{ Volt} \times 2 \text{ amper} = 440 \text{ Watt}$. Ini nilai matematik dengan asumsi tegangan ideal 220 Volt. Nah pada daya ini 440 watt jangan digunakan semua di full Load kan, nanti akan mengakibatkan MCB Trip (*njglek*), sebaiknya hanya gunakan 75-80 % dari daya tersedia. Jadi yang boleh digunakan sebesar $75\% \times 440 \text{ Watt} = 330 \text{ Watt}$, ini artinya aman penggunaan pada daya tiga ratus tiga puluh watt. Atau terburuk 80 % dari $440 \text{ Watt} = 352 \text{ Watt}$.

Sehingga dengan pola perhitungan seperti itu dapat dikatakan bahwa penggunaan daya dibawah batas arus maksimal power output MCB.

Contoh lain apabila menggunakan lampu dengan hitungan 800 watt lalu amanya menggunakan MCB berapa amper pak ? mari dihitung

sama- sama, 800 watt – P (daya), $P/V = I$ (Daya dibagi Volage hasilnya arus dalam Amper. Maka $P 800 : 220 \text{ Volt Voltage} = 3,63 \text{ Amper}$

Nah berarti penggunaan MCB sebesar 4 Amper ini jauh lebih aman. Aman yang dimaksud saat digunakan ggak akan mengalami kelebihan beban, tidak akan mengakibatkan MCB trip. Tabel ukuran step MCB yang tersedia di pasaran.

Tabel 10.1 Step daya MCB sigle Phasa

Tabel Daya MCB 1 Fasa

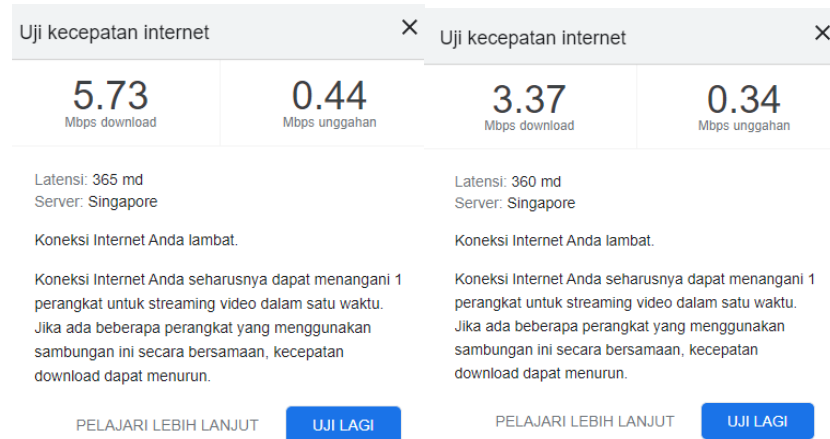
Daya Tersambung	Pembatas / MCB 1 Fasa (A)	Pengukuran / KWH Meter
220	1 x 1	KWH Meter 1 fasa 220 volt dua kawat
450	1 x 2	
900	1 x 4	
1.300	1 x 6	
2.200	1 x 10	
3.500	1 x 16	KWH Meter 1 fasa 220 volt dua kawat
4.400	1 x 20	
5.500	1x 25	
7.700	1 x 35	
11.000	1 x 50	
13.900	1 x 63	KWH Meter 1 fasa 220 volt dua kawat, bila perlu dengan trafo arus tegangan rendah.
17.600	1 x 80	
22.000	1 x 100	

Berdasarkan *table* tersebut sahabat dapat dengan mudah menentukan mau akai daya berapa dan berapa ukuran amper MCB yang digunakan.

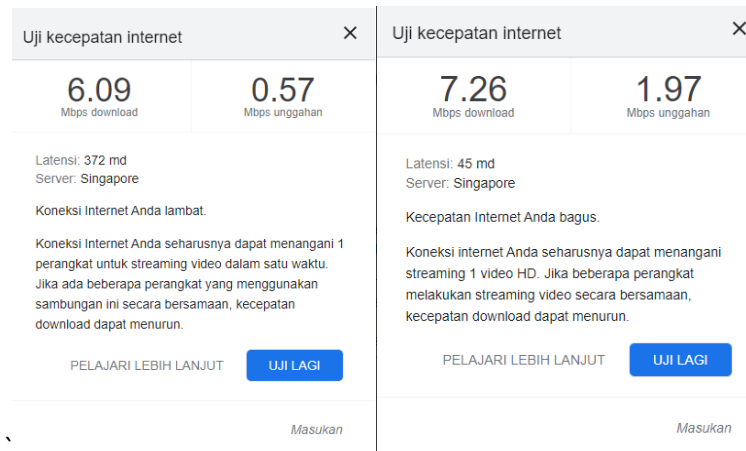
10. 4 Kecepatan Sinyal internet.

Setelah Lampu dan daya dipenuhi sekarang hal yang tidak kalah penting yaitu sinyal Internet. Letakkan ruang atau pilih ruang dengan sinyal internet terbaik untuk *streaming*. Misalnya minimal 10/5 Mbps. Syukur bisa lebih misalnya 10/10 Mbps, atau bisa 20/20 Mbps. Arti dari 10/5 Mbps adalah 10 Mbps untuk *download* yaitu untuk membuka *dashboard You Tube* dan live chat serta *browsing mozila/ Zoom*, sedangkan angka 5 Mbps untuk upload. Dengan asumsi 50 % angka 5 Upload dalah 2,5 artinya

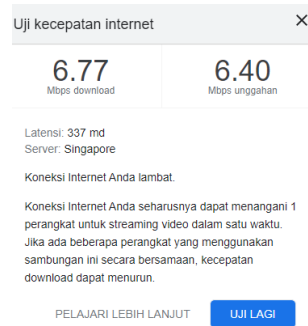
mampu *transmit/Upload streaming* dengan bitrate 2500. Ini bitrate kategori baik. Pada bitrate angka tersebut gambar tidak nge-lag tidak tersendat sendat dengan resolusi video 1080x 720 dengan lebar kanvas 1366x 768. Camera web cam pada HD. Atau minimal 720. Contoh hasil mengukur kecepatan internet. Pada gambar 10.20. dibawah ini



Gambar 10,20 Hasil pengukuran 1 dan 2 sinyal internet *not supported*.



Gambar 10.21 Pengukuran ke 4 *Upload* masih minimum meski *download* cukup baik.



Gambar 10.22 Hasil pengukuran ke 5 kecepatan sinyal Internet Good.

Hasil yang ada pada gambar 10.22 merupakan nilai kecepatan internet yang dianjurkan, dengan download 6,77 Mbps sedangkan Upload 6,40 Mbps. Nilai ini dapat menggunakan bitrate hingga 3000. Paling bagus di 2800. Hasil ukur 1 dan 2 posisi laptop berada di dalam ruang 1, jarak dari router 3 meter tetapi terhalang tembok.

Pengukuran 3 dan 4 keluar ruangan pada jarak 9 meter dari Router. Pengukuran ke 5 berjarak 4 meter dari router dan langsung tanpa penghalang tembok. Inilah yang namanya pemilihan ruangan dan terhadap kekuatan sinyal internet harus terjamin aman buat *streaming*. Oleh karena itu perlu sedekat mungkin dengan router sehingga kecepatan internet memadai untuk *download* maupun *Upload*. Ada solusi lain apabila pengukuran sinyal internet menggunakan wifi tidak memperoleh kecepatan yang dianjurkan, maka dapat dicoba menggunakan kabel LAN dengan kabel giga bite CAT 6A UTP Vention VPC 6 SSTP dengan *bandwidth* 1000 Mbps terbaik di tahun 2021 dan sedekat mungkin dengan Hub dan modem. Diharapkan hasil pengukuran kecepatan saat menggunakan kabel LAN dapat memperoleh hasil 10/10 Mbps atau 20/20 bahkan lebih, ini sangat menyenangkan untuk LIVE VIDEO STREAMING. Alternatif lain dapat menggunakan Tethering sinyal Hotspot dari Hp, menggunakan tethering sinyal hotspot dari hp ini menjadi pilihan terakhir dan fleksibilitas yang tinggi karena sekarang sudah sangat banyak BTS bersama dimana

mana sehingga hampir tidak ada daerah yang dead Zone terhadap sinyal untuk komunikasi data melalui HP baik Indosat, M3, XL, Simpati, Smartfren axis Tri (3 AON). Hanya saja untuk *Live streaming* membutuhkan kuota yang banyak minimal 2 GB per satu kali streaming 1 jam. Pembahasan perbandingan pemakaian kuota akan dibahas tersendiri di bab tersendiri dalam buku Video STREAMING ini. Tentunya pengaturan password tethering telah disiapkan sehingga lebih cepat untuk berbagi sinyal dan data melalui cara ini. Selanjutnya pengaturan pembatasan pemakaian data jangan dibatasi perseratus MB atau perlima puluh MB, sebaiknya di loss atau minimal 2 GB pembatasan. Hal ini karena pengalaman Pak Bambang apabila dibatasi penggunaan data per 50 Mb atau per 100 Mb, maka akan mengganggu transmisi STREAMING. Ini karena *smartphone* yang dipakai buat *hotspot streaming* akan mendapat sms dialog sistem *account* data memberi notifikasi pada pengguna untuk menjawab pertanyaan seperti “penggunaan data telah mencapai batas 50 Mb apakah diteruskan menggunakan data regular?” nah ini contoh dialog sistem data quota yang harus di jawab oleh pengguna *smartphone*, apabila tidak di jawab oleh pengguna maka data akan terputus. Ini yang namanya streaming akan tidak lagi terkoneksi dengan internet. Padahal posisi ini streamer sedang asiik streaming tentu tidak melihat notif di *smartphone*. Sehingga tidak tahu kalau ada pemberitahuan di *smartphone*. Akibatnya tahu-tahu koneksi terputus dan gambar di panel You Tube stag *live chat* berhenti apabila ini dibiarkan kan membuat pemirsa tidak menikmati video dan audio streaming. Itu contoh bila penggunaan data quota dibatasi 50 Mb. Demikian juga bila dibatasi 100 Mb. Akan terjadi hal serupa dan seterusnya juag demikian. Oleh karena itu sebaiknya pembatasan di set untuk loss atau tanpa batas. Kalaupun akan dibatasi sedikitnya diatas kebutuhan sekali streaming 1 jam yaitu 2 GB. Bagi sahabat STEKOM pengaturan ini ada di phonesell masing-masing. OLEH karena itu sabaiknya di cek sebelum sahabat melakukan streaming di atur loss atau 2 GB minimal agar *streaming* berjalan lancar.

10. 5 Perlengkapan dan penataan Ruang Studio *Streaming*

Apa saja perlengkapan yang dibutuhkan yang mestinya disiapkan dalam ruang studio ? agar *streaming* lancar dan memenuhi syarat standar kualitas *streaming on You Tube*.

Adapun perlengkapan yang dibutuhkan antara lain.

1. PC/ Leptop dengan spec core i5 RAM 8GB kecepatan diatas 2,7 GHz. 17-21 inc lebar layar. Dengan VGA dianjurkan NVidea graphic.
2. Mouse *wireless* / optic yang baik dan anatomize terhadap tangan streamer / battery mouse yang masih baik. Pad mouse jangan lupa agar lancar saat memainkan mouse juga untuk klik kanan- kiri serta scroll berfungsi dengan baik. Ini pada gambar 10.22 macam pilihan mouse yang anatomize dan warna warni baik yang optical maupun yang Bluetooth.



Gambar 10.23 Berbagai macam model mouse yang anatomize.

Pemakaian mouse hendaknya disesuaikan dengan ukuran lengkung tangan dan jari streamer agar sewaktu menggenggam dan mengklik kiri dan kanan nyaman mungkin. Dan speed responnya yang tercepat. Inilah yang membedakan kualitas dan harga mouse di pasaran.

Buat urusan streaming / gaming, mouse merupakan salah satu komponen yang penting. Ga mau dong, pas streaming atau maen game tangan *cepat pegel*, DPI kurang enak, ga nyaman intinya ditangan, oleh karena itu simak baik baik ini ada sedikit tips buat sahabat STEKOM yang lagi bingung memilih mouse.

- a. Kenali kebiasaan memegang mouse kalian, umumnya ada 3 tipe orang dibedakan dari cara memegang mouse. Lihat gambar 10. 24 untuk lebih jelasnya. Agar sahabat tidak salah dalam membeli mouse.



Gambar 10.24 Macam kebiasaan menggunakan Mouse.

Palm Grib = Cara memegang mouse orang kebanyakan, yaitu telapak tangan memegang penuh mouse.

Claw Grib = Cara memegang mouse yang lebih mirip dengan bentuk cakar.

Fingertip Grib = Cara memegang mouse telapak tangan memegang separuh bagian dari mouse

- b. Pergerakan dot per Inc (DPI).

Tentukan seberapa besar gerakan mouse yang pas buat sahabat. Sensitivity mouse harus disesuaikan dengan kegunaanya. Cek dulu seberapa besar DPI mouse sebelum membelinya. DPI juga sangat berpengaruh untuk apa mouse tersebut digunakan. Selain streaming materi *knowledge sharing* materi *streaming* Game RPG akan sangat berbeda sensitivity dengan game FPS tentunya.



Gambar 10.25 Special Mouse dengan Adjustable DPI

Cara pengaturan DPI mouse jenis ini dilakukan dengan cara tekan lama on DPI dan led akan menyala, kemudian tekan lama *page forward* button dan akan muncul random warna sesuai pilihan. Klik posisi button sesuai kebutuhan.

c. Besar kecilnya Mouse.

Lihat pada gambar kardus *mouse*, bila kedua tombol utama terlihat berbeda dan *mouse* terlihat sedikit lebih besar kemungkinan itu cocok untuk tipe *Palm Grib*. Apabila kedua tombol main sedikit kedalam badan *mouse*, dan ukuran *mouse* cenderung kecil, berarti cocok untuk tipe *Fingertip*, dan *Claw Grib*. Sesuaikan ukuran tangan kalian juga dengan besarnya *mouse*.



Gambar 10.26 Muse dengan penggunaan tipe Palm Grip

d. Mouse Pad

Tentunya pertimbangkan juga urusan mousepad yang pas untuk jenis *mouse* yang akan sahabat STEKOM beli. Beberapa mouse tidak akan maksimal digunakan apabila *mousepad* sahabat tidak sesuai. Sahabat bisa meminta saran kepada penjualnya, mousepad apa yang sesuai dengan *mouse* yang kalian beli. Beli *mousepad* yang kecil saja bila kalian menggunakan sensitivity rendah, dan sebaliknya.



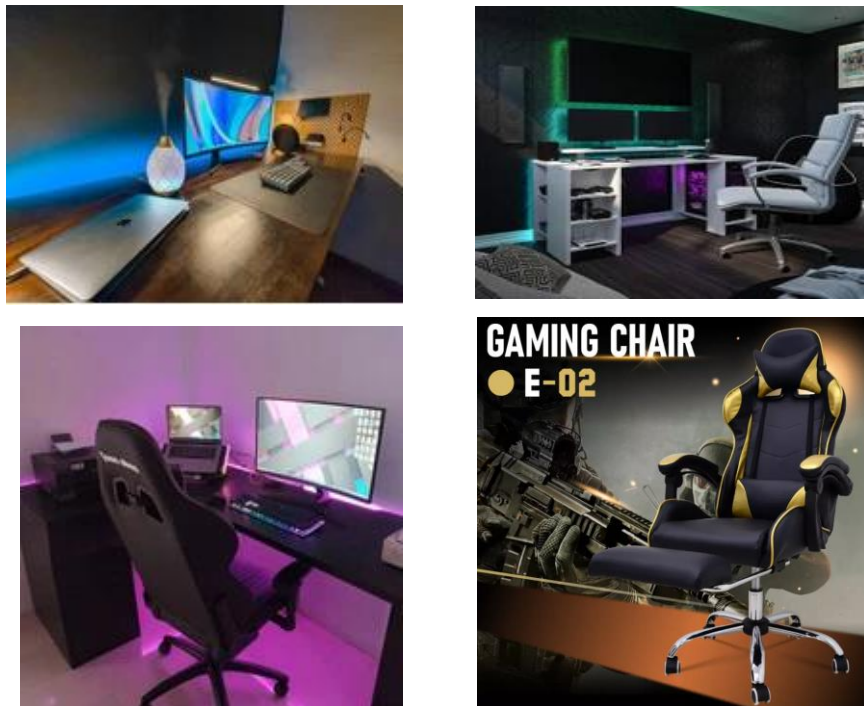
Gambar 10.26 Mouse Pad yang lebar dan nyaman.

3. Meja dan kursi Streamer.

Ukuran meja dengan lebar sesuai tema materi streaming. Kursi putar yang memiliki fleksibilitas naik turun dan putar kiri kanan serta geser. Ini agar badan nyaman selama streaming berlangsung tidak mudah Cepek mengingat streaming dapat mencapai durasi 1-2 jam tergantung tema dan alokasi waktu yang disediakan, serta kedalaman pembahasan. Pemilihan ukuran disesuaikan proporsional ukuran dan media alat bantu streaming lain yang dibutuhkan. Tidaka harus besar tidak harus kecil. Ini menyesuaikan sekali dengan apa saja yang harus di streamingkan. Apabila memang banyak peralatan tambahan yang dibutuhkan untuk demo maka meja streamer harus lebar. Namun apabila tidak membutuhkan demonstrasi alat dan tidak membutuhkan peralatan peraga kecuali PC atau laptop maka meja streamer dapat menggunakan meja kerja biasa. 150x98 x 85Cm.



Gambar 10.27. Meja untuk streaming



Gambar 10.28 kursi spesial untuk streaming dan gaming

4. Webcam

Agar view wajah streammer atau gammer nampak lebih jernih maka sebaiknya menggunakan camera web cam dengan high resolusi HD atau Full HD bahkan 4K *for key* bila dana sahabat mencukupi. Ini contoh pilihan camera webcam yang terbaik tahun 2021.

Gambar 10. 29 dan 10.30 menunjukkan berbagai webcam yang disarankan. Dari yang harga 280 Ribu A4Tech sampai yang harga 3.8 juta-an *rotation full remote* Logitech BCC 950 dapat disiapkan sesuai budjet dan kebutuhan.



Gambar 10.30 Webcam dengan resolusi FULL HD dan *rotation*.



Gambar 10.31 Full HD remote Rotation dan ZOM Logitech BCC 950

Webcam pada gambar 10.31 yang dikeluarkan oleh Logitech dengan seri BCC950 ini merupakan Camera web dengan fitur istimewa antara lain *mute control*, *noise canceling button control moving tilt-up tildown panning Left right* serta zoom semuanya dapat dilakukan dengan mudah melalui remote. Pantas saja harganya nyaris 4 juta di matahari simpang 5 Semarang. Namun berdasarkan pengalaman instalasi di saat test drive pada *recording* dan streaming hasil sangat istimewa. Jernih baik gambar dan suara serta mudah sekali mengatur *angle shotnya*, pan left maupun pan right serta zooming. Benar-benar Pak Bambang merasa dimanjakan dengan camera LOGITEC BCC 950 ini. Luar biasa.

5. Stand mic-microphone dan headset.



Gambar 10.32 *Microphone noise blanker*

Gambar 10.32 Stand *handle mic* dengan *noise filter* atau zoom mic.

Mic jenis ini memiliki kelebihan lebih jernih dan bersih dari noise, suara yang ditangkap oleh micropon terutama yang berada didepan mic sedangkan suara suara dari samping tidak diserap oleh microphone ini, micropon lain dengan fasilitas lebih jernih misalnya type BM 800 full set dengan handle armnyadan filter noise seperti pada gambar 10.33. Atau yang model



Gambar 10.33 Full set Microphone Noise Filter MD 800

Microphone dengan fasilitas filter dan impedansi yang *match* dengan pre-amp pada Leptop / PC akan mempengaruhi hasil streaming atau *recording* yang lebih baik dibanding dengan *microphone* seadanya. Adapula *michrophne* khusus clip on yang selalu nangkring di kuping *streamer*. Seperti pada gambar 10.34 dibawah ini.



Gambar 10.34 Microphone Clip on

Untuk dapat memonitor suara streamer sendiri maka dibutuhkan headset sehingga streamer tahu seperti apa suaranya sendiri. Hal ini untuk memudahkan mengatur *mixer streamer*.



Gambar 10.35 Headset streaming atau Gamming

6. Greenscreen dan tripot

Perlengkapan terakhir yang dibutuhkan pada studio adalah kain atau *backdroup/ green screen* atau *backdroup* saja sesuai thema. Ukuran sesuai kebutuhan. Sedangkan *green screen* dibutuhkan untuk menembus *background* misalnya *green 255 point*. Walaupun dapat pula menggunakan *blue screen* atau *white screen* namun yang standar adalah *green screen*, dengan asumsi pada tubuh *stremer* tidak terdapat komponen warna hijau. Sedangkan Tripot dibutuhkan bila menginginkan angle khusus dengan camera tambahan bersifat opsional, karena bila sudah menggunakan camera webcam maka tidak membutuhkan tripot lagi soalnya webcam dapat dicepitkankan ke Leptop atau di letakkan di meja menyesuaikan jenis webcam. Misalmya menggunakan BCC 950 Logitec tidak membutuhkan tripot, karena BCC 950 ini memiliki *neck* yang panjang.

BAB 11

Standard Perlengkapan *STREAMING Hardware dan Software*

Pada Bab Sebelas ini membahas apa saja perlengkapan perlengkapan STREAMING baik perlengkapan Hardware maupun perlengkapan Software. Hal ini penting untuk diketahui dan disiapkan sebaik baiknya agar kegiatan Video live STREAMING dapat berjalan dengan lancar dan hasil istimewa.

Perlengkapan STREAMING meliputi perlengkapan Hardware dan software. Dapat dituliskan sebagai berikut.

1. Perlengkapan *Hardware*.
2. Perlengkapan *software*

Kedua hal tersebut dapat penulis jelaskan sebagai berikut :

11.1 Perlengkapan *Hardware*

Perlengkapan *hardware* ini meliputi PC / Laptop dengan spec yang memenuhi standar streaming yaitu PC Cor i5 (*Core i Five*) dengan RAM (*Random Acces Memori*) minimal 8 GB, atau processor terendah / terburuk Core i3, terbaik Core i7 adalah tiga jenis prosesor komputer yang telah disediakan oleh perusahaan Intel untuk membantu kinerja suatu perangkat computer. Penulis sarankan Core i5 tidak disarankan cor i3. Istimewa core i7 dengan RAM sama-sama 8 GB.

Prosesor merupakan “otak” dalam sebuah perangkat komputer, cara kerjanya dengan menerima perintah dari pengguna, kemudian meneruskannya ke *hardware* lain. Oleh karena itu, tidak heran jikalau spesifikasi prosesor menjadi sorotan utama dan penting bagi setiap pengguna sebelum memutuskan membeli komputer maupun laptop. Apalagi mau digunakan untuk STREAMING

Semua prosesor, baik itu core i3, i5, dan i7 memiliki arsitektur dan teknologi yang berbeda-beda. Teknologi tersebut diantaranya adalah *Turbo Boost*, merupakan kemampuan untuk meningkatkan *clockspeed* pada CPU atau yang biasa dikenal dengan sebutan *over clocking* secara otomatis. Kemampuan tersebut secara tidak

langsung membuat komputer dapat mematikan satu atau dua *engine* lainnya agar memberikan ruang lebih besar pada CPU, sehingga hal tersebut otomatis membuat prosesor dapat bekerja dengan lebih cepat.

Selain dari itu, banyak dari pengguna yang salah kaprah, dan menyangka bahwa inisial i3, i5, dan i7 mengidentifikasi pada jumlah prosesor yang terdapat pada komputer. Misalnya, i3 berarti di dalamnya terdapat tiga prosesor, i5 dengan lima prosesor, dan i7 memiliki 7 prosesor, pernyataan tersebut sama sekali tidak bersangkutan dengan itu. Inisial core i3, i5, dan i7 ternyata lebih mengarah pada kemampuan yang dimiliki oleh prosesor, seperti halnya dipengaruhi oleh *cache*, *support* memori dan lain-lainnya.

Agar tidak keliru lagi, maka alangkah baiknya sahabat STEKOM untuk mengetahui perbedaan-perbedaan core i3, i5 dan i7 pada komputer. Berikut detail penjelasannya:

Perbedaan Core i3, i5 dan i7

1. Intel Core i3



Gambar 11.1 Processor Core i3

Core i3 dibekali dengan rancangan dua prosesor dual *core* di dalamnya. Kedua prosesor tersebut dapat menjalankan dua instruksi sekaligus dalam waktu

yang bersamaan. Banyak yang mengatakan bahwa Core i3 lebih tahan terhadap panas, bahkan lebih efisien untuk ketahanan daya baterai. Meskipun demikian, Core i3 juga ternyata memiliki kelebihan dan kekurangannya tersendiri, yang tentunya tidak kita dapati pada prosesor Core i5 dan i7.

Intel Core i3 tidak mendukung teknologi *Hyper-Threading*, merupakan kemampuan untuk stimulasi jumlah prosesor yang ada sehingga mampu bekerja secara multi process pada bagian kecil. Teknologi ini hanya dapat dijumpai pada prosesor i5 dan i7 saja. Dibekali dengan teknologi Turbo Boost overclocking otomatis yang berkisar antara 2.933 GHz sampai dengan 3.2 Ghz. Clock Graphics Processor 100 MHz. L3 Cache 4 MB LGA Socket 1156. Core i3 mampu mengintegrasikan *Virtualizing Technology* dengan GPU (*Graphic Processing Unit*) sehingga dapat berjalan lebih cepat. Ini yang support banget dengan kebutuhan Video saat STREAMING.

2. Intel Core i5



Gambar 11.2 intel Core i5

Sama halnya dengan Core i3, Intel Core i5 juga dilengkapi dengan rancangan dua prosesor Dual Core di dalamnya, namun ternyata sebagian juga ada yang terdiri dari dua prosesor Quad Core namun tidak dilengkapi dengan teknologi *Hyper-Treading*.

Teknologi Core i5 sangat cocok digunakan untuk para pengguna berat, seperti halnya aktivitas game, VIDEO STREAMING program, desain, dan lain-lainnya yang membutuhkan kemampuan komputer dengan kinerja mumpuni. Namun sayang, Core i5 lebih panas ketimbang i3, tapi memiliki kemampuan yang lebih unggul, utamanya dalam hal *multitasking* dan kemampuan untuk menampung *software-software* berat, seperti OBS lengkap dengan Plug innya. Core I 5 ini Support Hyper-Treading. Terdiri dari 2 processor Dual Core. Terdapat juga beberapa seri i5 yang berisi 2 processor Quad Core, namun tidak mendukung teknologi *Hyper-Treading*. Turbo Boost maksimum *overclocking* otomatis antara 2.4 GHz sampai 3.33 GHz. L3 Cache 4-8 MB. LGA Socket 1156. Intel HD Graphics. Maximal RAM 16 GB. Maka penulis sarankan bagi Sahabat STEKOM yang akan melakukan STREAMING minimal memiliki RAM 8 GB.

3. Intel Core i7



Gambar 11.3 Processor Core i7-8550U

Core i7 memiliki kemampuan lebih unggul jika dibandingkan dengan dua prosesor yang penulis jelaskan sebelumnya. Karena, Core i7 dilengkapi dengan rancangan empat prosesor *Quad Core* di dalamnya, dengan kecepatan 3.07 GHz di tiap-tiap prosesor. Terdapat juga beberapa seri i7 tertentu yang menyediakan enam prosesor *Quad Core*.

Selain itu, Core i7 sendiri memiliki kemampuan luar biasa, karena mampu memecah empat prosesor menjadi delapan bagian, sehingga proses kerja yang berat dapat dijalankan secara maksimal. Kemampuan inilah, otomatis Para STREAMER dapat menjalankan berbagai proses secara bersamaan, misalnya STREAMING 3D Rendering, Video Editing, secara LIVE dan keperluan animasi lainnya. Tidak heran jika produsen komputer dan laptop Core i7 mematok harga yang fantastis untuk setiap unitnya. Intel Core i7 mendukung teknologi *Hyper-Treading*. Turbo Boost maksimum *overclocking* otomatis berkisar antara 1.73 GHz sampai 3.33 GHz. L3 Cache 8-12 MB. Teknologi Intel Quick Path Interconnect yang berfungsi untuk mempercepat proses pembacaan data mencapai 25.6 GB / detik. LGA Socket 1156. Intel HD Graphics. Maximal RAM sebesar 24 GB RAM sejumlah ini yang menjadi idaman para YOU TUBER STREAMER LIVE

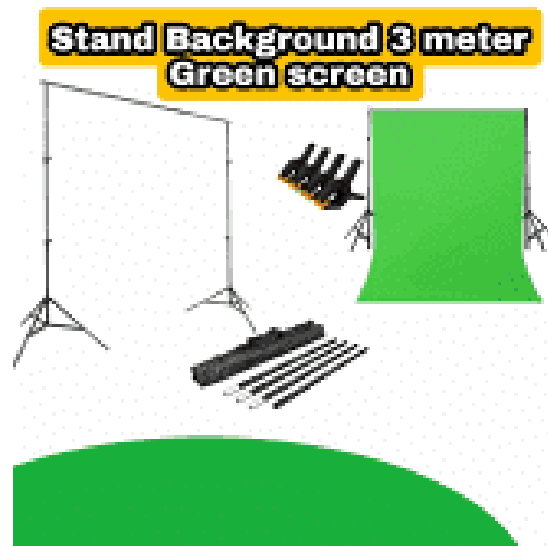
Arsitektur setiap prosesor di atas tentu saja akan mempengaruhi harga jual komputer dan laptop bersangkutan. Adapun jika anda membutuhkan laptop untuk sekadar mengetik dan melakukan aktivitas pekerjaan yang tidak terlalu berat, maka disarankan untuk menggunakan Core i3 saja. Karena selain sudah cukup, Core i3 juga dibandrol dengan harga yang lebih miring.

Prosesor Core i5 disarankan untuk pengguna yang hari-harinya kerap menjalankan VIDEO STREAMING Pembelajaran *Online* dengan *software-software* berat seperti 3D dan animasi maupun pembelajaran secara Hybrid. Untuk keperluan STREAMING tutorial video pembelajaran maupun gaming, Core i5 berdasarkan pengalaman penulis selama 2 tahun masa Pandemi –Covid 19 ini (2019-2021) sudah memenuhi syarat dan tidak *ngelag*. Namun apabila para sahabat STEKOM memiliki uang lebih bolehlah menambah spec ke core I 7 dan RAM 24

GB. Tentunya ada hal lain disamping perangkat *Hardware* ini yang harus dicermati pada alenia berikut ini.

Perlengkapan Hardware lain yang dibutuhkan secara standard antara lain

- a. Microphone
- b. Headset monitor
- c. Mixer audio
- d. Soundcard
- e. Stand mic
- f. Filter mic
- g. Lighting
- h. Ruang
- i. Green screen/ backdrop

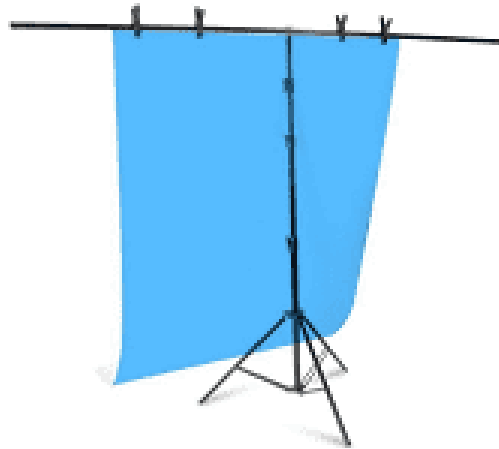


Gambar 11.4 Green screen

Green screen ini bertujuan untuk menembus background agar streamer saat presentasi tidak seperti berda dalam ruang terpisah melainkan menimbulkan kesan dala satu ruang dengan isi materi pembicaraan.

Tidak harus green screen, menggunakan Blue screen juga bisa dengan catatan tidak ada komponen warna biru pada streamer, baju

kaos atau apa saja yang dikenakan streamer jangan ada warna biru.
Karena akan berlobang nanti atau bocor istilahnya.



Gambar 11.5 Blue Screen dan tripotnya



Gambar 11.6 green screen set



Gambar 11.6 Lighting pendukung model softbox

Kebutuhan perlengkapan ini minimal lima titik lampu dua dari depan dua disamping dan satu lampu dari atas. Lampu dari atas sebaiknya yang berreflektor sehingga pendarannya dapat menerangi semua sisi ruang agar semua benda yang ada dalam ruang streaming dapat terlihat agar mudah beraktifitas. Sedangkan lampu yang dari depan dan kiri kanan dianjurkan menggunakan lampu dengan kain softbox agar terang soft tidak menyilaukan dan tidak over bright atau Fler.

Pencahayaan yang over bright akan merusak image saat camera menangkap gambar menjadikan object berlubang. Sebaliknya cahaya yang kurang terang akan menimbulkan noise bintik- bintik hitam di setiap sisi object yang gelap.

Oleh karena itu cahaya tidak harus kuat tetapi harus rata intensitasnya. Terlalu kuat cahaya pada sisi tertentu akan menimbulkan bayangan disisi lain. Misalnya kuat cahaya di kiri streamer akan menimbulkan bayangan disisi kanan streamer. Dan sebaliknya cahaya kuat dari samping kanan maka akan menimbulkan bayangan disisi kiri. Oleh karena itu buka kuat tetapi rata dan terang disemua sisi ruang yang dipakai untuk streming. Sisi lain penggunaan cahaya tanpa softbox akan menyilaukanmata steamer hal ini membuat cepat lelah saat streaming berlangsung. Juga menimbulkan pans ruangan.

j. Tripot screen maupun tripot lampu



Gambar 11. 7 Tripot camera

Bila tidak menggunakan camera webcam namun menggunakan camera DSLR maupun Handycam maka tripod khusus camera ini diperlukan. Seandainya stremer merasa cukup menggunakan camera webcam, maka tripod ini tidak diperlukan karena camera webcam dilengkapi dengan holder penjepit yang dapat dijepitkan di ujung atas layar laptop.

- k. Meja standard
- l. Kursi yang nyaman

11.2. Perlengkapan *Software*

Perlengkapan *software* yang dimaksud adalah Sistem Operasi (SO) yang digunakan dalam PC atau laptop sahabat STEKOM. Apakah LINUX apakah Windows ataukah Mac. Hal ini tentunya berdasarkan ketentuan anjuran dari Aplikasi pendukung yang sahabat gunakan untuk STREAMING. Misalnya PC atau Laptop sahabat pakainya SO Windows ya jangan menginstall aplikasi pendukung yang untuk PC Mac. Atau sebaliknya PC atau laptop sahabat pakainya SO Mac jangan install aplikasi pendukung yang untuk Linux dan seterusnya.

Software yang dimasukkan adalah misalnya Sahabat ingin menjelaskan cara edit video ADOBE PREMIER CS atau Adobe Photoshop CS secara STREAMING akan berbeda performa hasil STREAMING dengan performa saat hanya menggunakan Power point. Hal ini disebabkan oleh kinerja Laptop pada processor dan pada video graphicnya yang akan berat saat membahas Adobe Premiere CS bila dibandingkan dengan saat menjelaskan power point. Hal lain adalah Resolusi Camera LIVE yang digunakan untuk View Presenter apakah menggunakan Camera Full HD 1080 atau hanya 720 atau bahkan hanya 460 pixel tentu ini juga akan berpengaruh pada Bitrate VIDEO STREAMING lebih cepat. Aplikasi pendukung STREAMING YOUTUBE.

Perlengkapan software lain perlu dipersiapkan misalnya untuk mengajar di grafis dan teknik

a. Page maker



Gambar 11.8 Software Page Maker

b. Corel draw



Gambar 11.9 Corel draw

c. Photoshop

d. Dream weaver



Gambar 11.10 Icon software dreamweaver

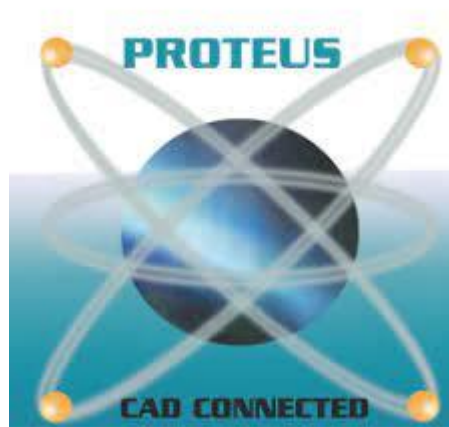
e. Macromedia Flash MX

f. Adobe Premier Pro/ Cs



Gambar 10.11 Adobe Premier Pro

- g. Nero (*burning system*)
- h. Berbagaimacam Converter Audio Video
- i. Partikel illusion
- j. Autocad
- k. Cool 3D
- l. 3 D Max
- m. Proteus



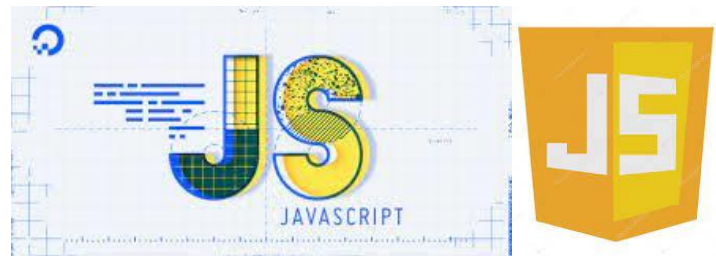
Gambar 11.12 Software Proteus Electronic drawing circuit

- n. Protel
- o. Ide Arduino



Gambar 11.13 Arduino IDE

- p. DAC
- q. MyOB
- r. My Sql
- s. Phyton
- t. Android Studio
- u. Java Script



Gambar 11.14 Java script

- v. Acces
- w. Dan lain lain sesuai kebutuhan materi yang akan dipakai

Setiap software ini sudah diinstal sesuai versi terbaru atau yang aman terhadap seluruh fitur dan plug-innya, sehingga tidak mengalami kendala saat di presentasikan.

Kesemua *software* yang dibutuhkan setiap *streaming* hendaknya sudah terinstalasi dan berada di desktop sehingga memudahkan saat akan memulai pembahasan.

Jangan lupa menyiapkan aplikasi Power point sesuai versi yang dikuasai stremer misalnya power point pada office 2016 atau yang terbaru hal ini umumnya para *streamer* menggunakannya karena dengan

mudah untuk dipakai saat menjelaskan materi pembahasan. Dengan power point ini tentunya para streamer akan mudah untuk berpindah dari slide satu ke slide 2 dan serta sebaliknya serta sudah diatur aktifitas animasinya. Tentunya hasil setting animasi juga sudah di test terlebih dahulu apakah sudah benar urutan jatuhnya teks, jangan sampai maksud hati menampilkan teks pertama tetapi saat di klik tampil teks ke dua atau teks yang lain. Oleh karena itu sebaiknya sebelum streaming berlangsung di play atau dislide showkan terlebih dahulu setiap klik urutan slide maupun urutan isi slide by slide.

Aplikasi streaming lainnya yang dibutuhkan misalnya:

a. Streamyard



Gambar 11.15 Streamyard

b. Zoom



Gambar 11.16 Zoom meeting online

Melalui aplikasi ini setiap peserta dapat langsung melihat dan angkat tangan serta mengemukakan pendapat melalui pengaturan Host serta live chat. Untuk durasi kurang dari 45

menit menggunakan aplikasi ini gratis dan terbatas pada 100 orang partisipan. Untuk waktu durasi lebih dari 45 menit maka harus membayar serta partisipan juga tersedia hingga lebih dari 500 orang dengan akun premium.

c. Jitsimeet



Gambar 11.16 Jitsimeet

d. OBS



Gambar 11.17 OBS Studio

Melalui aplikasi ini streamer dapat leluasa menggunakan seluruh fitur dari mengatur screen display capture running text dual triple camera pengaturan mixer audio background dan lain sebagainya. Untuk pemilihan intro opening dan closing dapat menggunakan multi scene.

e. Google meet



Gambar 11.18 Google Meet

f. Webex



Gambar 11.19 Webex untuk live document sharing editor

Melalui aplikasi ini masing masing peserta dapat melakukan editor teks secara langsung dan peserta lain juga langsung dapat mengomentari serta edit pula secara live.

g. Dan lain-lain sesuai selera dan kebutuhan.

Banyak sekali aplikasi berbayar maupun *free cash* yang dapat digunakan untuk melakukan VIDEO STREAMING antara lain Jitsi-meet, Streamyard, Zoom maupun OBS dan lain sebagainya. Masing masing Aplikasi Pendukung STREAMING tersebut memiliki keunggulan dan kelemahan masing masing.

Pada pemakaian Jitsimeet memang tidak banyak membutuhkan RAM namun terbatas pada fitur yang kurang elegant saat digunakan. Memang bagi pemula yang hanya sekedar STREAMING VIDEO menggunakan Jitsimeet sudah cukup. Nah bagaimana dengan Streamyard ? Streamyard lebih unggul 5 *grade*, dibanding dengan Jitsimeet, namun untuk yang *free cash* akan ada pembatasan jumlah jam dalam satu bulan misalnya dikenai pembatasan maksimal 420 jam melakukan streaming maka akun sahabat STEKOM akan terblok dan tidak dapat login di STREAMYARD. Nah solusinya dapat dilakukan dengan membuat akun baru. Nah ini yang menjadi repot bukan. hal lain adalah Sinyal dan Cuaca

Cuaca cerah dan cuaca mendung tidaklah banyak berpengaruh, karena transmisi STREAMING yang menggunakan Kabel FO selama ini aman aman saja beda dengan transmisi Udara seperti Radio Broadcasting dengan Modulasi FM (Frekuensi Modulasi) Maupun AM (Amplitudo Mudulasi). Cuaca seperti apa yang dapat memengaruhi STREAMING VIDEO adalah cuaca Hujan petir dan badai. Hal ini disebabkan karena sambungan fisik kabel FO pada jaringan seluler yang sering bermasalah meskipun tidak menggunakan kabel tembaga. Hal ini disebabkan oleh sambungan FO pada FDP(*Fiber distribustion Panel*).

BAB 12

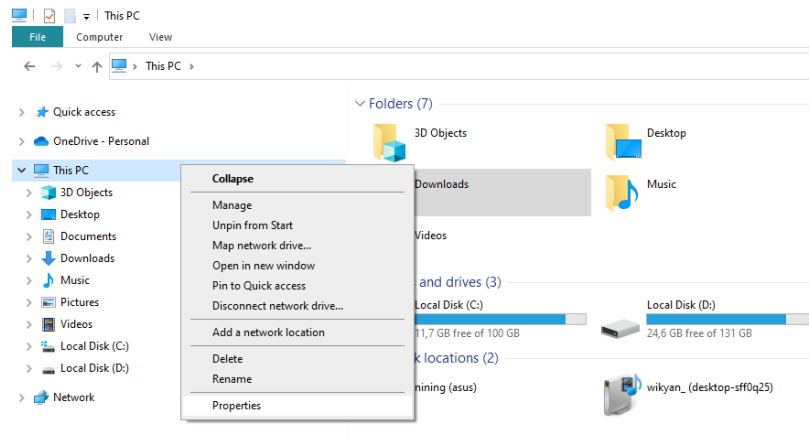
Langkah-Langkah STREAMING

Pada bab dua belas ini penulis menuliskan tutorial langkah langkah melakukan STREAMING melalui YouTube dengan *software* yang handal dan lengkap dengan fitur fitur pengaturan, yaitu OBS (*Open Broadcaster Software*). Selesai membaca dan mempraktekkan langkah langkah STREAMING yang penulis rincikan maka pembaca akan berhasil melakukan STREAMING dengan kualitas yang memuaskan.

Adapun langkahnya sebagai berikut :

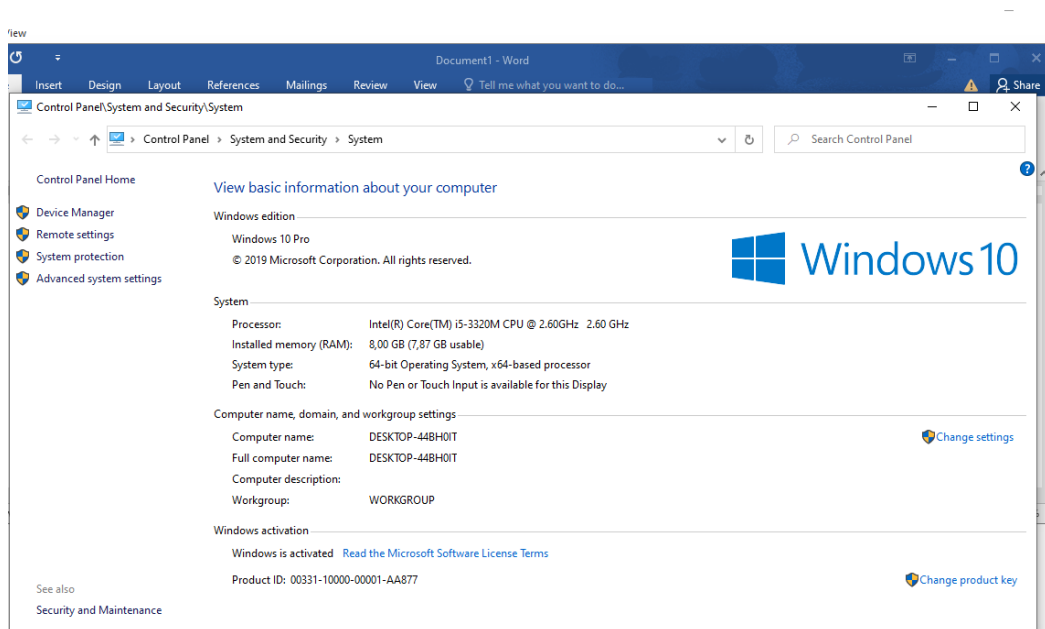
1. Siapkan Laptop dengan *spec* minimal RAM 8 GB, Processor Intel Core i5 VGA usahaka Nvidia, dengan sistem operasi windows 10 atau linux juga boleh. Ruang penyimpanan Harddisk usahakan diatas 15 GB tersedia *free*.

Untuk mengecek spec PC atau laptop melalui this PC klik kanan Properties seperti ini contohnya.



Gambar 12. 1 Mengecek Spek PC/ Laptop untuk kesiapan Streaming

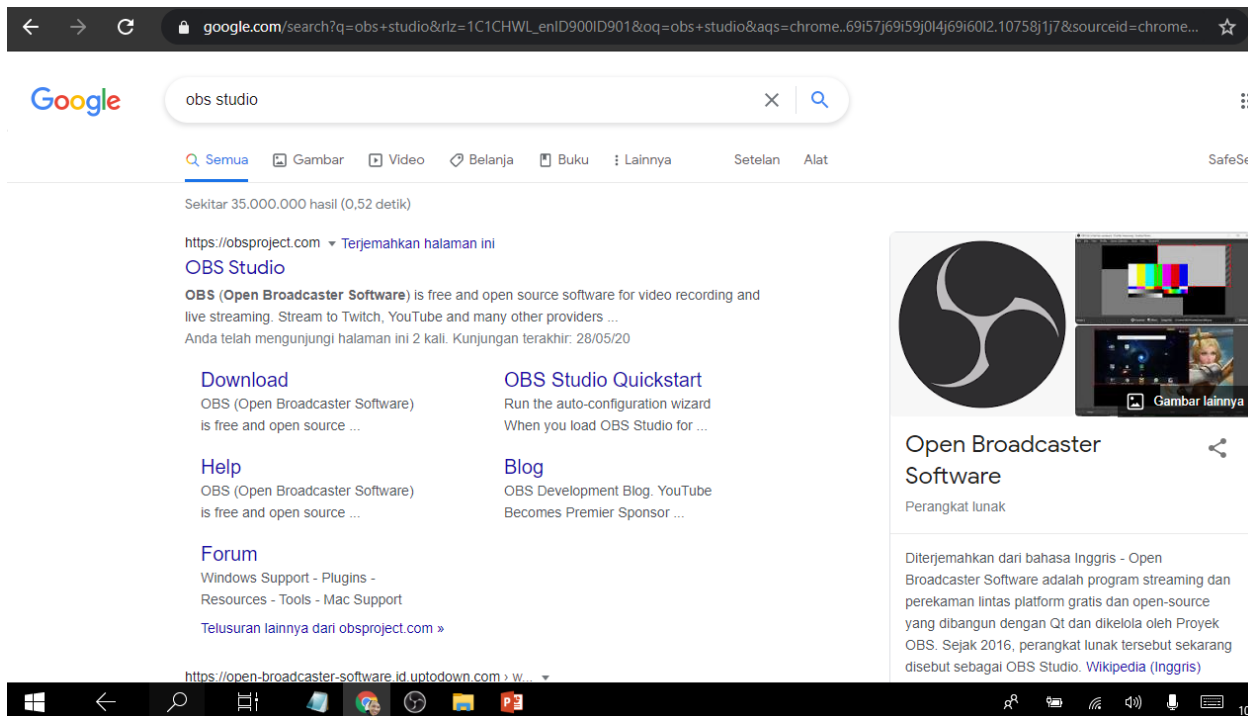
Hasil pengecekan misalnya sebagai berikut.



Gambar 12.2 Hasil Pengecekan diperoleh spec RAM 8 GB Processor Core i5 Windows

10

2. Buka Browser Mozilla atau chrome Download *software* OBS di alamat OBS project. Com Seperti ini saat proses download OBS dan memilih Bit yang sesuai



Gambar 12. 3 Alamat OBS studio

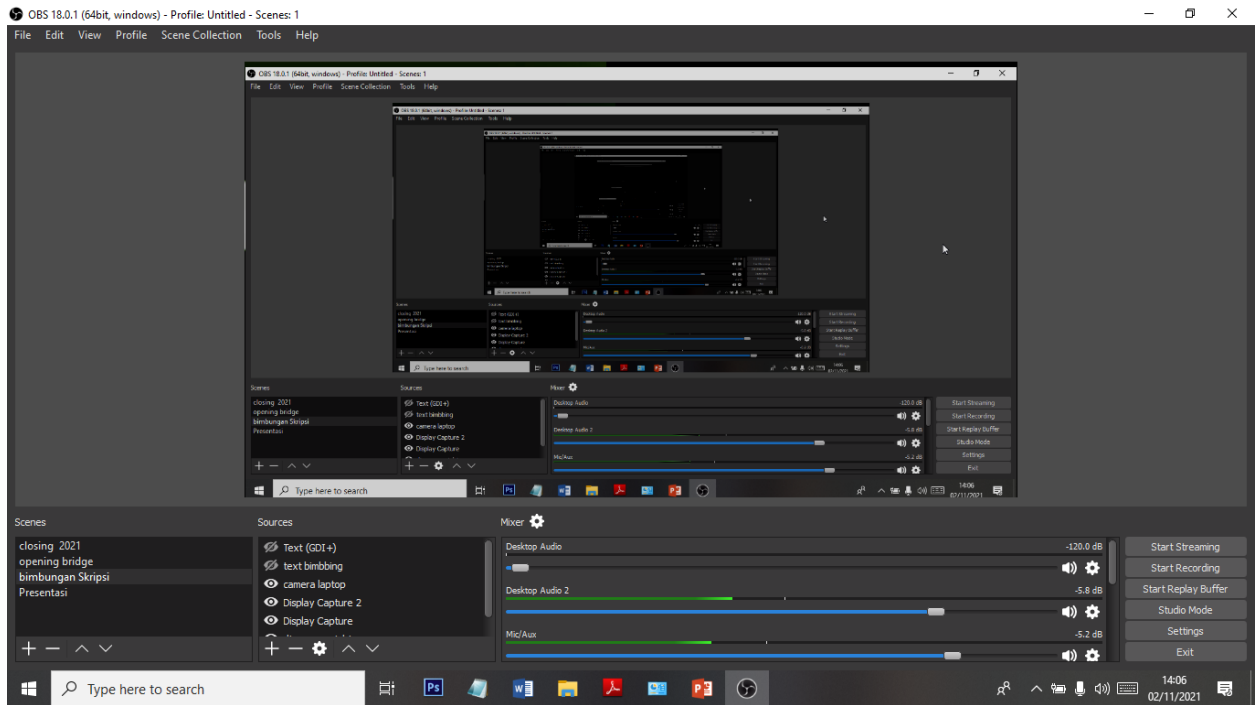
3. Pilih OBS sesuai Bit laptop 64 Bit atau 32 sesuai Bit agar tidak konflik.

Seperti tampilan mode pilihan.



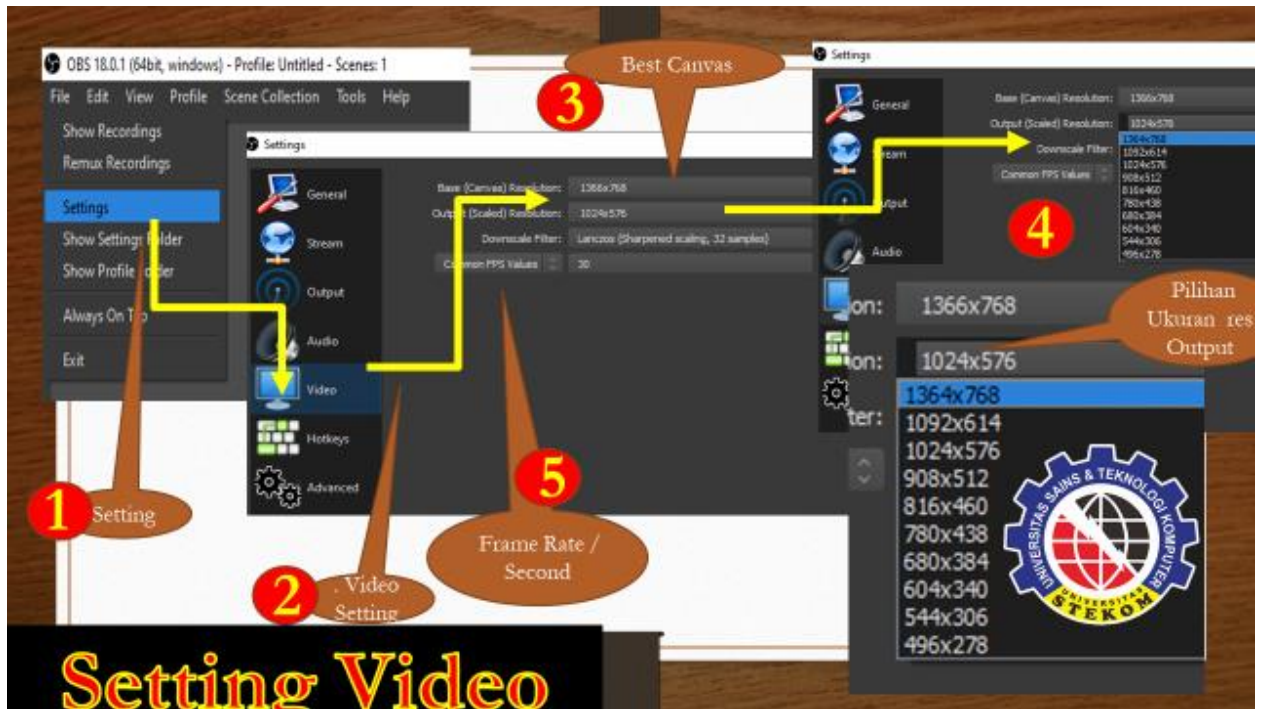
Gambar 12.4 Tampilan pilihan OBS OS Linux Windows atau Mac
Jadi pilihlah sesuai *Operating System* dari PC/ Laptop sahabat STEKOM.

4. Setelah *download* lakukan Instalasi di laptop atau PC sahabat.
5. Tentunya sahabat sudah membuat akun You Tube dan sudah diverifikasi melalui SMS dan streaming bisa dilakukan setelah 24 jam dari Verifikasi. Kalau hanya Upload video dapat langsung dilakukan setelah membuat akun You Tube.
6. Setelah berhasil Instalasi OBS akan tampil desktop seperti ini.



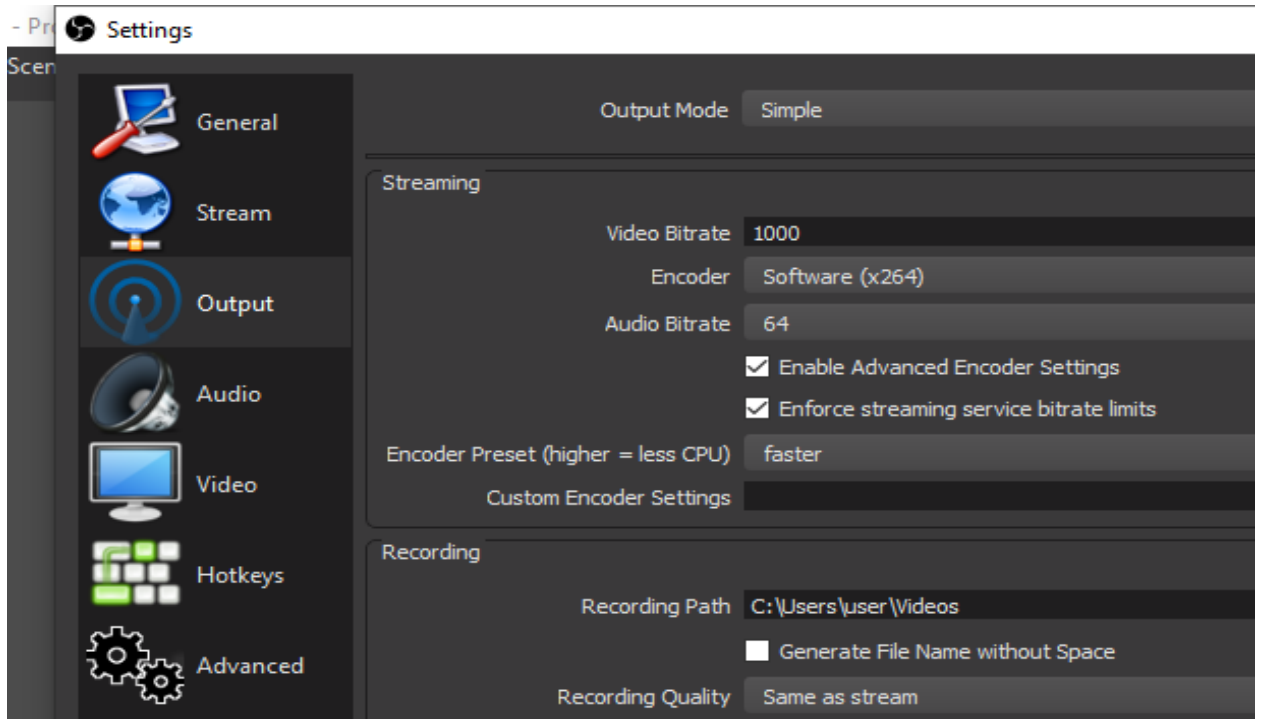
Gambar 12.5 Workspace atau desktop OBS

Setelah tampil desktop seperti diatas lakukan seting sebagai berikut : Klik **SETTING** pilih Video pilih Best canvas kemudian pilih Frame rate persecond 30 FPS selanjutnya pilih resolusi Video Outputnya misalnya 1366 x 768 pixel seperti gambar dibawah ini. Ingat sahabat semakin besar resolusi semakin bagus gambar streamingnya dan tentunya akan memakan RAM lebih banyak serta sinyal internetpun harus tersedia Upload yang tinggi minimal 5 Mbps. Bila sinyal internet sahabat STEKOM hanya 2 Mbps maka penulis sarankan untuk menurunkan resolusi agar tidak *ngelag*. Atau *Still Image*.



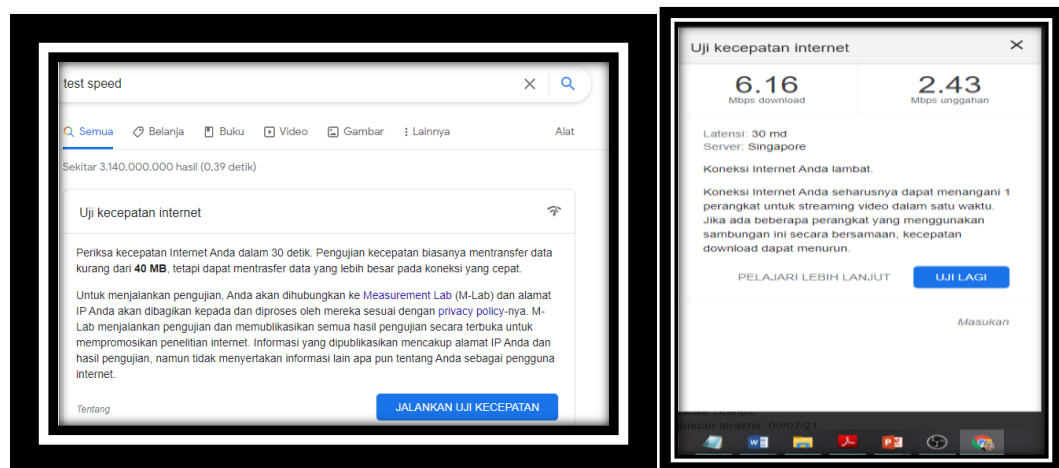
Gambar 12.6 Tampilan urutan setting saat streaming You Tube dengan OBS

Setelah setting Video jangan lupa disimpan hasil *settingan* dan ok serta melanjutkan *setting* Output Mode dan Bitrate serta Audio.



Gambar 12.7 Tampilan Pengaturan Bitrate berdasarkan kekuatan Sinyal internet diposisi Upload.

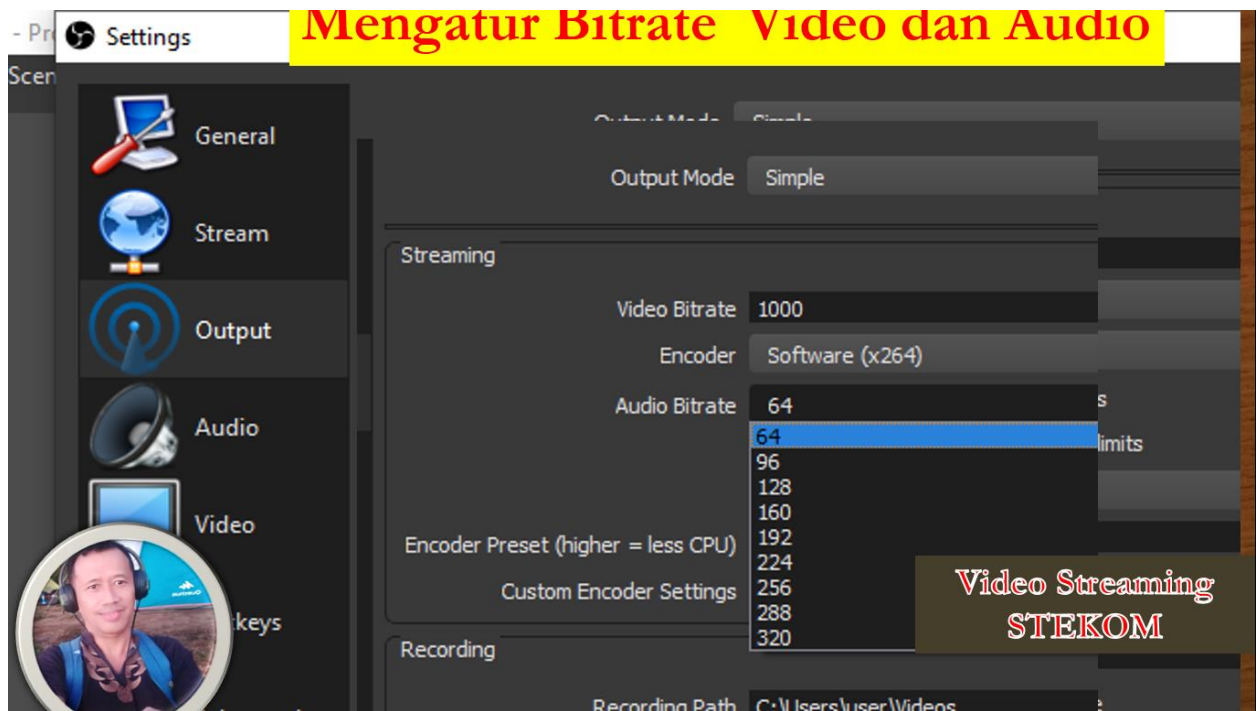
Pengaturan Bitrate atau laju Video akan sangat berpengaruh terhadap kecepatan transisi Video dari Laptop ke You Tube dan dari You Tube ke Pemirsa. Hal penting saat melakukan setting Bitrate ini harus dimulai dari mengecek kecepatan Upload Inaternet misalnya Upload ada di 5 MBps maka Bitrate dapat menggunakan maksimal separoh dari angka Upload jadi misalnya Upload 5 MBps berate separohnya 2,5 artinya Bitrate mampu hingga 2500. Jangan dipaksakan ya kawan, semua tergantung sinyal Internet saat Streaming. Dan opsional dapat diatur sewaktu waktu. Gambar Ini contoh menyetel bitrate saat streaming. Ini contoh tampilan hasil cekking kecepatan internet saat streaming melau browser Mozila ketik speed test klik enter



Gambar 12. 8 Tampilan saat uji kecepatan Internet angka sebelahh kiri kecepatan *Download* dan angka yang kanan kecepatan Upload.

Berdasarkan angka digambar 12. 8 Upload berada di 2.43Mbps berarti bitrate maksimal separoh dari 2.4 misalnya 1,2 atau 1200 oleh karena itu penulis mengambil aman diposisi bit rate 1000.sudah cukup meskipun gambar tidak selembut yang 2400.

Selanjutnya melakukan setting audio ada pada 48 Khz dan bitrate cukup di 64 seperti tampilan di gambar 12.8



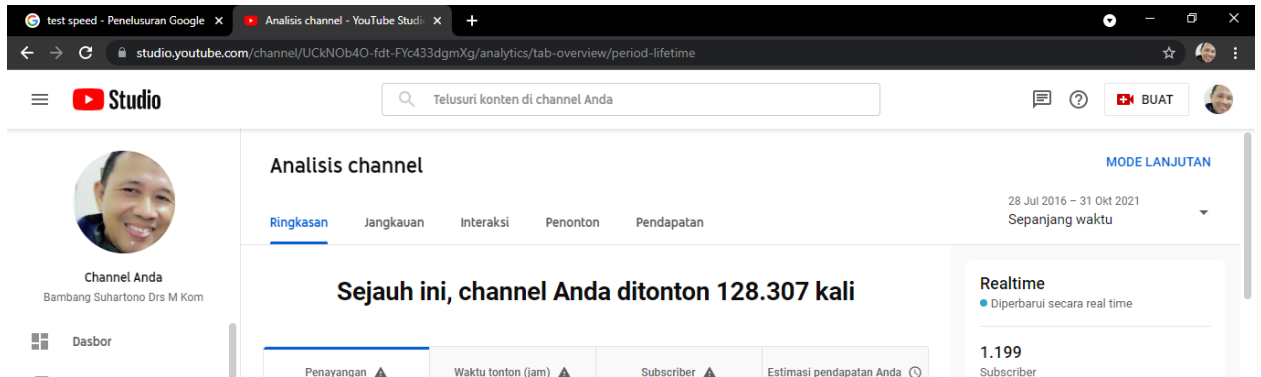
Gambar 12. 9 Pengaturan bitrate AUDIO agar suara jernih dan stereo



Gambar12.10 Ilustrasi Setting AUDIO STREAMING You Tube dengan OBS.

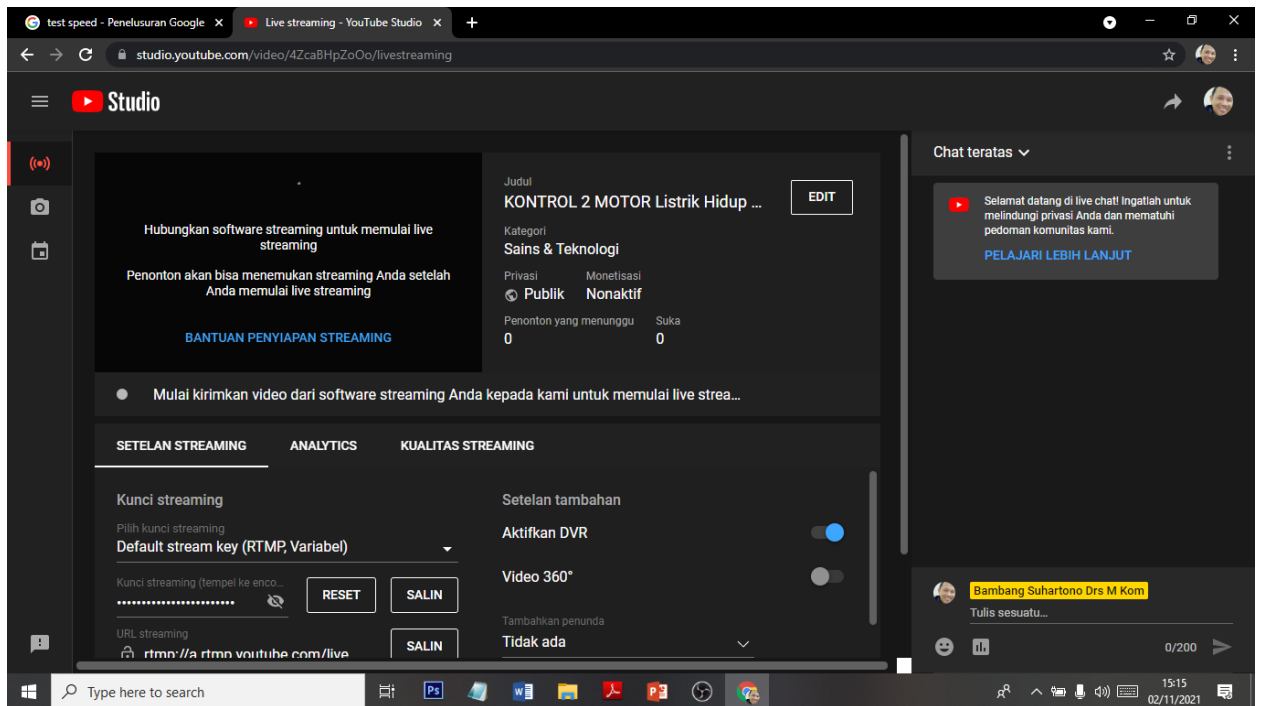
7. Buka Browser Mozilla terbaru atau Chrome boleh salah satu yang penting versi terbaru klik You Tube studio.com

Misalnya seperti gambar 12. 11 dibawah ini.



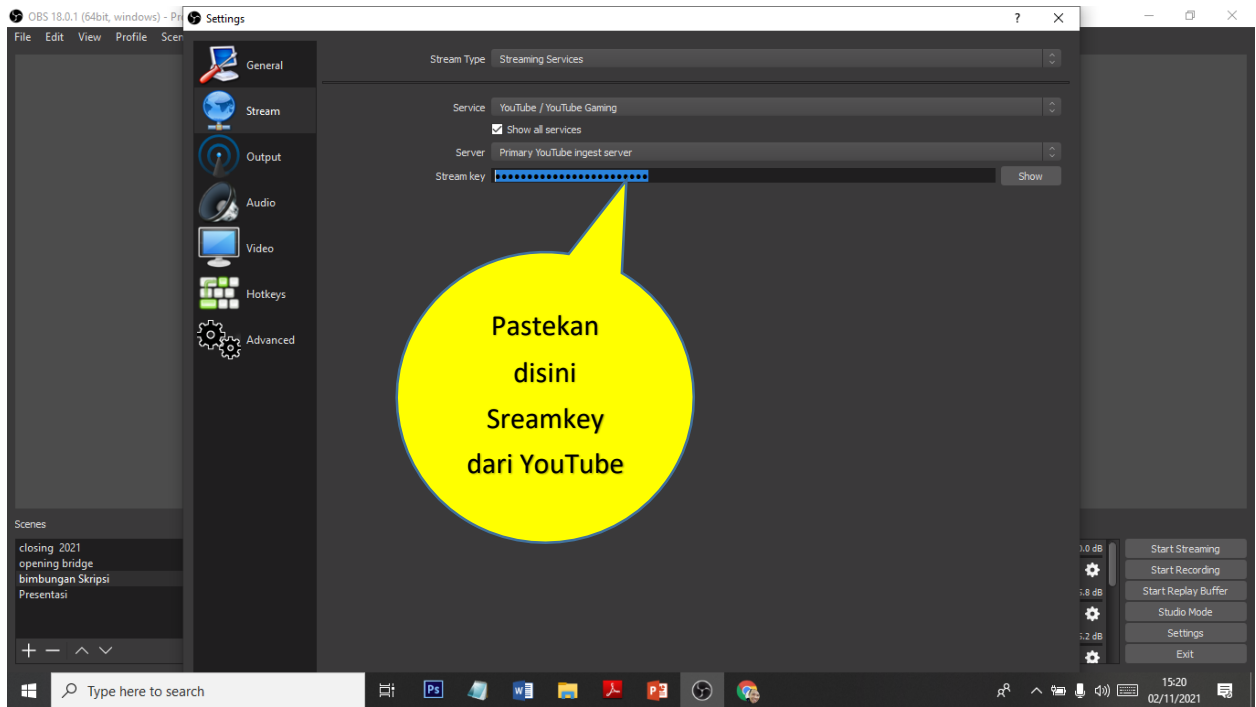
Gambar 12. 11 tampilan You Tube studio menjelang Streaming

Selanjutnya klik tanda merah bertuliskan BUAT di kanan atas dan pilih STREAMING



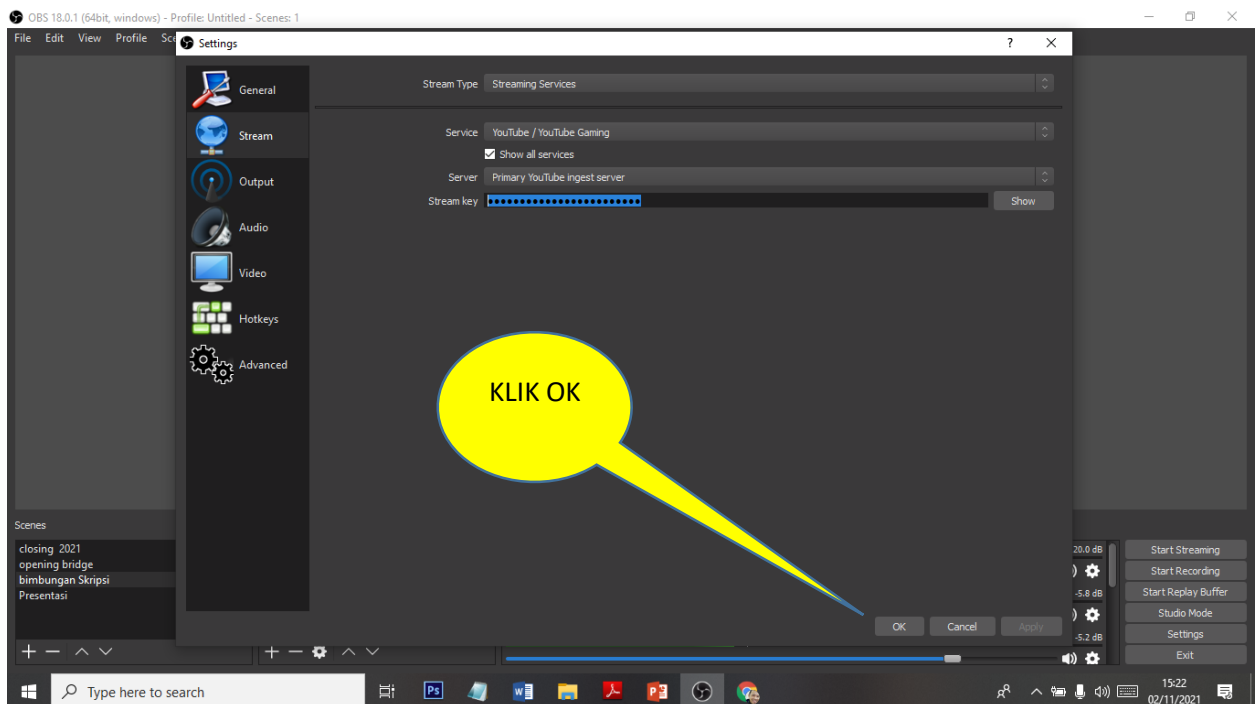
Gambar 12. 12 Tampilan setelah klik streaming pada You Tube Studio

8. *Copy code stream key* di desktop You Tube pada SETELAN STREAMING kolom kunci streaming dengan cara KLIK di tulisan SALIN dan paste kan di Kode *streamkey OBS* serta OK serta klik Start streaming di OBS atau melalui HOT Key sesuai selera. Seperti ini tampilannya.



Gambar 12.13 Lokasi memastekan KODE STREAMKEY di OBS

Selanjutnya klik OK di tool box bawah

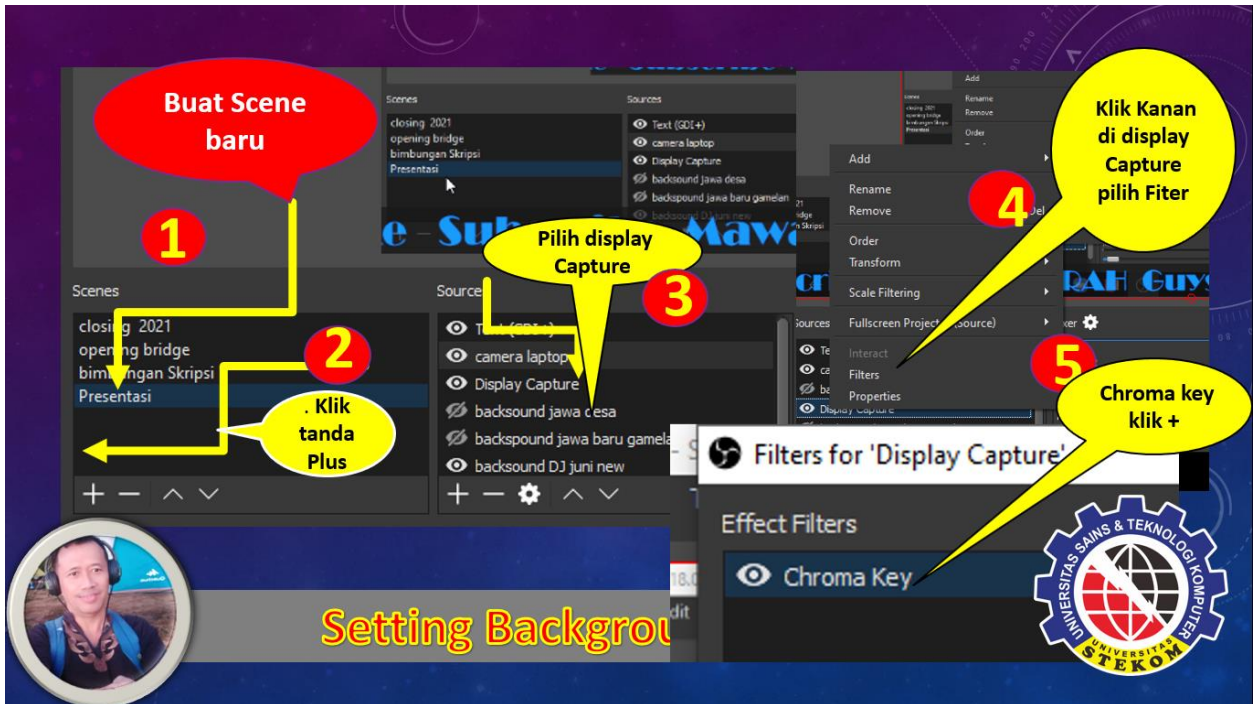


Gambar 12.14 Button OK di kanan bawah halaman streamkey

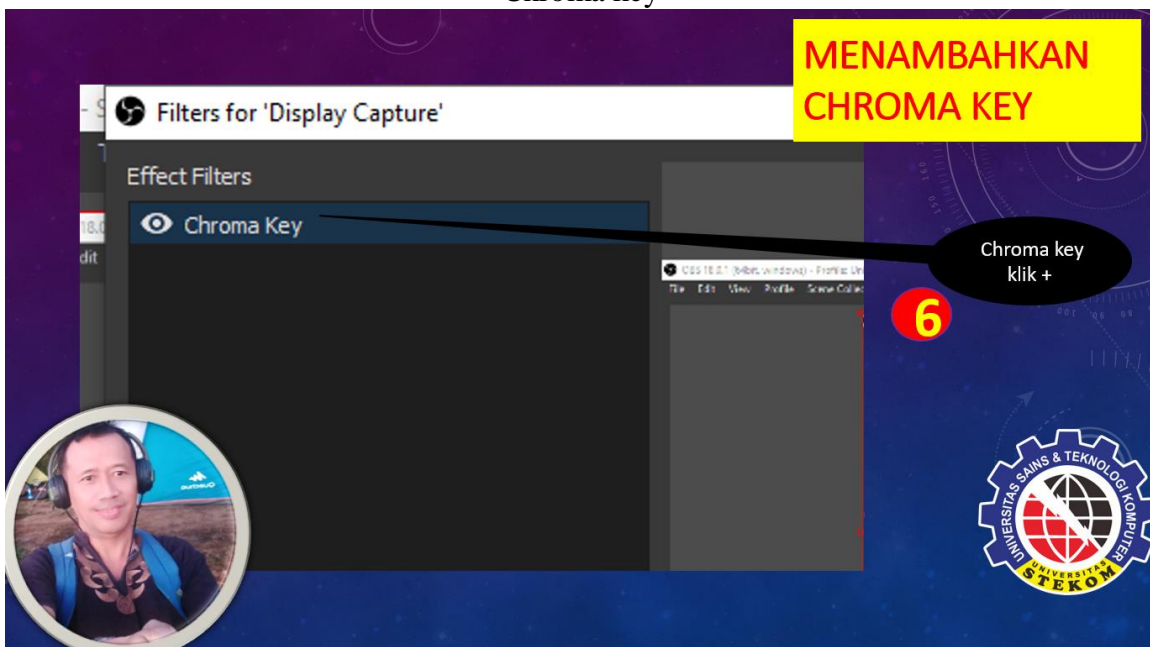
Selanjutnya klik START STREAMING di kanan bawah paling atas button Streaming DAN STREAMING DI MULAI. Selamat streaming. Silahkan klik materi

Presentase yang akan di share tentunya jangan lupa mengatur display dan green screen serta Running text sebagai titling acara streaming.

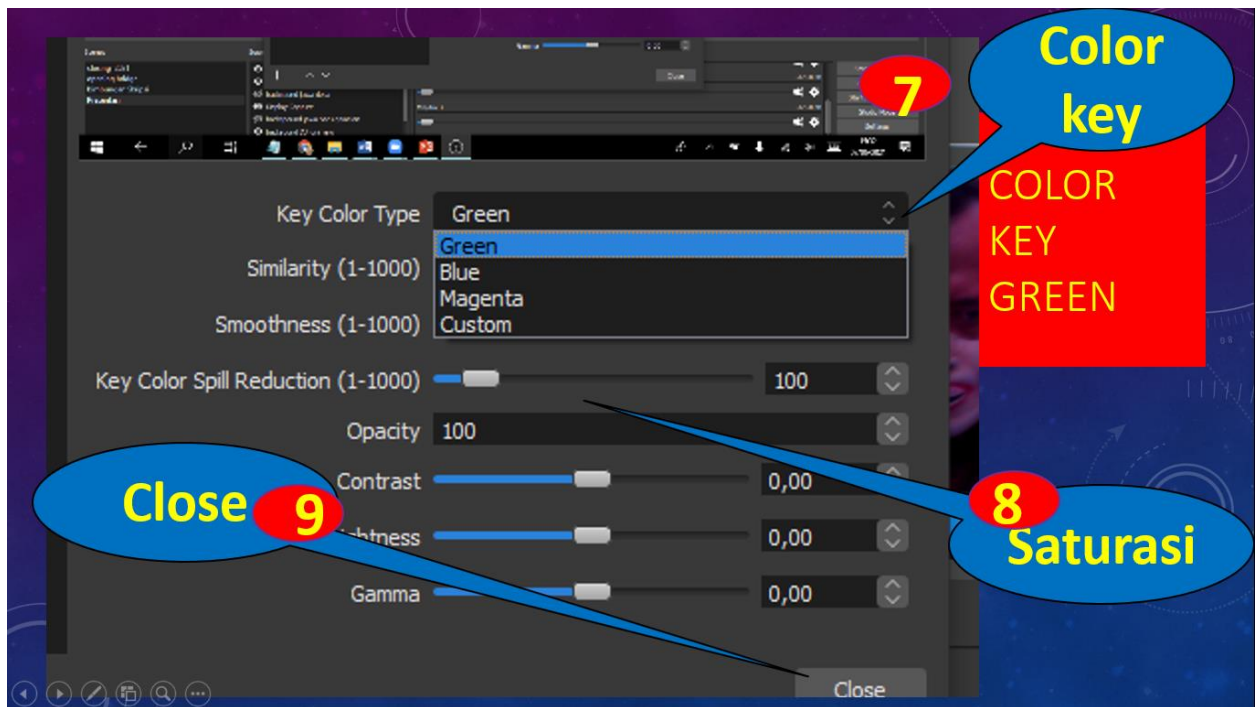
9. Agar streaming tidak membosankan maka perlu pengembangan mode tambahan yaitu pengaturan background dan titeling seperti langkah berikut.



Gambar 12. 15 Gambar tampilan Langkah setting background dan greens creen serta Chroma key



Gambar 12. 16 Pengaturan Chroma Key



Gambar 12. 17 Pengaturan COLOR KEY agar naturalisnya kelihatan menarik

Langkahnya sebagai berikut : klik Scene di kiri tengah OBS dan pilih new scene atau KLIK tanda PLUS (+) atur nama misalnya Presentasi 1 2 3 atau master presentasi dengan cara *rename*.

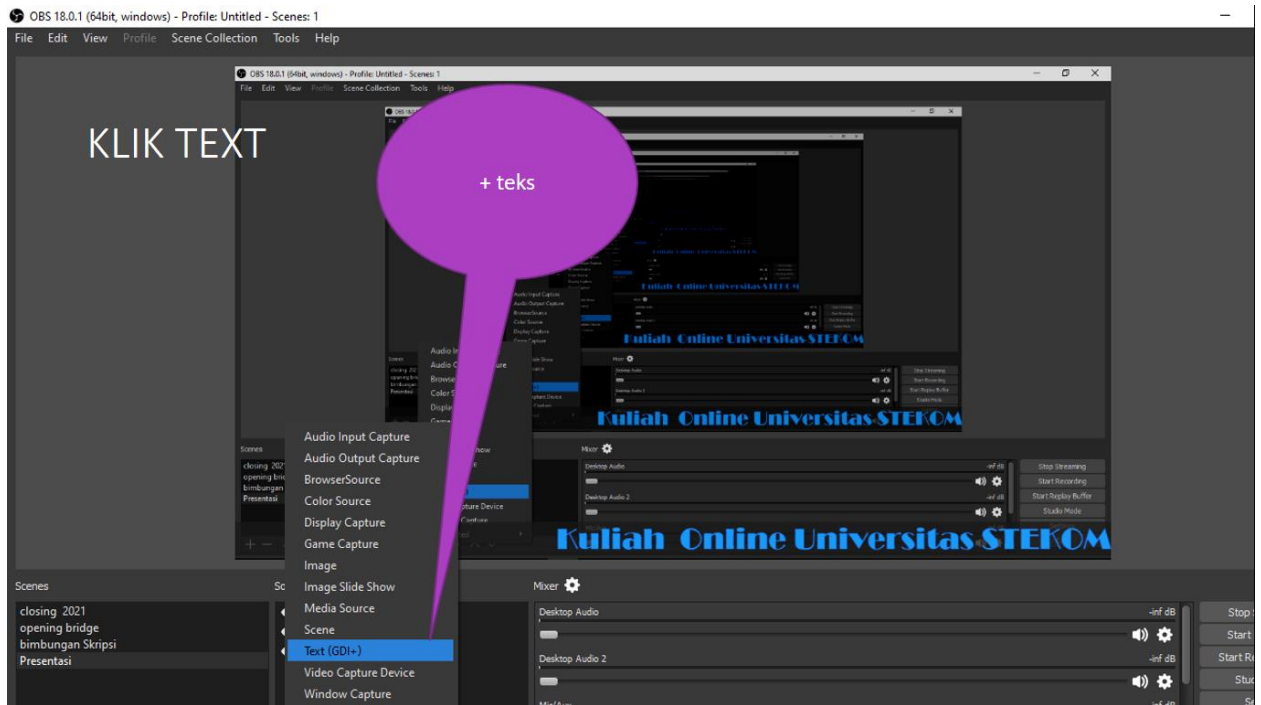
Selanjutnya pilih *display capture* untuk menampilkan area presentasi yang akan terlihat di PEMIRSA YOU TUBE. Pilih Filter dan selanjutnya pilih *Chroma key* serta atur kecerahan sesuai selera. Tentunya menyesuaikan naturalisme pencahayaan. Wajah jangan terlalu merah atau pucat. Tentunya hal ini dipengaruhi lighting dan camera yang digunakan untuk LIVE STREAMING. Semakin tinggi resolusi camera semakin mudah mengatur mencapai warna yang menarik dan naturalisnya tetap terjaga.

10. Setelah pengaturan chroma key dilanjutkan dengan mengatur *Running text* sebagai *titling* acara yang dapat dipasang di bawah Video saat LIVE STREAMING berlangsung. Untuk langkahnya sebagai berikut:



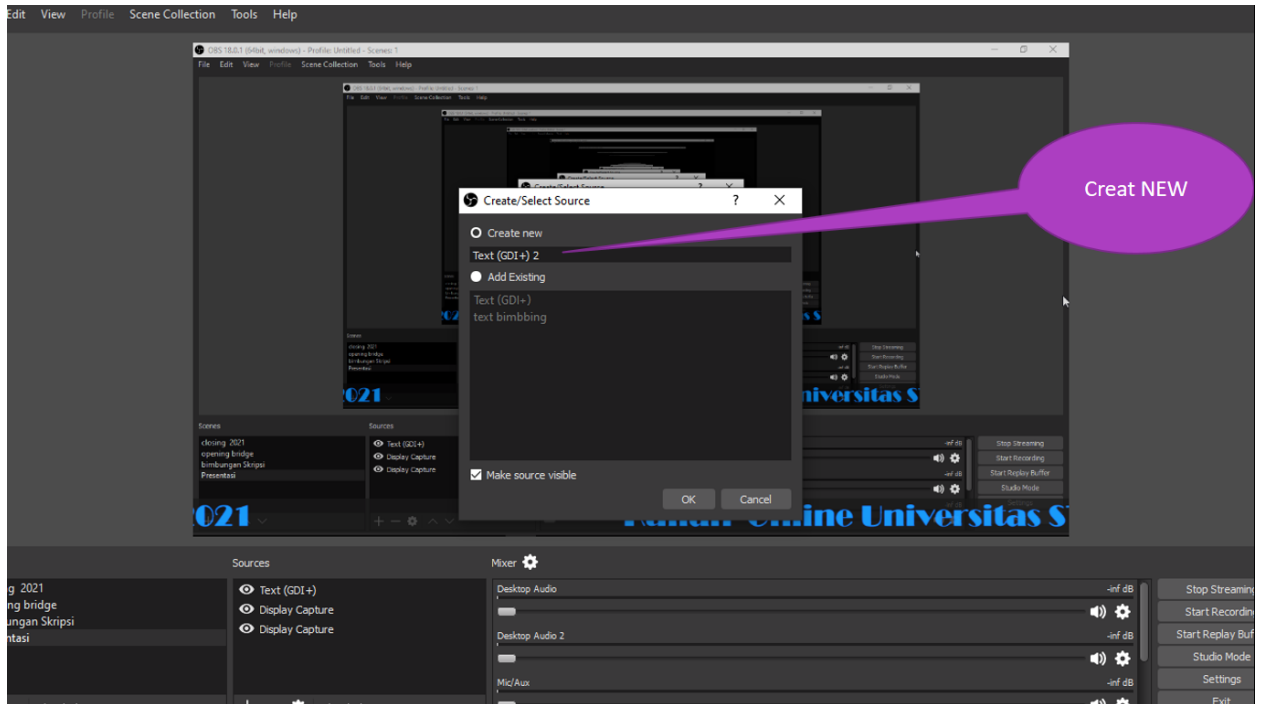
Gambar 12. 18 Ilustrasi pengaturan Running Texts saat LIVE STREAMING

Pertama KLIK tanda PLUS (+) dan pilih TEX di scene kolom kedua sisi bawah OBS, seperti gambar 12.18

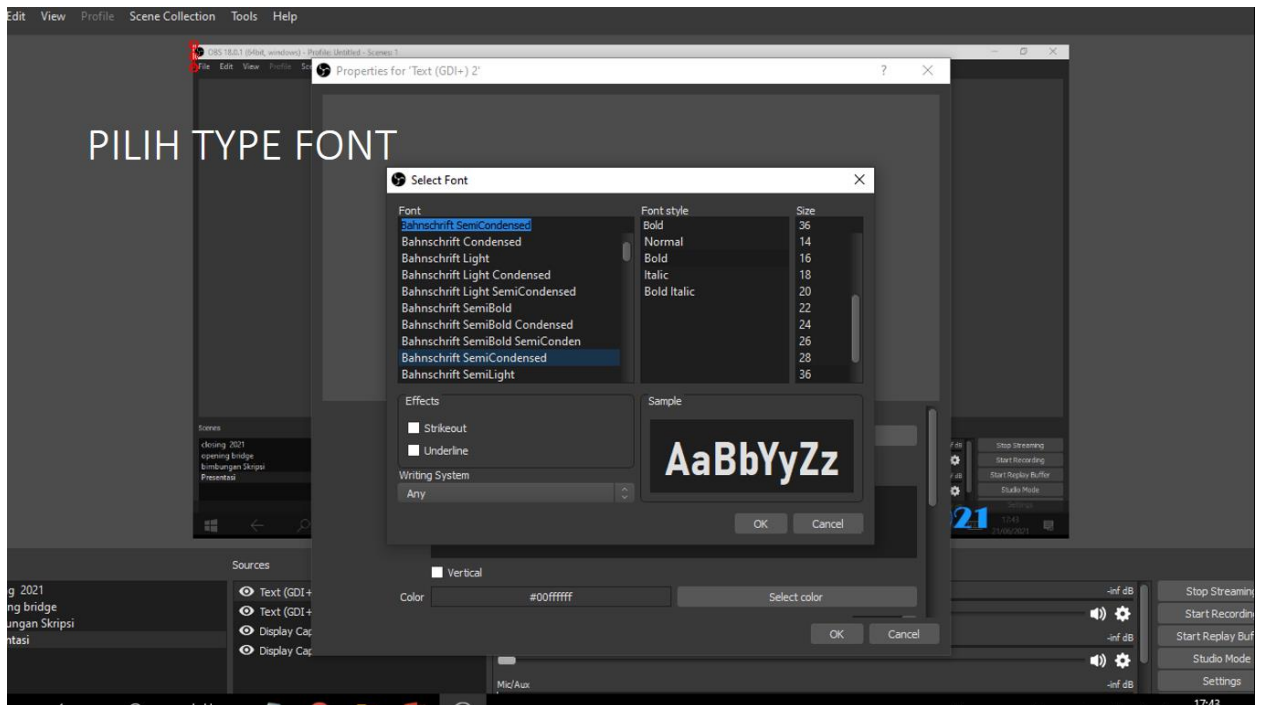


Gambar 12. 19 Menyeting scene Running Texts saat LIVE STREAMING

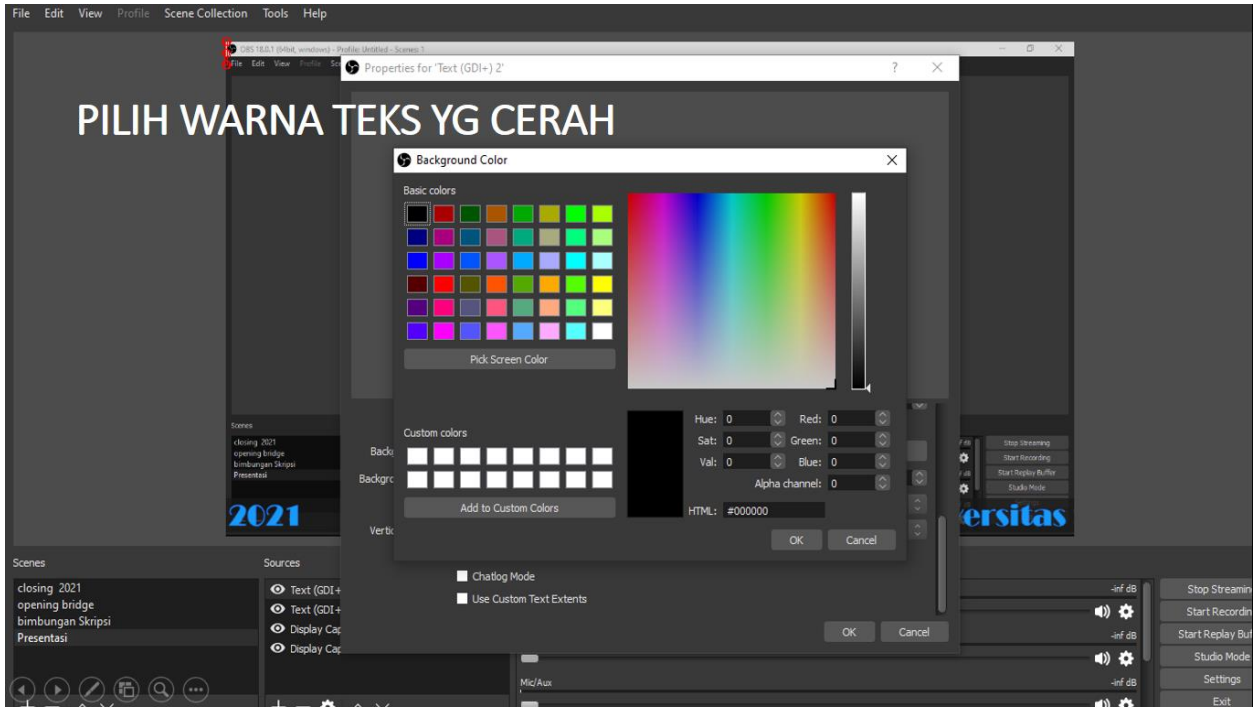
Creat New untuk membuat scene Baru, pilih type Font dan ukuran font seperti berikut



Gambar 12. 20 Tampilan creat New scene Running teks

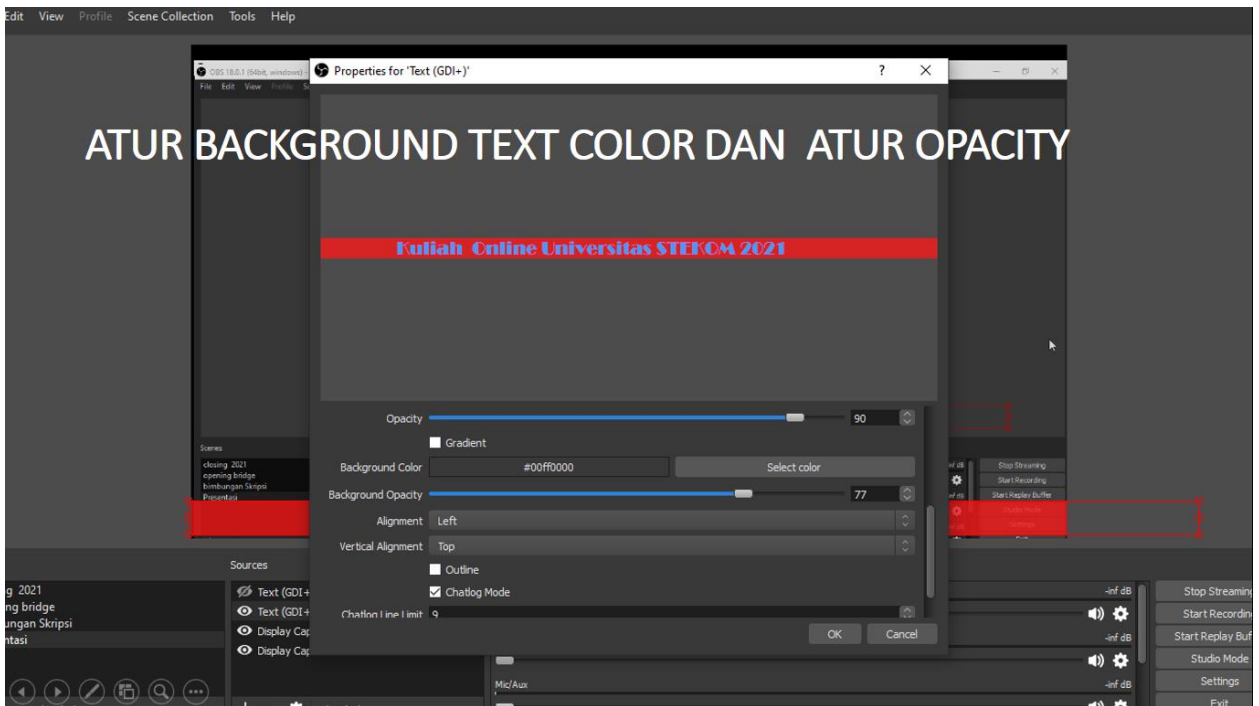


Gambar 12.21 Tampilan memilih type Font dan ukurannya
Selanjutnya memilih background warna agar Tex tampak lebih kontras



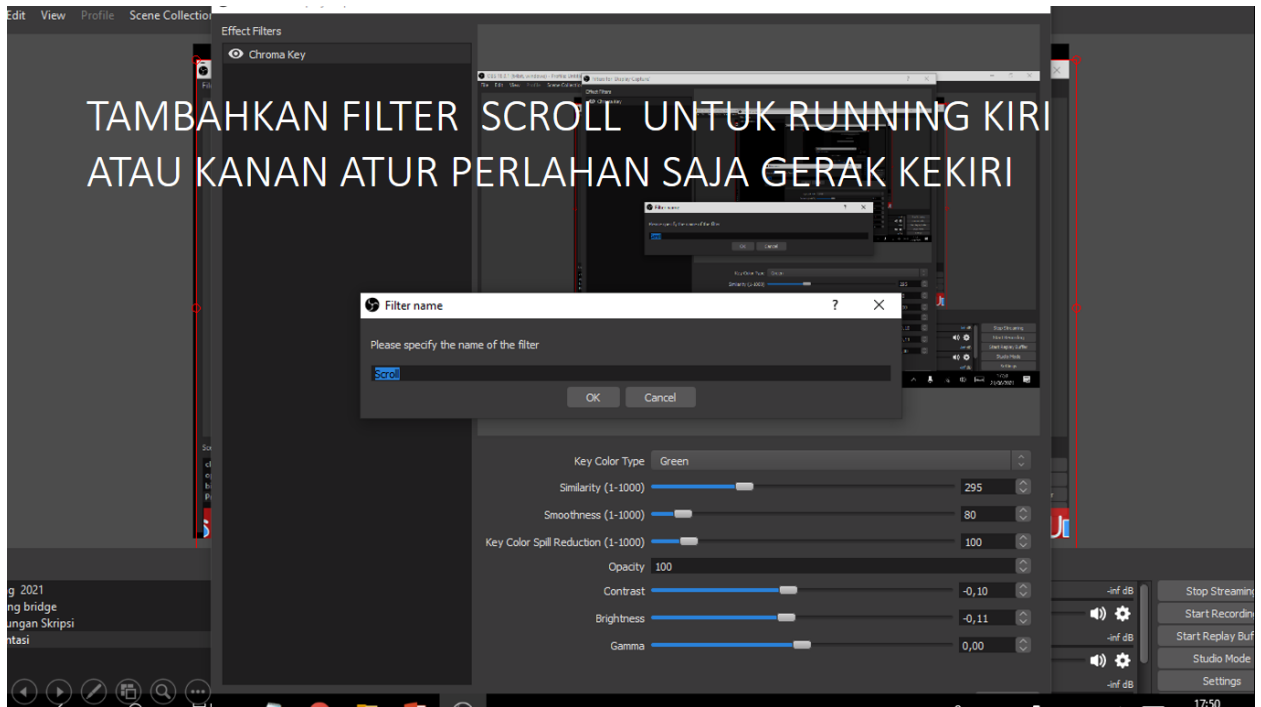
Gambar 12. 22. Setting Background Running Texts

Atus *opacity* untuk kejelasan teks



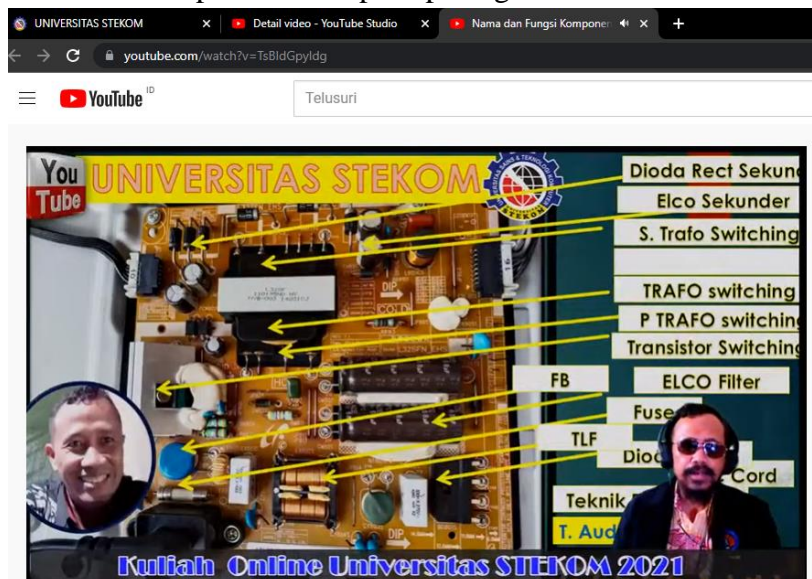
Gambar 12.23 Pengaturan Opacity Running texts.

Tambahkan fitur *Scroll* agar Texts dapat berjalan kekiri atau kekanan keatas kebawah sesuai selera Youtuber.



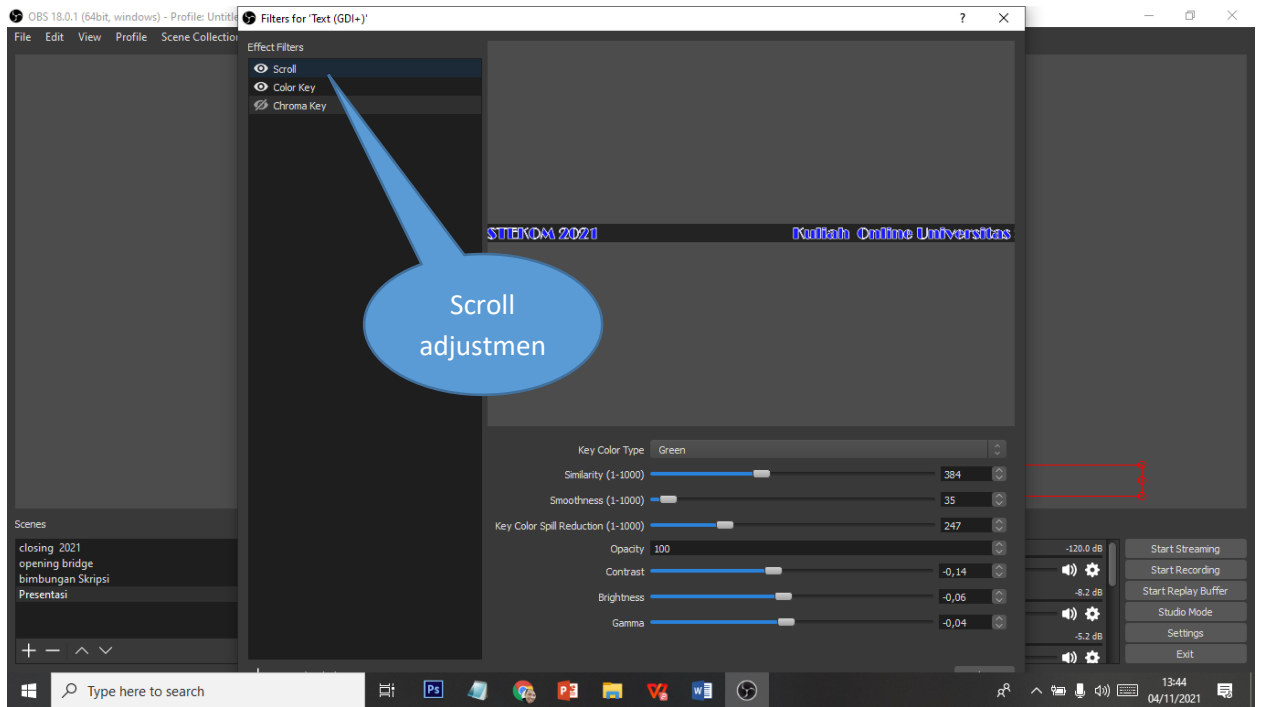
Gambar 12.24. Pengaturan tambahan Fitur Scroll untuk mengatur teks agar berjalan

Hasil Pengaturan Running Texts yang diseting berjalan dari kanan ke kiri dan diletakkan dibawah dashboard OBS dapat dilihat seperti pada gambar 12.25 berikut.

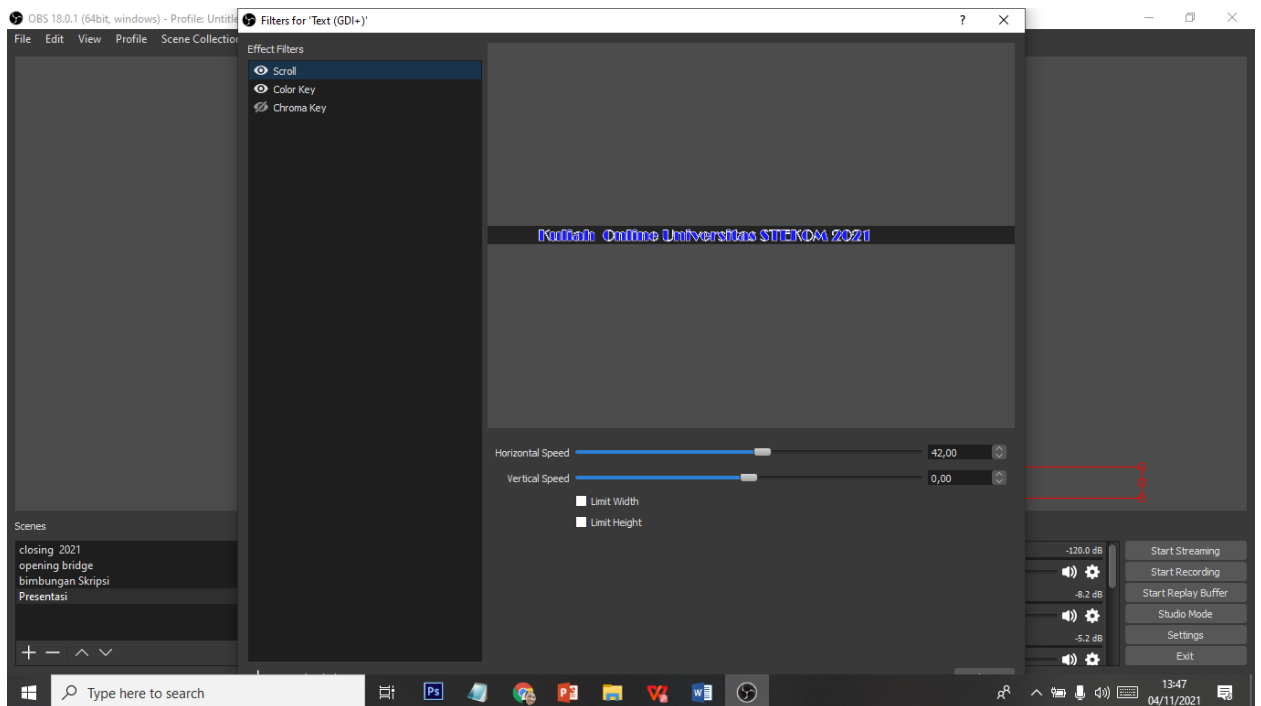


Gambar 12.25 Contoh Running Texts warna Biru dibawah Dashboard OBS saat STREAMING berlangsung

Untuk mengatur kecepatan lajunya running ke kiri dapat dilakukan dengan menggeser button ke kiri menjauh dari sisi tengah seperti gambar 12.26.

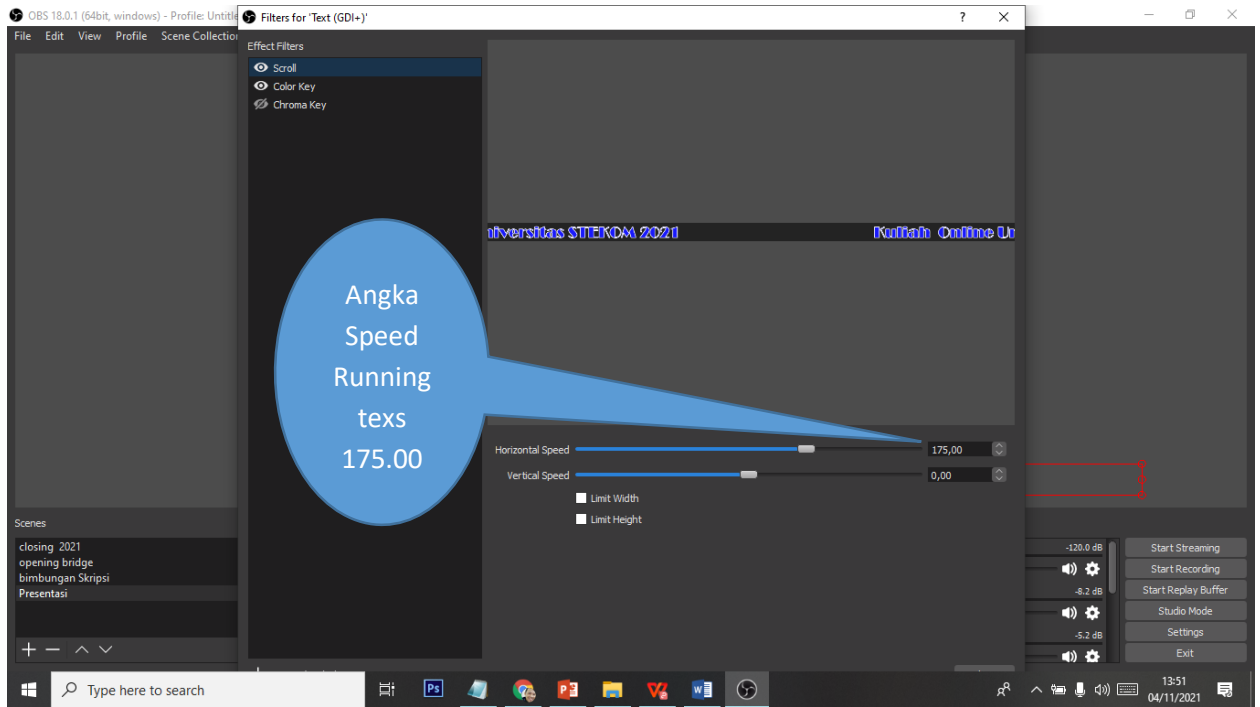


Gambar 2.26. Fitur Button Scroll di kiri ats setelah klik Filter pada scene teks



Gambar 2.27. Slider button untuk mengatur jalannya teks cepat atau lambat

Pada gambar 2.27 tampak angka speed kekiri sebesar 42.00. Bila angka semakin besar maka teks akan berjalan semakin cepat seperti tampak pada gambar 2.28 dibawah ini.



Gambar 2. 28. Pengaturan Scroll pada speed 175.00

Penulis sarankan untuk mengatur kecepatan dibawah 50.00 (lima puluh point nol) agar teks berjalan perlahan *smoothly* dan mudah dibaca, karena tujuan dipasang running teks agar menarik dan mudah dibaca. Sedangkan apabila running di set cepat akan menyulitkan pemirsa STREAMING membaca dan justru tidak mencapai tujuan adanya running teks.

BAB 13

Critical SUKSES factor STREAMING

Bab tiga belas ini penulis berbagi pengetahuan berdasarkan pengalaman streaming penulis selama 2 tahun berturut turut melakukan STREAMING dengan kualitas yang memuaskan. Nah mestinya pada *kepo* ya, Apa saja hal hal yang memengaruhi kesuksesan STREAMING.

Ada 5 hal utama yang mempengaruhi suksesnya streミング secara prinsip dapat penulis urutkan sebagai berikut.

1. Perangkat *Hardware*.
2. Perangkat *software*
3. Aplikasi Pendukung
4. Sinyal Internet dan cuaca.
5. Penguasaan materi streaming

Empat hal tersebut dapat penulis jelaskan sebagai berikut :

13.1. Perangkat *Hardware*

Perangkat *hardware* ini meliputi PC / Laptop dengan spec yang memenuhi standar streaming yaitu PC Cor i5 (*Core i Five*) dengan RAM (*Random Acces Memori*) minimal 8 GB, atau processor terendah / terburuk Core i3, terbaik Core i7 adalah tiga jenis prosesor komputer yang telah disediakan oleh perusahaan Intel untuk membantu kinerja suatu perangkat computer. Penulis sarankan Core i5 tidak disarankan cor i3. Istimewa core i7 dengan RAM sama-sama 8 GB.

Prosesor merupakan “otak” dalam sebuah perangkat komputer, cara kerjanya dengan menerima perintah dari pengguna, kemudian meneruskannya ke *hardware* lain. Oleh karena itu, tidak heran jikalau spesifikasi prosesor menjadi sorotan utama dan penting bagi setiap pengguna sebelum memutuskan membeli komputer maupun laptop. Apalagi mau digunakan untuk STREAMING

Semua prosesor, baik itu core i3, i5, dan i7 memiliki arsitektur dan teknologi yang berbeda-beda. Teknologi tersebut diantaranya adalah *Turbo Boost*, merupakan kemampuan untuk meningkatkan *clockspeed* pada CPU atau yang biasa dikenal dengan sebutan *over clocking* secara otomatis. Kemampuan tersebut secara tidak langsung membuat komputer dapat mematikan satu atau dua *engine* lainnya agar memberikan ruang lebih besar pada CPU, sehingga hal tersebut otomatis membuat prosesor dapat bekerja dengan lebih cepat.

Selain dari itu, banyak dari pengguna yang salah kaprah, dan menyangka bahwa inisial i3, i5, dan i7 mengidentifikasi pada jumlah prosesor yang terdapat pada komputer. Misalnya, i3 berarti di dalamnya terdapat tiga prosesor, i5 dengan lima prosesor, dan i7 memiliki 7 prosesor, pernyataan tersebut sama sekali tidak bersangkutan dengan itu. Inisial core i3, i5, dan i7 ternyata lebih mengarah pada kemampuan yang dimiliki oleh prosesor, seperti halnya dipengaruhi oleh *cache*, *support* memori dan lain-lainnya.

Agar tidak keliru lagi, maka alangkah baiknya sahabat STEKOM untuk mengetahui perbedaan-perbedaan core i3, i5 dan i7 pada komputer. Berikut detail penjelasannya:

Perbedaan Core i3, i5 dan i7

4. Intel Core i3



Gambar 13.1 Processor Core i3

Core i3 dibekali dengan rancangan dua prosesor dual *core* di dalamnya. Kedua prosesor tersebut dapat menjalankan dua instruksi sekaligus dalam waktu yang bersamaan. Banyak yang mengatakan bahwa Core i3 lebih tahan terhadap panas, bahkan lebih efisien untuk ketahanan daya baterai. Meskipun demikian, Core i3 juga ternyata memiliki kelebihan dan kekurangannya tersendiri, yang tentunya tidak kita dapati pada prosesor *Core i5* dan *i7*.

Intel Core i3 tidak mendukung teknologi *Hyper-Threading*, merupakan kemampuan untuk stimulasi jumlah prosesor yang ada sehingga mampu bekerja secara multi process pada bagian kecil. Teknologi ini hanya dapat dijumpai pada prosesor *i5* dan *i7* saja. Dibekali dengan teknologi Turbo Boost overlocking otomatis yang berkisar antara 2.933 GHz sampai dengan 3.2 Ghz. Clock Graphics Processor 100 MHz. L3 Cache 4 MB LGA Socket 1156. Core i3 mampu mengintegrasikan *Virtualizing Technology* dengan GPU (*Graphic Processing Unit*) sehingga dapat berjalan lebih cepat. Ini yang support banget dengan kebutuhan Video saat STREAMING.

5. Intel Core i5



Gambar 13.2 intel Core i5

Sama halnya dengan Core i3, Intel Core i5 juga dilengkapi dengan rancangan dua prosesor Dual Core di dalamnya, namun ternyata sebagian juga ada yang terdiri dari dua prosesor Quad Core namun tidak dilengkapi dengan teknologi *Hyper-Treading*.

Teknologi Core i5 sangat cocok digunakan untuk para pengguna berat, seperti halnya aktivitas game, VIDEO STREAMING program, desain, dan lain-lainnya yang membutuhkan kemampuan komputer dengan kinerja mumpuni. Namun sayang, Core i5 lebih panas ketimbang i3, tapi memiliki kemampuan yang lebih unggul, utamanya dalam hal *multitasking* dan kemampuan untuk menampung *software-software* berat, seperti OBS lengkap dengan Plug innya. Core I 5 ini Support Hyper-Treading. Terdiri dari 2 processor Dual Core. Terdapat juga beberapa seri i5 yang berisi 2 processor Quad Core, namun tidak mendukung teknologi *Hyper-Treading*. Turbo Boost maksimum *overclocking* otomatis antara 2.4 GHz sampai 3.33 GHz. L3 Cache 4-8 MB. LGA Socket 1156. Intel HD Graphics. Maximal RAM 16 GB. Maka penulis sarankan bagi Sahabat STEKOM yang akan melakukan STREAMING minimal memiliki RAM 8 GB.

6. Intel Core i7



Core i7 memiliki kemampuan lebih unggul jika dibandingkan dengan dua prosesor yang penulis jelaskan sebelumnya. Karena, Core i7 dilengkapi dengan rancangan empat prosesor *Quad Core* di dalamnya, dengan kecepatan 3.07 GHz di tiap-tiap prosesor. Terdapat juga beberapa seri i7 tertentu yang menyediakan enam prosesor *Quad Core*.

Selain itu, Core i7 sendiri memiliki kemampuan luar biasa, karena mampu memecah empat prosesor menjadi delapan bagian, sehingga proses kerja yang berat dapat dijalankan secara maksimal. Kemampuan inilah, otomatis Para STREAMER dapat menjalankan berbagai proses secara bersamaan, misalnya STREAMING 3D Rendering, Video Editing, secara LIVE dan keperluan animasi lainnya. Tidak heran jika produsen komputer dan laptop Core i7 mematok harga yang fantastis untuk setiap unitnya. Intel Core i7 mendukung teknologi *Hyper-Threading*. Turbo Boost maksimum *overclocking* otomatis berkisar antara 1.73 GHz sampai 3.33 GHz. L3 Cache 8-12 MB. Teknologi Intel Quick Path Interconnect yang berfungsi untuk mempercepat proses pembacaan data mencapai 25.6 GB / detik. LGA Socket 1156. Intel HD Graphics. Maximal RAM sebesar 24 GB RAM sejumlah ini yang menjadi idaman para YOU TUBER STREAMER LIVE

Kesimpulan Core i3, i5, dan i7

Perbedaan dari setiap arsitektur prosesor di atas tentu saja akan mempengaruhi harga jual komputer dan laptop bersangkutan. Adapun jika anda membutuhkan laptop untuk sekadar mengetik dan melakukan aktivitas pekerjaan yang tidak terlalu berat, maka disarankan untuk menggunakan Core i3 saja. Karena selain sudah cukup, Core i3 juga dibandrol dengan harga yang lebih miring.

Prosesor Core i5 disarankan untuk pengguna yang hari-harinya kerap menjalankan VIDEO STREAMING Pembelajaran *Online* dengan *software-software* berat seperti 3D dan animasi maupun pembelajaran secara Hybrid . Untuk keperluan STREAMING tutorial video pembelajaran maupun gaming, Core i5 berdasarkan pengalaman penulis selama 2 tahun masa Pandemi –Covid 19 ini (2019-2021) sudah memenuhi syarat dan tidak *ngelag*. Namun apabila para sahabat STEKOM memiliki uang lebih bolehlah menambah spec ke core I 7 dan RAM 24 GB. Tentunya ada hal lain disamping perangkat *Hardware* ini yang harus dicermati pada alenia berikut ini.

13.2.Perangkat *Softwre*

Perangkat *software* yang dimaksud adalah Sistem Operasi (SO) yang digunakan dalam PC atau laptop sahabat STEKOM. Apakah LINUX apakah Windows atautkah Mac. Hal ini tentunya berdasarkan ketentuan anjuran dari Aplikasi pendukung yang sahabat gunakan untuk STREAMING. Misalnya PC atau Laptop sahabat pakainya SO Windows ya jangan menginstall aplikasi pendukung yang untuk PC Mac. Atau sebaliknya PC atau laptop sahabat pakainya SO Mac jangan install aplikasi pendukung yang untuk Linux dan seterusnya.

Software yang dimassudkan adalah misalnya Sahabat ingin menjelaskan cara edit video ADOBE PREAMIER CS atau Adobe Photoshop CS secara STREAMING akan berbeda performa hasil STREAMING dengan performa saat hanya menggunakan Power point. Hal ini disebabkan oleh kinerja Laptop pada processor dan pada video graphicnya yang akan berat saat membahas Adobe Premiere CS bila dibandingkan dengan saat menjelaskan power point. Hal lain adalah Resolusi Camera LIVE yang digunakan untu View Presenter apakah menggunakan Camera Full HD

1080 atau hanya 720 atau bahkan hanya 460 pixel tentu ini juga akan berpengaruh pada Bitrate VIDEO STREAMING lebih cepat.

13.3. Aplikasi pendukung STREAMING YOUTUBE

Banyak sekali aplikasi berbayar maupun *free cash* yang dapat digunakan untuk melakukan VIDEO STREAMING antara lain Jitsi-meet, Streamyard, Zoom maupun OBS dan lain sebagainya. Masing masing Aplikasi Pendukung STREAMING tersebut memiliki keunggulan dan kelemahan masing masing.

Pada pemakaian Jitsimeet memang tidak banyak membutuhkan RAM namun terbatas pada fitur yang kurang elegant saat digunakan. Memang bagi pemula yang hanya sekedar STREAMING VIDEO menggunakan Jitsimeet sudah cukup. Nah bagaimana dengan Streamyard ? Streamyard lebih unggul 5 *grade*, dibanding dengan Jitsimeet, namun untuk yang *free cash* akan ada pembatasan jumlah jam dalam satu bulan misalnya kena pembatasan maksimal 420 jam melakukan streaming maka akun sahabat STEKOM akan terblokir dan tidak dapat login di STREAMYARD. Nah solusinya dapat dilakukan dengan membuat akun baru. Nah ini yang menjadi repot bukan ?

13.4. Sinyal dan Cuaca

Cuaca cerah dan cuaca mendung tidaklah banyak berpengaruh, karena transmisi STREAMING yang menggunakan Kabel FO selama ini aman aman saja beda dengan transmisi Udara seperti Radio Broadcasting dengan Modulasi FM (Frekuensi Modulasi) maupun AM (Amplitudo Modulasi). Cuaca seperti apa yang dapat memengaruhi STREAMING VIDEO adalah cuaca Hujan petir dan badai. Hal ini disebabkan karena sambungan fisik kabel FO pada jaringan seluler yang sering bermasalah meskipun tidak menggunakan kabel tembaga. Hal ini disebabkan oleh sambungan FO pada FDP (*Fiber distribution Panel*)

13.5. Penguasaan materi STREAMING

Faktor lain yang super tidak kalah penting dari keempat yang sudah di tulis diatas adalah kemampuan menguasai materi *streaming*. Penguasaan ini dapat diperoleh

dengan cara membaca berulang-ulang materi yang ditulis dalam presentasi serta pemahaman teknikal praktikum apabila materi yang di streamingkan berkaitan dengan ilmu praktikum. Misalnya membahas terkait pengukuran tegangan suatu rangkaian saat kondisi normal maupun saat mengalami *trouble*. Harus benar benar dipahami titik ukurnya, seperti apa cirikhas komponennya, nilai komponennya, berapa volt tegangan normal dan tidak normal, batasan ukur AVO meter yang digunakan, bagai mana cara mengukur yang benar dan cara aman mengukurnya . Ini semua terkait hasil praktikum sehingga benar benar harus sudah hafal tanpa texspun harus sudah dikuasai baik secara oral penyampaian maepun secara demo melakukannya. Sehingga dapat meningkatkan perhatian audien. Oleh karena itu bukan hanya 4 hal diatas yang menjadi tolok ukur keberhasilan streaming, namun hal ke 5 ini jauh lebih mendominasi keberhasilan setelah point satu samapi point 4 terpenuhi. Penguasaan ini pun meliputi penggunaan tool pada aplikasi pendukung yang digunakan.

BAB 14

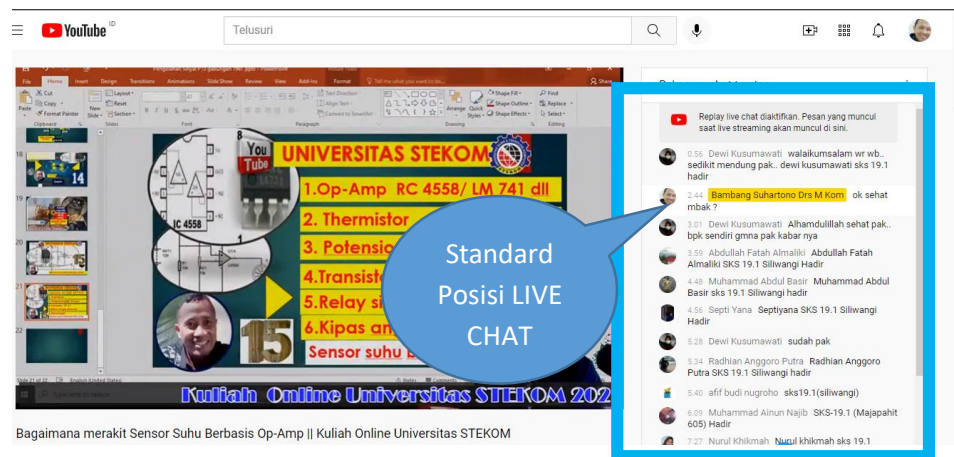
Tata Cara Pengaturan *LIVE CHAT STREAMING*

Pada Bab empat belas ini penulis menuliskan Langkah langkah cara mengatur : *LIVE CHAT* dalam Video *STREAMING* via *YOU TUBE*. Apa itu live chat?, Live chat merupakan fasilitas menulis teks menambahkan *emoticon* pada saat video Live *STREAMING* berlangsung. Live chat ini hanya dapat dilakukan oleh penonton *LIVE STREAM* *YouTube* yang memiliki link *STEAMING* dan *You Tuber* yang sedang streaming. Jumlah Teks dan image emotocon maksimal 200 huruf. Selebihnya akan mendapatkan pemberitahuan oleh algoritma *You Tube* dengan mengubah warna teks menjadi merah. Bila sudah merah artinya teks atau image yang di ketikkan di kolom *LIVE CHAT* telah mencapai 200. Bila mencapai lebih dari 200 maka teks tersebut tidak dapat dikirim ke kolom *LIVE CHAT*. Untuk dapat tetap mengirimkan teks tersebut maka penulis (Pemilik akun penonton maupun *You Tuber* yang sedang streaming) harus mengurangi teks hingga di bawah atau maksimal = 200 huruf.

14.1.Tata cara megatur live CHAT STREAMING

Posisi standar live chat *STREAMING* ada di sebelah kanan.

Tampilan window streaming seperti gambar dibawah ini. Gambar 14.1

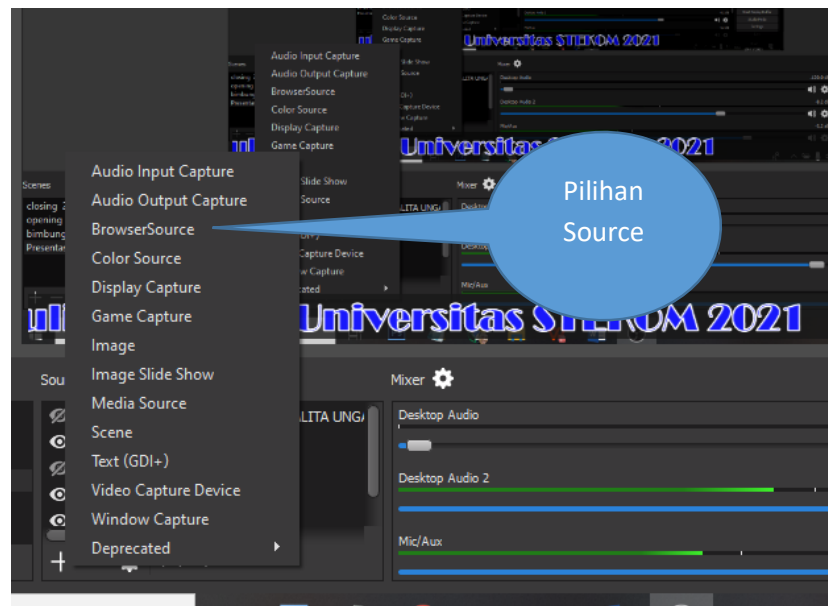


Gambar 14.1 Posisi *LIVE CHAT* standard *STREAMING*

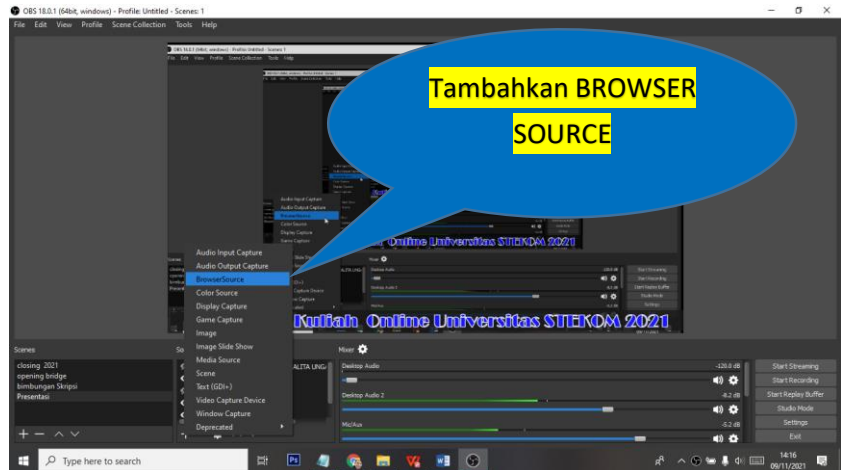
Menampilkan live chat di live video, membuat tampilan video saat *STREAMING* lebih menarik. Saat live streaming di youtube dan Netizen

berkomentar di Live chat maka chat tersebut akan muncul juga di video LIVE STREAM. Jadi Netizen yang fokus melihat video anda saja pun akan dapat melihat pesan orang lain. Maka memunculkan pesan orang atau chat di dalam video membuat live video anda menarik dan kelihatan keren. Guna mempercantik tampilan display saat streaming, para PeSTREAMER dapat memindahkan tampilan melalui langkah berikut.

1. Buka OBS (*Open Broadcaster Software*)
2. Dikiri bawah pada kolom daftar *source* tambahkan baris Browser seperti dibawah ini gambar 14.3, caranya klik tanda PLUS (+) di kolom source maka muncul pilihan dari atas ke bawah mulai dari *Audio Input Capture*, *Audio Output Capture* *Browser Source* *color Source* *Display Capture* *Capture* dan seterusnya, silahkan klik *BROWSER SOURCE*

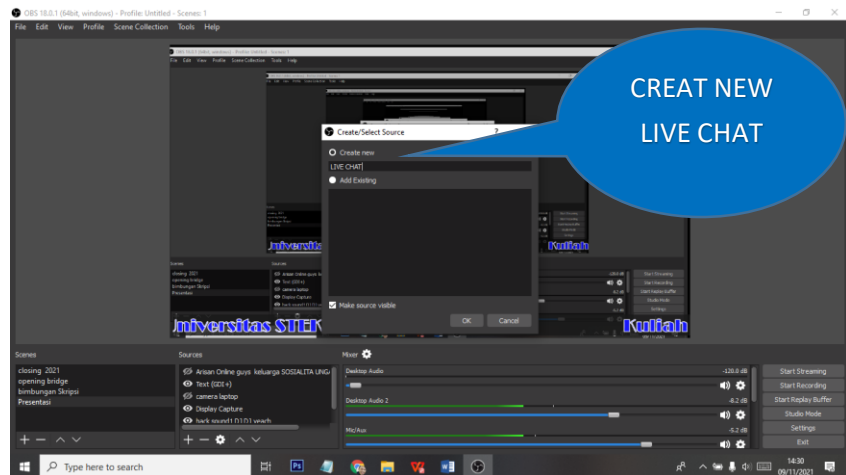


Gambar 14.3 Gambar pilihan fitur Source pada *Browser Source*



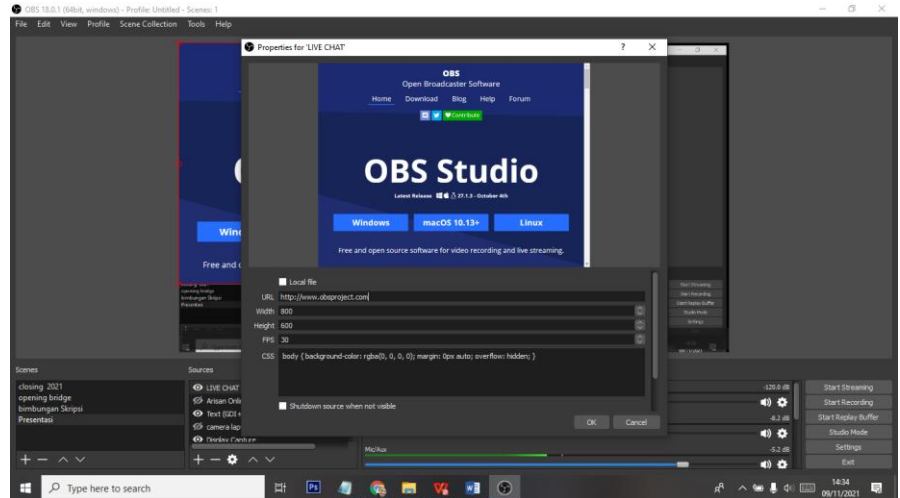
Gambar 14.4 step 2 menambahkan fitur Browser Source pada OBS

- Selanjutnya setelah terbentuk Source browser Create New, berikan nama Live Chat. Disana terdapat kolom URL, Width, Height, FPS dan Custom CSS. Seperti pada gambar 14.5 berikut



Gambar 14.5 Creat new LIVE CHAT

- Selanjutnya Untuk mendapatkan URL Live Chat silahkan buka Youtube → Youtube Studio (Dasbor) → Live Streaming.

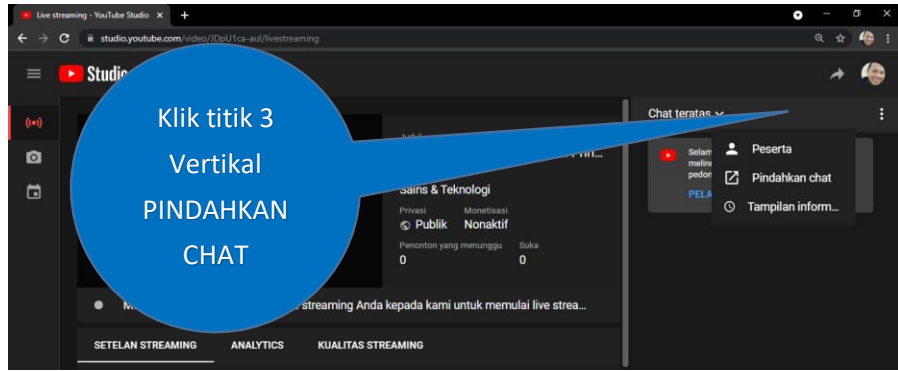


Gambar 14.6 Ganti url default OBS menjadi url dari dashboard youtube live stream :

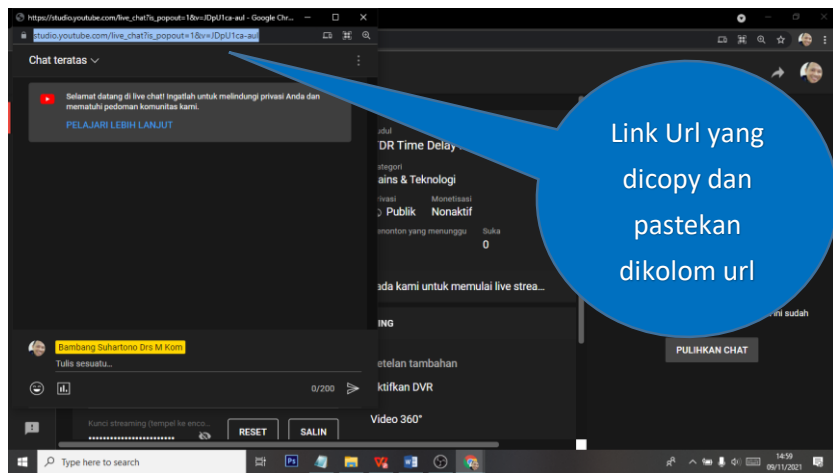


Gambar14.7 url. LIVE CHAT

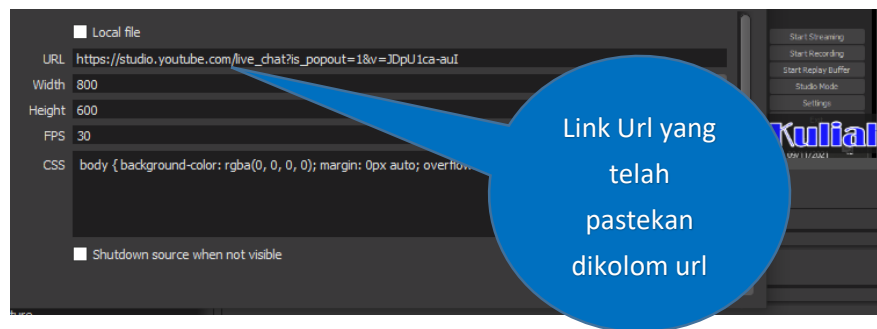
5. Di Pojok kanan agak kebawah sedikit terdapat fitur chat, silahkan diaktifkan apabila belum aktif.
6. Di fitur chat, klik bagian tanda titik 3 vertikal dan pilih pindahkan chat untuk mendapatkan URL. URL tersebut berada diatas seperti digambar dengan dilingkari warna biru:



Gambar 14.8 titik tiga Vertikal diklik muncul pilihan Peserta pindahkan chat dan tampilan info

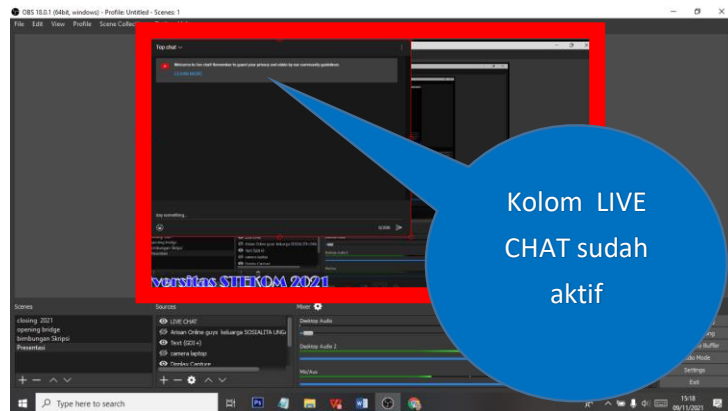


Gambar 14.9 mengcopy link URL live chat



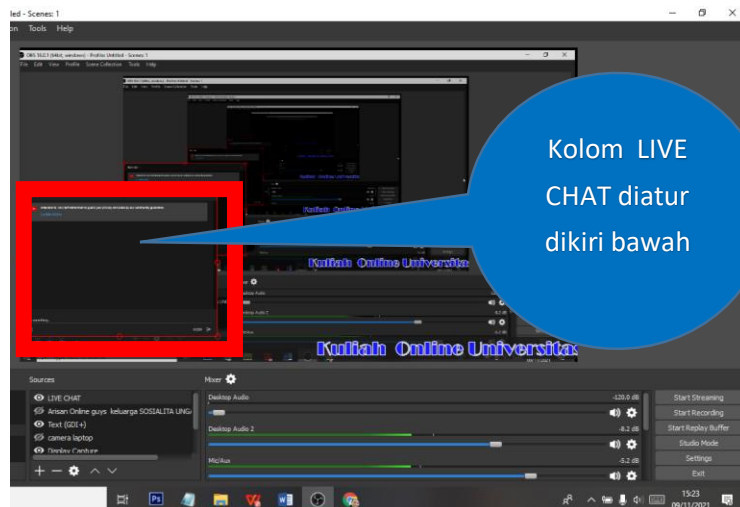
Gambar 14.20 Memastikan link URL di OBS kolom browser source LIVE CHAT

7. Selanjutnya perhatikan garis MERAH kotak area *live chat* dapat digeser kemana saja sesuai keinginan besar kecilnyapun dapat diatur misalnya kekiri ke kanan keatas dibawah dan lain sebagainya.

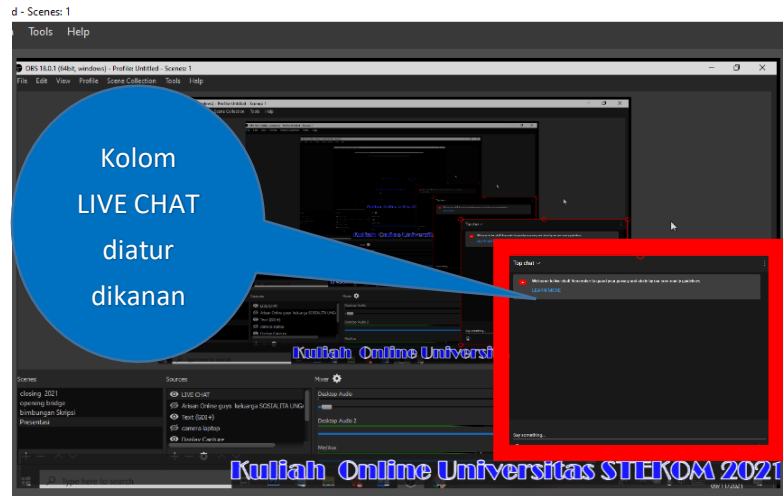


Gambar 14.21 Garis merah kotak menunjukkan area LIVE CHAT yang dapat diatur atur posisinya di atas kiri kanan bawah dan lain sebagainya

Posisi letak live Chat dapat diatur seperti gambar di bawah ini gambar 14.22



Gambar 14.22 posisi LIVE CHAT yang diletakkan dikiri bawah window OBS



Gambar 14.24. Posisi LIVE CHAT di kanan bawah

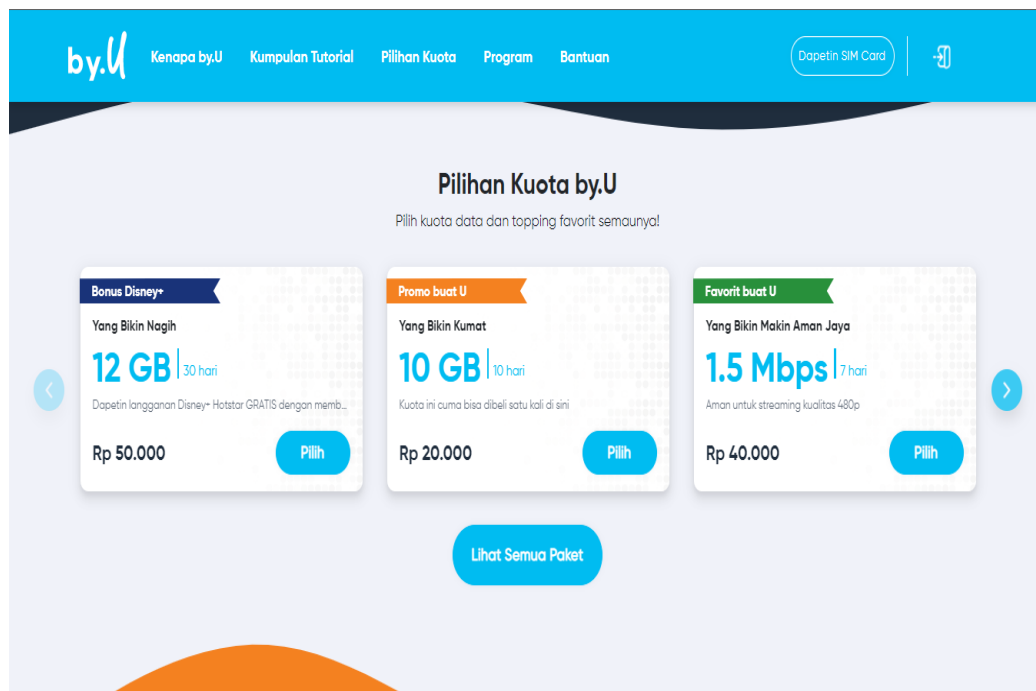
Untuk memulihkan chat klik tulisan PULIHKAN CHAT

BAB 15

Perhitungan BEAYA STREAMING

Pada Bab Lima Belas ini penulis buka-bukaan soal biaya streaming dalam hal ini baik menggunakan kuota internet melalui Hotspot Thetering smartphone maupun melalui wifi rumahan misalnya MNC atau Indihome.

Penulis menggunakan 2 model jaringan tersebut yang pertama menggunakan kuota internet Paketan unlimited 8 GB Indosat. Berdasarkan praktek dilapangan reality saat streaming 1,5 Jam dengan upload 3.6 Mbps dan download 8 Mbps akan menghabiskan kuota +-2 GB. Harga waktu itu 28 Ribu.



Gambar 15.1 Beaya Internet Paketan indosat By. U

Daftar Harga Paket Internet Tri Terbaru November 2021

Siti Kamilla, 2 November 2021

Techno 0 comments



Gambar 15.2 Ilustrasi paket Internet Tri

Daftar Harga Paket Internet Tri Terbaru (foto: Cineberg / Shutterstock.com)

Rekomendasi kartu perdana

Paket	Kecepatan	Harga	Ulasan	Terjual
Tri AON 6GB	45 Mbps	Rp39rb	5 bintang (5 ulasan)	1
Tri AON 1.5GB	45 Mbps	Rp15rb	5 bintang (2 ulasan)	2
Kartu perdana Tri AON 300GB	45 Mbps	Rp899rb	-	50
Kartu perdana Tri AON 150GB	45 Mbps	Rp499rb	-	50

Gambar 15.3 Harga paketan Internet Tri

Bila selama satu pekan streaming 10 kali masing-masing sekali streaming 1,5 Jam maka dapat dihitung $2\text{GB} \times 10 = 20\text{GB}$. @ $2\text{GB} = 28\text{Ribu}$ maka dalam sepekan menghabiskan biaya internet dengan model pertama ini sebanyak $28\text{Ribu} \times 10 = 280\text{Ribu}$ Rupiah. Dapat dibayangkan itu baru dalam sepekan. Kalau dihitung dalam sebulan berarti anggap saja 4 pekan dalam sebulan maka dapat dihitung sebagai berikut $4 \times 280\text{Ribu} = 1.120.000$ (Satu Juta Seratus Dua Puluh Ribu Rupiah). Sangat boros ya.

Sedangkan bila menggunakan langganan internet seperti MNC atau indihome modal awal pasang 200 ribu biaya abonamen 10 MB 10 MB (Download Upload) sebesar 270 Ribu. Untuk pemakaian sebulan.



Gambar 15.4 Internet Layanan MNC Play

membayar kartu kredit bisa BCA , VISA , MANDIRI VISA ..

KECEPATAN UP TO	HARGA PER BULAN	BAYAR 3 BLN	BAYAR 6 BLN	BAYAR 12 BLN
6 Mbps	179.000	510.000	966.000	1.825.000
10 Mbps	199.000	537.000	1.014.000	1.910.000
15 Mbps		634.000	1.195.000	2.241.000
30 Mbps		830.000	1.549.000	2.878.000
50 Mbps		1.047.000	1.946.000	3.592.000

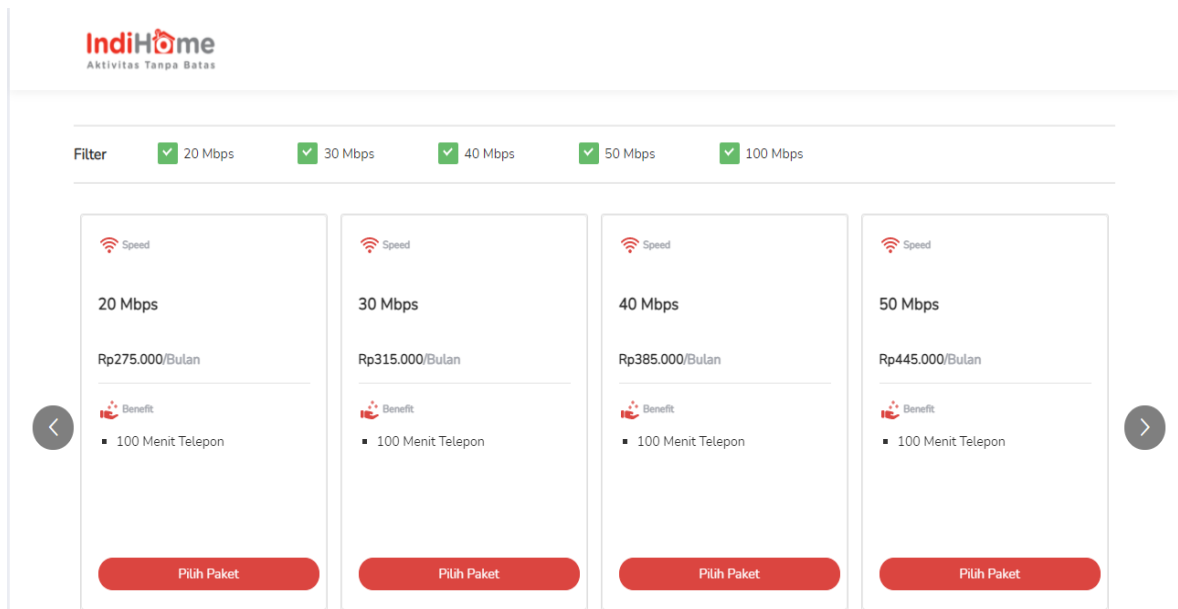
- ✓ harga flat selama berlangganan
- ✓ harga sudah termasuk ppn 10%
- ✓ free instalasi
- ✓ free tv channel

PILIH TONTONAN FAVORITMU

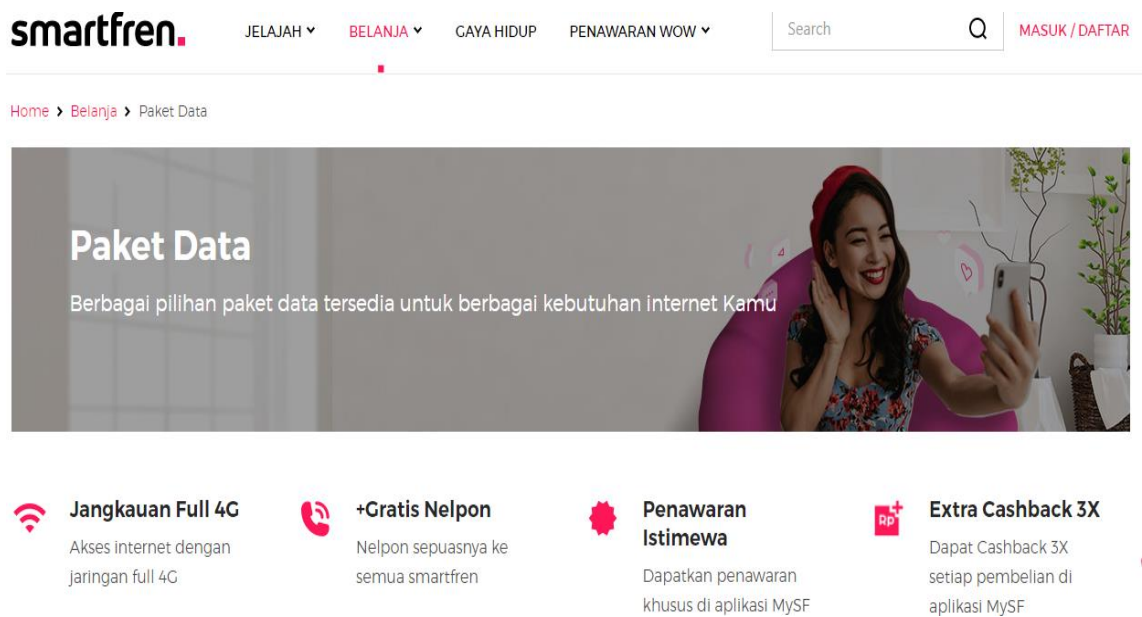
Channel TV Entertainment	Channel TV Sport	Channel TV News	Channel TV Music
<ul style="list-style-type: none"> 24x7 24x7 HD 24x7 HD 2 24x7 HD 3 24x7 HD 4 24x7 HD 5 24x7 HD 6 24x7 HD 7 24x7 HD 8 24x7 HD 9 24x7 HD 10 24x7 HD 11 24x7 HD 12 24x7 HD 13 24x7 HD 14 24x7 HD 15 24x7 HD 16 24x7 HD 17 24x7 HD 18 24x7 HD 19 24x7 HD 20 24x7 HD 21 24x7 HD 22 24x7 HD 23 24x7 HD 24 24x7 HD 25 24x7 HD 26 24x7 HD 27 24x7 HD 28 24x7 HD 29 24x7 HD 30 24x7 HD 31 24x7 HD 32 24x7 HD 33 24x7 HD 34 24x7 HD 35 24x7 HD 36 24x7 HD 37 24x7 HD 38 24x7 HD 39 24x7 HD 40 24x7 HD 41 24x7 HD 42 24x7 HD 43 24x7 HD 44 24x7 HD 45 24x7 HD 46 24x7 HD 47 24x7 HD 48 24x7 HD 49 24x7 HD 50 24x7 HD 51 24x7 HD 52 24x7 HD 53 24x7 HD 54 24x7 HD 55 24x7 HD 56 24x7 HD 57 24x7 HD 58 24x7 HD 59 24x7 HD 60 	<ul style="list-style-type: none"> 24x7 24x7 HD 24x7 HD 2 24x7 HD 3 24x7 HD 4 24x7 HD 5 24x7 HD 6 24x7 HD 7 24x7 HD 8 24x7 HD 9 24x7 HD 10 24x7 HD 11 24x7 HD 12 24x7 HD 13 24x7 HD 14 24x7 HD 15 24x7 HD 16 24x7 HD 17 24x7 HD 18 24x7 HD 19 24x7 HD 20 24x7 HD 21 24x7 HD 22 24x7 HD 23 24x7 HD 24 24x7 HD 25 24x7 HD 26 24x7 HD 27 24x7 HD 28 24x7 HD 29 24x7 HD 30 24x7 HD 31 24x7 HD 32 24x7 HD 33 24x7 HD 34 24x7 HD 35 24x7 HD 36 24x7 HD 37 24x7 HD 38 24x7 HD 39 24x7 HD 40 24x7 HD 41 24x7 HD 42 24x7 HD 43 24x7 HD 44 24x7 HD 45 24x7 HD 46 24x7 HD 47 24x7 HD 48 24x7 HD 49 24x7 HD 50 24x7 HD 51 24x7 HD 52 24x7 HD 53 24x7 HD 54 24x7 HD 55 24x7 HD 56 24x7 HD 57 24x7 HD 58 24x7 HD 59 24x7 HD 60 	<ul style="list-style-type: none"> 24x7 24x7 HD 24x7 HD 2 24x7 HD 3 24x7 HD 4 24x7 HD 5 24x7 HD 6 24x7 HD 7 24x7 HD 8 24x7 HD 9 24x7 HD 10 24x7 HD 11 24x7 HD 12 24x7 HD 13 24x7 HD 14 24x7 HD 15 24x7 HD 16 24x7 HD 17 24x7 HD 18 24x7 HD 19 24x7 HD 20 24x7 HD 21 24x7 HD 22 24x7 HD 23 24x7 HD 24 24x7 HD 25 24x7 HD 26 24x7 HD 27 24x7 HD 28 24x7 HD 29 24x7 HD 30 24x7 HD 31 24x7 HD 32 24x7 HD 33 24x7 HD 34 24x7 HD 35 24x7 HD 36 24x7 HD 37 24x7 HD 38 24x7 HD 39 24x7 HD 40 24x7 HD 41 24x7 HD 42 24x7 HD 43 24x7 HD 44 24x7 HD 45 24x7 HD 46 24x7 HD 47 24x7 HD 48 24x7 HD 49 24x7 HD 50 24x7 HD 51 24x7 HD 52 24x7 HD 53 24x7 HD 54 24x7 HD 55 24x7 HD 56 24x7 HD 57 24x7 HD 58 24x7 HD 59 24x7 HD 60 	<ul style="list-style-type: none"> 24x7 24x7 HD 24x7 HD 2 24x7 HD 3 24x7 HD 4 24x7 HD 5 24x7 HD 6 24x7 HD 7 24x7 HD 8 24x7 HD 9 24x7 HD 10 24x7 HD 11 24x7 HD 12 24x7 HD 13 24x7 HD 14 24x7 HD 15 24x7 HD 16 24x7 HD 17 24x7 HD 18 24x7 HD 19 24x7 HD 20 24x7 HD 21 24x7 HD 22 24x7 HD 23 24x7 HD 24 24x7 HD 25 24x7 HD 26 24x7 HD 27 24x7 HD 28 24x7 HD 29 24x7 HD 30 24x7 HD 31 24x7 HD 32 24x7 HD 33 24x7 HD 34 24x7 HD 35 24x7 HD 36 24x7 HD 37 24x7 HD 38 24x7 HD 39 24x7 HD 40 24x7 HD 41 24x7 HD 42 24x7 HD 43 24x7 HD 44 24x7 HD 45 24x7 HD 46 24x7 HD 47 24x7 HD 48 24x7 HD 49 24x7 HD 50 24x7 HD 51 24x7 HD 52 24x7 HD 53 24x7 HD 54 24x7 HD 55 24x7 HD 56 24x7 HD 57 24x7 HD 58 24x7 HD 59 24x7 HD 60

Gambar 15.5 Ilustrasi Biaya Internet MNC Play

Bila menggunakan Indihome paket Telpon dan internet tanpaTV cable dengan kekuatan 20 MB sebesar 275 Ribu rupiah tanpa biaya pasang dan ini sudah FO (fiber Optic). Tentu sahabat berada di daerah yang sudah ada jaringan FO, bila tidak maka tidak dapat berlangganan dengan kualitas FO.



Gambar 15.6 Ilustrasi Biaya internet Layanan Indihome



Gambar 15.7 Ilustrasi Paket internet Layanan Smartfren

Gokil Max

Kuota gokil yang siap penuhi kebutuhan internet Kamu

Package Name	Validity	Price
Gokil Max 5 GB	Berlaku 15 hari	Rp15.000
Gokil Max 9 GB	Berlaku 30 hari	Rp30.000
Gokil Max 21 GB	Berlaku 30 hari	Rp60.000
Gokil Max 36 GB	Berlaku 30 hari	Rp80.000

Gambar 15.8 Harga Paket Internet layanan Smartfren

Berdasarkan perhitungan diatas dapat disimpulkan dalam table berikut

Nama pakel Layanan

Tabel ilustrasi perhitungan biaya streaming dari 5 Profider Layanan internet

No	Nama Layanan Profider	Beaya / stream (durasi 90 menit)	Beaya 1 minggu 10 x Stream	Biaya 1 bulan (4 minggu)	Keterangan Download /Upload (Mbps)
1	Indosat	28.000,-	280.000,-	1.120.000,-	15/10
2	Tri	25.000,-	250.000,-	1.000.000,-	15/9
4	Samartfren	30.000,-	300.000,-	1.200.00,-	18/12
5	MNC	5.200,-	52.000,-	210.000,-	20/9
6	Indihome	6.875,-	68.750,-	275.000	10/10

Berdasarkan ilustrasi perhitungan beaya streaming dalam skala per 1.5 jam dan dihitung per minggu hingga per bulan dapat disimpulkan bahwa beaya termahal ada pada layanan Indosat dan paling murah layanan MNC. Sedangkan kecepatan tercepat ada di layanan Smartfren. Tentunya ini tidak berlaku untuk semua wilayah di Indonesia karena masing masing wilayah memiliki struktur bangunan dan area straight atau tidak terhadap

antena BTS. Data tersebut diukur di daerah Tembalang Semarang dan Banyumanik. Biaya setiap 1 GB dapat mengalami perubahan tergantung kebijakan dari profider dan pemerinyah dalam menetapkan tarip paket dan Kuota internet. Pada layanan indihome ada berbagai paket yang berbeda walaupun dalam satu layanan Indihome. Yang dulunya hanya 242 Ribu rupiah untuk paket kabel tembaga dengan isi paket telepon dan internet non TV. Sekarang telah berubah menjadi 283 Ribu, denga *Bandwidth* 20 MB.

BAB 16

Cara Edit ONLINE Konten PASCA STREAMING

Haloo sahabat STEKOM apa kabar semoga kalian semua sehat wal afiat, pada bab Enam Belas ini pak Bambang lanjutkan menulis tentang cara melakukan *edit* secara *Online* Konten yang sudah di *Upload* maupun yang sudah selesai *Live streaming*. Apakah bisa Pak Bambang ? Bisa dengan syarat dan ketentuan berlaku.

Nah apa maksudnya ? simak saja tulisan berikut.

1. Hal apa saja yang dapat di *edit* secara *online* Konten di You Tube?
 2. Bagaimana melakukannya ?
 3. Hasilnya bagaimana?
 4. Berapa lama prosesnya
- 16.1 Hal apa saja yang dapat diedit secara *online* Konten di You Tube pasca *Upload* atau pasca STREAMING

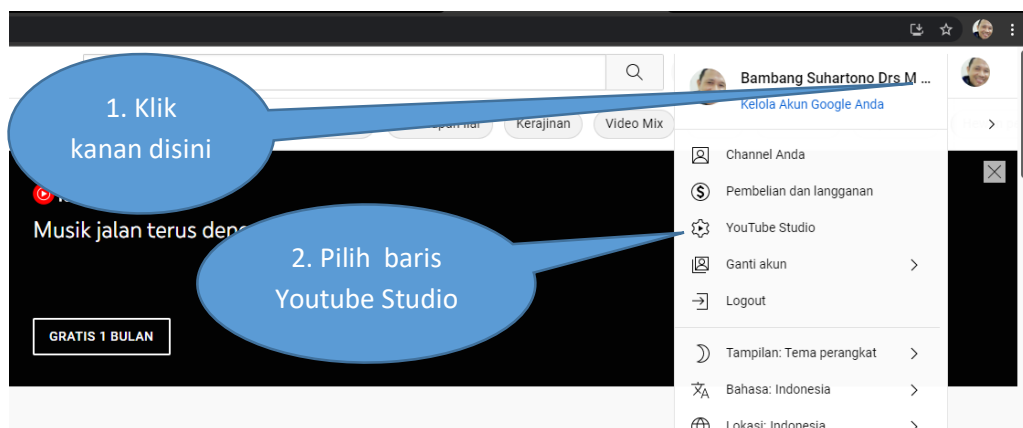
Hal hal yang dapat dilakukan edit pasca konten sudah selesai di Upload maupun sudah selesai *Streaming* antara lain:

1. **Judul Konten.** Misalnya judul konten yang ditulis dalam *tittle* judul yang terbatas maksimal 100 huruf dapat diubah, baik huruf kecil maupun besar selama tidak melebihi 100 huruf. Jadi sahabat STEKOM tidak diperkenankan menulis judul lebih dari Seratus huruf. Bila terlanjur menulis lebih dari 100 huruf maka sahabat tidak dapat menyimpan project dan muncul garis kotak warna merah. Solusinya harus dikurangi sampai kurang dari atau sama dengan 100 huruf.
2. **Kategori konten Video** yang sudah sahabat *Upload* atau yang sudah di streamingkan juga dapat di edit pasca *Upload* maupun pasca *streaming*. Kategori yang dimaksud adalah konten olahraga tapi salah menyeting menjadi ilmu dan teknologi, atau konten hiburan music atau game salah setting menjadi Perjalanan dan acara, dan lain lain.

3. **Jadual** atau **tanggal ditayangkan**, misalnya ada kesalahan saat menyetting tanggal streaming atau belum di set tanggalnya maka sahabat dapat melakukannya.
4. **Thumbnail**, atau **cover Video** konten yang sahabat *Upload* atau streamingkan belum diberi *thumbnail* atau *thumbnailnya* auto tetapi tidak cocok setelah diamati dan ditonton kurang menarik misalnya maka *thumbnail* inipun dapat diedit. Tentunya sahabat musti buat *thumbnail*, yang sesuai atau menyeleksi dari *change fitur* yang sudah disediakan oleh You tube.
5. **Lagu backsoud** atau *soundtrack* dari video sahabat yang sudah terlanjur di *Upload* maupun distreamingkan juga dapat diedit tentunya menyiapkan lagu atau *soundtrack* penggantinya.
6. **Lokasi Streaming / Upload.** Lokasi *Streaming* atau posisi upload video apabila ada kesalahan dapat dilakukan pengeditan.
7. **Visibilitas** Siapa yang boleh menonton video sahabat dapat diatur disini apakah anda sendiri (*privat*) atau umum (*Public*) atau tertentu teman sahabat yang memiliki lik yang dapat menonton (*Unpublic*).

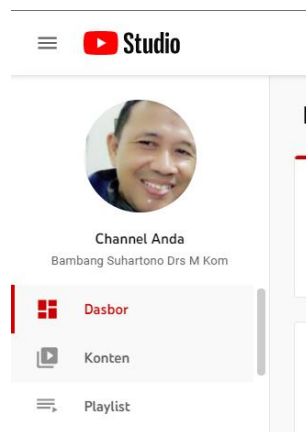
16.2. Bagaimana melakukannya edit onlie untuk keenam hal diatas?

1. Edit Judul konten langkahnya sebagai berikut : pilih browser yang biasa sahabat pakai misal chrome atu mozilla >> kemudian ketik Youtube >> klik kanan di icon channel sahabat dan pilih Youtube studio seperti gambar berikut.



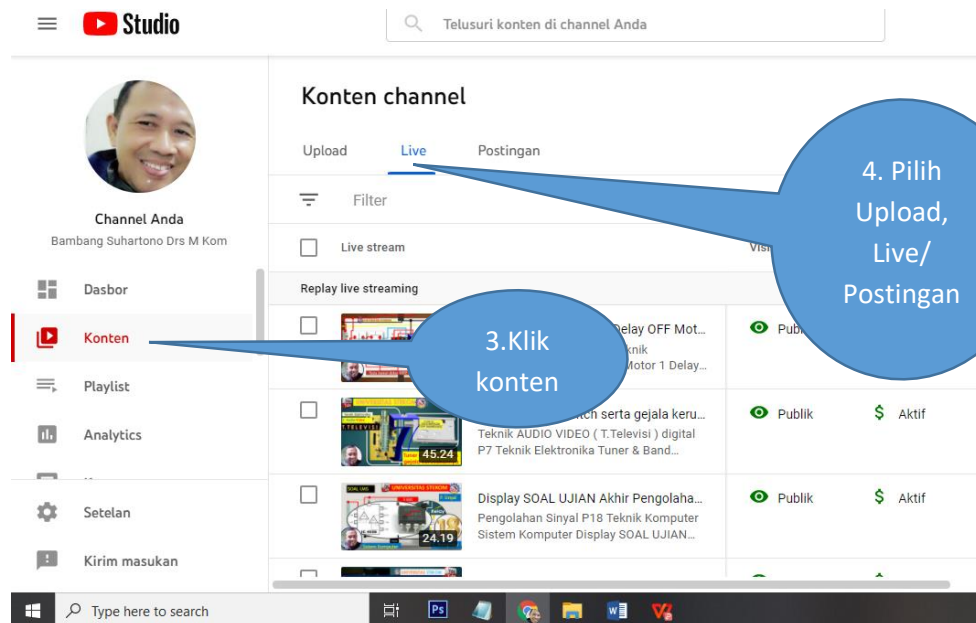
Gambar 16 .1 Langkah masuk ke Youtue studio untuk edit Online

Selanjutnya Klik Konten di bawah dashboard You Tube seperti dapat sahabat lihat pada gambar 16.2 dibawah ini.



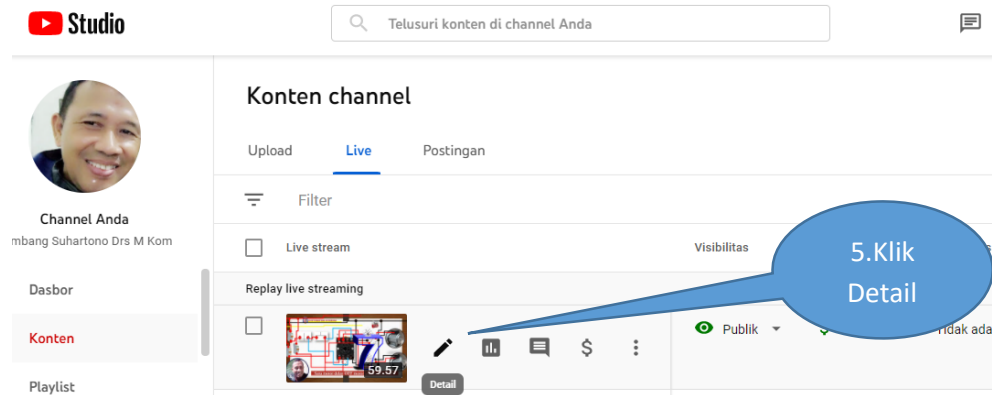
Gambar 16 . 2 Posisi kolom Konten

Selanjutnya pilih konten >> live atau Upload menyesuaikan mana judul konten yang akan diedit misalnya pada gambar 16.3 pak Bambang memilih Live (warna biru) sedangkan Upload dan postingan berwarna hitam berarti tidak aktif diedit.



Gambar 16.3 memilih jenis Konten Upload, Live atau Postingan.

Selanjutnya pilih detail pada video yang akan diedit misalnya wiring control motor Listrik



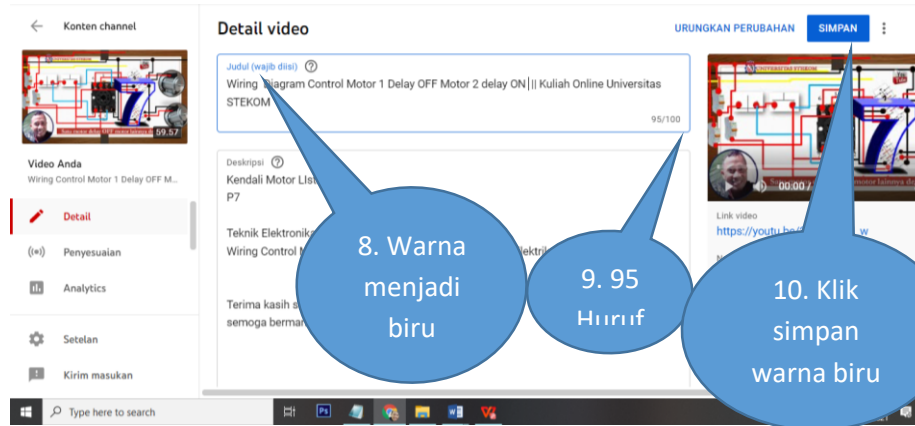
Gambar 16.4 Mengklik detail untuk edit

Selanjutnya masuk di kolom judul dan ketik sesuai yang tepat untuk konten sahabat misalnya dari wiring control menjadi wiring diagram control motor listrik



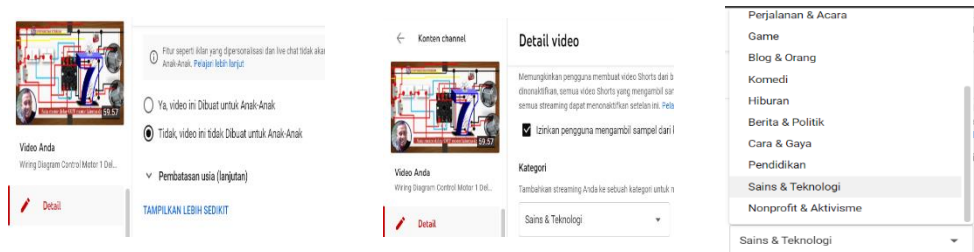
Gambar 16. 5 warna merah menunjukkan jumlah tek lebih dari seratus huruf.

Setelah dilakukan perubahan judul maka warna merah berubah menjadi warna biru seperti dibawah ini gambar 16. 6 telah mengubah judul menjadi 95 huruf.



Gambar 16. 6 Warna biru tanda berhasil edit judul dan menyimpan.

2. untuk mengubah kategori Video langkahnya sebagai berikut :masuk konten pilih video yang akan di edit kategori detail drag kebawah sampai pada kategor

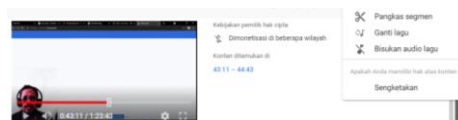


Gambar 16. 7 Cara ubah Kategori konten

3. Mengubah jadwal langkahnya sebagai berikut :konten pilih yang live atau upload atau posting pilih detai scroll keawah pilih lebih banyak pilih tanggal dan lokasi edit sesuai yang diinginkan.

4.Langkah mengubah Thumbnail sebagi berikut : konten>> detail >> tepat dibawah judul ada kolom thumbnail klik titik tiga vertical pilih opsi ubah klik gambar thumbnail yang diinginkan *browse* local image atau fitur *change* dari You Tube.

5.Mengubah lagu backsound langkahnya sebagai berikut : masuk dikolom pembatasan >> detail >> pilih tindakan >>Pangkas segmen / ganti lagu / bisukan



Gambar 16. 8 Cara edit backsound Pasca Streaming

BAB 17

Syarat-Ketentuan dan Cara MONETISASI Channel You Tube

Sahabat STEKOM para penggemar You Tube ?... taukah sahabat saat yang di nanti-nanti oleh para You Tuber apa ? Yaitu Monetisasi Channel You Tubenya. Namun tidak mudah sahabat untuk memenuhi syarat monetisasi. Pada bab tujuh belas ini Pak Bambang akan berbagi pengalaman dalam ber You Tube ria.. terutama pada pembahasan apa saja syarat-ketentuan serta tatacara monetisasi. Pada bab ini Pak Bambang bagi menjadi dua topik bahasan antara lain :

6. Syarat dan ketentuan untuk monetisasi
7. Tata cara monetisasi serta macam monetisasi

Baiklah pak Bambang mulai sekarang.

17. 1 Syarat dan ketentuan Monetisasi

Apa itu monetisasi ? Monetisasi atau *Monetize Channel You Tube* dalam Bahasa Indonesianya adalah Monetisasi kanal You Tube monetisasi merupakan kegiatan yang bertujuan untuk menjadikan kanal Youtube-nya sahabat untuk mendapatkan sejumlah penghasilan. Dalam lingkup sempit, monetisasi dapat diartikan demikian. Namun secara luas tentu tidak hanya pada kanal You Tube saja. Secara Prinsip monetisasi merupakan komersialisasi suatu kanal untuk keperluan iklan. Ini menjadikan You Tube sebagai salah satu rujukan media yang dapat digunakan untuk memperoleh pendapatan pasif setelah mengunggah video dan mendapat penghasilan dari Adsense. Secara luas dalam konteks konten dan pengelolaan blog, dapat diartikan sebagai sarana mengkomersilkan blog, laman atau kanal apapun untuk menyediakan ruang bagi pengiklan menjajakan produknya. Sederhananya, jika sahabat memiliki blog, akun media sosial, kanal You Tube, atau yang lainnya, Anda mengizinkan adanya iklan masuk dengan suatu harga tertentu. Tata cara ini banyak dibicarakan khususnya pada kanal You Tube, karena komersialisasi yang dilakukan bersifat sah dan memiliki prosedur tertentu. Iklan pada kanal *You Tube*, dikenal dengan sebutan *Adsense*. Iklan yang dipasang pada kanal

You Tube atau video tertentu kemudian dikenakan tarif dan menjadi penghasilan bagi pemilik video atau akun tersebut.

Monetisasi menyediakan ruang bagi pengiklan untuk menggunakan tayangan atau video buatan kreator sebagai tempat beriklan. Tentu saja, sama seperti iklan yang dipasang pada berbagai media lain, iklan di kanal *You Tube* ini juga memiliki sejumlah tarif dan jenis. Ketika iklan telah ditempatkan pada satu video, otomatis pengiklan akan membayarkan sejumlah uang pada pihak *You Tube*.

Selanjutnya pihak *You Tube* akan meneruskan uang ini, dengan berbagai prosedur proses dan potongan, kepada pemilik akun atau video. Tidak sembarang video dan akun bisa menyediakan lapak ini, terdapat beberapa syarat yang harus dipenuhi agar *AdSense* dapat masuk dan beriklan. Secara sederhana, manfaatnya adalah berupa penghasilan bagi kreator / pemilik akun *You Tube* yang dijadikan tempat beriklan. Channel *You Tube* yang telah berhasil memenuhi syarat merupakan ruang jual bagi *AdSense*, pemilik kanal *You Tube* harus memenuhi beberapa syarat terlebih dahulu. Tujuannya adalah agar yang bisa memanfaatkan fasilitas ini benar-benar kreator yang memiliki dedikasi bagi sejumlah banyak ceruk penonton. Secara logis, pengiklan juga tidak mungkin akan memasang iklan pada tayangan yang tidak banyak ditonton? Secara teori ini akan merugikan pengiklan. Maka dari itu ditetapkan beberapa syarat yang harus dipenuhi oleh pemilik kanal atau konten kreator.

Adapun syarat dan ketentuannya sebagai berikut :

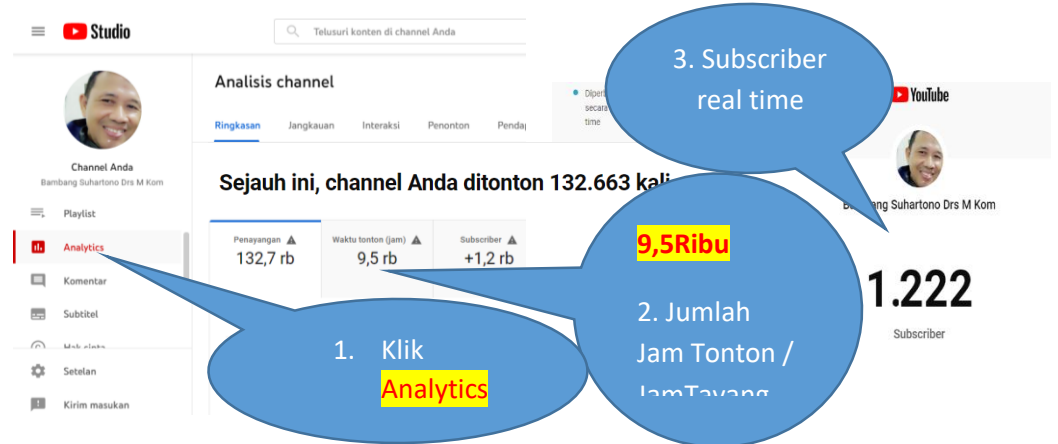
1. Syarat pertama adalah memiliki sedikitnya 1.000 subscribers. Subscribers sendiri adalah akun lain yang mengikuti kanal milik seseorang dan mengetahui ketika kanal tersebut mengirimkan unggahan terbaru dengan cara mengaktifkan tanda Lonceng Notifikasi. Asumsinya ketika memiliki sebanyak 1.000 subs, maka kanal *You Tube* telah memiliki ‘pasar’ atas konten yang dibuatnya. Setidaknya ini menjadi sedikit jaminan bagi pengiklan agar iklannya ditonton sejumlah orang.
2. Kedua, adalah memiliki sedikitnya 4.000 jam tayang waktu tonton total pada kanal yang dimilikinya. Syarat kedua untuk memastikan kreator

yang memiliki subscribers sebanyak 1.000 ini adalah kreator yang berdedikasi dan aktif membuat konten. Tidak sedikit oknum yang kemudian mencoba mencurangi sistem dengan membuat akun palsu guna memenuhi standar minimal subs ini.

3. Setelah memenuhi kedua syarat tersebut, dari pihak You Tube akan melakukan serangkaian prosedur peninjauan untuk menilai apakah kanal atau akun tersebut layak dijadikan tempat beriklan. Setelah diputuskan, baru akun atau kanal resmi dimonetisasi. Pemilik kemudian bisa mendapatkan penghasilan yang secara rutin akan dikirim oleh pihak Youtube sebagai pengelola media. **Ketentuan Konten** Karena You Tube selalu mendorong agar kreatornya membuat konten yang original dan menarik, terdapat beberapa larangan yang diberikan untuk pengunggahan konten. Diantaranya adalah pemilik akun You Tube dilarang mengunggah konten milik orang lain (yang biasanya memiliki hak cipta) berupa musik, artikel, video atau sejenisnya. Hal ini untuk menekan angka pembajakan yang dapat merugikan pemilik asli dari konten tersebut. Pelanggaran pada ketentuan ini bisa berakibat pemblokiran akun dan tidak dapat dimonetisasi lagi. Selain itu, pelanggaran hak cipta yang dilakukan juga beresiko menghadapi tuntutan hukum dengan konsekuensi tertentu.

Jika sahabat ingin tahu mengenai penghasilan, tentu akan menjadi bahasan yang sangat bergantung pada beberapa hal. Jumlah subs, jumlah view, jumlah video dan durasi video juga mempengaruhi pendapatan yang akan diperoleh. Idealnya semakin besar jumlah view dan subs yang dimiliki, maka AdSense yang masuk juga akan semakin banyak dan memberikan keuntungan berlimpah. Untuk melihat apakah chanel You Tube Sahabat apakah sudah memenuhi syarat

melalui langkah sebagai berikut :Browser>>Youtube studio>>Analytics



Gambar 17.1 Melihat jumlah subscriber 1222 dan jumlah Jam Tonton. 9,5 Ribu

17.2 Tata cara monetisasi

Setelah 2 syarat utama di atas terpenuhi maka ikuti langkah berikut Setelah memastikan kamu sudah memenuhi persyaratan, dan daftar Google AdSense YouTube kamu sudah diterima, berikut ini ada beberapa cara monetisasi YouTube yang bisa kamu pilih. Berdasarkan peraturan YouTube 2019, cara monetisasi gak cuma lewat iklan saja, tetapi juga ada banyak cara lainnya, lewat *Membership Channel*, *Super Chat*, *Merchandise*, dan *YouTube Premium*.

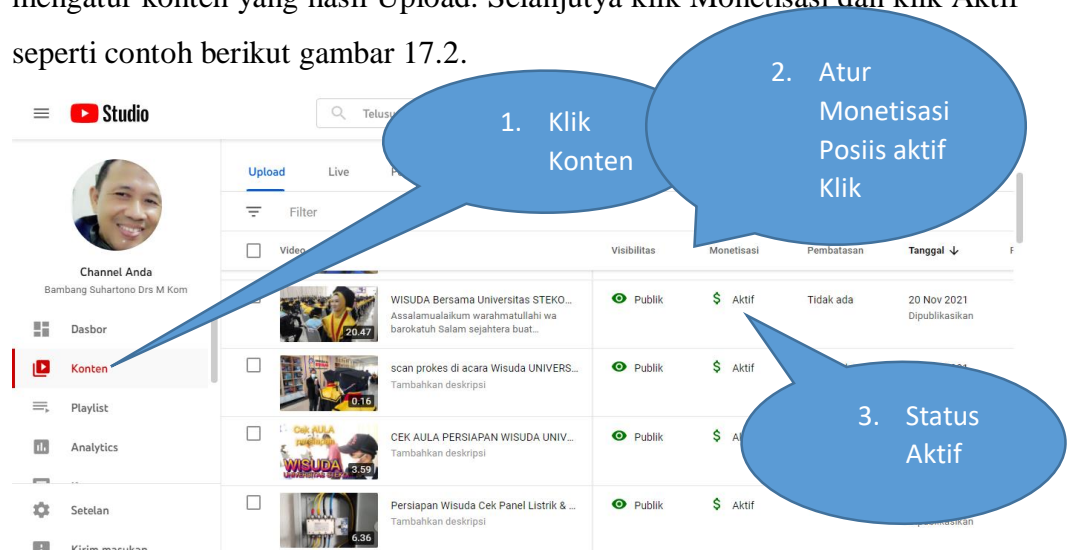
1. Dari iklan atau *Google AdSense* Cara monetisasi Youtube yang satu ini melalui Verifikasi 3 langkah mengisi akun menulis alamat surat menyurat dan menunggu verifikasi 3 langkah ini selanjutnya apabila verifikasi tiga langkah ini berhasil maka selanjutnya akan menerima jawaban dari Youtube melalui email akun sahabat dan selanjutnya atur aktifkan kolom monetisasi setiap video pada konten Youtube sahabat baik yang streaming, Upload maupun Postingan. Kemudian setelah terkumpul 10 dolar awal maka Youtube akan meminta verifikasi alamat Youtuber yang ke dua sebagai alamat mengirimkan Pin Google AdSense melalui POS dari Youtube Malaysia. Pin inilah yang digunakan untuk mendaftarkan lebih lanjut nomor rekening bank youtuber. Dengan tahapan proses ini youtuber dapat mengandalkan iklan sebagai pemasukan utama. Untuk mengambil gaji dari Youtube, ada persyaratan

beikutnya setelah memperoleh pendapatan minimal 100 dolar. Selanjutnya bisa mengatur iklan yang tayang di konten sahabat dan juga letak posisi iklan itu ditayangkan. Fitur ini bakalan ada jika pendaftaran akun *Google Adsense* yang sudah tertera di atas disetujui oleh YouTube. Persyaratan khususnya, pemilik akun harus sudah berumur 18 tahun atau paling tidak memiliki wali yang umurnya sudah mencukupi. Hal ini berkaitan dengan syarat penerimaan uang dari iklan-iklan yang tayang. Cara memasang iklan di YouTube juga gak bisa sembarangan karena Youtuber harus memenuhi persyaratan yang dibuat oleh pengiklan. Selain itu, pastikan cara menempatkan konten untuk bisa dapat monetisasi dari Youtube harus sesuai dengan iklannya juga. Misalnya jika sahabat mau mengatur iklan tempat wisata, jangan ditaruh di konten olahraga atau sains dan teknologi.

Langkah mengaktifkan monetisasi setiap video yang sahabat buat

Browser>>*Youtube*>> *Youtube Studio* >> **Konten** >>*Live* bila akan mengatur konten Live

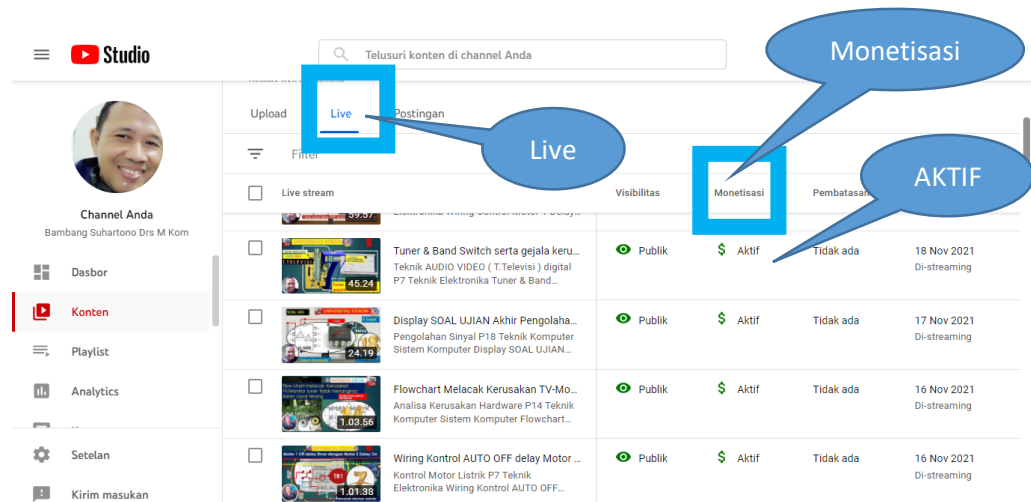
Browser>>*Youtube*>> *Youtube Studio* >> **Konten** >>*Upload* bila akan mengatur konten yang hasil Upload. Selanjutnya klik Monetisasi dan klik Aktif seperti contoh berikut gambar 17.2.



Gambar 17.2 Mengaktifkan monetisasi setiap Video

Hasil pengaturan mengaktifkan Monetisasi setiap konten video upload dapat dilihat dikolom MONETISASI tertulis AKTIF.

Pada gambar berikut 17.4 Gambar aktif monetisasi pada konten video hasil LIVE



Gambar 17. 3 Status Monetisasi Aktif pada konten Video Live STREAMING

2. *Membership Channel* Kalau yang ini, sahabat mendapatkan bayaran dari akun orang yang terdaftar sebagai member akun kamu. Sistemnya adalah membermu bakal memberikan bayaran setiap bulannya untuk menikmati konten-konten berkualitas yang kamu tawarkan. Persyaratan khususnya adalah, berusia minimal 18 tahun dan memiliki lebih dari 30.000 *subscriber*. Berikut ini cara mengaktifkan atau cara monetisasi YouTube lewat *Membership Channel*, YouTube >> Login ke akun YouTube >> “Membership“>>Klik mulai dan ikuti perintah-perintah yang muncul di layar
3. *Merchandise Fitur* yang satu ini memungkinkan akun yang menonton bisa melihat merchandise yang kamu tawarkan di laman video. Syarat khusus untuk bisa berjualan di YouTube adalah harus minimal berumur 18 tahun dan memiliki 10.000 *subscribers*. Cara monetisasi YouTube dengan fitur *Merchandise Shelf*, Login ke “YouTube Studio Beta”>> *Monetisasi*, silahkan di-klik >> “*Merchandise*”, opsi ini bakal muncul kalau persyaratan khususnya sudah terpenuhi selanjutnya Ikuti petunjuk yang tertera di layar
4. *Super Chat* Di YouTube, sekarang sahabat sudah bisa melakukan *live streaming* dan disaksikan oleh masyarakat secara luas. Penonton bisa dengan

bebas mengirimkan pesan saat *live streaming* bahkan pesan tersebut bisa disorot oleh orang banyak. Cara monetisasi Youtube yang ini dinamakan dengan fitur Super Chat.

5. YouTube Premium Cara monetisasi Youtube berikutnya adalah melalui fitur Youtube Premium. Di sini sahabat cukup mengalihkan akun ke versi premium. Dengan cara ini, sahabat bakal mendapatkan bayaran dari setiap orang yang menonton konten sahabat.

BAB 18

Rahasia Agar Video Anda Tidak ditakedown Oleh You Tube

Apa kabar sahabat STEKOM juga sahabat You Tube ? semoga sahabat dalam keadaan sehat wal afiat di bab terakhir ini bab delapan belas ini, Pak Bambang menutup tulisan di buku Video STREAMING ini dengan bahasan yang menyeramkan, bagaimana bisa menyeramkan ? apakah ada momoknya ??? benar kawan namun bukan momok seperti hantu gentanyangan di film film horor Indonesia maupun film horor luar negeri. Tetapi ini benar-benar horror yang sejati. Mengapa Pak Bambang mengatakan demikian ... ya kerna apabila channel sahabat kena hal ini yang akan Pak Bambang tulis ada resiko yang sangat tidak enak bahkan dapat dikategorikan FATAL. Nah kepo ya ... baik kawan ada peringatan horror yang Pak Bambang sebut disini dapat diuraikan sebagai berikut.

1. Channel You Tube sahabat dapat teguran 1
2. Channel You Tube sahabat dapat peringatan keras
3. Channel You Tube sahabat dikunci selama 1 minggu dan tidak dapat melakukan aktifitas *Upload*, Posting, Video singkat maupun Live STREAMING. Benar sama sekali tidak bisa *ngapa ngapain* di channel sahabat.
4. Video atau bahkan Channel sahabat di take down dari You Tube dan hilang dari pencarian google artinya wasalam.

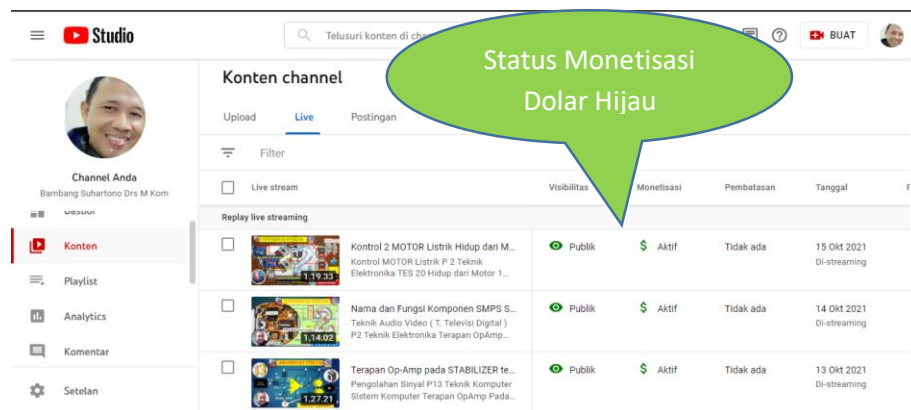
Baiklah kawan Pak Bambang jelaskan satu demi satu ya. Simak baik baik

18.1 Channel yang mendapat teguran

Pada kasus ini apa penyebabnya, dan kapan saja channel You Tube mendapat teguran, *channel* You Tube sahabat akan mendapat teguran apabila kalian melakukan Uplaod atau posting atau live menggunakan video dan atau lagu lirik music milik orang lain yang sudah di hak ciptakan, teguran ini masih dikategorikan sangat ringan, dan sering kali para youtuber pemula pasti mengalami hal ini. Sebagai contoh sahabat You Tube meng*upload* video tarian suatu daerah meskipun gerak gaya dilakukan real oleh sahabat atau kawan sahabat namun lirik lagu dan intonasi musik cengkok syair sudah di hak ciptakan oleh pencipta tarian

dan lagu serta lirik tersebut, dalam hitungan detik pasca Upload langsung *channel* sahabat pasti mendapar teguran Klam hak cipta. Dan nama pencipta serta producer Publisher pertama tertulis di diskripsi video sahabat yang di upload tadi. Hal ini berdampak pada konten tersebut tidak dapat dimonetisasi oleh sahabat. Bila tetap ditayangkan tanpa edit ulang tetap diaktifkan monetisasi maka pendapatan sepenuhnya akan dibayarkan kepada pemilik Klam Hak Cipta. Atau setidaknya pendapatan dari monetisasi You Tube berbagi dengan pemilik Klam Hak Cipta. Kondisi ini diistilahkan dengan dolar kuning **\$**. Untuk melihat konten mana yang didapati terdapat Klam Hak Cipta dapat masuk ke >> You Tube Studio >> konten >> Video >> Live atau Upload atau Postingan >> monetisasi. Nah dikolom monetisasi inilah status Video sahabat dapat dilihat apakah Monetisasi Dolar hijau, Dolar Kuning atau pembatasan atau Klam Hak Cipta atau dolar merah **\$**.

Contoh seperti konten berikut dapat diperhatikan pada kolom Monetisasi dan kolom pembatasan.



Gambar 18.1 Status monetisasi Aktif **\$** Dolar hijau

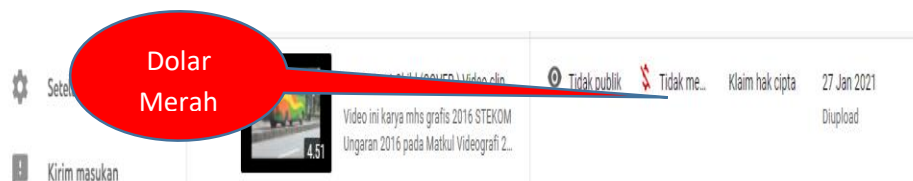
Pada gambar 18.1 dapat dilihat bahwa ketiga-tiganya video Konten tersebut adalah video Live STREAMING yang berhasil monetisasi dan bertanda Aktif serta Dolar hijau. Artinya ini tidak ada Klam Hak Cipta dan dibayar oleh Pengiklam melalui sistem You Tube. Beda dengan contoh pada gambar 18.2 ini dolar kuning dan kena pembatasan penonton. Silahkan sahabat amati gambar 18. 2 dibawah ini.



Gambar 18.2 Dolar kuning \$ dan kena Pembatasan iklan

Konten yang memiliki batasan penonton bukan konten untuk segala kalangan maka video semacam ini akan dikenai batasan batasan penonton dan bila dimonetisasi akan memiliki tanda dolar kuning. Artinya pengiklan tidak sebanyak yang dolar hijau, Pengiklan hanya dari Produk produk tertentu yang memiliki kedekatan tema dengan konten Video tersebut.

Sahabat STEKOM, beda dolar hijau beda pula dolar kuning dan dolar merah perhatikan gambar 18.3 dibawah ini adalah contoh video konten yang kena klam Hak cipta dan belum di edit, perhatikan dikolom monetisasi dolar merah tercoret (tidak memenuhi syarat monetisasi dan kena Klam Hak Cipta .



Gambar 18.3 Gambar konten dolar Merah \$ Klam Hak Cipta dan tidak diedit

Pada konten tersebut merupakan video *Lipsing* lagu karya orang lain sepanjang durasi video dari Opening isi hingga Closing semua merupakan music asli penyanyi utama yang pertama kali menyanyikan sedangkan gaya gerak model diisi oleh orang yang bukan pencipta, (ini contoh karya mahasiswa desain grafis pada project contoh *Lipsing* (mengisi gaya gerak dan koreografi pada lagu milik orang lain yang sudah diklam Hak Ciptakan). Oleh karena itu sebaiknya sahabat tidak usah membuat video semacam ini karena akan dolar merah dan Klam Hak Cipta serta tidak dapat dimonetisasi.

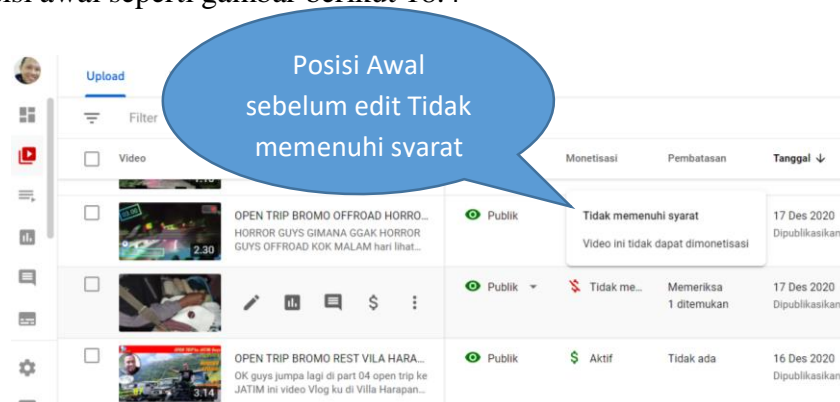
18.2 Channel yang mendapat Peringatan keras.

Video dengan isi menampilkan kegiatan yang berbahaya yang mengakibatkan penonton kaget merasa ngeri mengancam keselamatan menjiijikkan, serta menimbulkan rasa mual menimbulkan rasa takut, mengajarkan tindakan merugikan Pengguna *Channel* lain (mencurangi sistem You Tube). Terkait isu sara perkara sensitif, Kekerasan, Narkoba, senjata api, ujaran kebencian, video dengan ketegori ini akan di *takedown* langsung dalam hitungan detik pasca Upload serta channel sahabat memperoleh peringatan keras. Dan peringatan ini akan menempel di *dashboard channel* tersebut selamanya.

18.3 Channel yang dikunci selama sepekan

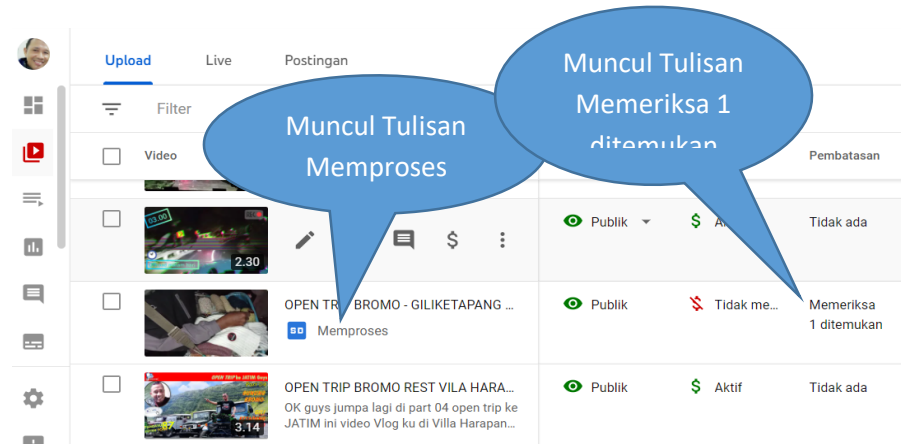
Bila hal pada point 18.2 tersebut dilakukan 2 kali maka menjadi momok pertama yaitu channel akan dikunci oleh algoritma You Tube dan pemilik channel tidak dapat melakukan Upload posting maupun live streaming selama satu minggu (sepekan). Hal ini tentu menjadi momok bagi para You Tuber. Iya karena tidak dapat melakukan aktifitas pada *channel* tersebut sampai sepekan. Kecuali membuat akun baru channel baru. Tentu melelahkan karena mencari subscribe baru. Oleh karena itu perlu adanya pengisian rating dalam tahapan monetisasi sebagai berikut

Tahapan perubahan dari tidak dapat dimonetisasi menjadi memenuhi syarat monetisasi sebagai berikut edit online >> Klam Hak cipta >> pilih tindakan >> Ganti lagu >> pilih dan tambahkan lagu penganti serta menunggu proses penggantian selesai. Posisi awal seperti gambar berikut 18.4



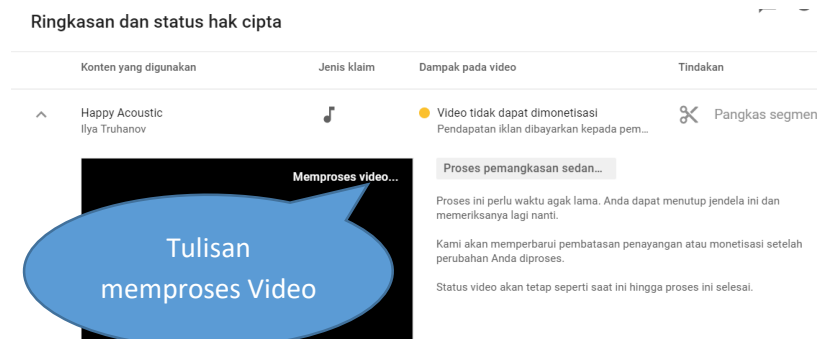
Gambar 18.4 Posisi awal dolar merah tidak mememnuhi syarat monetisasi

Setelah proses *edit online* selesai dan hasil penggantian lagu selesai maka You Tube menampilkan tulisan memeriksa 1 ditemukan dan dikolom diskripsi tertulis sedang diproses. Seperti pada gambar 18.5



Gambar 18.5 Posisi Proses pasca edit online mengubah Klam Hak Cipta

Tampilan saat proses pemeriksaan oleh youtube tampilan edit online sebagai berikut dapat dilihat pada gambar 18.6



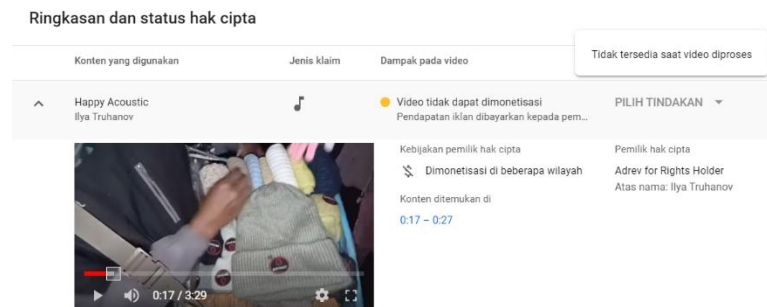
Gambar 18.6 Proses video di edit *online*

Muncul tulisan memproses pada jendela video blok warna hitam dan pada sisi kanan kotak video tertulis Proses pemangkasan sedang berlangsung, Proses ini perlu waktu agak lama anda dapat menutup jendela ini dan memeriksanya lagi nanti. Kami akan memperbaharui pembatasan penayangan atau monetisasi setelah perubahan Anda diproses. Status Video akan tetap seperti saat ini hingga proses ini selesai.

Maksud dari tulisan tersebut adalah para pengedit online tahapan ini dapat menutup jendela tindakan ini tidak perlu mengamati terus menerus

jendela ini. jendela ini dapat ditutup dan satu jam atau dua jam kemudian silahkan di cek kembali. Lama atau sebentar waktu ini tergantung kesibukan pihak admin You Tube karena yang dilayani adalah seluruh dunia. Meski secara algoritma dilakukan oleh SEO *You Tube*.

Tampilan jendela edit berubah pada posisi keterangan mana bagian yang di Klam Hak Cipta, menit beberapa detik beberapa, sisi apa Klamnya, music lirik atau lagu. Seperti pada contoh di gambar 18. 7



Gambar 18.7 Tampilan posisi menit dan detik beberapa Klam Hak Cipta

Pada gambar diatas tampak posisi Klam Hak Cipta berada pada detik ke 0:17 sampai ke detik 0:27 dari total durasi tiga menit dua puluh Sembilan detik. Di Klam oleh Happy Acoustic Ilya Truhanov. Tindakan edit *online* dilakukan dengan cara pangkas segmen. (ada empat opsi edit *Online* pangkas segmen, bisukan semua suara, bisukan suara lagu saja dan ganti lagu).

DAFTAR PUSTAKA

- [FISCHER3] Fischer, W.: DVB Measurement Guidelines in Theory and Practice, Seminar Documentation, Rohde&Schwarz, Munich, 2001
- [FISCHER4] Fischer, W.: MPEG-2 Transport Stream Syntax and Elementary Stream Encoding, Seminar Documentation, Rohde&Schwarz, Munich, 2001
- [FISCHER5] Fischer, W.: Picture Quality Analysis on Digital Video Signals, Seminar Documentation, Rohde&Schwarz, Munich, 2001
- [FISCHER6] Fischer, W.: Digital Television, A Practical Guide for Engineers, Springer, Berlin, Heidelberg, 2004
- [FISCHER7] Fischer, W.: Einführung in DAB, Seminar dokumentation, Rohde&Schwarz München, 2004
- [FITZEK] Fitzek, F., Katz, M., Cooperation in Wireless Networks: Principles and Applications, Springer, 2006
- [FKT_2013_HEVC] B. Bross, D. Marpe, H. Schwarz, High-Efficiency Video Coding – (HEVC) Standard, Fernseh- und Kinotechnik, FKT 1-2, 2013
- [FKTG_GUNKEL] Gunkel, G.: Presentation DVB-T2, Fernseh- und Kinotechnische Gesellschaft, Jahrestagung Mai 2008, München
- [GB20600] GB20600-2006, Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Television Terrestrial Broadcasting System, China, 2006
- [GESSNER LTE] Geßner, C., Long Term Evolution, Technical book, Rohde&Schwarz, 2011
- [GIROD] Girod, B., Rabenstein, R., Stenger, A.: Einführung in die Systemtheorie. Teubner, Stuttgart, 1997
- [GRUNWALD] Grunwald, S.: DVB, Seminar Documentation, Rohde&Schwarz, Munich, 2001
- [HARRIS] Harris, Fredrik J.: On the Use of Windows for Harmonic Analysis with the Discrete Fourier Transform, Proceedings of the IEEE, Vol. 66, January 1978
- [HbbTV] HbbTV Specification 2.00, www.hbbtv.org [HDMI1.4] High-Definition Multimedia Interface Specification, Version 1.4b, 2011
- [HDMI2.0] High-Definition Multimedia Interface Specification, Version 2.0a, 2015
- [HEVC] Recommendation ITU-T H.265, High Efficiency Video Coding, International Telecommunication Union, 2013

- [HEVC_IEEE_Overview] G.J. Sullivan, J.R. Ohm, W.J. Han, T. Wiegand, Overview of the High Efficiency Video Coding (HEVC) Standard, IEEE Transactions, Vol. 22, No. 12, Dec. 2012
- [HEVC_IEEE_Comparison] J.R. Ohm, G.J. Sullivan, H. Schwarz, T.K. Tan, T. Wiegand, Comparison of the Coding Efficiency of Video Coding
- [REIMERS2] Reimers U.: DVB-Digitale Fernsehetechnik, Springer, Berlin, Heidelberg, 3. Auflage, 2007
- [RFS] RFS, Radio Frequency Systems, www.rfsworld.com
- [R&S_APPL_1MA91] Test of DVB-H Capable Mobile Phones in Development and Production, Application Note, Rohde&Schwarz, April 2005
- [RICHARDS] Richards, J.: Radio Wave Propagation, Springer, Berlin, Heidelberg, 2008
- [R&S] Rohde&Schwarz GmbH & Co. KG, www.rohde-schwarz.com [SIGMUND] Sigmund, G.: ATM - Die Technik. Hüthig, Heidelberg, 1997
- [SMPTE2022], SMPTE2022, "SDI over IP", Transport of High Bit Rate Media Signals over IP, SMPTE, 2015
- [SPINNER] Spinner GmbH, www.spinner-group.com [STEINBUCH] Steinbuch K., Rupprecht, W.: Nachrichtentechnik. Springer, Berlin, 1982
- [SFN1] System Monitoring and Measurement for DVB-T Single Frequency Networks with DVMD, DVRM and Stream Explorer®, Rohde&Schwarz, April 2000
- [T-DMB] Levi, S.: DMB-S/DMB-T Receiver Solutions on TI DM342, May 2004
- [TEICHNER] Teichner, D.: Digitale Videocodierung. Seminarunterlagen, 1994
- [THIELE] Thiele, A.N.: Digital Audio for Digital Video, Journal of Electrical and Electronics Engineering, Australia, September 1993
- [TODD] Todd, C. C.: AC-3 The Multi-Channel Digital Audio Coding Technology. NCTA Technical Papers, 1994
- [TOZER] Tozer E.P.J.: Broadcast Engineer's Reference Book, Elsevier, Oxford, UK, 2004
- [TR101190] TR101190, Implementation Guidelines for DVB Terrestrial Services, ETSI, 1997
- [TR101496] Digital Audio Broadcasting (DAB) ; Guidelines and rules for implementation and operation, ETSI 2000
- [TS102796] ETSI TS102796, European Broadcasting Union, Hybrid Broadcast Broadband TV, 2010
- [TS102991] Digital Video Broadcasting, TS102991, DVB-C2 Implementation Guidelines, ETSI, 2011

- [T2-Lite] Digital Video Broadcasting, ETSI EN302755, DVB-T2 Annex I - T2-Lite, ETSI, 2012
- [RFS] RFS, Documentation, Heliflex Cable, www.rfsworld.com, 2007
- [SFQ] TV Test Transmitter SFQ, Gerätehandbuch, Rohde&Schwarz, München, 2001
- [STUHLFAUT HSPA] High Speed Packet Access, Stuhlfaut, R., High Speed Packet Access, Technical book, Rohde&Schwarz, 2012 [UHDTV] ITU-R BT.2020, ITU, 2014
- [VIERACKER] Vieracker, T.: Analyse von DVB-T-Empfänger Synchronisationsproblemen in DVB-T-Gleichwellennetzen, Diplomarbeit Berufsakademie Ravensburg, Sept. 2007
- [WATKINSON] Watkinson, J.: The MPEG Handbook, Elsevier, Oxford, UK, 2004
- [WEINSTEIN] Weinstein, S. B., Ebert, P. M.: Data Transmission by Frequency-Division Multiplexing Using the Discrete Fourier Transform. IEEE Transactions and Communication Technology, Vol. Com. 19, No. 5, October 1971
- [WOOTTON] Wootton C.: A Practical Guide to Video and Audio Compression, From Sprockets and Rasters to Macro Blocks, Elsevier, Oxford, UK, 2005
- [ZAIDI] Zaidi, A., Athley F., Medbo, J., 5G Physical Layer, Academic Press, Elsevier, 2018
- [ZEIDLER] Zeidler, E., Bronstein, I.N., Semendjajew K. A.: Teubner Taschenbuch der Mathematik, Teubner, Stuttgart, 1996
- [ZIEMER] Ziemer, A.: Digitales Fernsehen, Eine neue Dimension der Medienvielfalt. R. v. Decker, Heidelberg, 1994
- [Zöllner] J. Zöllner, Optimierung der Robustheit und Effizienz der Daten- übertragung in terrestrischen Broadcast-Netzen, Dissertation, Technische Universität Braunschweig, 2015
- [ZWICKER] Zwicker, E.: Psychoakustik. Springer, Berlin 1982
- [5G-NR] 3GPP 5G-NR, 5G New Radio [5G TODAY] 5G TODAY Project, IRT Press Release, 2019
- [7BM85_0E] Application Note 7BM85_05, Rohde&Schwarz, Compliance Testing, Functional Testing and Debugging on HDMI Interfaces“, 2014
- [7EB01_APP] Application Note, ATSC Mobile DTV, Rohde&Schwarz, 2009
- [802.AVB], IEEE 802.1BA Audio Video Bridging (AVB) 2011

VIDEO STREAMING

Drs. Bambang Suhartono, M.Kom.

BIO DATA PENULIS



Penulis kelahiran Magelang 3 September 1968 ini memiliki keahlian Bidang Elektro melalui Pendidikan Teknik Elektro di IKIP Negeri Semarang dan masih aktif bergelut dibidang ini dengan membuka bengkel Elektronik dirumahnya, serta sebagai Konsultan Teknik Elektro. Penulis yang humoris dan ceria ini juga seorang YOUTUBER yang aktif membuat berbagai Konten Tutorial Elektro dan Komputer bahkan sudah berhasil Lolos Monetisasi dengan nama Channel Bambang STEKOM, dengan jumlah *Uploaddan live Streaming* lebih dari 790 konten serta telah lebih dari 118.900 x ditonton warganet.

Penulis memperoleh Gelar **Magister Komputer** (M. Kom), melalui Pendidikan S2 di STTI Ben Arif Indonesia, dan kini sedang menyelesaikan Pendidikan **Doctoral (S3)** di UKSW (Universitas Kristen Satya Wacana) Salatiga. Penulis juga memiliki Sertifikat Asessor bidang Elektronika dari Depdiknas. Penulis bersertifikasi Pendidik sejak tahun 2011 dan aktif meneliti serta menulis di journal Ilmiah Internasional **SCOPUS** maupun Nasional. Kini berjabatan Fungsional Akademik LEKTOR 300 (**Assistant Professor**). Penulis aktif mengajar Mata Kuliah : Sistem Digital, Presentasi Multimedia dan Analisa Kerusakan *Hardware* pada Universitas Sains dan Teknologi Komputer (Universitas STEKOM) Semarang.



YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK

PENERBIT :

YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK

JL. Majapahit No. 605 Semarang
Telp. (024) 6723456. Fax. 024-6710144
Email : penerbit_ypat@stekom.ac.id

ISBN 978-623-6141-89-2 (PDF)



9 786236 141892