



# RAB

## Konstruksi Proyek

Dr. Ir. Agus Wibowo, M.Kom, M.Si, MM.



YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK



# RAB

## Konstruksi Proyek

**Dr. Ir. Agus Wibowo, M.Kom, M.Si, MM.**

### BIO DATA PENULIS



Penulis memiliki berbagai disiplin ilmu yang diperoleh dari Universitas Diponegoro (UNDIP) Semarang. dan dari Universitas Kristen Satya Wacana (UKSW) Salatiga. Disiplin ilmu itu antara lain teknik elektro, komputer, manajemen dan ilmu sosiologi. Penulis memiliki pengalaman kerja pada industri elektronik dan sertifikasi keahlian dalam bidang Jaringan Internet, Telekomunikasi, Artificial Intelligence, Internet Of Things (IoT), Augmented Reality (AR), Technopreneurship, Internet Marketing dan bidang pengolahan dan analisa data (komputer statistik).

Penulis adalah pendiri dari Universitas Sains dan Teknologi Komputer (Universitas STEKOM ) dan juga seorang dosen yang memiliki Jabatan Fungsional Akademik Lektor Kepala (Associate Professor) yang telah menghasilkan puluhan Buku Ajar ber ISBN, HAKI dari beberapa karya cipta dan Hak Paten pada produk IPTEK. Sejak tahun 2023 penulis tercatat sebagai Dosen luar biasa di Fakultas Ekonomi & Bisnis (FEB) Universitas Diponegoro Semarang. Penulis juga terlibat dalam berbagai organisasi profesi dan industri yang terkait dengan dunia usaha dan industri, khususnya dalam pengembangan sumber daya manusia yang unggul untuk memenuhi kebutuhan dunia kerja secara nyata.



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

## **RAB Konstruksi Proyek**

**Penulis :**

Dr. Ir. Agus Wibowo, M.Kom, M.Si, MM.

**ISBN :**

**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 Yuniato, S.Ds., M.Kom

**Penebit :**

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

**Anggota IKAPI No:** 279 / ALB / JTE / 2023

**Redaksi :**

Jl. Majapahit no 605 Semarang

Telp. 08122925000

Fax. 024-6710144

Email : [penerbit\\_ypat@stekom.ac.id](mailto:penerbit_ypat@stekom.ac.id)

**Distributor Tunggal :**

**Universitas STEKOM**

Jl. Majapahit no 605 Semarang

Telp. 08122925000

Fax. 024-6710144

Email : [info@stekom.ac.id](mailto: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

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya, buku ini dapat diselesaikan dengan baik. Buku "**RAB Konstruksi Proyek**" disusun sebagai panduan praktis dalam memahami dan menyusun Rencana Anggaran Biaya (RAB) serta berbagai aspek terkait dalam proyek konstruksi. Dengan meningkatnya kebutuhan akan infrastruktur yang berkualitas, pemahaman yang mendalam tentang RAB menjadi sangat penting bagi para profesional di bidang konstruksi, manajemen proyek, dan pengadaan barang/jasa.

RAB ini disusun dengan mempertimbangkan berbagai aspek kebutuhan dan prioritas yang ada, serta mengikuti ketentuan peraturan yang berlaku. Setiap alokasi anggaran diharapkan dapat memberikan manfaat optimal dan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Melalui penyusunan anggaran yang matang, diharapkan dapat tercipta pengelolaan keuangan yang sehat, terarah, dan dapat dipertanggungjawabkan. Buku ini terbagi menjadi enam bab yang saling terkait, dimulai dari pengertian RAB dan unsur-unsur yang terlibat dalam proses pelaksanaan pembangunan, hingga aspek organisasi proyek dan manajemen biaya. Di setiap bab, kami berusaha menghadirkan informasi yang komprehensif dan aplikatif, sehingga pembaca dapat dengan mudah memahami konsep-konsep yang dijelaskan. Bab 1 membahas pengertian RAB serta unsur-unsur yang terlibat dalam proses pelaksanaan pembangunan. Kami juga menjelaskan langkah-langkah dalam menyusun RAB dan hal-hal penting yang perlu diperhatikan dalam penyusunannya.

Bab 2 mengupas tentang Harga Perkiraan Sendiri (HPS), termasuk langkah penyusunan dan fungsi HPS dalam pengadaan barang/jasa. Selain itu, kami juga memberikan panduan tentang estimasi biaya kasar dan metode estimasi yang efektif untuk proyek konstruksi. Bab 3 fokus pada daftar kuantitas dan harga (Bill of Materials/BOQ), menjelaskan pengertian umum BOQ serta rincian BOQ untuk pekerjaan bidang air tanah. Bab 4 membahas ekonomi proyek, mencakup riset pasar, studi kelayakan, pendanaan, dan asuransi dalam proyek konstruksi. Informasi ini penting untuk memastikan bahwa proyek yang direncanakan memiliki dasar ekonomi yang kuat. Bab 5 menyoroti kehidupan proyek dari riset pasar hingga pelaksanaan proyek. Kami juga membahas rekayasa biaya dan kontribusi tim lainnya dalam proses tersebut. Bab 6 mengulas organisasi proyek, termasuk manajemen proyek, struktur organisasi, serta peran manajer dan tim proyek dalam mencapai tujuan bersama.

Kami berharap buku ini dapat menjadi sumber referensi yang berguna bagi mahasiswa, praktisi, dan siapa saja yang tertarik untuk mendalami dunia konstruksi. Semoga informasi yang disajikan dapat memberikan manfaat dan inspirasi dalam setiap langkah pembangunan yang dilakukan.

Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan buku ini. Kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan demi perbaikan di masa mendatang. Selamat membaca!

Semarang, Februari 2025  
Penulis

Dr. Ir. Agus Wibowo, M.Kom, M.Si, MM.

## DAFTAR ISI

<b>Halaman Judul</b> .....	<b>i</b>
<b>Kata Pengantar</b> .....	<b>ii</b>
<b>Daftar Isi</b> .....	<b>iii</b>
<b>BAB 1 RENCANA ANGGARAN BIAYA</b> .....	<b>1</b>
1.1 Pengertian Rencan Anggaran Biaya .....	1
1.2 Unsur-Unsur Yang Terlibat Dalam Proses Pelaksanaan Pembangunan .....	2
1.3 Unsur-Unsur Rencana Anggaran Biaya (RAB) dalam Proyek Konstruksi .....	5
1.4 Langkah – Langkah membuat RAB .....	7
1.5 Tujuan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dalam Institusi/Perusahaan .....	8
1.6 Hal-Hal yang Perlu Diperhatikan dalam Penyusunan RAB Perusahaan .....	10
<b>BAB 2 HARGA PRAKIRAAN SENDIRI</b> .....	<b>16</b>
2.1 Pengertian Umum HPS .....	16
2.2 Langkah Penyusunan dan Fungsi HPS dalam Pengadaan Barang/Jasa .....	17
2.3 Hal-Hal yang Perlu Diperhatikan Dalam Penyusunan HPS .....	18
2.4 Estimasi biaya kasar .....	21
2.5 Metode Estimasi yang Efektif untuk Proyek Konstruksi .....	22
2.6 Penggunaan analisis BOW .....	23
<b>BAB 3 DAFTAR KUANTITIAS DAN HARGA</b> .....	<b>37</b>
3.1 Pengertian Umum .....	37
3.2 Satuan BOQ Menurut CESMM .....	38
3.3 Rincian BOQ untuk Pekerjaan Bidang Air Tanah .....	39
3.4 Perbedaan BOQ dan RAB dalam Proyek Konstruksi .....	43
<b>BAB 4 EKONOMI PROYEK</b> .....	<b>46</b>
4.1 Riset Pasar .....	46
4.2 Kelebihan dan kekurangan proyek baru .....	47
4.3 Studi Kelayakan .....	48
4.4 Pendanaan Dan Arus Kas .....	51
4.5 Asuransi dalam Proyek Konstruksi .....	53
4.6 Lokasi Pabrik .....	55
<b>BAB 5 KEHIDUPAN PROYEK</b> .....	<b>58</b>
5.1 Riset Pasar Dan Estimasi Awal .....	58
5.2 Estimasi Penawaran Atau Proposal .....	59
5.3 Departemen Teknik .....	61
5.4 Penggambaran dalam proses desain .....	62
5.5 Pelaksanaan proyek .....	65
5.6 Rekayasa biaya .....	72
5.7 Kontributor lainnya .....	74
<b>BAB 6 ORGANISASI PROYEK</b> .....	<b>76</b>
6.1 Manajemen Proyek .....	76
6.2 Proyektor Organisasi .....	78
6.3 Manajer Proyek .....	79

6.4	Tim Proyek .....	80
6.5	Departemen Teknik biaya organisasi .....	82
	<b>Latihan Soal .....</b>	<b>83</b>
	<b>Lampiran .....</b>	<b>107</b>
	<b>Daftar Pustaka .....</b>	<b>150</b>

## **BAB 1**

### **RENCANA ANGGARAN BIAYA**

#### **1.1 PENGERTIAN RENCANA ANGGARAN BIAYA**

##### **Umum**

Rencana Anggaran Biaya (RAB) dapat dipahami secara umum sebagai berikut:

- Perhitungan jumlah biaya yang diperlukan untuk bahan, upah, serta biaya lain yang terkait dengan pelaksanaan pembangunan atau proyek tertentu.
- Perencanaan pembangunan yang mencakup bentuk dan manfaat penggunaannya, beserta estimasi biaya yang diperlukan, baik dalam hal administrasi maupun pelaksanaan pekerjaan di bidang teknik, ditambah dengan biaya lainnya yang bersifat umum.
- Anggaran Biaya merupakan estimasi harga dari suatu perencanaan pembangunan yang dihitung secara teliti dan cermat, serta memenuhi syarat-syarat yang berlaku.

##### **Dua Metode yang Dapat Digunakan dalam Penyusunan Anggaran Biaya**

Terdapat dua pendekatan utama dalam penyusunan anggaran biaya dalam suatu proyek, yaitu anggaran biaya kasar dan anggaran biaya teliti. Kedua metode ini memiliki peran yang sangat penting dalam memastikan kelancaran dan keberhasilan suatu proyek, baik itu dalam tahap perencanaan maupun pelaksanaannya.

1. **Anggaran Biaya Kasar (Taksiran)** Anggaran biaya kasar adalah estimasi awal yang digunakan untuk memperkirakan biaya proyek secara umum. Dalam pendekatan ini, harga satuan dihitung berdasarkan luas area yang akan dibangun, misalnya harga per meter persegi lantai. Meskipun anggaran biaya kasar memberikan gambaran umum mengenai biaya proyek, angka yang dihasilkan masih bersifat perkiraan dan belum mencakup perincian detail dari setiap komponen biaya. Meskipun demikian, anggaran biaya kasar ini dapat menjadi pedoman yang berguna dalam penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) lebih lanjut yang dihitung secara lebih teliti.
2. **Anggaran Biaya Teliti** Berbeda dengan anggaran biaya kasar, anggaran biaya teliti melibatkan perhitungan yang lebih mendalam dan cermat. Setiap komponen biaya diperhitungkan secara rinci, berdasarkan ketentuan dan standar yang berlaku dalam proyek tersebut. Penyusunan anggaran biaya teliti mempertimbangkan berbagai faktor, seperti harga bahan baku, upah tenaga kerja, biaya operasional, serta biaya tak terduga yang mungkin timbul selama pelaksanaan proyek. Anggaran biaya teliti juga harus memenuhi syarat-syarat tertentu yang telah ditetapkan oleh pihak yang berwenang, dan sering kali digunakan sebagai acuan untuk pengawasan dan pengendalian anggaran selama proyek berlangsung.

Perbedaan dan Keterkaitan antara Anggaran Biaya Kasar dan Teliti Secara umum, anggaran biaya kasar bersifat lebih sederhana dan cepat disusun, namun kurang akurat karena hanya mengandalkan perkiraan. Sebaliknya, anggaran biaya teliti memberikan gambaran yang lebih akurat dan realistis mengenai total biaya yang diperlukan, meskipun memerlukan waktu dan usaha lebih dalam penyusunannya. Kedua jenis anggaran biaya ini saling melengkapi; anggaran biaya kasar digunakan sebagai langkah awal untuk merencanakan proyek secara kasar, sementara anggaran biaya teliti digunakan untuk memastikan bahwa perencanaan tersebut dapat diimplementasikan dengan efisien dan sesuai dengan anggaran yang tersedia.

Dengan demikian, pemilihan antara anggaran biaya kasar atau teliti sangat bergantung pada tahap perencanaan dan kebutuhan spesifik proyek. Keduanya memiliki peran strategis yang mendukung kelancaran dan kesuksesan proyek secara keseluruhan.

### **Tujuan dan Fungsi dari Pembuatan RAB**

Pembuatan Rencana Anggaran Biaya (RAB) memiliki tujuan dan fungsi yang sangat penting dalam suatu proyek pembangunan. Berikut adalah tujuan dan fungsi utama dari penyusunan RAB:

- 1) Mengetahui Harga dan Estimasi Biaya Setiap Bagian Pekerjaan: Salah satu tujuan utama dari pembuatan RAB adalah untuk mengetahui harga setiap item atau bagian pekerjaan yang diperlukan dalam proyek. Dengan demikian, RAB memberikan pedoman yang jelas mengenai biaya yang harus dikeluarkan pada setiap tahap atau bagian pekerjaan selama masa pelaksanaan proyek. Hal ini membantu dalam perencanaan keuangan dan memastikan bahwa proyek dapat berjalan sesuai dengan anggaran yang telah ditetapkan.
- 2) Mewujudkan Pelaksanaan Proyek yang Efektif dan Efisien: RAB juga berfungsi untuk memastikan bahwa pembangunan dapat dilaksanakan secara efektif dan efisien. Dengan adanya perhitungan biaya yang teliti, proyek dapat dikelola dengan lebih baik, meminimalkan pemborosan, dan memastikan bahwa sumber daya digunakan secara optimal. Hal ini juga meminimalkan risiko terjadinya pembengkakan biaya yang tidak diinginkan selama proses pembangunan.
- 3) Sebagai Pedoman Pelaksanaan Pekerjaan: RAB berfungsi sebagai pedoman bagi pelaksanaan pekerjaan di lapangan. Dalam hal ini, RAB memberikan petunjuk yang jelas mengenai tahapan pelaksanaan dan biaya yang harus dikeluarkan untuk setiap pekerjaan. Hal ini membantu semua pihak yang terlibat dalam proyek untuk memahami ruang lingkup pekerjaan serta biaya yang harus disiapkan.
- 4) Sebagai Alat Pengontrol Pelaksanaan Pekerjaan: RAB juga berfungsi sebagai alat pengontrol dalam pelaksanaan proyek. Dengan adanya RAB, manajer proyek atau pengawas dapat memantau dan mengendalikan pengeluaran selama pembangunan berlangsung. Jika terdapat penyimpangan dari anggaran yang telah ditetapkan, pengontrolan ini memungkinkan tindakan korektif dapat segera diambil untuk menjaga agar proyek tetap sesuai dengan anggaran yang direncanakan.

Secara keseluruhan, pembuatan RAB memiliki peran penting dalam menjaga kelancaran, ketepatan, dan keberhasilan suatu proyek pembangunan. RAB bukan hanya sebagai alat perencanaan biaya, tetapi juga sebagai instrumen pengawasan yang memastikan bahwa proyek dilaksanakan dengan biaya yang terkontrol dan efisien.

## **1.2 UNSUR-UNSUR YANG TERLIBAT DALAM PROSES PELAKSANAAN PEMBANGUNAN**

### **Principal (Pemilik / Bouwheer)**

Principal adalah pihak yang memberikan tugas atau perintah dalam suatu proyek pembangunan dan nantinya akan menjadi pemilik atau pengguna bangunan yang dibangun. Pihak ini bisa berupa individu, lembaga, atau organisasi yang memenuhi beberapa syarat penting, yaitu:

- Memiliki tanah tempat pembangunan dilakukan.
- Memiliki dana atau modal untuk membiayai proyek tersebut.
- Memiliki surat keputusan yang sah sebagai otorisasi untuk bertindak sebagai principal dalam proyek.

Dengan kata lain, principal bertanggung jawab atas segala keputusan dan pengelolaan

pembangunan serta akan menjadi pemilik atau pengguna akhir dari bangunan tersebut.

**Kewajiban Principal:**

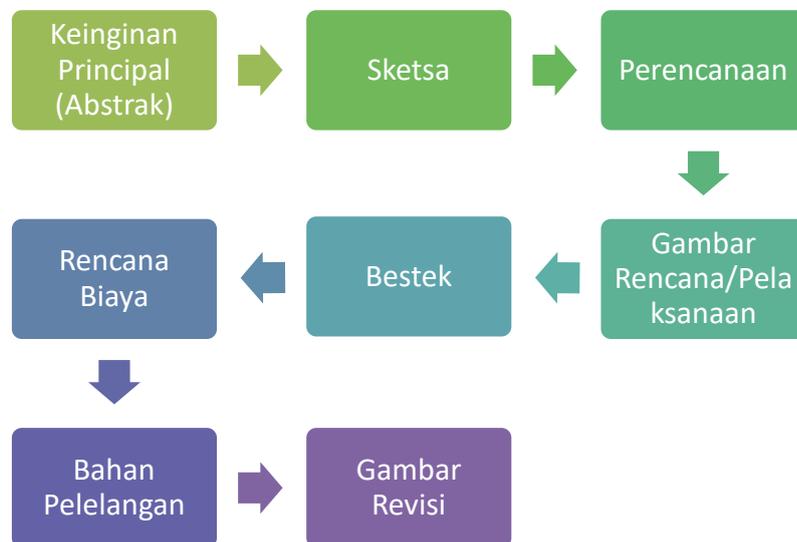
- Membayar biaya pembangunan.
- Membayar honorarium untuk perencana dan direksi.
- Menanggung biaya untuk pembangunan serta keuntungan bagi kontraktor.
- Membayar biaya pengurusan izin bangunan.
- Mengurus izin pembangunan.
- Menunjuk atau menentukan perencana, direksi, dan kontraktor.
- Menandatangani kontrak proyek.

**Hak Principal:**

- Mendapatkan izin bangunan.
- Menerima desain bangunan.
- Mendapatkan bangunan sesuai spesifikasi.
- Mendapatkan pengawasan atas pelaksanaan pembangunan.

**Perencana (Konsultan/Penasihat)**

Perencana adalah pihak yang menerima tugas perencanaan dari principal dan bertanggung jawab untuk merancang bangunan sesuai kebutuhan dan keinginan principal. Pihak ini harus memiliki keahlian dalam perencanaan bangunan dan biasanya dipimpin oleh seorang insinyur atau tenaga ahli lainnya. Perencana dapat berbentuk individu atau badan hukum yang memiliki keahlian dalam bidang pembangunan untuk mewujudkan tujuan principal.



**Gambar 1.1 Contoh Bagan Alur Perencanaan**

**Kewajiban Perencana:**

Perencana bertanggung jawab untuk mewujudkan ide dan keinginan principal dalam bentuk desain yang mencakup aspek konstruktif, arsitektural, ekonomis, dan fungsional. Mereka juga wajib mengumpulkan data dan informasi terkait dengan tugas tersebut serta mendampingi principal dalam proses seleksi kontraktor dan pengawas.

**Hak Perencana:**

Perencana berhak menerima honorarium sesuai dengan ketentuan atau perjanjian

yang telah disepakati.

### **Pengawas (Direksi)**

Pengawas adalah pihak yang bertanggung jawab untuk mengawasi pelaksanaan pembangunan yang dilakukan oleh kontraktor. Pengawas dapat berasal dari staf internal principal atau dari luar institusi dengan syarat:

- Berbentuk individu atau badan hukum.
- Memiliki keahlian di bidangnya.
- Diangkat dan dipercaya oleh principal untuk menjalankan tugas pengawasan.

### **Kewajiban Konsultan Pengawas:**

Konsultan pengawas memiliki tanggung jawab utama untuk memastikan bahwa setiap tahap pekerjaan yang dilakukan oleh kontraktor sesuai dengan standar yang ditentukan dalam dokumen kontrak, termasuk bestek dan gambar perencanaan. Pengawas harus memonitor secara cermat agar pekerjaan memenuhi kualitas, waktu, dan anggaran yang telah disepakati serta mengidentifikasi jika ada penyimpangan dari rencana yang sudah ditetapkan.

### **Hak Konsultan Pengawas:**

Sebagai imbalan atas tugas pengawasan yang dilakukan, konsultan pengawas berhak menerima honorarium yang besarnya sudah ditentukan dalam perjanjian awal antara pihak pengawas dan principal. Honorarium ini mencakup biaya untuk waktu, tenaga, serta tanggung jawab yang diberikan dalam proyek.

### **Kontraktor (Pemborong/Annemer)**

Kontraktor adalah pihak yang bertanggung jawab penuh atas pelaksanaan fisik pembangunan yang telah direncanakan oleh principal dan perencana. Mereka bertugas untuk mewujudkan desain menjadi bangunan nyata di lapangan. Untuk menjalankan tugas ini, kontraktor sering kali melibatkan subkontraktor, yang dikerahkan untuk menangani bagian-bagian spesifik dari pekerjaan, tergantung pada keahlian masing-masing. Pemilihan subkontraktor dilakukan berdasarkan kemampuan dan kualifikasi mereka dalam bidang tertentu, seperti struktur, instalasi listrik, atau finishing, guna memastikan proyek berjalan dengan efisien dan sesuai dengan standar kualitas yang ditetapkan.

### **Syarat Kontraktor:**

- Memiliki modal yang cukup untuk mendanai proyek.
- Memiliki tenaga ahli yang kompeten di bidangnya.
- Memiliki peralatan yang diperlukan untuk pelaksanaan pekerjaan.
- Dapat berbentuk perorangan atau badan hukum yang sah.

### **Kewajiban Kontraktor:**

- ✓ Mewujudkan bangunan fisik sesuai dengan bestek dan gambar rencana dalam waktu yang telah ditentukan.
- ✓ Mengikuti arahan direksi selama tidak bertentangan dengan bestek yang telah ditetapkan.
- ✓ Membuat laporan berkala mengenai perkembangan pekerjaan kepada direksi.
- ✓ Menjaga keselamatan dan kesehatan kerja di lokasi proyek.

### **Hak Kontraktor:**

Kontraktor berhak menerima pembayaran biaya pembangunan beserta keuntungan yang telah disepakati, sesuai dengan ketentuan dan waktu yang tercantum dalam perjanjian.

**Pelaksana (Subkontraktor/Uitvoerder):**

Pelaksana adalah pihak yang bekerja di bawah kontraktor atau pemborong untuk merealisasikan pembangunan fisik di lapangan. Pelaksana bisa berupa individu profesional atau organisasi yang memiliki keahlian khusus di bidang tertentu, dan bertanggung jawab atas bagian-bagian spesifik dari proyek, seperti struktur, listrik, atau finishing.

**Syarat Pelaksana:**

- Memiliki keahlian dan pengalaman dalam bidang spesialisasi yang dibutuhkan untuk proyek.
- Memiliki peralatan dan sumber daya yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas yang diberikan.
- Memiliki tenaga kerja yang terampil dan profesional untuk melaksanakan pekerjaan sesuai dengan standar yang ditetapkan.
- Dapat berbentuk individu atau organisasi yang terdaftar secara sah.

**Kewajiban Pelaksana:**

- Melaksanakan pekerjaan sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan oleh kontraktor utama dan perencanaan yang sudah disepakati.
- Menyelesaikan pekerjaan sesuai dengan jadwal yang ditetapkan dalam kontrak.
- Mematuhi peraturan keselamatan kerja dan menjaga kesehatan di lokasi proyek.
- Memberikan laporan mengenai perkembangan pekerjaan kepada kontraktor atau pihak yang berwenang.
- Menyelesaikan pekerjaan dengan kualitas yang sesuai dengan standar dan ketentuan yang telah ditentukan.

**Hak Pelaksana:**

- Berhak menerima pembayaran sesuai dengan kesepakatan yang tercantum dalam kontrak atau perjanjian kerja.
- Berhak mendapatkan perlindungan hukum selama melaksanakan tugas sesuai dengan peraturan yang berlaku.
- Berhak mendapatkan informasi yang jelas dan tepat terkait dengan tugas yang harus dilaksanakan serta perubahan yang terjadi dalam proyek.

**1.3 UNSUR-UNSUR RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB) DALAM PROYEK KONSTRUKSI**

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah dokumen yang menggambarkan rincian biaya yang dibutuhkan untuk menjalankan suatu proyek konstruksi. RAB meliputi berbagai komponen biaya yang harus dipertimbangkan untuk memastikan bahwa proyek dapat diselesaikan sesuai dengan anggaran yang telah ditetapkan. Berikut adalah beberapa komponen utama yang membentuk RAB dan bagaimana cara menghitungnya:

1. **Biaya Bahan/Material:** Biaya bahan atau material adalah pengeluaran yang digunakan untuk membeli bahan-bahan yang diperlukan dalam pembangunan proyek. Untuk menghitung biaya bahan, digunakan rumus berikut:

$$\text{Total Biaya Bahan} = \text{Jumlah Bahan} \times \text{Harga Satuan}$$

Dalam hal ini, jumlah bahan yang diperlukan harus dihitung secara akurat, sementara harga satuan dari setiap jenis bahan dapat diperoleh dari supplier atau harga pasar saat itu. Bahan-bahan yang umumnya digunakan dalam proyek konstruksi antara lain semen, pasir, batu bata, besi, kayu, dan cat. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam perhitungan biaya bahan termasuk mendapatkan harga terbaik dari supplier,

memperhitungkan kemungkinan sisa bahan yang dapat digunakan kembali, serta ketentuan pembayaran kepada penyedia bahan tersebut.

2. **Biaya Upah Tenaga Kerja:** Biaya tenaga kerja merujuk pada pengeluaran yang dikeluarkan untuk membayar pekerja yang terlibat dalam suatu proyek. Perhitungan biaya ini didasarkan pada jumlah jam kerja yang diperlukan dan total upah yang dibayarkan. Biasanya, perhitungan dilakukan dengan satuan waktu harian, di mana jumlah pekerjaan yang dapat diselesaikan dalam sehari dihitung. Namun, perhitungan juga bisa dilakukan berdasarkan satuan waktu per jam. Penting untuk diperhatikan bahwa kemampuan setiap tenaga kerja bervariasi, yang dipengaruhi oleh keterampilan dan pengalaman masing-masing, dan hal ini akan berpengaruh pada besar upah yang diterima. Penghitungan biaya ini dapat dilakukan dengan rumus:

$$\text{Total Biaya Upah} = \text{Jumlah Tenaga Kerja} \times \text{Lama Waktu Pengerjaan} \times \text{Upah per Jam}$$

Biaya ini bergantung pada beberapa faktor, seperti jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan, waktu pengerjaan (misalnya, durasi harian atau total jam kerja), serta upah yang dibayar per jam atau per hari. Selain itu, perlu diperhatikan jenis kontrak yang digunakan apakah kontrak harian, borongan, atau lainnya. Selain itu, peraturan perundang-undangan mengenai upah minimum dan jam kerja juga harus dipatuhi untuk memastikan kesesuaian biaya upah dengan standar hukum yang berlaku di wilayah proyek.

3. **Biaya Sewa Alat:** Banyak proyek konstruksi memerlukan penyewaan alat berat atau peralatan tertentu untuk mendukung kelancaran pekerjaan. Biaya sewa alat mencakup pengeluaran yang diperlukan untuk menyewa berbagai jenis alat, seperti excavator, crane, atau mesin pengaduk beton. Perhitungan biaya sewa alat dapat dilakukan dengan rumus:

$$\text{Total Biaya Sewa Alat} = \text{Lama Waktu Penyewaan} \times \text{Harga Sewa per Jam}$$

Perlu diperhatikan faktor-faktor seperti biaya pengiriman alat ke lokasi proyek, biaya operasional alat, dan biaya pemeliharaan alat selama masa penyewaan. Selain itu, biaya penyewaan juga dapat bervariasi tergantung pada durasi sewa dan jenis alat yang digunakan, yang dapat mempengaruhi total biaya sewa alat dalam RAB.

4. **Biaya Tak Terduga dan Overhead Biaya Tak Terduga:** adalah biaya yang dialokasikan untuk mengantisipasi perubahan atau ketidakpastian yang mungkin terjadi selama pelaksanaan proyek. Misalnya, perubahan harga bahan, atau perubahan cuaca yang mengganggu pelaksanaan. Biasanya, biaya tak terduga ini dialokasikan dalam kisaran 5-10% dari total estimasi biaya proyek. Biaya Overhead mencakup pengeluaran yang tidak langsung berhubungan dengan pekerjaan teknis proyek, tetapi sangat penting untuk kelancaran operasional proyek. Biaya ini termasuk pajak, asuransi, biaya administrasi, dan biaya manajerial. Biaya overhead juga mencakup biaya operasional yang digunakan untuk mendukung fungsi manajerial dan administrasi proyek, serta kebutuhan lain seperti pengelolaan dokumen dan komunikasi antar tim proyek.
5. **Rincian Total Biaya RAB:** Setelah menghitung biaya untuk bahan, tenaga kerja, alat, dan biaya lain seperti overhead dan tak terduga, total biaya RAB dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Total Biaya} = \text{Total Biaya Bahan} + \text{Total Biaya Upah} + \text{Total Biaya Sewa Alat} + \text{Total Biaya Lain – lain}$$

Dengan demikian, semua biaya yang terkait dengan pelaksanaan proyek, baik biaya langsung maupun tidak langsung, dihitung dan dijumlahkan untuk mendapatkan total biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek tersebut. Penyusunan RAB yang tepat sangat penting untuk merencanakan anggaran proyek dengan baik dan menghindari kemungkinan terjadinya pembengkakan biaya atau overspending selama proyek berlangsung.

#### 1.4 LANGKAH-LANGKAH MEMBUAT RAB

##### **Langkah Pertama dalam Membuat Rencana Anggaran Biaya (RAB):**

1. Menetapkan tujuan RAB yang jelas untuk institusi atau perusahaan.
2. Menggunakan anggaran biaya sebagai motivasi untuk diterapkan dalam inti operasional perusahaan.
3. Memastikan proses penyusunan dan pengendalian RAB berjalan dengan baik.
4. Mengevaluasi strategi dalam perencanaan anggaran biaya.
5. Mengumpulkan dan menilai data anggaran untuk mendukung usaha.
6. Menetapkan dan meningkatkan target efisiensi anggaran.
7. Mengembangkan RAB dan membandingkannya dengan hasil kinerja perusahaan.
8. Memeriksa keakuratan dan kelengkapan RAB secara menyeluruh.
9. Meninjau dan merevisi RAB untuk memastikan kombinasi strategi yang tepat.

##### **Peranan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dalam Institusi/Perusahaan**

Rencana Anggaran Biaya (RAB) memiliki beberapa peranan penting dalam suatu institusi atau perusahaan. RAB bukan hanya sekadar dokumen perencanaan, tetapi juga berfungsi sebagai panduan strategis yang mempengaruhi banyak aspek operasional dan pengelolaan keuangan perusahaan. Berikut adalah beberapa peranan utama RAB dalam perusahaan:

1. **Sebagai Pedoman Perencanaan:** RAB berfungsi sebagai dasar atau pedoman dalam merencanakan kegiatan operasional dan pembangunan. Dengan RAB, perusahaan dapat menentukan anggaran yang dibutuhkan untuk setiap bagian dari proyek atau kegiatan. Ini memberikan gambaran yang jelas tentang berapa biaya yang harus disediakan dan bagaimana sumber daya akan dialokasikan. Tanpa RAB, perencanaan anggaran menjadi tidak terstruktur dan sulit untuk dipantau.
2. **Sebagai Alat Koordinasi:** RAB membantu memastikan bahwa semua departemen atau bagian dalam perusahaan memiliki pemahaman yang sama mengenai alokasi dana dan pengelolaan anggaran. Dengan demikian, RAB berperan sebagai alat koordinasi yang menghubungkan berbagai elemen dalam perusahaan, baik itu tim manajemen, keuangan, maupun operasional. Hal ini sangat penting untuk menjaga agar semua bagian bekerja dalam satu visi dan tujuan, serta meminimalisir potensi kesalahan atau pemborosan.
3. **Sebagai Alat Pengendali:** RAB juga berfungsi sebagai alat pengendali untuk memastikan bahwa pengeluaran perusahaan tetap sesuai dengan rencana dan anggaran yang telah ditetapkan. Dengan memantau realisasi anggaran secara berkala, perusahaan dapat segera mengidentifikasi jika ada pemborosan atau ketidaksesuaian dengan perencanaan awal. Hal ini memungkinkan perusahaan untuk mengambil tindakan korektif sebelum masalah finansial menjadi lebih besar.

## Pengembangan Peranan RAB

RAB bukan hanya alat untuk mengatur anggaran, tetapi juga sebagai alat evaluasi dan perbaikan. Dalam jangka panjang, RAB yang efektif dapat menjadi indikator kesehatan finansial perusahaan. Dengan perencanaan yang matang, koordinasi yang baik, dan pengendalian yang ketat, perusahaan dapat memaksimalkan efisiensi operasional dan mengurangi risiko keuangan. Selain itu, perusahaan dapat menggunakan RAB untuk melakukan analisis kinerja, seperti membandingkan antara anggaran yang telah disetujui dengan pengeluaran aktual, sehingga bisa terus memperbaiki proses dan strategi anggaran di masa depan.

### 1.5 TUJUAN RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB) DALAM INSTITUSI/PERUSAHAAN

Rencana Anggaran Biaya (RAB) bukan hanya sebuah alat untuk mengatur pengeluaran dan pemasukan perusahaan, tetapi juga memiliki berbagai tujuan yang mendukung pertumbuhan dan keberhasilan jangka panjang perusahaan. Berikut adalah beberapa tujuan utama RAB dalam institusi atau perusahaan:

1. **Memberikan Imbalan Usaha:** RAB membantu perusahaan untuk menghitung dan merencanakan imbalan yang layak bagi berbagai pihak yang terlibat dalam usaha, baik itu karyawan, mitra bisnis, atau investor. Dengan perencanaan anggaran yang matang, perusahaan dapat memastikan bahwa semua pihak menerima imbalan sesuai dengan kontribusi dan peran mereka dalam bisnis.
2. **Meningkatkan Investasi Usaha:** Dengan menyusun RAB yang jelas dan transparan, perusahaan dapat menunjukkan potensi keuntungan dan pengembalian yang dapat dicapai. Hal ini akan menarik lebih banyak investasi, baik itu dari pihak eksternal maupun internal, karena investor akan merasa lebih percaya diri melihat perencanaan keuangan yang terstruktur dengan baik. RAB yang baik dapat meningkatkan kredibilitas perusahaan di mata investor.
3. **Meningkatkan Kemampuan Usaha:** RAB berfungsi sebagai alat yang memungkinkan perusahaan untuk mengidentifikasi sumber daya yang dibutuhkan dan memprioritaskan pengeluaran untuk bagian yang paling penting dalam usaha. Dengan anggaran yang terencana dengan baik, perusahaan dapat meningkatkan kapasitas operasional, memperkenalkan produk atau layanan baru, serta meningkatkan daya saing di pasar.
4. **Meningkatkan Efisiensi Usaha:** Salah satu tujuan utama dari RAB adalah untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya perusahaan, baik itu keuangan, tenaga kerja, maupun material. Dengan RAB, perusahaan dapat mengidentifikasi area-area yang membutuhkan perhatian lebih dalam hal pengelolaan biaya dan mengurangi pemborosan. Hal ini membantu meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi biaya yang tidak perlu.
5. **Memberikan Harapan Pertumbuhan Usaha:** RAB memberikan perusahaan gambaran jelas tentang potensi pertumbuhan yang dapat dicapai. Dengan perencanaan anggaran yang tepat, perusahaan dapat merencanakan ekspansi atau pengembangan usaha secara lebih terstruktur, baik itu dalam hal peningkatan kapasitas produksi, pengembangan pasar, atau inovasi produk. RAB menjadi alat untuk memastikan bahwa setiap langkah yang diambil perusahaan mendukung pencapaian pertumbuhan yang berkelanjutan.

Secara keseluruhan, tujuan RAB dalam sebuah institusi atau perusahaan lebih dari sekadar alat untuk mengelola keuangan. RAB adalah dasar dari strategi bisnis yang efektif yang dapat

meningkatkan efisiensi, kemampuan, dan daya saing perusahaan, sekaligus memastikan bahwa semua pihak yang terlibat dalam usaha mendapat imbalan yang sesuai dan mendukung pertumbuhan yang berkelanjutan.

### **Manfaat Rencana Anggaran Biaya (RAB) dalam Institusi/Perusahaan**

Rencana Anggaran Biaya (RAB) memberikan banyak manfaat yang penting bagi pengelolaan usaha atau proyek pembangunan. Berikut adalah beberapa manfaat utama RAB untuk perusahaan:

1. **Perbandingan Hasil Nyata dengan Target Secara Berkala:** RAB memungkinkan perusahaan untuk membandingkan hasil aktual dengan target anggaran yang telah ditetapkan. Dengan pemantauan berkala, perusahaan dapat mengidentifikasi apakah pengeluaran dan pendapatan sesuai dengan rencana dan melakukan penyesuaian yang diperlukan untuk mencapai tujuan.
2. **Menetapkan Tujuan Khusus Operasional Usaha/Pembangunan di Masa Depan:** RAB membantu perusahaan dalam merencanakan tujuan jangka pendek dan jangka panjang untuk operasional atau proyek pembangunan. Dengan mengetahui anggaran yang tersedia, perusahaan dapat menentukan langkah-langkah spesifik untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan.
3. **Menetapkan Gambaran Taksiran Biaya Usaha/Pembangunan:** RAB memberikan gambaran yang jelas tentang taksiran biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau proyek pembangunan. Hal ini memudahkan perusahaan dalam merencanakan sumber daya yang diperlukan, serta mengidentifikasi potensi pengeluaran yang mungkin terjadi.
4. **Menetapkan Pengawasan terhadap Semua Kegiatan Usaha/Pembangunan:** RAB berfungsi sebagai alat untuk memantau dan mengendalikan jalannya kegiatan usaha atau pembangunan. Pengawasan ini memastikan bahwa setiap pengeluaran dan kegiatan yang dilakukan sesuai dengan anggaran yang telah disetujui, menghindari pemborosan atau penyimpangan dari rencana.
5. **Menetapkan Rencana Biaya dalam Pengelolaan Usaha/Pembangunan:** RAB menjadi dasar dalam pengelolaan biaya, memastikan bahwa alokasi dana dilakukan secara efisien dan tepat. Dengan RAB, perusahaan dapat menetapkan anggaran untuk berbagai bagian operasional atau pembangunan dan memastikan penggunaan dana sesuai dengan prioritas yang ditetapkan.
6. **Mengadakan Koordinasi Semua Jenis Pekerjaan dalam Usaha atau Pembangunan:** RAB memfasilitasi koordinasi antara berbagai bagian atau departemen dalam perusahaan yang terlibat dalam suatu proyek atau usaha. Hal ini membantu agar semua pihak bekerja dalam arah yang sama, dengan pemahaman yang jelas mengenai anggaran dan sumber daya yang tersedia.
7. **Pemeriksaan Majunya atau Mundurnya Kegiatan Usaha/Pembangunan:** RAB memungkinkan perusahaan untuk memantau perkembangan kegiatan usaha atau proyek pembangunan. Dengan membandingkan anggaran yang telah ditetapkan dengan realisasi, perusahaan dapat mengetahui apakah kegiatan berjalan sesuai rencana atau mengalami kemunduran yang memerlukan perhatian lebih.
8. **Pemberian Tugas kepada Bagian Pelaksana dalam Usaha/Pembangunan:** RAB juga digunakan untuk memberikan tugas atau tanggung jawab kepada bagian pelaksana dalam perusahaan. Dengan anggaran yang jelas, bagian pelaksana dapat memahami ruang lingkup pekerjaan dan dana yang tersedia untuk menyelesaikan

tugas mereka dengan efisien.

Secara keseluruhan, RAB memiliki manfaat yang sangat besar dalam pengelolaan usaha atau proyek pembangunan. Selain membantu perusahaan dalam merencanakan dan mengelola biaya, RAB juga berfungsi sebagai alat untuk koordinasi, pengawasan, dan evaluasi terhadap jalannya kegiatan perusahaan. Dengan RAB yang efektif, perusahaan dapat mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan mencapai tujuan dengan lebih efisien.

### **Fungsi Rencana Anggaran Biaya (RAB) dalam Institusi/Perusahaan**

Rencana Anggaran Biaya (RAB) memiliki berbagai fungsi yang sangat penting untuk keberlanjutan dan kelancaran operasional perusahaan. Berikut adalah beberapa fungsi utama RAB dalam suatu perusahaan:

1. Untuk Membiayai Ongkos Pendiri Usaha/Pembangunan Negara: RAB berfungsi untuk merencanakan dan mengalokasikan dana yang diperlukan untuk memulai usaha atau proyek pembangunan. Ini termasuk biaya-biaya yang terkait dengan pendirian usaha, pembangunan infrastruktur, atau fasilitas yang diperlukan dalam suatu proyek. RAB membantu memastikan bahwa semua biaya yang diperlukan telah dipertimbangkan dengan matang.
2. Untuk Memberi Kredit Jangka Panjang: Dalam hal usaha atau proyek membutuhkan pembiayaan eksternal, RAB dapat digunakan untuk merencanakan pengajuan kredit jangka panjang. Dengan RAB yang jelas dan terperinci, perusahaan dapat menunjukkan kebutuhan dana yang spesifik kepada lembaga keuangan, yang memungkinkan mereka untuk mendapatkan pembiayaan dengan lebih mudah dan tepat.
3. Untuk Mempertahankan Likuiditas Usaha: RAB juga berfungsi untuk membantu perusahaan menjaga likuiditasnya, yaitu kemampuan untuk memenuhi kewajiban jangka pendek. Dengan merencanakan dan mengelola pengeluaran dengan baik, perusahaan dapat memastikan bahwa dana yang tersedia cukup untuk memenuhi kebutuhan operasional sehari-hari tanpa mengalami kesulitan keuangan.

Secara keseluruhan, RAB memiliki peran penting dalam pengelolaan keuangan perusahaan, baik dalam hal perencanaan biaya pendirian usaha, pengajuan kredit, maupun pengelolaan likuiditas. Fungsi-fungsi ini membantu perusahaan dalam menjaga kelancaran operasional dan mendukung pertumbuhan yang berkelanjutan.

### **1.6 HAL-HAL YANG PERLU DIPERHATIKAN DALAM PENYUSUNAN RAB PERUSAHAAN**

Penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan bagian penting dalam perencanaan keuangan suatu institusi atau perusahaan. Agar RAB dapat efektif dan berjalan sesuai rencana, beberapa aspek penting perlu diperhatikan. Berikut adalah hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penyusunan RAB:

1. Taksiran Aliran Kas yang Dihasilkan oleh Institusi/Perusahaan: Salah satu aspek utama yang perlu diperhatikan saat menyusun RAB adalah taksiran aliran kas, atau proyeksi arus kas yang dihasilkan oleh institusi atau perusahaan. Memahami aliran kas memungkinkan perusahaan untuk memastikan bahwa dana yang tersedia cukup untuk membiayai kegiatan operasional dan pembangunan. Selain itu, ini juga penting untuk mengetahui kapan perusahaan akan memiliki cukup dana untuk memenuhi kewajiban finansialnya, sehingga dapat menghindari masalah likuiditas.
2. Risiko dari Masing-Masing Anggaran: Setiap anggaran dalam RAB memiliki tingkat risiko yang berbeda, baik itu risiko finansial, operasional, atau eksternal. Oleh karena itu, penting untuk melakukan evaluasi terhadap risiko yang mungkin timbul dari setiap

komponen anggaran. Misalnya, dalam proyek pembangunan, terdapat risiko keterlambatan atau kenaikan biaya yang perlu diperhitungkan. Dengan menganalisis potensi risiko, perusahaan dapat lebih siap menghadapi ketidakpastian dan merencanakan langkah-langkah mitigasi yang tepat.

3. **Penetapan Besarnya Anggaran Biaya dalam Institusi/Perusahaan:** Menetapkan besarnya anggaran biaya merupakan bagian penting dalam penyusunan RAB. Hal ini mencakup perencanaan alokasi dana untuk berbagai departemen, proyek, atau kegiatan dalam perusahaan. Penetapan anggaran biaya harus didasarkan pada prioritas perusahaan, proyeksi pendapatan, dan tujuan jangka panjang. Anggaran yang tepat akan membantu perusahaan mengelola sumber daya dengan lebih efisien dan menghindari pemborosan.

Penyusunan RAB yang efektif membutuhkan perhatian yang teliti terhadap beberapa hal penting, seperti taksiran aliran kas, risiko yang terkait dengan anggaran, dan penetapan besarnya anggaran biaya. Dengan memperhatikan aspek-aspek ini, perusahaan dapat membuat perencanaan keuangan yang lebih matang dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya untuk mencapai tujuan yang diinginkan.

## Penggolongan Biaya

### Penggolongan Biaya dalam Penyusunan Anggaran

Untuk mempermudah penetapan anggaran, biaya-biaya dapat dikelompokkan berdasarkan beberapa kriteria berikut:

1. **Penggolongan Berdasarkan Objek Penggunaan:** Biaya ini dibedakan berdasarkan penggunaan atau kebutuhan spesifik dalam perusahaan.
2. **Biaya Bahan Baku:** Biaya yang terkait langsung dengan pembelian bahan baku yang digunakan dalam proses produksi.
3. **Biaya Iklan/Periklanan:** Biaya yang dikeluarkan untuk kegiatan pemasaran dan promosi produk atau jasa.
4. **Biaya Lembur:** Biaya tambahan yang dikeluarkan ketika karyawan bekerja melebihi jam kerja reguler.
5. **Biaya Tenaga Kerja:** Biaya yang terkait dengan upah atau gaji yang dibayarkan kepada karyawan.
6. **Penggolongan Berdasarkan Fungsi Pokok:** Biaya dibagi berdasarkan fungsinya dalam institusi atau perusahaan, misalnya biaya produksi atau biaya pemasaran.
7. **Biaya Produksi:** Biaya yang terkait langsung dengan proses produksi barang atau jasa.
8. **Biaya Pemasaran:** Biaya yang dikeluarkan untuk kegiatan pemasaran produk, termasuk iklan dan promosi.
9. **Biaya Administrasi dan Umum:** Biaya yang berkaitan dengan operasional administratif dan kebutuhan umum perusahaan.
10. **Penggolongan Berdasarkan Hubungannya dengan Kegiatan yang Dibiayai:**
  - **Biaya Langsung:** Biaya yang dikeluarkan secara langsung untuk suatu kegiatan atau proyek.
  - **Biaya Tidak Langsung (Overhead):** Biaya yang tidak langsung terkait dengan pembuatan produk, seperti biaya operasional pabrik yang tidak bisa dibebankan langsung ke produk tertentu.
11. **Penggolongan Berdasarkan Hubungannya dengan Volume Kegiatan:**
  - **Biaya Tetap:** Biaya yang tetap tidak terpengaruh oleh perubahan volume produksi atau kegiatan.
  - **Biaya Variabel:** Biaya yang jumlahnya berfluktuasi seiring dengan volume produksi

atau kegiatan, seperti biaya bahan baku dan tenaga kerja langsung.

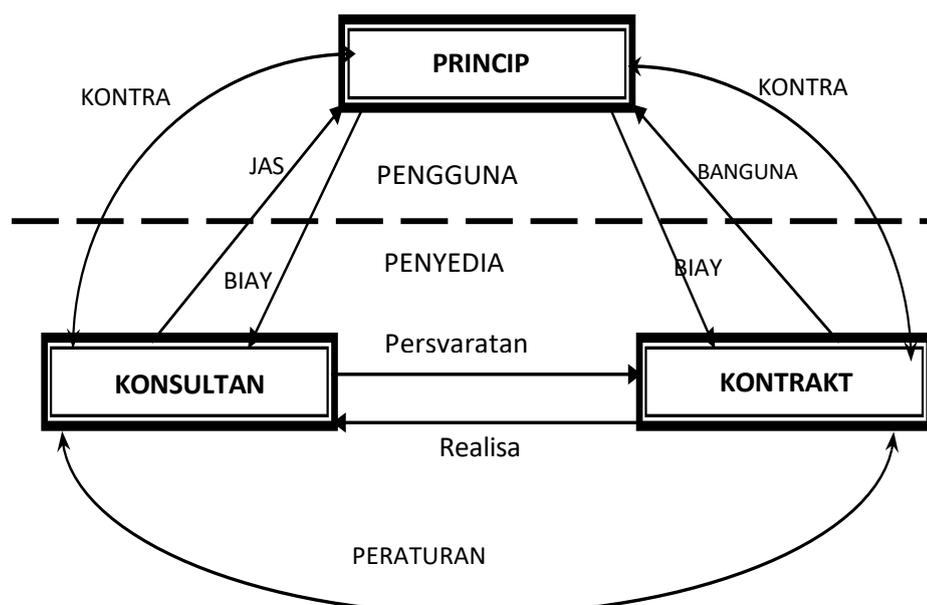
- **Biaya Semi-Variabel (Campuran):** Biaya yang memiliki elemen tetap dan variabel, misalnya biaya pengawasan yang tetap memiliki komponen biaya tetap dan biaya yang dapat berubah sesuai volume kegiatan.

### Hubungan Kerja Unsur-Unsur Dalam Pelaksanaan Pembangunan

Hubungan kerja semua pihak yang terkait dalam pelaksanaan pembangunan secara umum dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Konsultan dengan pemilik proyek
  - ✓ ikatan berdasarkan kontrak
  - ✓ Konsultan memberikan layanan konsultasi, dimana produk yang dihasilkan berupa gambar
  - ✓ rencana, peraturan, dan syarat-syarat.
  - ✓ Pemilik proyek memberikan biaya jasa atas konsultasi yang diberikan oleh konsultan.
2. Kontraktor dengan pemilik proyek
  - ✓ ikatan berdasarkan kontrak
  - ✓ Kontraktor memberikan layanan jasa profesional, dimana produk yang dihasilkan berupa bangunan sebagai realisasi dari keinginan pemilik proyek, sesuai dengan peraturan, dan syarat-syarat.
  - ✓ Pemilik proyek memberikan biaya jasa profesional kontraktor.
3. Konsultan dengan kontraktor
  - ✓ Ikatan berdasarkan peraturan pelaksanaan
  - ✓ Konsultan memberikan gambar rencana, peraturan dan syarat-syarat.
  - ✓ Kontraktor merealisasikan menjadi bangunan

Hubungan kerja tersebut untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada gambar dibawah dibawah ini:



Gambar 1.3 Contoh hubungan kerja pemilik dengan pihak pelaksana terkait

#### Keterangan :

- **Kontrak:** Sebuah perjanjian yang mengikat antara dua pihak atau lebih yang memiliki

- kompetensi dalam suatu bidang tertentu dan diatur oleh hukum yang berlaku.
- **Biaya (Honorarium):** Pembayaran dalam bentuk uang atau upah yang memiliki jumlah dan nilai tertentu, diberikan sebagai imbalan atas usaha atau kerja yang telah dilakukan. Besarnya honorarium ditentukan oleh IRTA/DATI/DTPI berdasarkan kesepakatan antara pihak yang berwenang dan tenaga ahli.

Kelas	Golongan I	Golongan II
	(untuk perluasan, perubahan, perbaikan bangunan gedung)	(untuk jalan, pengairan, perluasan, perbaikan bangunan khusus)
A	mudah, sederhana contoh : kios, bangsal, dll	Bangunan jalan, Air yang bersifat sederhana, parit, pengairan kecil, pekerjaan tanah
B	Sedikit sulit, contoh : rumah, kantor, sekolah, rumah sakit, bioskop, pabrik dll	Sedikit sulit, contoh: saluran beton bertulang jembatan 1-12 m, bangunan penahan air
C	Sulit, khusus, monumental contoh: masjid, gereja, bank, gedung kesenian dll	Bersifat khusus, contoh : jembatan besar bentang >12m; pekerjaan penting, water-leiding dari kota, kontruksi beton / baja yang bersifat khusus; pemboran
D	Sangat sulit, khusus, arsitektural contoh: monument, interior khusus, dll	-

**Tabel 1.1 Contoh honorarium tenaga ahli bangunan arsitektur**

BIAYA BANGUNAN	KELAS BANGUNAN			
	A (%)	B (%)	C (%)	D (%)
1 x 10 <sup>6</sup>	6	7,33	9,33	Kesepakatan <i>principal</i> dengan tenaga ahli
2 x 10 <sup>6</sup>	5,67	7	9	
5 x 10 <sup>6</sup>	5,33	6,67	8,67	
10 x 10 <sup>6</sup>	5	6,33	8	
20 x 10 <sup>6</sup>	4,33	6	7,33	
40 x 10 <sup>6</sup>	4	5,33	6,33	
60 x 10 <sup>6</sup>	3,67	4,67	5,67	
80 x 10 <sup>6</sup>	3,33	4,33	5	
100 x 10 <sup>6</sup>	3,17	4	4,67	
150 x 10 <sup>6</sup>	3	3,67	4,33	
200 x 10 <sup>6</sup>	2,83	3,5	4,17	
> 200 x 10 <sup>6</sup>	2.83	3,5b	4,17	

**Tabel 1.2 Contoh honorarium tenaga ahli bangunan sipil/ahli teknik lainnya**

BIAYA BANGUNAN	KELAS BANGUNAN			
	A (%)	B (%)	C (%)	D (%)

1	$\times 10^6$	4,7	6	7,3	Kesepakatan Principal dengan tenaga ahli
2	$\times 10^6$	4,4	5,7	7	
5	$\times 10^6$	4	5,25	6,7	
10	$\times 10^6$	3,7	5	6,3	
20	$\times 10^6$	3,4	4,7	6	
40	$\times 10^6$	3,2	4,3	5,3	
60	$\times 10^6$	3	4	4,7	
80	$\times 10^6$	2,8	3,7	4,3	
100	$\times 10^6$	2,7	3,3	4	
150	$\times 10^6$	2,6	3,2	3,75	
200	$\times 10^6$	2,5	3,1	3,5	
> 200	$\times 10^6$	2,5	3,1	3,5	

Tabel 1.3 Contoh honorarium tenaga ahli menurut jenis pekerjaan

JENIS PEKERJAAN	JENIS BANGUNAN				
	A (%)	B (%)	C (%)	D (%)	
1 $\times 10^6$	4,7	6	7,3		Kesepakatan principal dengan tenaga ahli
2 $\times 10^6$	4,4	5,7	7		
5 $\times 10^6$	4	5,25	6,7		
10 $\times 10^6$	3,7	5	6,3		
20 $\times 10^6$	3,4	4,7	6		
40 $\times 10^6$	3,2	4,3	5,3		
60 $\times 10^6$	3	4	4,7		
80 $\times 10^6$	2,8	3,7	4,3		
100 $\times 10^6$	2,7	3,3	4		
150 $\times 10^6$	2,6	3,2	3,75		
200 $\times 10^6$	2,5	3,1	3,5		
> 200 $\times 10^6$	2,5	3,1	3,5		

### Rangkuman

Secara umum pengertian RAB atau Rencana Anggaran Biaya adalah suatu acuan atau metode penyajian rencana biaya yang harus dikeluarkan dari awal pekerjaan dimulai hingga pekerjaan tersebut selesai dikerjakan. Rencana biaya harus mencakup dari keseluruhan kebutuhan pekerjaan tersebut, baik itu biaya material atau bahan yang diperlukan, biaya alat (sewa atau beli), upah pekerja, dan biaya lainnya yang diperlukan.

Secara garis besar RAB terdiri dari 2 Komponen utama yaitu, volume pekerjaan dan harga satuan pekerjaan. Volume pekerjaan dapat diperoleh dengan cara melakukan perhitungan dari gambar rencana yang tersedia atau berdasarkan kebutuhan real di lapangan. Sedangkan harga satuan didapat dari analisa harga satuan dengan mempertimbangkan banyak hal, diantaranya :

***Bahan atau material***

Dalam harga bahan harus sesuai dengan kondisi dilapangan dan harus turut memperhitungkan fluktuasi harga serta ketersediaan bahan atau material tersebut dipasaran. Selain itu, faktor susut atau faktor kehilangan material juga harus turut diperhitungkan mengingat hal tersebut akan berpengaruh cukup besar pada biaya.

***Upah tenaga kerja***

Penetapan biaya tenaga kerja dipengaruhi beberapa hal seperti, kondisi tempat kerja, lama waktu kerja, dan keterampilan tenaga kerja itu sendiri.

***Biaya peralatan***

Biaya Peralatan diperhitungkan tidak hanya mempertimbangkan biaya pembelian alat atau sewa, mobilisasi/demobilisasi, dan biaya pengoperasian selama pekerjaan berlangsung, tapi juga memperhitungkan kapasitas Produksi dari peralatan tersebut.

***Biaya lain-lain***

Biaya lain lain seperti biaya sewa kantor, biaya perjalanan, dokumentasi, pajak, asuransi, biaya pengujian atau pengetesan, dan biaya lain yang diperlukan selama pekerjaan berlangsung.

## BAB 2

### HARGA PRAKIRAAN SENDIRI

#### 2.1 PENGERTIAN UMUM HPS

HPS (Harga Perkiraan Sendiri) atau Owner Estimate (OE) adalah harga yang diperkirakan untuk barang atau jasa, yang dihitung berdasarkan keahlian dan data yang dapat dipertanggungjawabkan. Nilai HPS dihitung dengan menggunakan informasi dari riset pasar, yang dapat diperoleh melalui berbagai sumber seperti toko online atau harga dari pemasok. Nilai total HPS terbuka untuk umum dan tidak bersifat rahasia, tetapi rincian harga satuan dalam perhitungan HPS bersifat rahasia.

Total nilai HPS dihitung dengan cara mengalikan volume pekerjaan dengan harga satuan, ditambah dengan beban pajak seperti PPN dan biaya lainnya. Saat ini, penyusunan HPS untuk tiap item bisa dilakukan menggunakan sistem e-budgeting, yang merupakan aplikasi berbasis web untuk memfasilitasi penyusunan anggaran, khususnya dalam anggaran belanja daerah (APBD).

Pelaksanaan e-budgeting dalam APBD terjamin keamanannya karena sistem ini diawasi secara ketat oleh Gubernur, Wakil Gubernur, atau atasan yang diberikan mandat untuk mengawasi dan memastikan bahwa proses anggaran berjalan sesuai ketentuan tanpa adanya kebocoran anggaran.

#### Penyusunan HPS

Penyusunan HPS (Harga Perkiraan Sendiri) dilakukan dengan menghitung secara cermat menggunakan keahlian dan data yang dapat dipertanggungjawabkan, yang mencakup beberapa faktor berikut:

1. **Harga Pasar Setempat:** Harga barang atau jasa di lokasi tempat barang atau jasa diproduksi atau diserahkan, yang dihitung menjelang dimulainya proses pengadaan.
2. **Informasi Biaya Satuan dari BPS:** Biaya satuan yang diterbitkan secara resmi oleh Badan Pusat Statistik (BPS) yang bisa dijadikan acuan.
3. **Informasi Biaya dari Asosiasi Terkait:** Informasi biaya satuan yang dipublikasikan oleh asosiasi yang relevan dan sumber terpercaya lainnya.
4. **Daftar Biaya/Tarif dari Pabrikasi atau Distributor:** Biaya atau tarif barang/jasa yang dikeluarkan oleh pabrikasi atau distributor tunggal.
5. **Biaya Kontrak Sebelumnya atau yang Sedang Berjalan:** Biaya yang tercatat dalam kontrak sebelumnya atau yang sedang berjalan, dengan mempertimbangkan adanya perubahan biaya.
6. **Faktor Inflasi, Suku Bunga, dan Kurs Bank Indonesia:** Inflasi pada tahun sebelumnya, suku bunga yang berlaku, dan kurs tengah yang diterbitkan oleh Bank Indonesia.
7. **Perbandingan dengan Kontrak Sejenis:** Perbandingan biaya dengan kontrak yang serupa yang telah dilakukan oleh instansi atau pihak lain.
8. **Perkiraan Biaya oleh Konsultan Perencana:** Perkiraan biaya yang dihitung oleh konsultan perencana (engineer's estimate) berdasarkan pengalaman dan analisisnya.
9. **Norma Indeks:** Rentang nilai harga terendah dan tertinggi untuk barang atau jasa yang diterbitkan oleh instansi teknis terkait atau pemerintah daerah setempat.
10. **Sumber Data Lain yang Dapat Dipertanggungjawabkan:** Data atau informasi tambahan yang dapat dipertanggungjawabkan untuk menyusun HPS secara tepat.

Dengan mempertimbangkan berbagai sumber informasi yang valid dan dapat dipercaya,

penyusunan HPS bertujuan agar harga yang diperkirakan dapat mencerminkan kondisi yang realistis dan sesuai dengan pasar.

### **Manfaat Harga Perkiraan Sendiri (HPS)**

Harga Perkiraan Sendiri (HPS) memiliki beberapa fungsi penting dalam proses pengadaan barang/jasa, antara lain:

- Menilai Kewajaran Penawaran HPS digunakan untuk menilai apakah penawaran yang diajukan oleh penyedia barang/jasa wajar, termasuk rincian harga yang diberikan.
- Menentukan Batas Tertinggi Penawaran HPS menjadi dasar untuk menetapkan batas maksimum penawaran yang sah dari penyedia barang/jasa.
- Menetapkan Nilai Jaminan Pelaksanaan HPS digunakan untuk menentukan besaran jaminan pelaksanaan bagi penawaran yang nilainya lebih rendah dari 80% nilai total HPS.

## **2.2 LANGKAH PENYUSUNAN DAN FUNGSI HPS DALAM PENGADAAN BARANG/JASA**

Penyusunan HPS merupakan tahap krusial dalam pengadaan barang/jasa, terutama bagi Pejabat Pembuat Komitmen (PPK). Penetapan HPS yang tepat akan menentukan harga yang diajukan oleh penyedia barang/jasa. Jika HPS ditetapkan terlalu tinggi, akan berisiko menimbulkan kerugian negara akibat harga yang berlebihan atau adanya dugaan mark-up, yang dapat berujung pada persekongkolan. Sebaliknya, jika HPS terlalu rendah, tender berisiko gagal karena penyedia barang/jasa mungkin tidak tertarik untuk mengikuti lelang.

Secara konsep, HPS adalah suatu perkiraan harga yang disusun berdasarkan data barang/jasa yang dihitung dengan keahlian tertentu. Proses penyusunannya mencakup seni dalam memperkirakan harga pasar yang realistis, yang harus dapat dipertanggungjawabkan. HPS digunakan untuk memastikan bahwa harga penawaran yang diterima oleh Pokja ULP atau Pejabat Pengadaan wajar dan sesuai dengan standar pasar. Penyusunan HPS harus mengikuti peraturan yang berlaku dalam pengadaan barang/jasa pemerintah, memastikan bahwa proses pengadaan berjalan transparan dan adil tanpa adanya manipulasi harga.

### **Fungsi Penyusunan HPS dalam Pengadaan Barang/Jasa**

Penyusunan Harga Perkiraan Sendiri (HPS) memiliki beberapa fungsi penting dalam pengadaan barang/jasa, antara lain:

1. Menilai Kewajaran Penawaran HPS digunakan untuk mengevaluasi apakah penawaran yang diajukan oleh penyedia barang/jasa wajar dan sesuai dengan harga yang diharapkan.
2. Menetapkan Batas Tertinggi Penawaran HPS menjadi dasar dalam menentukan batas maksimal penawaran yang sah dalam proses pengadaan.
3. Dasar Negosiasi Harga HPS digunakan sebagai acuan dalam negosiasi harga, baik dalam pengadaan langsung maupun penunjukan langsung.
4. Menetapkan Nilai Jaminan Penawaran Berdasarkan HPS, nilai jaminan penawaran dapat dihitung, umumnya berkisar antara 1 hingga 3% dari nilai HPS.
5. Menetapkan Nilai Jaminan Pelaksanaan Jika penawaran memiliki nilai lebih rendah dari 80% HPS, HPS digunakan untuk menentukan besaran jaminan pelaksanaan yang harus diajukan penyedia barang/jasa.

Penyusunan HPS yang akurat dan tepat sangat penting untuk memastikan proses pengadaan berjalan sesuai dengan ketentuan yang berlaku, transparan, dan adil.

### Contoh Perhitungan Jaminan Penawaran dan Jaminan Pelaksanaan dalam Pengadaan Barang/Jasa

#### 1. Jaminan Penawaran:

Misalkan nilai Harga Perkiraan Sendiri (HPS) suatu pekerjaan adalah Rp. 1.000.000.000,-.

Panitia pengadaan memutuskan untuk menetapkan besaran jaminan penawaran sebesar 2% dari HPS/OE.

Maka, penyedia barang/jasa harus menyampaikan jaminan penawaran senilai:

$$2\% \times Rp. 1.000.000.000 = Rp. 20.000.000$$

Jadi, jaminan penawaran yang harus disampaikan adalah sebesar Rp. 20.000.000,-, terlepas dari harga penawaran yang diajukan oleh penyedia.

#### 2. Jaminan Pelaksanaan:

Misalkan nilai HPS suatu pekerjaan adalah Rp. 10.000.000.000,-.

Penyedia barang/jasa menyampaikan penawaran sebesar Rp. 7.000.000.000,-, atau 70% dari nilai HPS. Tanpa tambahan jaminan pelaksanaan, perhitungan jaminan pelaksanaan standar adalah 5% dari HPS:

$$5\% \times Rp. 10.000.000.000 = Rp. 500.000.000$$

Namun, karena penawaran yang diajukan lebih rendah dari 80% dari HPS (70% dari HPS), penyedia barang/jasa diwajibkan untuk menyampaikan jaminan pelaksanaan tambahan, yang dihitung berdasarkan peraturan pengadaan yang berlaku.

Dengan contoh-contoh ini, kita dapat melihat bagaimana jaminan penawaran dan jaminan pelaksanaan dihitung berdasarkan HPS dan harga yang diajukan penyedia barang/jasa.

### 2.3 Hal-Hal yang Perlu Diperhatikan Dalam Penyusunan HPS

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menyusun Harga Perkiraan Sendiri (HPS) adalah sebagai berikut:

1. **Perhitungan Pajak:** HPS harus sudah memperhitungkan Pajak Pertambahan Nilai (PPn) sebagai bagian dari harga total barang/jasa.
2. **Keuntungan dan Biaya Overhead:** HPS harus mencakup keuntungan yang wajar bagi penyedia serta biaya overhead yang dianggap sesuai.
3. **Pajak Penghasilan (PPh) Tidak Diperhitungkan:** HPS tidak memperhitungkan biaya-biaya tak terduga, biaya lain-lain, atau Pajak Penghasilan (PPh) yang dikenakan pada penyedia barang/jasa.
4. **Keterbukaan Nilai Total HPS:** Nilai total HPS bersifat terbuka dan dapat diakses oleh publik, yang mencakup seluruh perhitungan volume pekerjaan, harga satuan, beban pajak, dan keuntungan. Meskipun demikian, rincian harga satuan dalam perhitungan HPS tetap bersifat rahasia.
5. **Dokumentasi Riwayat HPS:** Riwayat atau catatan mengenai HPS harus didokumentasikan dengan baik untuk memastikan transparansi dan akuntabilitas.
6. **HPS Tidak Digunakan untuk Menilai Kerugian Negara:** HPS tidak boleh dijadikan dasar untuk menghitung atau mengklaim kerugian negara.
7. **Peran Tim Ahli:** Tim ahli atau konsultan dapat memberikan masukan dan

pertimbangan dalam proses penyusunan HPS untuk memastikan akurasi dan kewajaran harga.

Dengan memperhatikan hal-hal tersebut, penyusunan Harga Perkiraan Sendiri (HPS) dapat dilaksanakan secara transparan, akurat, dan sesuai dengan peraturan yang berlaku. Hal ini penting untuk memastikan bahwa proses pengadaan barang/jasa berjalan dengan efisien, tidak ada manipulasi harga, serta dapat dipertanggungjawabkan baik oleh penyedia barang/jasa maupun pihak pengadaan. Keberhasilan penyusunan HPS yang tepat juga berkontribusi pada terciptanya pengadaan yang adil dan efektif, serta mengurangi potensi penyalahgunaan anggaran.

Dalam penetapan Harga Perkiraan Sendiri (HPS), sangat penting untuk memperhatikan jangka waktu penggunaan HPS. Hal ini berkaitan dengan akurasi data barang, baik dari segi spesifikasi maupun harga, yang dapat berubah seiring waktu. Oleh karena itu, HPS harus ditetapkan dalam waktu tertentu, yaitu:

- Paling lambat 28 hari kerja sebelum batas akhir pemasukan penawaran untuk pemilihan dengan pascakualifikasi; atau
- Paling lambat 28 hari kerja sebelum batas akhir pemasukan penawaran, ditambah dengan waktu yang dibutuhkan untuk proses prakualifikasi, untuk pemilihan dengan prakualifikasi.

Penetapan HPS dalam jangka waktu yang tepat bertujuan untuk menjaga keakuratan data dan mencegah adanya perubahan harga yang tidak sesuai dengan kondisi pasar terkini.

Berdasarkan pasal 66 ayat 8 Perpres 54 tahun 2010 jo Perpres 70 tahun 2012, HPS disusun dengan memperhitungkan keuntungan dan biaya overhead yang dianggap wajar. Kewajaran yang dimaksud ini tanpa dibatasi nilai tertentu sehingga bagi PPK tentu secara aturan tidak salah jika menambah nilai keuntungan dengan prosentase atau nominal tertentu.

Penambahan nilai keuntungan dalam penyusunan HPS (Harga Perkiraan Sendiri) harus dilakukan dengan tujuan untuk menarik minat penyedia barang dan jasa agar bersedia berkompetisi dalam proses pengadaan. Penambahan keuntungan yang berlebihan hanya untuk menambah nilai keuntungan penyedia tentu saja tidak tepat, karena hal tersebut dapat menciptakan potensi markup yang merugikan, baik bagi penyedia maupun pihak pengadaan. Rumus sederhana untuk menghitung HPS adalah;

$$\begin{aligned} \text{Harga satuan} &= \text{analisa harga} + \text{keuntungan wajar HPS sebelum PPN} \\ &= \text{Harga satuan} \times \text{volume} \end{aligned}$$

$$\text{HPS} = \text{HPS sblm PPN} + (\text{HPS sblm PPN} \times 10\%)$$

Dalam penyusunan HPS (Harga Perkiraan Sendiri), komponen keuntungan wajar perlu diperhitungkan secara hati-hati. Batasan keuntungan yang wajar ini harus ditetapkan oleh Pejabat Pembuat Komitmen (PPK) dengan mempertimbangkan dua hal utama: pertama, untuk menghindari markup harga yang tidak wajar, dan kedua, agar tetap menarik bagi penyedia untuk berkompetisi dalam pengadaan.

Markup merujuk pada selisih antara biaya yang dikeluarkan untuk menyediakan produk atau jasa dengan harga jualnya. Ini adalah tambahan harga yang tidak semestinya, sehingga dapat meningkatkan harga jual barang atau jasa melebihi harga yang seharusnya. Perbedaan penting yang perlu diperhatikan adalah markup tidak sama dengan margin laba, karena margin laba mencerminkan keuntungan yang wajar setelah mempertimbangkan biaya-biaya yang dibutuhkan untuk memproduksi atau menyediakan barang/jasa tersebut.

Sebagai contoh, jika suatu produk sudah memiliki harga yang mencakup keuntungan dari sumber informasi yang berasal dari toko, dan dalam penyusunan HPS masih ditambahkan keuntungan lebih lanjut, maka itu berpotensi menjadi markup. Hal ini akan menyebabkan harga yang ditawarkan menjadi tidak wajar atau terlalu tinggi, yang tentunya merugikan pihak yang melakukan pengadaan (seperti negara atau instansi) dan menurunkan daya saing dalam pengadaan tersebut.

Oleh karena itu, untuk memastikan keadilan dan efisiensi dalam penyusunan HPS, keuntungan wajar harus dihitung dengan cermat dan disesuaikan dengan harga pasar yang sudah ada. Batasan keuntungan wajar ini penting agar pengadaan barang/jasa tetap transparan, tidak ada markup yang merugikan, dan penyedia barang/jasa tetap memiliki insentif untuk berkompetisi secara sehat.

Jika PPK menetapkan nilai keuntungan yang wajar adalah 5% dari harga yang dipublikasikan, berdasarkan contoh kasus diatas maka total HPS adalah;

$$\begin{aligned} \text{Harga satuan} &= 12.000.000 + (5\% \times 12.000.000) \\ \text{Harga satuan} &= 12.000.000 + 600.000 \\ \text{HPS sebelum PPN} &= 12.600.000 \times 200 \text{ unit HPS} = 2.520.000.000 \end{aligned}$$

Dalam komponen HPS terdapat nilai uang sebesar Rp.600.000,- x 200 = 120.000.000,- sebagai nilai keuntungan yang disediakan untuk calon penyedia barang. Darimana cara kita memandang nilai kewajaran, margin 5% atau total nilai tambahan keuntungan Rp.120.000.000,-.

Dalam menyusun harga perkiraan sendiri sudah termasuk Pajak Pertambahan Nilai (PPN) dan keuntungan serta biaya *overhead* yang dianggap wajar oleh penyedia maksimal 15% (lima belas perseratus) dari total biaya tidak termasuk PPN, dalam penyusunan tersebut dilarang memperhitungkan biaya tak terduga, biaya lain-lain dan Pajak Penghasilan (PPh) penyedia. Untuk pemilihan penyedia secara internasional, penyusunan HPS menggunakan informasi harga barang/jasa yang berlaku di luar negeri.

Harga Perkiraan Sendiri (HPS) atau *Owner Estimate* (OE) adalah estimasi harga yang disusun secara profesional untuk pengadaan barang/jasa, yang disahkan oleh pihak yang berwenang. Fungsi utama HPS adalah sebagai acuan dalam mengevaluasi harga penawaran agar mendapatkan harga yang wajar, dapat dipertanggungjawabkan, dan sesuai dengan kontrak yang telah disepakati. Penyusunan HPS yang tepat menjadi kunci keberhasilan dalam manajemen pengadaan dan pelaksanaan proyek suatu institusi.

Harga Satuan Pekerjaan (HSP) terdiri dari dua kategori biaya:

1. Biaya langsung, yang mencakup upah, alat, dan bahan.
2. Biaya tidak langsung, yang meliputi biaya umum dan keuntungan.

Harga Satuan Dasar (HSD) untuk setiap satuan pekerjaan ditentukan berdasarkan biaya langsung dan harus mencerminkan harga aktual di lapangan, dengan mempertimbangkan kondisi setempat. Biaya tidak langsung dapat ditetapkan sesuai peraturan yang berlaku.

Dalam proses analisis harga satuan, data dan asumsi yang digunakan harus didasarkan pada survei, pengalaman, dan bahan yang tersedia. Jika ada sanggahan terhadap harga satuan yang dihitung, tanggung jawab penuh akan berada pada perencana, karena perhitungan ini dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai faktor yang ada.

## 2.4 ESTIMASI BIAYA KASAR

Estimasi biaya dalam proyek konstruksi sangat penting untuk perencanaan dan pengendalian anggaran. Dua jenis estimasi yang umum digunakan adalah estimasi kasar (*preliminary estimate*) dan estimasi detail (*detailed estimate*). Berikut adalah penjelasan mengenai perbedaan keduanya serta kapan masing-masing digunakan.

**Estimasi Kasar (*Preliminary Estimate*)** Estimasi kasar adalah estimasi biaya awal yang disusun pada tahap konseptual proyek. Biasanya, estimasi ini dibuat dengan informasi yang masih terbatas dan menggunakan metode perkiraan sederhana, seperti perbandingan dengan proyek serupa atau perhitungan berdasarkan luas area (misalnya, biaya per meter persegi).  
Kapan Digunakan:

- Pengambilan Keputusan Awal: Digunakan oleh pemilik proyek untuk menentukan apakah proyek akan dilanjutkan atau tidak.
- Studi Kelayakan: Berguna dalam tahap studi kelayakan untuk memberikan gambaran umum tentang besaran biaya proyek.

**Estimasi Detail (*Detailed Estimate*)** adalah estimasi yang lebih akurat dan terperinci, disusun berdasarkan gambar teknis, spesifikasi, dan metode pelaksanaan yang jelas. Estimasi ini mencakup perhitungan volume pekerjaan yang detail dan analisis harga satuan untuk setiap item pekerjaan.

Kapan Digunakan:

- Tender dan Pelaksanaan Proyek: Digunakan sebagai dasar untuk penawaran dalam proses tender dan sebagai pedoman dalam pelaksanaan proyek.
- Pengendalian Biaya: Memberikan informasi yang akurat untuk pengendalian biaya selama pelaksanaan proyek.

**Tabel 2.1 Perbandingan Estimasi Kasar dan Estimasi Detail**

Aspek	Estimasi Kasar	Estimasi Detail
Akurasi	Rendah, bersifat global	Tinggi, rinci dan terperinci
Informasi yang Digunakan	Informasi terbatas, perkiraan sederhana	Gambar teknis dan spesifikasi lengkap
Tujuan Penggunaan	Pengambilan keputusan awal	Tender dan pengendalian biaya
Contoh Penggunaan	Studi kelayakan	Penawaran kontrak

Dengan memahami perbedaan antara estimasi kasar dan estimasi detail, para pemangku kepentingan dapat memilih pendekatan yang tepat sesuai dengan tahap proyek dan kebutuhan informasi yang diperlukan.

### Langkah-langkah dalam membuat estimasi kasar

Untuk menghasilkan estimasi kasar yang akurat dalam sebuah proyek, terdapat beberapa langkah yang perlu diikuti. Setiap langkah ini penting untuk memberikan gambaran awal tentang biaya yang diperlukan, serta memudahkan perencanaan dan pengambilan keputusan awal.

#### 1. Mengumpulkan Informasi dan Data Proyek

Langkah pertama adalah mengumpulkan semua dokumen terkait proyek, termasuk deskripsi umum dan persyaratan teknis dari pihak-pihak terkait. Data ini menjadi landasan utama dalam melakukan analisis biaya dan memberikan pemahaman menyeluruh tentang kebutuhan serta batasan yang ada dalam proyek tersebut.

## 2. Mengidentifikasi dan Menentukan Aktivitas Proyek

Setelah informasi proyek terkumpul, selanjutnya adalah membuat daftar aktivitas atau tugas yang harus diselesaikan dalam proyek. Salah satu cara untuk memecah proyek menjadi bagian-bagian yang lebih terperinci adalah dengan menggunakan Work Breakdown Structure (WBS). Dengan WBS, proyek dapat dibagi menjadi elemen-elemen yang lebih kecil dan mudah diukur, sehingga estimasi biaya menjadi lebih tepat.

## 3. Memilih Metode Estimasi yang Tepat

Pilihlah metode estimasi yang sesuai dengan sifat dan kompleksitas proyek. Beberapa metode yang sering digunakan adalah estimasi berdasarkan perbandingan dengan proyek serupa (analog) atau menggunakan perhitungan parameter tertentu (parametrik). Pemilihan metode yang tepat akan mempengaruhi ketepatan hasil estimasi biaya.

## 4. Menghitung dan Menganalisis Hasil Estimasi

Setelah metode dan data terkumpul, langkah selanjutnya adalah menghitung total biaya proyek. Selama proses ini, pastikan bahwa semua elemen dan aktivitas proyek telah diperhitungkan dengan cermat. Selain itu, lakukan analisis terhadap hasil estimasi untuk memastikan tidak ada yang terlewat dan risiko yang mungkin terjadi sudah diperhitungkan dengan baik.

## 5. Menambahkan Kontinjensi untuk Risiko

Setiap proyek memiliki ketidakpastian dan risiko yang dapat memengaruhi biaya akhir. Oleh karena itu, penting untuk menambahkan dana kontinjensi ke dalam estimasi biaya. Besarnya dana kontinjensi biasanya dihitung berdasarkan tingkat kompleksitas proyek dan potensi risiko yang teridentifikasi.

## 6. Mendokumentasikan Asumsi yang Digunakan

Penting untuk mendokumentasikan semua asumsi yang digunakan selama proses estimasi. Asumsi ini mencakup dasar pemikiran yang digunakan untuk menentukan angka estimasi, serta sumber data dan metode yang digunakan. Dokumentasi ini penting untuk transparansi dan untuk memahami konteks dari setiap angka yang tercantum dalam estimasi.

Dengan mengikuti langkah-langkah di atas, Anda dapat menghasilkan estimasi kasar yang memberikan gambaran awal yang jelas mengenai biaya yang diperlukan untuk proyek. Estimasi ini sangat berguna sebagai dasar untuk pengambilan keputusan dan perencanaan lebih lanjut, serta membantu mengidentifikasi potensi risiko sejak awal proyek.

## 2.5 METODE ESTIMASI YANG EFEKTIF UNTUK PROYEK KONSTRUKSI

Dalam perencanaan proyek konstruksi, memilih metode estimasi yang tepat sangat penting untuk memperoleh perkiraan biaya yang akurat. Berikut adalah beberapa metode estimasi yang umum digunakan dalam proyek konstruksi, masing-masing dengan pendekatan dan tingkat akurasi yang berbeda:

1. **Estimasi Tiga Titik (Three-Point Estimating):** Metode ini mempertimbangkan tiga skenario berbeda dalam memperkirakan biaya proyek: kasus terbaik, kasus yang paling mungkin, dan kasus terburuk. Dengan menggabungkan ketiga skenario ini, estimasi yang dihasilkan memberikan gambaran yang lebih realistis dan membantu mengurangi risiko kesalahan dalam perkiraan biaya. Pendekatan ini sangat berguna untuk mengantisipasi ketidakpastian dalam proyek.
2. **Estimasi Parametrik (Parametric Estimating):** Metode parametrik menggunakan

hubungan statistik antara variabel proyek dan biaya. Misalnya, biaya per meter persegi dapat digunakan untuk menghitung biaya total berdasarkan luas bangunan. Metode ini memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi, karena didasarkan pada data yang lebih spesifik dan terukur dari proyek-proyek sebelumnya.

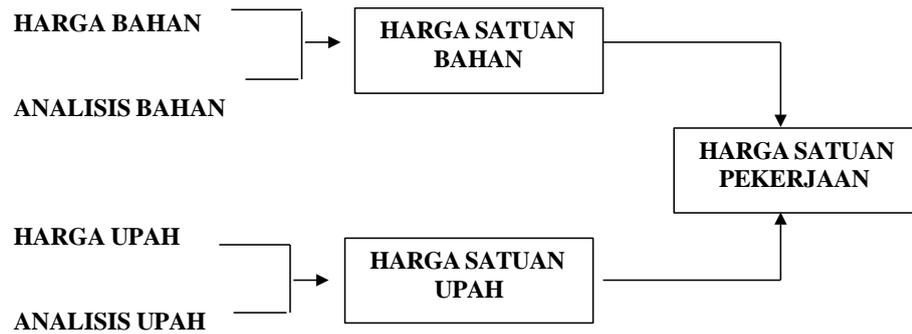
3. **Estimasi Bawah Atas (Bottom-Up Estimating):** Dalam metode ini, estimasi biaya dilakukan dengan menghitung biaya setiap komponen kecil proyek secara terpisah. Setelah itu, biaya dari seluruh komponen dijumlahkan untuk menghasilkan estimasi biaya total proyek. Meskipun metode ini memerlukan lebih banyak waktu dan tenaga, namun hasilnya sangat akurat karena mempertimbangkan setiap detail pekerjaan yang ada.
4. **Estimasi Analog (Analogous Estimating):** Estimasi analog mengandalkan data dari proyek serupa yang telah selesai untuk memperkirakan biaya proyek baru. Metode ini sangat berguna ketika informasi tentang proyek baru terbatas. Namun, akurasi estimasi tergantung pada seberapa mirip proyek yang sedang dikerjakan dengan proyek sebelumnya.
5. **Estimasi Berbasis Ukuran:** Metode ini menggunakan ukuran fisik atau poin fungsi proyek untuk menentukan estimasi biaya. Dengan mengacu pada data historis, estimasi biaya ditentukan berdasarkan ukuran proyek atau fitur spesifik lainnya. Pendekatan ini berguna dalam proyek yang memiliki ukuran atau karakteristik yang dapat diukur secara langsung.
6. **Estimasi Kuantitas Kasar (Approximate Quantity Method):** Metode ini mencakup estimasi kasar terhadap kuantitas material utama yang diperlukan, serta biaya tenaga kerja untuk proyek. Metode ini memberikan gambaran biaya yang lebih baik dibandingkan dengan hanya menggunakan metode berbasis area, karena lebih fokus pada elemen-elemen utama yang akan digunakan dalam proyek.

Setiap metode estimasi memiliki kelebihan dan kekurangan, dan pilihan metode yang tepat harus disesuaikan dengan jenis proyek, tingkat informasi yang tersedia, serta tujuan dari estimasi tersebut. Memahami karakteristik proyek dan metode yang akan digunakan sangat penting untuk menghasilkan estimasi yang akurat dan efektif.

## 2.6 PENGGUNAAN ANALISIS BOW

Perhitungan harga satuan pekerjaan adalah proses penting dalam menentukan biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi. Salah satu metode yang digunakan dalam perhitungan harga satuan pekerjaan adalah analisis BOW (Bill of Work). Metode ini menghitung harga satuan berdasarkan dua komponen utama, yaitu harga satuan bahan dan harga satuan upah. Sebagai contoh, untuk pekerjaan pemasangan batu kali dengan campuran 1 : 4 (1 PC : 4 Pasir), analisis BOW dapat digunakan untuk menghitung kebutuhan bahan dan tenaga kerja.

Untuk bahan, analisis G 32 h menunjukkan bahwa untuk memperoleh 1 m<sup>3</sup> campuran pasangan batu kali dengan campuran tersebut, diperlukan 1,2 m<sup>3</sup> batu kali, 0,958 tong semen Portland (PC), yang setara dengan 4,0715 zak, serta 0,522 m<sup>3</sup> pasir. Di sisi lain, untuk menghitung upah, analisis G 31 a memberikan rincian bahwa untuk menyelesaikan 1 m<sup>3</sup> campuran, dibutuhkan tenaga kerja berupa 1,2 tukang batu, 0,12 kepala tukang, 3,6 pekerja, dan 0,18 mandor. Dengan menggabungkan perhitungan bahan dan upah ini, dapat diperoleh harga satuan pekerjaan yang lebih akurat dan membantu dalam penyusunan anggaran biaya yang lebih tepat.



**Gambar 2.1 Harga Satuan Pekerja**

**Contoh 1 :**

Hitunglah harga satuan pekerjaan pemasangan batu kali dengan campuran 1 PC dan 5 pasir, jika diketahui:

Harga Material:

- Batu kali: Rp. 45.000,00/m<sup>3</sup>
- Pasir: Rp. 38.000,00/m<sup>3</sup>
- Semen PC: Rp. 28.000,00/zak

Harga Upah:

- Tukang Batu: Rp. 120.000,00/hari
- Kepala tukang: Rp. 175.000,00/hari
- Pekerja: Rp. 100.000,00/hari
- Mandor: Rp. 200.000,00/hari

Perhitungan:

Harga Satuan Bahan:

- $1,5 \text{ m}^3 \text{ batu kali} = 1,5 \times \text{Rp. } 45.000,00 = \text{Rp. } 67.500,00$
- $4,5 \text{ zak PC} = 4,5 \times \text{Rp. } 28.000,00 = \text{Rp. } 126.000,00$
- $0,6 \text{ m}^3 \text{ pasir} = 0,6 \times \text{Rp. } 38.000,00 = \text{Rp. } 22.800,00$

$$\text{Jumlah Harga Bahan} = \text{Rp. } 67.500,00 + \text{Rp. } 126.000,00 + \text{Rp. } 22.800,00 = \text{Rp. } 216.300,00$$

Harga Satuan Upah:

- $1,2 \text{ tukang batu} = 1,2 \times \text{Rp. } 120.000,00 = \text{Rp. } 114.000,00$
- $0,12 \text{ kepala tukang} = 0,12 \times \text{Rp. } 175.000,00 = \text{Rp. } 21.000,00$
- $3,6 \text{ pekerja} = 3,6 \times \text{Rp. } 100.000,00 = \text{Rp. } 360.000,00$
- $0,18 \text{ mandor} = 0,18 \times \text{Rp. } 200.000,00 = \text{Rp. } 36.000,00$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Harga Upah} &= \text{Rp. } 114.000,00 + \text{Rp. } 21.000,00 + \text{Rp. } 360.000,00 + \text{Rp. } 36.000,00 \\ &= \text{Rp. } 531.000,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga Satuan Pekerjaan Pemasangan Batu Kali} &= \text{Rp. } 216.300,00 + \text{Rp. } 531.000,00 \\ &= \text{Rp. } 747.300,00 \end{aligned}$$

Dengan demikian, harga satuan pekerjaan pemasangan batu kali dengan campuran 1 PC dan 5 pasir adalah Rp. 747.300,-

**Penjelasan tentang Analisis BOW**

Analisis BOW, yang berasal dari metode yang dikembangkan pada masa penjajahan

Belanda, merupakan pendekatan yang banyak digunakan dalam perhitungan harga satuan pekerjaan. Secara umum, metode ini bersifat konvensional, yang menekankan pada penggunaan tenaga manusia atau mengutamakan padat karya dalam pelaksanaannya. Pendekatan ini lebih banyak bergantung pada keterampilan dan jumlah tenaga kerja yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan.

Namun, seiring dengan perkembangan zaman dan kemajuan teknologi, metode analisis BOW perlu mengalami penyesuaian. Terutama dalam hal penggunaan material bangunan yang semakin beragam dan berkembang, serta inovasi dalam peralatan kerja yang kini semakin efisien. Dengan adanya perubahan tersebut, maka metode ini harus disesuaikan agar dapat memanfaatkan kemajuan teknologi, baik dalam hal bahan bangunan yang lebih modern maupun peralatan yang lebih canggih, guna meningkatkan efisiensi pekerjaan dan mengurangi ketergantungan pada tenaga manusia secara berlebihan.

Dengan demikian, meskipun analisis BOW masih digunakan hingga saat ini, implementasinya kini harus memperhatikan kebutuhan akan integrasi teknologi dan penyesuaian dengan kondisi di lapangan agar hasil perhitungan lebih akurat dan mencerminkan kondisi proyek konstruksi yang sesungguhnya.

### **Pekerjaan Tanah dalam Analisis BOW**

Pekerjaan tanah dalam analisis BOW dikelompokkan ke dalam kategori atau pasal A, yang mencakup berbagai jenis pekerjaan penggalian, pengangkutan, dan pemrosesan tanah. Berikut adalah penjelasan mengenai beberapa jenis pekerjaan tanah yang umum dilakukan:

#### **1. Menggali Tanah:**

- ✓ A.1: Menggali 1 m<sup>3</sup> tanah biasa hingga kedalaman maksimal 1 meter, dan tanah tersebut disebar di sekitar lokasi galian.
- ✓ A.2: Menggali tanah keras (dengan menggunakan alat seperti belincong).
- ✓ A.3: Menggali tanah yang banyak mengandung batu bundar.
- ✓ A.4: Menggali tanah jenis lumpur.
- ✓ A.5: Menggali tanah cadas (juga menggunakan belincong). Penggunaan kategori A.1 hingga A.5 disesuaikan dengan kondisi di lapangan dan dapat dikurangi hingga 60%, tergantung pada jenis tanah yang digali.

#### **2. Pengangkutan Tanah:**

- ✓ A.6: Mengangkut 1 m<sup>3</sup> tanah sejauh 30 meter untuk semua jenis tanah, kecuali lumpur.
- ✓ A.7: Mengangkut 1 m<sup>3</sup> tanah dengan jarak lebih dari 30 meter (menggunakan rumus tertentu).
- ✓ A.8: Mengangkut 1 m<sup>3</sup> tanah menggunakan lori yang dapat dipindahkan.
- ✓ A.9: Mengangkut tanah dari lubang galian yang lebih dalam dari 1 meter (dengan perhitungan berat titik).

#### **3. Pekerjaan Khusus Tanah:**

- ✓ A.10: Mengangkut tanah lumpur dari lubang galian yang dalam.
- ✓ A.11: Menghancurkan 1 m<sup>3</sup> gumpalan kapur atau karang.
- ✓ A.12: Mengangkat 1 m<sup>3</sup> batu atau karang lepas, termasuk yang berada di dalam sumur atau lubang (jika batu kecil, gunakan A.9 dan tambahkan hingga 255%).
- ✓ A.13: Mendatangkan tanah dengan cara membilas.
- ✓ A.14: Membuang tanah dengan cara membilas.

#### **4. Pekerjaan Pemadatan dan Penambahan Tanah:**

- ✓ A.15: Menambah 1 m<sup>3</sup> tanah untuk pekerjaan tanggul atau sejenisnya, yang

membutuhkan 1,3 m<sup>3</sup> tanah tambahan yang diratakan, ditimbris, atau dihaluskan.

- ✓ A.16: Menambah pelin-pelin atau tambahan dalam pekerjaan bendungan.
- ✓ A.17: Mengisi kembali bekas galian untuk alas atau fondasi.
- ✓ A.18: Melapis 1 m<sup>3</sup> pasir dalam bangunan rumah, termasuk siraman air untuk pemadatan.

5. **Pekerjaan Skala Besar:**

- ✓ A.19: Menggali tanah dalam jumlah besar, dengan perhitungan yang lebih spesifik (menggunakan 60% dari A.1 hingga A.7).
- ✓ A.20: Mengerjakan lapisan pudel (pemadatan tanah) per m<sup>3</sup>.

Setiap jenis pekerjaan tanah memiliki perhitungan yang berbeda-beda, tergantung pada jenis tanah dan cara pengerjaannya. Penggunaan pasal-pasal ini disesuaikan dengan kondisi setempat, yang akan menentukan metode dan alat yang digunakan dalam pekerjaan tersebut.

### **Pekerjaan Lempengan dan Pagar Hidup**

Dalam pekerjaan lempengan atau tanaman, beberapa jenis pekerjaan yang perlu dilakukan antara lain adalah pemasangan lempengan tempel, lempengan kotak, dan penanaman pagar hidup. Berikut penjelasan lebih lanjut mengenai pekerjaan-pekerjaan tersebut:

1. **Pekerjaan Lempengan Tempel atau Gebalan:**

- B.1: Untuk mengerjakan 1 m<sup>2</sup> lempengan tempel atau gebalan, pekerjaan ini dilakukan dengan mengambil dan memasang lempengan tanpa mengangkutnya. Jika luas bidang yang diambil hanya 2/3 dari ukuran aslinya, maka ini menjadi acuan dalam perhitungan.

2. **Mengangkut Lempengan Tempel:**

- B.2: Mengangkut lempengan tempel dihitung dalam satuan m<sup>2</sup> lempengan, yang diasumsikan setara dengan 1 m<sup>3</sup> tanah.

3. **Pekerjaan Lempengan Kotak:**

- B.3: Mengerjakan lempengan kotak per m<sup>2</sup> dilakukan dengan cara menghitung 10 m<sup>2</sup> lempengan, yang setara dengan 2 m<sup>3</sup> tanah untuk setiap 5 m<sup>2</sup> lempengan yang dipasang.

4. **Mengangkut Lempengan Kotak:**

- B.4: Mengangkut lempengan kotak dengan ketebalan 0,12 meter dihitung per 10 m<sup>2</sup> lempengan yang dipasang.

5. **Menanam Pagar Hidup:**

- B.5: Menanam pagar hidup dihitung dalam satuan m<sup>2</sup> yang memerlukan perencanaan dan persiapan tanah serta bibit tanaman.

### **Pekerjaan Jalan**

Pekerjaan jalan juga mencakup beberapa jenis kegiatan yang melibatkan pemrosesan batu, pengisian material, dan pengerasan jalan. Berikut adalah beberapa pekerjaan jalan yang umumnya dilakukan:

1. **Membelah Batu:**

- ❖ C.1: Membelah 1 m<sup>3</sup> batu gunung atau batu karang, yang akan menghasilkan 0,850 m<sup>3</sup> setelah dibelah. Pekerjaan ini memerlukan 3 hingga 5 pekerja dan 0,15 hingga 0,25 mandor.

2. **Mengisi Jalan:**

- ❖ C.2: Mengisi 1 m<sup>3</sup> jalan dengan material setebal 0,20 meter.

- ❖ C.3: Pekerjaan ini dapat melibatkan penimbunan atau pemadatan, tergantung pada jenis material yang digunakan.
- 3. **Membuat Pengerasan Jalan:**
  - ❖ C.4: Untuk membuat 1 meter pengerasan jalan selebar 4 meter dengan ketebalan 0,20 meter, menggunakan batu karang yang dialur dengan pasir. Terdapat 3 lapisan batu karang dengan ukuran batu yang berbeda, yaitu batu besar (0,4 hingga 0,5 meter) dan batu kecil (di bawah 0,025 meter) untuk pengisi.
- 4. **Membuat Jalan Kerikil:**
  - ❖ C.5: Membuat jalan kerikil yang terdiri dari dua lapisan kerikil dengan ketebalan 0,20 meter dan lebar 4 meter. Kerikil ini juga dialur dengan pasir.
  - ❖ C.6: Jalan kerikil lainnya, yang digiling dan digilas, setebal 0,15 meter dan lebar 4 meter, juga terdiri dari dua lapisan kerikil.
- 5. **Pemeliharaan Jalan:**
  - ❖ C.7: Pemeliharaan jalan dilakukan setiap tahun untuk jalan dengan pengerasan batu karang.
  - ❖ C.8 dan C.9: Pemeliharaan juga berlaku untuk jalan kerikil, baik yang dialur pasir maupun yang tidak.
- 6. **Penyebaran Krikil:**
  - ❖ C.10: Penyebaran krikil di halaman dihitung per m<sup>2</sup>, dan akan dihitung sebagai seperempat dari pekerjaan pemeliharaan jalan yang telah disebutkan.
- 7. **Jalan dengan Pengerasan Batu:**
  - ❖ C.11: Untuk jalan dengan pengerasan batu.
- 8. **Lapis Turap Aspal Beton:**
  - ❖ C.12: Untuk lapis turap yang menggunakan aspal beton.

Setiap jenis pekerjaan di jalan dan lempengan memiliki tahapan dan cara perhitungan yang berbeda-beda sesuai dengan material dan metode yang digunakan.

### **Pekerjaan Bambu dan Konstruksi dari Bahan Lokal**

Pada pekerjaan yang melibatkan bambu dan bahan lokal lainnya, terdapat berbagai jenis kegiatan konstruksi yang menggunakan bambu, seperti pembuatan atap, dinding, lantai, dan turap. Berikut adalah penjelasan mengenai pekerjaan tersebut:

1. **Membuat Rangka Atap dari Bambu:**
  - D.1: Pembuatan rangka atap bambu yang dibelah dual, dihitung per m<sup>2</sup> untuk pemasangannya. Untuk atap genteng, dapat dilihat pada perhitungan pada F.17.
2. **Pembuatan Atap/Penutup:**
  - D.2: Untuk atap dengan kemiringan maksimum 40 derajat, per m<sup>2</sup>, pekerjaan ini melibatkan pembuatan penutup atap dari welit dengan panjang 1,2 meter.
  - D.3: Jika atap yang digunakan terbuat dari ijuk, pekerjaan ini dihitung secara terpisah.
3. **Pembuatan Rangka Atap:**
  - D.4: Pembuatan rangka atap welit yang tidak terlalu kuat dan dipasang di atas rangka ringan.
  - D.5: Pembuatan rangka atap alang-alang di atas rangka ringan.
4. **Membuat Lubang Hawa:**
  - D.6: Pekerjaan ini melibatkan pembuatan 1 m<sup>2</sup> lubang hawa, yang digunakan untuk ventilasi dalam bangunan.

5. **Membuat Dinding Luar:**
  - D.7: Pembuatan dinding luar beserta pintu dan jendela dihitung per m<sup>2</sup>.
  - D.8: Pembuatan dinding luar tanpa pintu dan jendela, dihitung per m<sup>2</sup>.
6. **Pembuatan Lantai Sasak:**
  - D.9: Pembuatan lantai sasak dihitung per m<sup>2</sup>.
7. **Pembuatan Bangsal Kerja:**
  - D.10: Pembuatan bangsal kerja tertutup dihitung per m<sup>2</sup>.
  - D.11: Untuk bangsal kerja terbuka, dihitung separuh dari pekerjaan D.18.
8. **Pembuatan Langit-langit/Plafon:**
  - D.12: Pembuatan plafon dari bambu tanpa balok penggantung. Jika menggunakan balok penggantung, tambahkan 0,5 bambu.
  - D.13: Pembuatan plafon dari tikar, termasuk balok penggantung.
9. **Pembuatan Turap dengan Kajang:**
  - D.14: Pekerjaan ini mencakup pembuatan turap menggunakan kajang yang dihitung per m<sup>2</sup>.

### **Pekerjaan Pancang dan Tiang Bersekrup**

Pada pekerjaan yang melibatkan pancang dan tiang bersekrup, beberapa kegiatan meliputi pemasangan tiang pancang, pemasangan balok pemikul, serta pekerjaan terkait lainnya, yang diperhitungkan berdasarkan jenis tanah dan material yang digunakan:

1. **Membuat Tiang Pancang:**
  - E.1: Mengerjakan tiang pancang yang dicincin dan dilancipkan. Jika menggunakan kayu hutan atau batang kelapa, upah tukang dihitung 50% dari tarif normal.
  - E.2: Jika menggunakan sepatu dan cincin besi, pekerjaan ini diperhitungkan dengan metode tertentu.
2. **Pekerjaan Pada Tiang:**
  - E.3: Membuat bibir pada setiap tiang alas mantel.
  - E.4: Mengerjakan pen pada tiang dan lubang pada balok pemikul, untuk setiap lubang.
3. **Memasang Balok Pemikul pada Tiang:**
  - E.5: Memasang 1 m<sup>3</sup> balok pemikul pada tiang, dengan perhitungan yang disesuaikan berdasarkan jenis tanah dan berat tiang.
4. **Mengerjakan Alas Tiang:**
  - E.6: Mengerjakan alas tiang, menggunakan setengah dari tarif E.5.
5. **Pekerjaan Pada Papan Penahan:**
  - E.7: Mengerjakan 1 m papan penahan dengan lebar 0,25 meter, menggunakan sambungan lidah penyalur.
  - E.8: Menggunakan sambungan cembung-cembung pada papan penahan.
  - E.9: Tanpa sambungan lidah penyalur, dihitung 1/3 dari tarif E.7.
6. **Pemancangan Papan Penahan:**
  - E.10: Memancang 1 m papan penahan yang digergaji rata dan dipaku ke balok pelancar.
  - E.11: Pekerjaan ini melibatkan pemancangan papan penahan untuk berbagai jenis tanah.
7. **Memancang Tiang Kedalam Tanah:**
  - E.13: Memancang 1 m tiang kedalam tanah lunak, dengan penyesuaian tarif

untuk jenis tanah tertentu (tanah biasa, keras, atau pasir).

- *E.14*: Pekerjaan ini juga diperhitungkan jika menggunakan perancah di atas rakit.

#### 8. Pekerjaan Tiang Bersekrup:

- *E.19*: Memancang 1 m tiang bersekrup ke dalam tanah biasa dengan kedalaman tidak lebih dari 7 meter.
- *E.20*: Memancang tiang yang diputar miring, dihitung dua kali tarif *E.19*.
- *E.21*: Memancang tiang lebih dari 7 meter, dihitung per meter tambahan.
- *E.22*: Memancang tiang bersekrup ke dalam tanah keras, dihitung 1,5 kali tarif *E.19*.

#### 9. Memasang Aksesori Tiang:

- *E.23*: Memasang 100 kg topi-topi, tabung penyambung, batang penarik, dan stoambungan melintang pada tiang bersekrup. Perhitungan ini juga digunakan untuk pekerjaan pada jembatan balok.

#### 10. Mencabut Tiang Pancang:

- *E.24*: Mencabut 1 m tiang pancang yang diukur berdasarkan bagian yang masuk ke dalam tanah.

Pekerjaan ini dilakukan dengan memperhatikan berbagai faktor, termasuk jenis tanah, kedalaman tiang, dan material yang digunakan. Pemahaman yang mendalam tentang masing-masing kategori pekerjaan ini sangat penting untuk estimasi biaya dan perencanaan proyek.

### Pekerjaan Kayu

Pekerjaan kayu dalam konstruksi mencakup berbagai tahapan, mulai dari pembuatan struktur jembatan hingga elemen lainnya seperti atap, dinding, dan tangga. Berikut adalah uraian pekerjaan kayu yang dilakukan:

#### 1. Pekerjaan Alas Jembatan

- **F.1**: Pekerjaan untuk memotong dan mengolah 1 m<sup>3</sup> kayu kasar untuk rangka jembatan. Termasuk dalam pekerjaan ini adalah upah untuk menggergaji 14 m<sup>2</sup> kayu.
- **F.2**: Membuat balok pemikul jembatan di atas tiang bulat dengan penggergajian 14 m<sup>2</sup>.
- **F.3**: Pekerjaan pada kayu sandaran jembatan, balok pemikul, dan balok air di emperan, yang juga mencakup pembuatan sambungan serta penggergajian 14 m<sup>2</sup>.
- **F.4**: Memasang balok-balok di jembatan dengan bentang hingga 15 meter, termasuk biaya menggergaji 14 m<sup>2</sup> kayu.

#### 2. Pekerjaan Mengatap

- **F.15b**: Memasang 1 m<sup>3</sup> kasa dan reng dari kayu untuk atap.
- **F.16a dan F.16b**: Memasang genteng per m<sup>2</sup> atap.
- **F.20 dan F.21**: Pekerjaan membuat lisplang dari bambu atau papan kayu, dihitung per meter untuk bambu berukir dan per m<sup>2</sup> untuk papan kayu.

#### 3. Pekerjaan Kuda-kuda

- **F.22**: Pekerjaan mengerjakan 1 m<sup>3</sup> kayu untuk balok bin, balok loteng, dan kuda-kuda sederhana dengan bentang kurang dari 7 meter. Sudah termasuk penggergajian 14 m<sup>2</sup>.
- **F.23**: Memasang kembali kuda-kuda bongkaran.

- **F.24 dan F.25:** Pekerjaan untuk pembuatan kuda-kuda biasa dan konstruksi kuda-kuda yang lebih sulit.
- 4. Pekerjaan Kusen, Jendela, dan Pintu**
    - **F.26:** Pekerjaan membuat kusen untuk bangunan semi permanen.
    - **F.27:** Pekerjaan untuk kusen rumah permanen atau induk.
    - **F.28:** Pembuatan kusen dengan lubang cahaya/penerangan lengkung.
    - **F.29:** Pekerjaan untuk kusen halus dengan pinggiran.
    - **F.30:** Pekerjaan untuk pintu dan jendela kelam dengan bingkai per m<sup>2</sup>, atau tanpa bingkai (F.31).
    - **F.32 - F.36:** Pekerjaan untuk berbagai jenis pintu dan jendela, termasuk pintu dengan kelam rangkap dan kaca.
  - 5. Pekerjaan Loteng, Langit-langit, Lantai, dan Dinding**
    - **F.37 - F.39:** Mengerjakan kayu untuk langit-langit, dinding luar, dan lantai papan. F.37 untuk lantai biasa, F.38 untuk lantai yang diserut halus, dan F.39 untuk lantai dengan sambungan sponning.
  - 6. Pekerjaan Cetakan**
    - **F.40 - F.44:** Mengerjakan cetakan rongga biasa, termasuk pemasangan, dan rongga lengkung dengan bentang hingga 4 meter. Termasuk cetakan untuk rongga tembereng dan cetakan bersusun dengan bentang besar.
  - 7. Pekerjaan Tangga dan Berbagai Pekerjaan Kayu Lainnya**
    - **F.45:** Pekerjaan pembuatan tangga biasa dengan lebar 1 meter, tinggi anak tangga 0,15 meter, dan lebar anak tangga 0,30 meter.
    - **F.46:** Pekerjaan untuk tangga dengan lebar 2 meter.
    - **F.47:** Pekerjaan mengerjakan 1 m<sup>3</sup> kayu untuk tangga dengan lebar berbeda-beda.
    - **F.48 - F.51:** Pekerjaan untuk berbagai jenis tangga, termasuk tangga sederhana, tangga sumbu, tangga guling, dan tangga matarantai.
    - **F.52 - F.56:** Pekerjaan pemasangan atap sirap, baik untuk rumah bertingkat maupun tidak bertingkat, dihitung per m<sup>2</sup>.
    - **F.57 - F.59:** Pekerjaan pembuatan palung untuk kandang kuda dengan panjang 10 meter.
    - **F.60 - F.61:** Pekerjaan berocok (struktur penguatan tanah) setinggi 2,5 meter.
    - **F.62:** Pekerjaan pemasangan cincin sumur dengan diameter 1 meter untuk pagar, dihitung per m<sup>3</sup> batu.

Pekerjaan-pekerjaan ini mencakup berbagai aspek konstruksi yang melibatkan pengolahan kayu dan material lain untuk membangun elemen-elemen struktural yang kokoh dan fungsional dalam proyek konstruksi.

### **Pekerjaan Menembok dan Konstruksi Batu**

Bagian ini mencakup berbagai pekerjaan terkait penggunaan batu, pasangan batu kosong, serta campuran perekat untuk pasangan batu dalam konstruksi. Berikut adalah uraian pekerjaan terkait:

- 1. Timbrisan dan Pasangan Batu Kosong**
  - ❖ **G.1:** Pekerjaan untuk timbrisan dengan menggunakan batu karang atau batu belah, dihitung per m<sup>3</sup>.
  - ❖ **G.2:** Pasangan batu kosong antara tiang-tiang perku atau pasangan lainnya per m<sup>3</sup>.

- ❖ **G.3:** Memasang batu kosong setebal 0,25 m per m<sup>2</sup>.
- ❖ **G.4:** Memasang batu pada bendungan curahan, parit miring, dan lantai pintu air di atas selapis kerikil atau batu pecah per m<sup>2</sup>.
- ❖ **G.5a, G.5b, G.5c:** Pekerjaan membuat bronjong matras kawat yang digalvanis dan diisi dengan batu. Pekerjaan ini berbeda berdasarkan ukuran kawat yang digunakan (3 mm, 4 mm, dan 5 mm).

## 2. Campuran Perekat Pasangan

- ❖ **G.6:** Campuran perekat pasangan batu dengan komposisi 1 m<sup>3</sup> kapur (1 bagian kapur dan 2 bagian pasir).
- ❖ **G.7:** Campuran 1 m<sup>3</sup> tras-baster (3 bagian kapur-batu, 4 bagian pasir, dan 2 bagian semen merah).
- ❖ **G.8:** Campuran 1 m<sup>3</sup> dengan 1 bagian kapur-batu, 1 bagian pasir, dan 1 bagian semen merah.
- ❖ **G.9a, G.9b, G.9c:** Campuran perekat tras muria kapur-batu, dengan variasi komposisi (tras kapur-batu dengan pasir atau kapur-batu, pasir, dan tras).
- ❖ **G.10:** Campuran perekat tras-baster kuat (3 bagian kapur-batu, 4 bagian semen, 2 bagian pasir).
- ❖ **G.11:** Campuran perekat tras kuat (1 bagian kapur-batu dan 2 bagian semen).
- ❖ **G.12:** Campuran perekat PC (7,353 tong PC dan 76 m<sup>3</sup> pasir).
- ❖ **G.13 - G.19:** Berbagai campuran perekat menggunakan PC (Portland Cement) dan pasir dengan variasi komposisi.
- ❖ **G.20 - G.21:** Campuran perekat-plaster kuning dan abu-abu, masing-masing dihitung per m<sup>3</sup>.

## 3. Pasangan Batu

- ❖ **G.22:** Penjelasan mengenai berbagai pasangan tembok batu.
- ❖ **G.23:** Jumlah bata yang diperlukan untuk membuat 1 m<sup>3</sup> pasangan batu.
- ❖ **G.24:** Pasangan batu memerlukan 1,2 m<sup>3</sup> batu dan 1,2 m<sup>3</sup> perekat untuk setiap m<sup>3</sup> pasangan.
- ❖ **G.25:** Pasangan batu buatan memerlukan 0,35 m<sup>3</sup> perekat per m<sup>3</sup> pasangan.
- ❖ **G.26 - G.31:** Upah dan pekerjaan terkait pasangan batu dengan berbagai campuran perekat.
- ❖ **G.32:** Menghitung pekerjaan pasangan batu bata dengan berbagai campuran perekat.

## 4. Beton

- ❖ **G.33:** Pekerjaan membuat 1 m<sup>3</sup> beton dari brangkal bata dengan perekat tras-baster.
- ❖ **G.34:** Brangkal bata memerlukan 0,56 m<sup>3</sup> perekat untuk setiap m<sup>3</sup> beton.
- ❖ **G.35:** Membuat 1 m<sup>3</sup> beton brangkal.

Secara keseluruhan, pekerjaan ini melibatkan berbagai teknik dan bahan untuk konstruksi batu, mulai dari timbrisan batu, pasangan batu kosong, campuran perekat, hingga pembuatan beton. Buku analisis BOW dapat memberikan panduan lebih rinci untuk mempelajari dan memahami cara perhitungan serta pelaksanaan pekerjaan tersebut dalam proyek konstruksi.

## Uraian Jenis Pekerjaan

Di Indonesia, penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) belum memiliki standar resmi terkait uraian jenis pekerjaan. Namun, umumnya uraian tersebut mengacu pada Analisis

BOW dengan beberapa penyesuaian yang disesuaikan dengan kondisi lokal. Berbeda dengan Indonesia, negara-negara maju, seperti Amerika Serikat, telah memiliki standar yang jelas, yaitu Masterformat yang diterbitkan oleh The Construction Specifications Institute (CSI). Dalam Masterformat, setiap jenis pekerjaan sudah dijelaskan secara rinci beserta nomor kodenya, sehingga memudahkan dalam pengelolaan dan penyusunan dokumen konstruksi.

Secara umum, di Indonesia, uraian jenis pekerjaan yang digunakan sering kali mengacu pada sistem serupa, namun belum seformal dan seterperinci yang ada dalam standar Masterformat tersebut.

#### **Pekerjaan Pondasi dan Persiapan**

1. **Pembersihan Lapangan:** Membersihkan area yang akan digunakan untuk konstruksi agar siap untuk pekerjaan selanjutnya.
2. **Memasang Bouwplank:** Pemasangan papan pembatas untuk menandai area yang akan digali dan dipasang pondasi.
3. **Direksi Keet:** Menyiapkan tempat kerja untuk tim pengawas atau staf proyek.
4. **Los Kerja/Gudang:** Membangun atau menyiapkan gudang untuk menyimpan bahan material selama proyek.
5. **Penggalian:**
  - Galian tanah untuk pondasi dilakukan dengan menggali area yang telah ditentukan.
  - Urugan kembali (1/4 galian) adalah proses mengisi kembali sebagian dari galian dengan material tertentu.

#### **Pasangan Pondasi**

1. **Urugan Pasir Alas Pondasi:** Menyusun pasir sebagai dasar pondasi untuk memberikan kestabilan.
2. **Aanstamping Batu Kali:** Menyusun batu kali yang telah dipilih dengan hati-hati sebagai bagian dari pondasi.
3. **Pasangan Pondasi Batu Kali:** Pemasangan batu kali yang digunakan sebagai pondasi struktural bangunan.

#### **Pekerjaan Beton/Dinding Beton Bertulang**

1. **Beton Sloof:** Pekerjaan pembuatan sloof, yaitu balok beton bertulang yang berfungsi sebagai penghubung antara pondasi dan struktur bangunan lainnya.
2. **Tiang Praktis:** Pemasangan tiang beton bertulang dengan dimensi dan bentuk yang sudah ditentukan sebelumnya.
3. **Ring Balk:** Pemasangan balok beton bertulang yang berfungsi sebagai pengikat antar elemen struktur.
4. **Balok Konsul/Kolom:** Pemasangan balok atau kolom beton yang memiliki peran dalam mendistribusikan beban dari struktur atas ke pondasi.
5. **Kuda-kuda Beton:** Struktur beton bertulang yang berbentuk seperti rangka untuk menopang atap.
6. **Plat Beton:** Pekerjaan pembuatan pelat beton untuk lantai atau atap.
7. **Beton Tak Bertulang:** Pekerjaan beton yang tidak menggunakan tulangan besi di dalamnya.
8. **Beton Cor (1:2:3):** Pembuatan beton dengan campuran semen, pasir, dan kerikil dengan perbandingan 1:2:3.

#### **Dinding**

1. **Pasangan Tembok 1:4:** Pemasangan tembok dengan campuran semen dan pasir

- dengan perbandingan 1 bagian semen dan 4 bagian pasir.
2. **Pasangan Tembok 1:8:** Pemasangan tembok dengan campuran semen dan pasir dengan perbandingan 1 bagian semen dan 8 bagian pasir.
  3. **Kusen:** Pemasangan kusen pintu dan jendela untuk frame.
  4. **Kusen Pintu/Jendela:** Pemasangan kusen pada pintu atau jendela untuk menempatkan kaca atau pintu.
  5. **Cat Meni Kayu:** Pengecatan kayu untuk melindungi dan memperindah tampilan.
  6. **Bout/Angker:** Pemasangan baut atau ankernya untuk mengikat atau menyatukan elemen-elemen struktur.

#### Pekerjaan Kap dan Atap

1. **Kap dan Rangka Atap:** Pekerjaan membuat struktur atap yang terdiri dari rangka dan penutup atap.
2. **Pekerjaan Kuda-kuda:** Membangun rangka atap yang biasanya terbuat dari kayu atau baja.
3. **Pekerjaan Rangka Atap:** Menyusun rangka atap dari material yang dipilih, seperti kayu atau baja.
4. **Lisplank Papan:** Pemasangan papan lisplank untuk melengkapi atap dan memperindah tampilan.
5. **Papan Miter:** Pemasangan papan untuk sudut-sudut bangunan.
6. **Cat Meni Sambungan Kayu:** Pengecatan pada sambungan kayu agar lebih awet dan tahan terhadap cuaca.
7. **Mencat Residu Kuda-kuda:** Melakukan pengecatan pada kuda-kuda atau rangka atap yang sudah dipasang.
8. **Bout/Anker:** Pemasangan baut atau ankernya untuk mengikat struktur atap.

#### Atap

1. **Memasang Atap BJLS 20:** Pemasangan jenis atap dengan spesifikasi tertentu (BJLS 20).
2. **Memasang Perabung BJLS 30:** Pemasangan bagian atap yang disebut perabung dengan ukuran BJLS 30.

#### Pekerjaan Plafon

1. **Balok Plafon:** Pekerjaan pemasangan balok untuk plafon, yang menjadi penopang langit-langit.
2. **Rangka Plafon Dalam:** Pemasangan rangka plafon bagian dalam.
3. **Rangka Plafon Luar:** Pemasangan rangka plafon bagian luar.
4. **Cat Residu Rangka Plafon:** Pengecatan pada rangka plafon untuk perlindungan dan estetika.
5. **Memasang Plafon:** Pemasangan material plafon untuk langit-langit ruangan.
6. **Memasang Plafon Triplek Tebal 4 mm:** Pemasangan plafon dari triplek dengan ketebalan 4 mm.
7. **Memasang Plafon Luar Kisi-kisi 2 x 5 cm:** Pemasangan plafon dengan kisi-kisi berukuran 2 x 5 cm.
8. **Lis Pingir Plafon Dalam:** Pemasangan lis atau pinggiran pada plafon bagian dalam.

#### Pekerjaan Plesteran

1. **Plesteran:** Pekerjaan pelapisan permukaan dinding dengan campuran semen untuk memberikan lapisan halus.

2. **Plesteran Dinding 1:2:** Pekerjaan plesteran dinding dengan campuran semen dan pasir dengan perbandingan 1 bagian semen dan 2 bagian pasir.
  3. **Plesteran Dinding 1:4:** Pekerjaan plesteran dinding dengan campuran semen dan pasir dengan perbandingan 1 bagian semen dan 4 bagian pasir.
  4. **Turap Poselen:** Pekerjaan pemasangan turap dengan material poselen untuk dinding.
- Dengan uraian ini, pembaca dapat memahami jenis pekerjaan yang biasa dilakukan dalam sebuah proyek konstruksi, mulai dari persiapan pondasi hingga pekerjaan plafon dan plesteran.

### Pasangan Turap Porselen

Pekerjaan turap porselen merupakan bagian dari konstruksi yang melibatkan pemasangan dinding penahan atau pagar menggunakan bahan porselen yang kuat dan tahan lama.

### Pekerjaan Lantai

1. **Urugan di Bawah Lantai**
  - **Urugan Tanah:** Proses pengisian tanah di bawah lantai untuk menstabilkan struktur dan memberikan dasar yang kuat.
  - **Urugan Pasir:** Pekerjaan mengisi area bawah lantai dengan pasir untuk memberikan kestabilan dan permukaan yang rata.
2. **Pasangan Lantai**
  - **Pasangan Ubin PC Polos:** Pemasangan ubin beton precast polos sebagai penutup lantai yang kuat.
  - **Pasangan Ubin PC Petak/Alur:** Pemasangan ubin beton precast yang memiliki petak atau alur pada permukaannya.

### Pekerjaan Pintu dan Jendela

1. **Pintu/Jendela**
  - ✓ **Pintu Teakwood:** Pemasangan pintu yang terbuat dari kayu jati yang terkenal akan kekuatannya.
  - ✓ **Rangka Jendela Naco:** Pemasangan rangka jendela dari material naco (baja ringan atau besi yang dilapisi cat anti karat).
  - ✓ **Kaca Tetap/Jalusi:** Pemasangan kaca pada jendela yang dapat tetap atau dilengkapi dengan jalusi (penyekat atau tirai kayu).
  - ✓ **Pasang Kaca Tebal 5 mm:** Pemasangan kaca tebal 5 mm pada jendela atau pintu.
  - ✓ **Pasang Kaca Naco Tebal 5 mm:** Pemasangan kaca pada jendela atau pintu dengan ketebalan 5 mm dan rangka dari naco.
  - ✓ **Pasang Ventilasi Jalusi:** Pemasangan ventilasi berupa jalusi pada jendela atau dinding untuk memperlancar sirkulasi udara.
2. **Penggantung/Kunci**
  - **Peumelles Nilon:** Pemasangan penggantung pintu atau jendela dengan menggunakan bahan nilon untuk memberikan kekuatan dan kemudahan dalam operasional.
  - **Kunci Tanam Union:** Pemasangan kunci tanam pada pintu atau jendela menggunakan sistem union yang lebih aman dan terintegrasi dengan rangka.

### Pekerjaan Cat/Kapur

1. **Pengecatan**

- **Mencat Kayu yang Kelihatan:** Pekerjaan pengecatan pada kayu yang terlihat seperti pada pintu, jendela, atau elemen lainnya, untuk memberikan perlindungan dan estetika.
- **Mencat Loteng dengan Teak Oil:** Pengecatan atau perawatan permukaan loteng menggunakan teak oil untuk mempertahankan keindahan dan melindungi kayu.
- **Mencat Dinding dengan Shintex:** Pengecatan dinding menggunakan cat Shintex, yang dikenal dengan ketahanan dan kualitas finishingnya.
- **Mencat Kusen/Pintu dan Jalusi:** Pekerjaan pengecatan pada kusen pintu, jendela, dan jalusi untuk memberikan perlindungan dan tampilan yang lebih rapi.

## Listrik

### 1. Pekerjaan Perlengkapan Dalam

- **Pasang Instalasi Dalam:** Pemasangan sistem kelistrikan di dalam bangunan, termasuk kabel dan peralatan listrik lainnya.
- **Pasang Lampu Pijar:** Pemasangan lampu pijar sebagai sumber penerangan di dalam bangunan.
- **Lampu Neon TL 40 Watt:** Pemasangan lampu neon dengan daya 40 watt untuk penerangan.
- **Pasang Zekering Group:** Pemasangan zekering (pemutus arus) untuk melindungi instalasi listrik dari arus lebih.
- **Sakelar Seri:** Pemasangan sakelar yang dapat mengendalikan beberapa perangkat listrik sekaligus.
- **Sakelar Engkel:** Pemasangan sakelar tunggal untuk mengontrol satu perangkat listrik.

## Sanitasi dan Saluran Air

1. **Kloset Jongkok Porselen:** Pemasangan kloset jongkok berbahan porselen yang tahan lama.
2. **Pemasangan Instalasi Air Bersih/Leiding:** Pemasangan sistem instalasi air bersih yang mengalirkan air ke seluruh bangunan.
3. **Pemasangan Instalasi Air Kotor:** Pemasangan sistem instalasi untuk pembuangan air kotor dari bangunan ke saluran pembuangan.
4. **Keran:** Pemasangan keran air untuk pengaturan aliran air.
5. **Floor Drain:** Pemasangan saluran pembuangan air (floor drain) di lantai untuk mengalirkan air kotor atau sisa air dari ruangan.

## Pekerjaan Perlengkapan Luar Halaman

1. **Saluran Keliling Gedung:** Pekerjaan membuat saluran untuk air yang mengelilingi gedung guna mencegah genangan air dan merawat struktur.
2. **Rabat Beton 1:3:5:** Pekerjaan pembuatan rabat beton dengan campuran 1 bagian semen, 3 bagian pasir, dan 5 bagian kerikil untuk membuat lapisan kuat pada halaman.
3. **Rabat Kerikil:** Pekerjaan pembuatan rabat menggunakan kerikil sebagai bahan utama.
4. **Bak Kontrol:** Pemasangan bak kontrol sebagai saluran air atau sistem drainase di sekitar gedung.
5. **Septik Tank:** Pemasangan septik tank untuk pengolahan limbah domestik secara tepat guna menjaga kebersihan dan kesehatan lingkungan.

Dengan uraian di atas, pekerjaan konstruksi dapat dipahami secara jelas, mencakup berbagai

tahap dari pekerjaan lantai hingga instalasi sanitasi dan perlengkapan luar halaman.

## BAB 3

### DAFTAR KUANTITAS DAN HARGA

#### 3.1 PENGERTIAN UMUM

*Bill of Quantity* (BOQ) atau yang dikenal sebagai Daftar Kuantitas dan Harga merupakan sebuah dokumen yang secara rinci mengidentifikasi dan merinci kebutuhan bahan serta pekerjaan dalam sebuah proyek. BOQ disusun dengan sistematis dan mencakup beberapa informasi penting, seperti volume dan satuan dari setiap jenis pekerjaan yang terlibat dalam proyek, harga satuan, hasil perkalian antara volume dan harga satuan, serta jumlah total biaya untuk setiap pekerjaan yang terlibat. Penggunaan BOQ ini sangat penting dalam proses pengajuan penawaran harga kontrak, khususnya di industri konstruksi. Selain digunakan untuk mengajukan penawaran, BOQ juga berfungsi sebagai alat pengendalian yang efektif untuk memastikan bahwa pekerjaan yang diajukan oleh kontraktor sesuai dengan spesifikasi dan volume yang direncanakan. Dokumen ini juga memberikan dasar yang kuat untuk mengevaluasi kemajuan dan pencapaian pekerjaan yang telah dilakukan sepanjang proyek berlangsung.

Bagian-Bagian dalam BOQ:

1. *Preliminary Bill*: Bagian ini berisi daftar pekerjaan yang meskipun tidak dapat diukur dalam volume atau luasan secara langsung, tetap memiliki pengaruh signifikan terhadap total nilai konstruksi proyek. Pekerjaan yang tercantum dalam bagian ini biasanya melibatkan pekerjaan pendukung atau pekerjaan awal yang penting untuk kelancaran proyek, seperti penyediaan air kerja, instalasi penerangan, pemasangan sistem kelistrikan sementara, pembuatan jalan darurat untuk akses proyek, serta pemasangan papan nama proyek. Meskipun tidak dapat diukur dengan satuan fisik seperti volume atau luas, pekerjaan tersebut sangat berpengaruh pada jalannya konstruksi.
2. *Measured Bill*: Berbeda dengan Preliminary Bill, Measured Bill mencantumkan pekerjaan yang dapat diukur dengan jelas berdasarkan volume atau luasan. Pekerjaan yang termasuk dalam kategori ini adalah pekerjaan konstruksi yang terukur secara langsung, seperti pekerjaan beton, penggalian tanah, pemadatan, atau pekerjaan struktur lainnya. Semua pekerjaan ini memiliki ukuran fisik yang jelas dan dihitung berdasarkan satuan tertentu (misalnya meter kubik, meter persegi, atau satuan lainnya), sehingga dapat diukur dan dihitung dengan lebih tepat. Bagian ini sangat penting untuk pengendalian anggaran dan pemantauan progres pekerjaan secara lebih terperinci.

#### Pengembangan Penggunaan BOQ

Dalam pengelolaan proyek konstruksi, BOQ tidak hanya berfungsi sebagai alat penawaran harga dan pengendalian volume, tetapi juga sebagai sarana untuk mengidentifikasi potensi masalah dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek. BOQ yang disusun dengan cermat dan detail memungkinkan manajer proyek dan kontraktor untuk meminimalkan potensi kekeliruan atau kesalahan yang dapat terjadi selama pelaksanaan proyek. Lebih dari itu, BOQ juga memberikan dasar yang jelas bagi pihak yang terlibat dalam proyek untuk melakukan evaluasi dan audit proyek di berbagai tahapannya.

Penggunaan BOQ juga dapat membantu mengoptimalkan pengelolaan biaya, karena dengan rincian harga dan volume yang tepat, manajer proyek bisa melakukan perbandingan

harga antar penyedia barang dan jasa, serta menghindari adanya pembengkakan biaya yang tidak perlu. Selain itu, dengan pengelolaan BOQ yang transparan, berbagai pihak yang terlibat, seperti kontraktor, konsultan, dan pihak pengawas, dapat memantau pencapaian target proyek dan mengidentifikasi kemungkinan terjadinya keterlambatan atau kelebihan biaya lebih awal, yang memungkinkan untuk diambil langkah-langkah korektif.

### 3.2 SATUAN BOQ MENURUT CESMM

Dalam penyusunan *Bill of Quantity* (BOQ), satuan pengukuran yang digunakan harus sesuai dengan standar yang diterima secara internasional dan mengacu pada prinsip-prinsip yang telah ditetapkan dalam metode pengukuran di bidang teknik sipil. Salah satu pedoman yang digunakan adalah *Civil Engineering Standardization Method of Measurement* (CESMM). Metode ini menentukan satuan yang digunakan untuk mengukur berbagai jenis pekerjaan konstruksi berdasarkan jenis pekerjaan dan sifat dari volume atau hasil pengukuran yang diinginkan. Berikut adalah beberapa satuan yang umum digunakan dalam BOQ:

1. **Satuan Volume ( $m^3$ ):** Untuk pekerjaan yang diukur berdasarkan volume, satuan yang digunakan adalah meter kubik ( $m^3$ ). Penggunaan satuan ini umumnya digunakan untuk pekerjaan yang melibatkan pengukuran ruang tiga dimensi, seperti pekerjaan penggalian tanah, pengecoran beton, atau pembuatan struktur dengan volume tertentu.
2. **Satuan Luas ( $m^2$ ):** Pekerjaan yang mengukur luas area menggunakan satuan meter persegi ( $m^2$ ). Satuan ini digunakan untuk pekerjaan yang melibatkan bidang dua dimensi, seperti pengecatan dinding, pemasangan keramik, atau pekerjaan atap.
3. **Satuan Panjang (m):** Untuk pekerjaan yang mengukur panjang atau garis, satuan yang digunakan adalah meter lari (m). Satuan ini digunakan untuk pekerjaan seperti pemasangan pipa, kabel, atau pekerjaan lainnya yang diukur berdasarkan panjang material yang digunakan, seperti pagar atau saluran drainase.
4. **Satuan Jumlah (buah/bh):** Untuk pekerjaan yang mengukur jumlah item tertentu, satuan yang digunakan adalah buah (bh). Satuan ini digunakan untuk pekerjaan yang tidak dapat diukur berdasarkan volume, luas, atau panjang, seperti pengadaan peralatan, pemasangan pintu dan jendela, atau pekerjaan yang melibatkan unit tunggal lainnya.
5. **Satuan Berat (kg/ton):** Pekerjaan yang melibatkan pengukuran berdasarkan berat menggunakan satuan kilogram (kg) atau ton (t). Satuan ini digunakan untuk pekerjaan yang berkaitan dengan material berbasis berat, seperti pekerjaan pengangkutan bahan, pengecoran dengan material berbasis berat, atau pekerjaan yang melibatkan penggunaan baja, beton bertulang, dan bahan lainnya yang diukur berdasarkan berat.

Penting untuk mencatat bahwa pemilihan satuan yang tepat dalam BOQ sangat mempengaruhi keakuratan perhitungan dan efisiensi dalam pelaksanaan proyek. Oleh karena itu, setiap pekerjaan harus menggunakan satuan yang sesuai dengan karakteristik pekerjaan tersebut, agar dapat tercapai hasil yang transparan dan sesuai dengan anggaran yang telah ditetapkan.

Pengelompokan BOQ berdasarkan modifikasi CESMM yang disesuaikan dengan kondisi di Indonesia dapat dibagi menjadi beberapa kategori sebagai berikut:

- 1) Pekerjaan persiapan
- 2) Pekerjaan pembongkaran dan pemindahan material
- 3) Pekerjaan pondasi tiang
- 4) Pekerjaan pondasi

- 5) Pekerjaan tanah
- 6) Pekerjaan struktur beton
- 7) Pekerjaan struktur beton pracetak
- 8) Pekerjaan struktur baja
- 9) Pekerjaan struktur penutup atap
- 10) Pekerjaan pemasangan
- 11) Pekerjaan penyelesaian dinding dan lantai
- 12) Pekerjaan instalasi perpipaan
- 13) Pekerjaan lainnya.

### 3.3 RINCIAN BOQ UNTUK PEKERJAAN BIDANG AIR TANAH

Rincian dalam Bill of Quantity (BOQ) sangat dipengaruhi oleh spesifikasi teknis dan gambar kerja yang tertera dalam kontrak. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam dari para pengawas proyek terhadap BOQ ini sangat penting. Hal ini bertujuan agar pelaksanaan pekerjaan seperti pemboran sumur dalam, pembangunan jaringan irigasi air tanah, serta pengadaan dan pemasangan mesin pompa beserta penggerakannya dapat terlaksana dengan baik. Setiap tahapan pekerjaan tersebut harus dilaksanakan dengan tepat dan sesuai standar yang diharapkan, agar proyek dapat mencapai hasil yang optimal dan memenuhi persyaratan teknis yang telah ditetapkan.

Pentingnya pemahaman terhadap BOQ mencakup juga pengawasan yang detail terhadap setiap tahap pekerjaan. Mulai dari proses pemboran yang memerlukan ketelitian dalam menentukan kedalaman dan kualitas sumur, hingga pemasangan pompa yang harus dilakukan dengan standar kualitas tinggi agar dapat berfungsi maksimal. Begitu pula untuk sistem irigasi air tanah yang tidak hanya harus efektif, tetapi juga efisien dalam penggunaannya.

Dengan demikian, pengawasan yang ketat dan pemahaman yang menyeluruh terhadap dokumen kontrak, termasuk BOQ, akan sangat berpengaruh terhadap kesuksesan proyek dan kepatuhan terhadap ketentuan yang berlaku. Melalui langkah-langkah ini, diharapkan seluruh proses dapat berjalan lancar dan sesuai dengan harapan, menghasilkan hasil akhir yang optimal.

Contoh Daftar Kuantitas dan Harga (BOQ) untuk pekerjaan pemboran sumur dalam dan jaringan irigasi air tanah umumnya mencakup beberapa tahap pekerjaan yang terdiri dari berbagai item, antara lain sebagai berikut:

Untuk pekerjaan pemboran sumur dalam, beberapa item yang tercakup dalam BOQ adalah:

- Pekerjaan persiapan, termasuk penyiapan lahan
- Pekerjaan mobilisasi dan demobilisasi personil serta peralatan
- Pekerjaan pemboran lubang pilot hole
- Pekerjaan pemasangan pipa conductor
- Pekerjaan pemboran reaming
- Pekerjaan logging geofisika
- Pekerjaan analisis cutting pemboran
- Pekerjaan pemasangan struktur konstruksi perpipaan sumur, meliputi pipa jambang, pipa buta, dan pipa saringan
- Pekerjaan pemasangan gravel pack
- Pekerjaan uji verticality
- Pekerjaan pembersihan sumur
- Pekerjaan pengujian akuifer

- Pekerjaan penyelesaian sumur, termasuk pemasangan pipa inspeksi, mortar, dan pembersihan area proyek
- Pekerjaan pelaporan dan dokumentasi

Item-item dalam BOQ ini disusun secara sistematis untuk memastikan bahwa seluruh proses pemboran sumur dapat dilaksanakan dengan efisien dan sesuai dengan standar yang berlaku.

### **Rincian BOQ Pekerjaan Konstruksi Jaringan Irigasi Air Tanah dan Pengadaan Mesin Pompa**

Rincian Bill of Quantity (BOQ) untuk pekerjaan konstruksi jaringan irigasi air tanah, termasuk pengadaan dan pemasangan mesin pompa serta penggerakannya, mencakup beberapa tahapan penting, antara lain:

1. **Pekerjaan Persiapan:** Tahap awal ini mencakup segala hal yang diperlukan sebelum pekerjaan utama dimulai, seperti penentuan lokasi, pematangan desain, serta persiapan logistik dan material.
2. **Pekerjaan Galian Tanah dan Pengurugan Kembali:** Proses ini melibatkan penggalian tanah sesuai dengan kebutuhan proyek untuk membentuk saluran irigasi atau tempat lainnya. Setelah itu, tanah yang digali akan ditimbun kembali sesuai dengan ketentuan yang ada.
3. **Pekerjaan Pemasangan Beton:** Pekerjaan ini meliputi pembuatan struktur beton untuk berbagai keperluan, seperti pagar, dinding rumah pompa, landasan mesin, dan box bagi pada jaringan perpipaan. Semua elemen ini penting untuk mendukung kekuatan dan daya tahan sistem irigasi.
4. **Pekerjaan Pembesian:** Pada tahapan ini, dilakukan pembesian untuk memperkuat struktur beton, termasuk pagar dan plat penutup box bagi. Selain itu, pemasangan berbagai komponen seperti kran, alvava valve, dan riser pipe juga dilakukan pada tahap ini.
5. **Pekerjaan Pengujian Tekanan Pemompaan:** Pengujian tekanan dilakukan untuk memastikan bahwa sistem pemompaan berfungsi dengan baik dan mampu menangani tekanan sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Uji ini juga penting untuk mendeteksi potensi masalah pada sistem.
6. **Pekerjaan Pengadaan Mesin Pompa dan Penggerakannya:** Proses ini mencakup pembelian dan pengadaan mesin pompa beserta penggerakannya yang sesuai dengan kebutuhan teknis proyek. Mesin pompa yang tepat sangat berperan dalam keberhasilan sistem irigasi.
7. **Pekerjaan Pemasangan Mesin Pompa dan Penggerakannya serta Pengujiannya:** Setelah mesin pompa dan penggerakannya tersedia, tahap selanjutnya adalah pemasangannya pada lokasi yang telah disiapkan, dilanjutkan dengan pengujian untuk memastikan semuanya berjalan dengan baik dan sesuai dengan spesifikasi.
8. **Pekerjaan Pelaporan & Dokumentasi:** Setiap tahap pekerjaan yang telah selesai akan didokumentasikan secara rinci dalam laporan. Dokumentasi ini penting untuk mencatat setiap progres pekerjaan serta sebagai referensi untuk evaluasi di masa depan.

### **Karakteristik BOQ (Bill of Quantities)**

Bill of Quantities (BOQ) memiliki beberapa karakteristik yang membuatnya menjadi dokumen penting dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek. Berikut adalah beberapa karakteristik utama dari BOQ yang memudahkan penggunaannya dalam proyek konstruksi:

1. **Terperinci** BOQ sangat mendetail dalam menyusun daftar kebutuhan untuk suatu

proyek. Dokumen ini mencakup informasi lengkap mengenai tipe pekerjaan yang harus dilakukan, serta material yang digunakan. Setiap elemen pekerjaan dan bahan yang diperlukan dijelaskan dengan rinci, sehingga memberikan gambaran yang jelas tentang apa yang harus dipersiapkan. Dengan adanya rincian ini, proses perencanaan menjadi lebih terstruktur dan terhindar dari kesalahan yang bisa terjadi di kemudian hari.

2. **Transparansi** Salah satu keuntungan utama dari BOQ adalah transparansinya. Semua informasi yang tercantum dalam BOQ mudah dipahami oleh semua pihak yang terlibat, seperti pemilik proyek, kontraktor, dan pengawas. Penjelasan yang jelas dan terperinci memastikan bahwa tidak ada kebingungannya mengenai komponen atau item pekerjaan tertentu. Hal ini memungkinkan komunikasi yang lebih baik dan mengurangi potensi misinterpretasi atau kesalahan antara pihak-pihak yang terlibat dalam proyek.
3. **Terkuantifikasi** BOQ menyajikan informasi yang sudah dihitung secara kuantitatif. Mulai dari pengukuran desain hingga jenis material yang digunakan, semua telah dihitung secara rinci. Dengan adanya angka dan pengukuran yang pasti, BOQ membantu memastikan bahwa semua aspek proyek dapat diprediksi dengan lebih akurat. Proses ini sangat penting dalam merencanakan anggaran dan estimasi biaya proyek, karena memberikan dasar yang solid untuk perhitungan biaya yang lebih tepat dan konsisten.

Dengan karakteristik-karakteristik ini, BOQ menjadi alat yang sangat berguna dalam memastikan proyek dapat berjalan dengan efisien dan sesuai dengan perencanaan yang sudah dibuat.

### Komponen BOQ (Bill of Quantities)

#### 1. Judul Proyek

Judul proyek harus jelas dan mencantumkan informasi yang lengkap mengenai kegiatan yang akan dilakukan, lokasi proyek, dan tahun anggaran.

#### Contoh:

*Pembangunan Gedung Perkantoran X di Jakarta – Tahun Anggaran 2025*

#### 2. Rincian Pekerjaan

Rincian pekerjaan harus mencantumkan beberapa komponen yang diperlukan untuk pengelolaan dan pelaksanaan proyek. Hal ini akan dijabarkan dalam tabel yang memuat informasi berikut:

No	Deskripsi Pekerjaan	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Pekerjaan Pemasangan Pile	50 unit	2.000.000	100.000.000
2	Pekerjaan Penggalian Pondasi	150 m <sup>3</sup>	350.000	52.500.000
3	Pekerjaan Pemasangan Beton Bertulang	200 m <sup>3</sup>	700.000	140.000.000
4	Pekerjaan Pemasangan Keramik Lantai	100 m <sup>2</sup>	150.000	15.000.000
5	Pekerjaan Pemasangan Dinding Batu Bata	500 m <sup>2</sup>	180.000	90.000.000
6	Pekerjaan Finishing Pengecatan	800 m <sup>2</sup>	50.000	40.000.000

No	Deskripsi Pekerjaan	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
	Dinding			
<b>Total</b>				<b>437.500.000</b>

### 3. Deskripsi Pekerjaan

Kolom ini berisi nama produk atau unit pekerjaan yang akan dikerjakan. Deskripsi pekerjaan harus dijelaskan secara rinci untuk memudahkan pemahaman antara pihak pengelola proyek dan kontraktor atau pihak yang terlibat dalam tender.

*Contoh:*

- Pekerjaan Pemancangan Pile
- Pekerjaan Penggalian Pondasi
- Pekerjaan Pemasangan Beton Bertulang
- Pekerjaan Pemasangan Keramik Lantai
- Pekerjaan Pemasangan Dinding Batu Bata
- Pekerjaan Finishing Pengecatan Dinding

### 4. Kuantitas

Kolom ini menunjukkan jumlah unit atau volume pekerjaan yang diperlukan dalam proyek. Kuantitas ini dihitung berdasarkan kebutuhan di lapangan sesuai dengan spesifikasi dan gambar kerja yang ada.

### 5. Harga Satuan

Harga satuan menunjukkan harga per unit pekerjaan yang telah disepakati antara pemilik proyek dan kontraktor. Harga satuan ini biasanya disesuaikan dengan harga pasar atau berdasarkan perhitungan sebelumnya yang sudah diperiksa.

### 6. Jumlah

Kolom jumlah adalah hasil perhitungan antara kuantitas pekerjaan dengan harga satuan. Ini menggambarkan total biaya untuk setiap jenis pekerjaan yang tercantum.

*Contoh:*

- Jumlah = Kuantitas x Harga Satuan
- Pekerjaan Pemancangan Pile: 50 unit x Rp 2.000.000 = Rp 100.000.000

### 7. Total

Kolom total adalah hasil penjumlahan dari jumlah biaya masing-masing pekerjaan. Total ini mencerminkan keseluruhan biaya yang dibutuhkan untuk pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan rincian yang telah disusun dalam BOQ.

### 8. Tanda Tangan

Setelah rincian BOQ selesai disusun, pastikan untuk mencantumkan tanda tangan dan nama terang dari pihak yang bertanggung jawab, seperti manajer proyek atau pihak terkait yang memberikan persetujuan terhadap dokumen BOQ.

*Contoh:*

- Nama: [Nama Pihak yang Bertanggung Jawab]
- Tanda Tangan: [Tanda Tangan]
- Tanggal Persetujuan: [Tanggal]

Dokumen BOQ yang lengkap dan sistematis seperti ini akan memberikan dasar yang jelas bagi pelaksanaan proyek, serta memudahkan dalam proses pengadaan dan pengendalian biaya selama proyek berjalan.

### 3.4 PERBEDAAN BOQ DAN RAB DALAM PROYEK KONSTRUKSI

#### 1. Tujuan Pembuatan

- **BOQ (Bill of Quantities):**  
BOQ bertujuan untuk memberikan rincian spesifik terkait jumlah dan jenis material, serta pekerjaan yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek. Dengan BOQ, kontraktor memiliki panduan yang jelas mengenai spesifikasi teknis dan kuantitas material yang dibutuhkan.
- **RAB (Rencana Anggaran Biaya):**  
RAB dibuat untuk memperkirakan total biaya keseluruhan proyek. RAB mencakup biaya yang meliputi tenaga kerja, material, peralatan, serta biaya overhead, dengan tujuan memberikan gambaran biaya total yang akan dikeluarkan dalam pelaksanaan proyek tersebut.

#### 2. Komponen Utama

- **BOQ:**  
Komponen utama BOQ mencakup daftar spesifikasi teknis dan kuantitas material yang diperlukan untuk proyek. Komponen ini sangat rinci dan mendetail mengenai jenis material, jumlah, ukuran, kualitas, serta spesifikasi teknis lainnya.
- **RAB**  
RAB berfokus pada estimasi biaya keseluruhan proyek, yang mencakup biaya tenaga kerja, material, alat berat, biaya overhead, serta biaya lainnya seperti pajak dan keuntungan kontraktor. RAB lebih menekankan pada pengelolaan dan distribusi biaya proyek secara keseluruhan.

#### 3. Dasar Pembuatan

- **BOQ:**  
BOQ disusun berdasarkan desain teknis yang telah disetujui. BOQ adalah acuan yang digunakan kontraktor untuk menghitung biaya bahan dan pekerjaan secara lebih presisi, berdasarkan spesifikasi proyek yang sudah direncanakan.
- **RAB:**  
RAB disusun berdasarkan perhitungan biaya konstruksi yang diperoleh dari spesifikasi dan desain awal proyek. RAB memberikan estimasi total biaya proyek untuk keperluan pengelolaan anggaran dan keputusan finansial yang lebih baik selama proyek berlangsung.

#### Format BOQ Proyek

Sebagai dokumen yang sangat penting dalam proyek konstruksi, BOQ memiliki format yang harus mencakup komponen-komponen berikut untuk memastikan semua rincian pekerjaan dan biaya dihitung dengan benar.

1. **Judul Proyek:**  
Mencantumkan nama proyek dan lokasi proyek, misalnya: *Pembangunan Gedung Sekolah Dasar Negeri 01 Jakarta*.
2. **Nomor Item:**  
Setiap item pekerjaan diberi nomor yang unik untuk mempermudah referensi, diskusi, dan identifikasi antar item pekerjaan.
3. **Deskripsi Pekerjaan:**  
Deskripsi rinci tentang setiap pekerjaan yang harus dilakukan, termasuk spesifikasi teknis dan lingkup pekerjaan.

4. **Satuan Ukur:**  
Menentukan satuan yang digunakan untuk mengukur volume pekerjaan, seperti meter persegi, meter kubik, atau unit pekerjaan lainnya.
5. **Kuantitas:**  
Menunjukkan jumlah pekerjaan yang diperlukan, dihitung berdasarkan desain dan spesifikasi proyek.
6. **Harga Satuan:**  
Estimasi biaya per unit pekerjaan, yang dihitung berdasarkan harga material, tenaga kerja, peralatan, dan overhead yang relevan.
7. **Jumlah Harga:**  
Hasil dari pengalihan kuantitas dan harga satuan, memberikan estimasi biaya untuk setiap item pekerjaan.
8. **Total:**  
Total biaya keseluruhan untuk semua pekerjaan yang dihitung dengan menjumlahkan semua jumlah harga item yang ada dalam BOQ.

Meskipun BOQ dan RAB memiliki tujuan dan peran yang berbeda dalam pengelolaan proyek konstruksi, keduanya saling melengkapi. BOQ lebih fokus pada rincian teknis dan material yang diperlukan, sedangkan RAB lebih berorientasi pada perkiraan biaya total proyek. Dengan menggabungkan keduanya, manajer proyek dapat lebih mudah merencanakan dan mengelola pengeluaran proyek secara efektif.

### Rangkuman

*Bill of Quantity* (BOQ) atau daftar kuantitas dan harga adalah dokumen yang merinci kebutuhan bahan dan pekerjaan yang diperlukan dalam proyek konstruksi. Dokumen ini disusun secara sistematis dengan mencantumkan kelompok pekerjaan, volume dan satuan setiap jenis pekerjaan, harga satuan, serta total harga pekerjaan berdasarkan hasil perkalian antara volume dan harga satuan. BOQ sangat dipengaruhi oleh spesifikasi teknis dan gambar kerja yang tertuang dalam kontrak, sehingga pemahaman yang baik dari pengawas proyek terhadap dokumen ini sangat penting. Hal ini bertujuan agar pelaksanaan pekerjaan jaringan irigasi air tanah berjalan sesuai dengan rencana dan mencapai hasil yang diinginkan.

BOQ terdiri dari dua bagian, yaitu preliminary bill yang berisi daftar pekerjaan yang tidak dapat diukur secara volume atau luasan, melainkan berdasarkan kebutuhan lainnya yang mempengaruhi nilai konstruksi, dan measured bill yang berisi daftar pekerjaan yang dapat diukur, seperti pekerjaan beton dan tanah.

Penentuan harga satuan dalam BOQ melibatkan beberapa komponen, salah satunya adalah biaya tenaga kerja. Upah tenaga kerja bergantung pada jenis pekerjaan, jumlah tenaga kerja, dan tingkat keahlian yang dibutuhkan. Faktor-faktor lain yang memengaruhi adalah kesulitan pekerjaan, ketersediaan peralatan, durasi pekerjaan, serta tingkat persaingan tenaga kerja di lokasi proyek. Biaya tenaga kerja dapat dihitung berdasarkan upah harian atau jam kerja, yang kemudian ditambah dengan biaya keselamatan dan kesehatan kerja (K3).

Selain itu, harga satuan bahan juga dipengaruhi oleh kualitas, kuantitas, dan lokasi asal bahan. Biasanya, bahan dihitung berdasarkan harga pasar dalam satuan ukuran baku, seperti volume dalam meter kubik ( $m^3$ ). Analisis harga satuan bahan membutuhkan data harga bahan baku dari distributor atau penyedia material, serta biaya transportasi dan produksi bahan tersebut.

Koefisien dalam perhitungan BOQ meliputi koefisien bahan, alat, dan tenaga kerja. Koefisien bahan mengacu pada faktor susut atau pemborosan bahan, koefisien alat terkait

dengan efisiensi dan kapasitas produksi alat, sementara koefisien tenaga kerja berhubungan dengan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan dalam satuan jam orang per pengukuran.

Harga Satuan Pekerjaan (HSP) terdiri atas biaya langsung dan tidak langsung. Biaya langsung mencakup biaya untuk tenaga kerja, alat, dan bahan, sementara biaya tidak langsung mencakup biaya umum dan keuntungan. Dalam menyusun analisis harga satuan, penting untuk menggunakan asumsi yang realistis dan sesuai dengan kondisi lapangan. Hasil analisis yang diperoleh harus mencerminkan harga yang akurat dan dapat diterapkan di lapangan. Jika terjadi perbedaan atau sanggahan terhadap harga yang dihitung, segala akibatnya akan menjadi tanggung jawab perencanaan proyek.

## BAB 4

### EKONOMI PROYEK

Profesi teknik biaya pada dasarnya dikhususkan untuk bidang ekonomi teknik, atau ekonomi proyek. Proyek dilakukan dengan motif utama untuk menghasilkan laba. Laba dapat diukur menggunakan berbagai ukuran: laba yang paling umum adalah uang. Yang lain mungkin untuk membuat pekerjaan, untuk meningkatkan standar hidup, untuk menukar produk yang dihasilkan oleh proyek dengan produk lain yang langka, untuk mendapatkan suara, dan banyak lainnya.

Hasil yang paling penting adalah memiliki hasil yang positif selama masa proyek atau setelah selesai. Hasil akan dianggap positif jika hasilnya sesuai dengan tujuan awal. Meskipun buku ini ditujukan untuk proyek-proyek yang motifnya adalah imbalan finansial, prinsip-prinsipnya akan berlaku sama untuk proyek-proyek dengan motif utama lainnya. Bab ini akan mengkaji beberapa ekonomi yang harus dievaluasi sebelum pekerjaan dimulai pada proyek fisik.

#### 4.1 RISET PASAR

Hal pertama yang harus ditetapkan, tentu saja, adalah apa yang akan diproduksi dan seperti apa pasar untuk produk ini. Riset pasar harus dilakukan. Yang kedua adalah menetapkan seberapa besar pasar dan berapa banyak yang dapat diproduksi; yaitu, persaingan dan kejenuhan pasar harus diselidiki. Hanya sedikit perusahaan yang mendominasi seluruh pasar kecuali jika mereka dijalankan oleh negara di negara-negara sosialis di mana impor dilarang atau dibatasi. Era "Ma Bell" kini telah berakhir.

Riset pasar harus mempertimbangkan waktu yang dibutuhkan agar proyek menjadi kenyataan fisik dan menghasilkan pendapatan, serta titik di mana proyek tersebut mungkin tidak lagi menghasilkan laba. Masa manfaat proyek harus dievaluasi secara akurat. Beberapa proyek mungkin mulai menghasilkan laba setelah selesai, seperti gedung bertingkat, sementara yang lain mungkin bersifat musiman, seperti produksi pupuk. Faktor ini harus dimasukkan ke dalam ekonomi dan jadwal, karena dapat berdampak negatif pada laba.

Ekonomi proyek mungkin sangat dipengaruhi oleh iklim politik dan sikap publik. Sektor swasta secara umum peka terhadap iklim politik di wilayah tempat pabrik akan dibangun atau tempat produk akan dipasarkan. Alasannya sederhana: investor ingin diyakinkan bahwa investasi mereka akan menguntungkan atau lebih menguntungkan daripada menyimpan uang di bank.

Sikap publik sama pentingnya dengan iklim politik. Hal ini mungkin paling jelas terlihat di bidang energi. Beberapa tahun yang lalu, industri minyak dan pembangkit listrik tenaga nuklir dijamin akan makmur dalam jangka panjang. Melalui konservasi dan karena ketakutan terhadap pembangkit listrik tenaga nuklir, industri minyak sedang berjuang dan pembangunan pembangkit listrik tenaga nuklir di negara ini telah terhenti. Itu adalah proyek-

proyek besar yang menghabiskan miliaran dolar dan mempekerjakan ribuan orang—banyak di antaranya menghabiskan biaya bagi para insinyur, termasuk penulis ini.

#### 4.2 KELEBIHAN DAN KEKURANGAN PROYEK BARU

Jenis konstruksi apa pun tentu memiliki kelebihan dan kekurangan. Kita membangun karena pada dasarnya kita adalah pembangun. Kalau kita bukan pembangun, kita pasti masih tinggal di gua. Menurut teori hierarki motif manusia Maslow, kita harus memenuhi persyaratan dasar tertentu sebelum beralih ke persyaratan yang lebih tinggi. Motif atau persyaratan paling dasar kita adalah untuk memuaskan rasa lapar. Setelah kita memenuhi kebutuhan itu, kita mencoba memperoleh rasa aman, yang mencakup tempat tinggal yang aman oleh karena itu kita harus membangun.

Kita juga membangun untuk tetap sibuk, terkadang untuk memperbaiki lingkungan kita, untuk menerapkan daya cipta kita, untuk menunjukkan kekuatan dan pengaruh kita, untuk menaklukkan dan menghasilkan uang. Jika kita yang pertama di bidang tersebut, kita mungkin memiliki monopoli sementara. Jika bidang tertentu menguntungkan, kita membangun untuk memperoleh sepotong pasar.

Konstruksi baru memiliki kekurangannya sendiri. Tidak ada pemasukan selama konstruksi, pasar mungkin tidak cukup kuat untuk lebih banyak pesaing, permintaan mungkin berubah, konstruksi memerlukan pendanaan. Usaha baru memerlukan beberapa pengalaman dengan produk baru dan terkadang ini mungkin tidak tersedia.

Konstruksi, tentu saja, tidak selalu untuk usaha baru. Struktur lama harus dirawat dan dimodernisasi. Beberapa pabrik atau bangunan memiliki masa manfaat yang terbatas. Selama beberapa tahun terakhir, perubahan peraturan telah menyebabkan banyak konstruksi. Perubahan dalam persaingan, pasar, dan bahan baku akan memerlukan modifikasi konstan dari fasilitas yang ada. Di negara-negara atau masa inflasi tinggi, proyek yang tertunda secara signifikan dapat ditinggalkan karena perubahan ekonomi.

#### Evaluasi Ekonomi Terhadap Risiko

Evaluasi ekonomi yang lengkap dapat mencakup berbagai faktor yang saling terkait. Salah satunya adalah biaya penelitian dan pengembangan, yang sering kali menjadi aspek penting dalam proses inovasi. Beberapa produk atau bahan baku baru memerlukan tahap pengujian yang melibatkan pembangunan pabrik percontohan kecil untuk menguji kelayakan produksi dalam skala yang lebih besar. Pembangunan pabrik percontohan ini tentu memerlukan investasi yang cukup besar, namun hal ini penting untuk memastikan bahwa produk atau bahan baku baru tersebut dapat diproduksi secara efisien dan ekonomis sebelum diluncurkan secara massal.

- **Evaluasi modal yang dibutuhkan:** Modal akan dipengaruhi oleh jadwal, jumlah, inflasi, pendapatan atau laba atas investasi yang diproyeksikan, kelangkaan dan persaingan dengan usaha lain yang menjanjikan, biaya produksi atau operasi, dan banyak faktor lainnya.
- **Harga pasar yang diharapkan:** Dalam pasar yang kompetitif, investor harus mempertimbangkan biaya akhir yang bersedia dibayarkan konsumen.

- **Ukuran usaha yang diusulkan:** Usaha baru harus diukur dalam satuan yang akan menghasilkan pendapatan, seperti luas bangunan, ton unit produk, unit yang sudah ada untuk bersaing, perluasan di masa mendatang, dll.
- **Biaya distribusi:** Bangunan paling sering terletak di tempat pasar berada, tetapi pabrik produksi mungkin terletak jauh dari konsumen dan dengan demikian memerlukan jaringan pipa, rel kereta api, jalan raya, kabel listrik, untuk menyebutkan beberapa saja, yang semuanya akan menambah biaya akhir.
- **Dampak perpajakan:** Beberapa daerah menawarkan keuntungan pajak yang menarik untuk mendorong konstruksi dan manufaktur. Yang lain menemukan perpajakan sebagai sumber pendapatan yang nyaman sampai-sampai mereka akan membunuh angsa yang bertelur emas.
- **Persyaratan lingkungan:** Sebagian besar konstruksi baru dalam beberapa tahun terakhir digunakan untuk mematuhi peraturan lingkungan yang baru. Biaya konstruksi baru sangat meningkat karena alasan yang sama. Banyak usaha yang diusulkan tidak akan pernah meninggalkan papan gambar karena pembatasan lingkungan.
- **Persyaratan perizinan:** Memperoleh izin dan memperjuangkannya di pengadilan menambah dimensi baru pada industri rekayasa dan konstruksi. Izin mungkin diperlukan dari kotamadya, kabupaten, negara bagian, otoritas federal, dan seribu satu komisi, dan siapa pun dapat mengajukan banding atas izin di pengadilan. Pembangunan jaringan pipa yang diusulkan memerlukan sekitar 700 izin. Setelah \$50 juta dihabiskan dalam proses tersebut, proyek tersebut dibatalkan.
- **Pendapatan berkurang karena kelebihan biaya:** evaluasi ekonomi harus mengasumsikan biaya tertentu untuk membangun fasilitas yang diusulkan. Jika kelebihan biaya konstruksi dapat dibebankan kepada konsumen, tidak ada masalah. Namun, jika kelebihan biaya tersebut harus diserap, usaha tersebut tidak akan memiliki keuntungan yang sama seperti yang diasumsikan sebelumnya. Nilai tukar mata uang asing Proyek internasional sangat dipengaruhi oleh fluktuasi nilai tukar mata uang asing terhadap dolar.

### 4.3 STUDI KELAYAKAN

Jika proyek yang diusulkan telah melewati langkah-langkah sebelumnya, proyek tersebut harus melalui studi kelayakan, yang mungkin mencakup beberapa hal berikut:

#### **Pilihan di antara alternatif**

Departemen teknik pemilik atau konsultan akan diminta untuk mengembangkan desain alternatif. Biaya alternatif ini harus diperkirakan oleh insinyur biaya, dan paling sering biaya rendah akan menjadi faktor penentu dalam pemilihan akhir. Sebagian besar studi ini dapat didasarkan pada kurva biaya, faktor, dan asumsi umum. Alternatif-alternatif tersebut biasanya dieksplorasi sebelum studi yang lebih rinci dilakukan. Hanya alternatif yang paling menarik yang akan diajukan ke tahap studi kelayakan, yang berkonsentrasi pada sejumlah kecil alternatif. Pemilihan akhir penting karena masa depan perusahaan pemilik mungkin bergantung pada keputusan ini. Riset pemasaran bukan bagian dari cakupan buku ini, tetapi

insinyur biaya memiliki peran untuk dimainkan dalam pekerjaan tersebut karena ia mengembangkan estimasi untuk modal yang dibutuhkan, biaya produksi, pendapatan masa depan, dan keuntungan akhirnya.

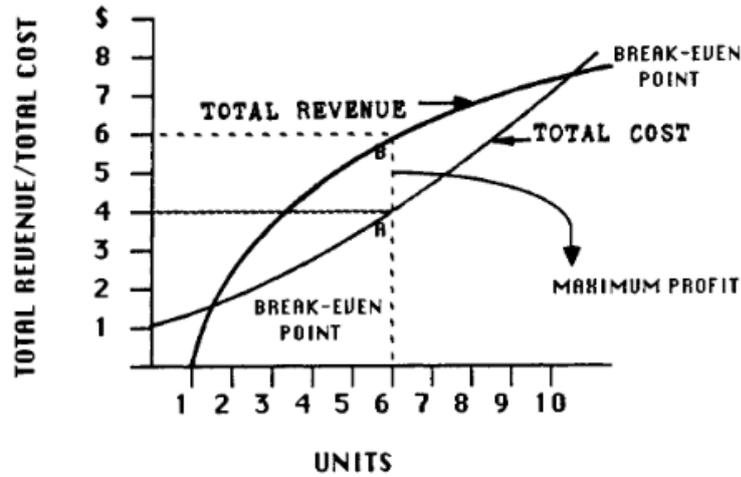
### **Optimalisasi produksi**

Optimalisasi merupakan tanggung jawab departemen pemasaran, penjualan, rekayasa industri, akuntansi, rekayasa nilai, dan rekayasa biaya. Hal ini memerlukan studi tentang semua aktivitas dan pusat biaya yang terlibat dalam siklus produksi produk atau produk yang sedang dipertimbangkan.

Insinyur biaya mempelajari semua biaya aktual, menggunakan sebanyak mungkin kategori biaya. Biaya proyek ini dibandingkan dengan volume produksi yang diantisipasi dan biaya yang terkait dengan setiap fase produksi. Dengan meninjau proses produksi, biaya produksi, biaya bahan, dan biaya variabel dan tetap lainnya, dan dengan memperkirakan biaya yang mungkin timbul dari perangkat penghematan biaya apa pun, insinyur biaya menentukan pada titik mana laba maksimum akan direalisasikan.

Kondisi pemasaran seperti persaingan bebas, monopoli, atau oligopoly menciptakan struktur harga yang berbeda. Sistem persaingan murni dapat menghasilkan kurva biaya dan pendapatan yang mirip dengan yang ditunjukkan pada Gambar 4.1. Insinyur biaya, dengan bantuan disiplin ilmu lainnya, harus memaksimalkan garis  $A - B$  pada gambar. Jika laba atas investasi ini tidak memuaskan, upaya harus dilakukan untuk menurunkan kurva biaya dan meningkatkan  $A - B$ , titik keuntungan maksimum.

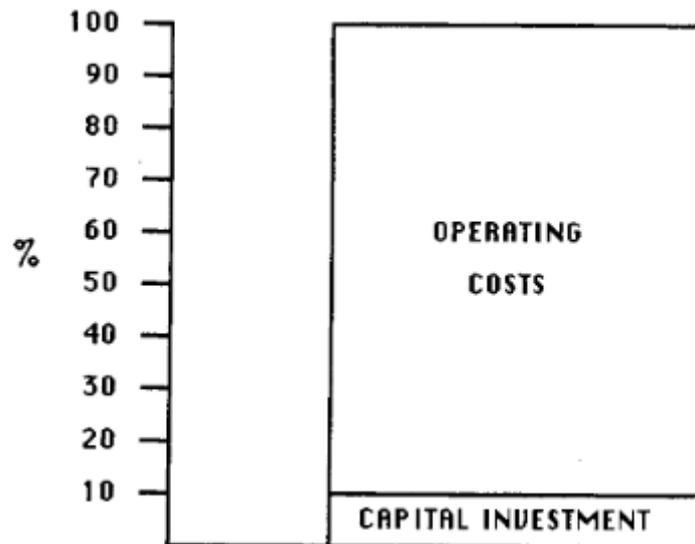
Sebelum melakukan investasi modal besar, sebagian besar organisasi pemilik akan melakukan banyak studi. Analisis ini harus mempertimbangkan ukuran pabrik, jenis dan jumlah barang yang akan diproduksi, lokasi pabrik, kedekatan pasar dan bahan baku, biaya utilitas, total biaya produk, pendapatan yang diproyeksikan, waktu pembayaran, dan keuntungan yang diproyeksikan. Insinyur biaya diperlengkapi dengan baik untuk melakukan semua studi tersebut, karena sebagian besarnya akan melibatkan estimasi, peramalan, dan perhitungan lain yang merupakan bagian dari aktivitas sehari-harinya. Pemahaman dasar tentang semua aspek konstruksi, pembiayaan, dan pengoperasian pabrik sangat penting. Insinyur biaya terlibat dalam konstruksi dan pembiayaan dan, dengan menjadi seorang insinyur, dapat membiasakan diri dengan operasi pabrik.



Gambar 4.1 Maksimalisasi Laba.

Produk sampingan yang mungkin Banyak proyek, terutama dalam proses di industri, menghasilkan beberapa produk sampingan yang dapat dipasarkan. Potensi, biaya tambahan, dan pendapatannya dapat meningkatkan profitabilitas keseluruhan proyek dan harus dipertimbangkan selama studi kelayakan. Di sisi negatifnya, produk sampingan yang tidak memiliki nilai pasar harus dibuang, terkadang dengan biaya yang besar.

Perluasan fasilitas yang ada Selama studi kelayakan atau saat meninjau ekonomi usaha baru, mungkin menguntungkan untuk mempertimbangkan perluasan beberapa fasilitas yang ada. Perluasan dapat menawarkan keuntungan dari penggunaan banyak fasilitas yang ada.



Gambar 4.2 Biaya Siklus Hidup.

Faktanya, mungkin menguntungkan untuk mempertimbangkan perluasan di masa mendatang, jika memungkinkan.

Biaya siklus hidup Studi kelayakan untuk proyek baru harus mempertimbangkan biaya selama seluruh umur proyek, yang lebih dikenal sebagai biaya siklus hidup. Investasi modal merupakan persentase yang agak kecil dari total biaya selama seluruh umur pabrik. Biaya masa depan adalah untuk operasi, pemeliharaan, pajak, pembaruan penyusutan, asuransi, keamanan, dan bunga. Lihat Gambar 4.2.

Biaya harus dihitung dalam dolar saat ini dan diasumsikan sebagai nilai sisa nol. Meskipun biaya masa depan dapat dianggap tetap, biaya tersebut harus dibagi ke dalam beberapa kategori dan dipelajari dengan saksama. Item yang mewakili porsi biaya tertinggi harus ditinjau untuk kemungkinan perbaikan dan penghematan selanjutnya.

#### **4.4 PENDANAAN DAN ARUS KAS**

Banyak proyek swasta, perusahaan, atau pemerintah tidak pernah terwujud karena kurangnya dana. Kecuali untuk proyek yang direalisasikan dengan kerja paksa, semua proyek membutuhkan uang dan uang diinvestasikan hanya jika ada hasil yang positif.

##### **Pembiayaan**

Beberapa proyek dibiayai oleh pemilik. Sebagian besar dibiayai oleh lembaga peminjaman. Studi kelayakan, estimasi biaya, jadwal konstruksi, dan prakiraan arus kas merupakan beberapa persyaratan dasar untuk mendapatkan pinjaman. Setiap kali investasi modal yang dibutuhkan sama besar atau lebih besar dari total aset sponsor proyek, bank harus memiliki keyakinan terhadap estimasi modal dan kelayakan ekonomi proyek.

Meskipun teknisi biaya mungkin bukan peserta dalam negosiasi pinjaman, ia tentu saja merupakan salah satu dari mereka yang akan membantu meyakinkan lembaga keuangan tentang kelayakan biaya, jadwal, dan ekonomi. Teknisi biaya dapat membantu membangun kepercayaan terhadap usaha yang diusulkan perusahaannya.

Banyak bank besar memiliki teknisi biaya yang berkualifikasi untuk meninjau proposal, estimasi, perencanaan, asumsi dasar, dan proyeksi pendapatan. Setelah pinjaman diberikan, personel teknisi biaya bank dapat meninjau laporan status klien, prakiraan biaya, status kemajuan, prakiraan penjadwalan, persentase penyelesaian, dan hal lain yang memengaruhi biaya atau jadwal. Harus diakui bahwa bank memiliki kepentingan yang sah untuk memastikan bahwa hasil pinjaman dikelola dengan baik. Beberapa bank mungkin meminta mereka meninjau tawaran utama sebelum pemberian kontrak atau perintah pembelian.

##### **Perkiraan Arus Kas**

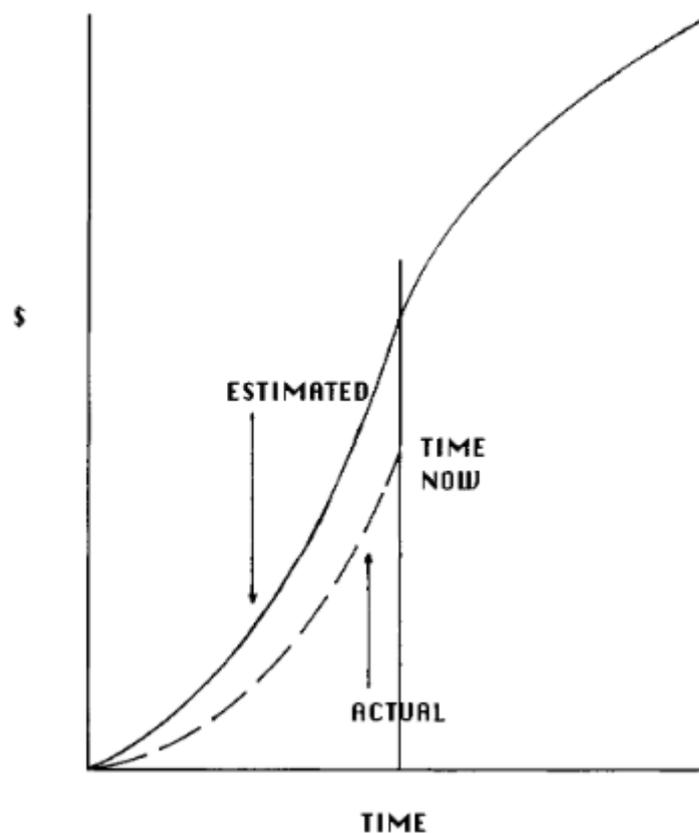
Proyeksi arus kas dari dana yang dibutuhkan untuk membayar tagihan selama konstruksi didasarkan pada estimasi biaya, perkiraan biaya, jadwal, jadwal pembayaran untuk pembelian peralatan utama, dan kontrak tenaga kerja. Perkiraan arus kas harus dilakukan oleh Cost Engineering karena departemen inilah yang mengembangkan data. Perkiraan tersebut harus secara akurat mencerminkan berapa banyak uang yang akan dibutuhkan dan kapan. Kekurangan uang tunai dapat merusak jadwal keseluruhan, tetapi terlalu banyak uang yang menganggur juga akan mahal.

Jadwal arus kas harus disiapkan di awal proyek. Nilai totalnya sama dengan anggaran. Saat perkiraan baru dibuat, perubahan tercermin dalam proyeksi arus kas yang diperbarui.

Saat biaya naik, pendanaan berdasarkan anggaran awal juga harus direvisi. Sumber dana baru harus ditemukan. Jumlah dana tambahan dan waktu di mana dana tersebut akan dibutuhkan harus ditetapkan dengan baik.

Sama seperti biaya pabrik yang diproyeksikan dapat naik, biaya modal tambahan juga dapat naik. Selain itu, modal tambahan mungkin lebih sulit diperoleh karena pemberi pinjaman kedua kurang aman jika terjadi gagal bayar. Manajemen harus mengetahui kebutuhan modal tambahan jauh-jauh hari sehingga pinjaman yang memuaskan dapat diatur. Di sinilah peramalan yang baik sangat penting. Peramalan arus kas harus dikoordinasikan secara erat dengan perkiraan biaya dan penjadwalan proyek. Diagram arus kas dapat disederhanakan menjadi grafik untuk penyajian yang mudah.

Grafik harus menunjukkan arus kas kumulatif yang diestimasikan serta pembayaran aktual. Kurva akan menunjukkan apakah proyek sesuai jadwal atau terlambat dari jadwal. Gambar 4.3 menunjukkan arus kas untuk keseluruhan proyek. Untuk pengendalian aktual, bagan terpisah diperlukan untuk setiap bagian utama pabrik, atau untuk biaya tenaga kerja, material, teknik, atau biaya tidak langsung. Bagan ini menunjukkan uang yang dibutuhkan berdasarkan periode.



**Gambar 4.3 Perkiraan Arus Kas.**

**Tabel 4.1 Prakiraan arus kas proyek**

	202_					202_	202_	202_	TOTAL
	Q1	Q2	Q3	Q4	Total				
Desain									
Sipil									
Pipa									
Listrik									
Instrumentasi									
Peralatan									
Tenaga kerja lapangan									
Fasilitas Sementara									
Individu Langsung Lapangan									
Pengelolaan									
Atas									
Biaya tidak langsung									
Kepentingan konstr'n									
<b>Total</b>									

Tabel yang mirip dengan Tabel 4.1 juga akan berguna. Periode yang diidentifikasi dalam tabel ini dapat berupa minggu, bulan, kuartal, atau tahun. Untuk jadwal yang lebih tepat, bulan dapat ditampilkan untuk kuartal pertama, kuartal untuk sisa tahun, lalu tahun untuk sisa proyek. Saat diperbarui, bagan dapat memiliki kolom untuk menunjukkan dana yang dikeluarkan hingga saat ini dan dana yang dikomitmenkan hingga saat ini.

### **Bunga Konstruksi**

Meminjam uang membutuhkan biaya. Seperti yang kita ketahui, jumlah bunga konstruksi memiliki pengaruh besar terhadap keputusan untuk membangun atau menunda. Jumlah tambahan ini harus disertakan dalam evaluasi ekonomi usaha baru.

### **4.5 ASURANSI DALAM PROYEK KONSTRUKSI**

Asuransi sering kali dianggap sebagai elemen yang kurang diperhatikan dalam berbagai proyek, namun dalam konteks industri konstruksi, terutama untuk pabrik atau proyek yang beroperasi di lingkungan dengan risiko tinggi, asuransi menjadi aspek yang sangat vital. Risiko yang melibatkan keselamatan pekerja, dampak terhadap lingkungan, serta potensi kerusakan yang dapat terjadi selama proses konstruksi memiliki potensi dampak yang serius, baik dari sisi hukum, finansial, maupun reputasi. Oleh karena itu, perlindungan melalui asuransi bukan hanya menjadi kebutuhan, tetapi juga salah satu langkah preventif yang penting dalam memastikan kelangsungan dan keamanan proyek.

Dalam hal ini, cakupan asuransi untuk proyek-proyek konstruksi harus disusun dengan cermat. Asuransi perlu mencakup nilai dari fasilitas yang sedang dibangun serta produk yang

dihasilkan. Tidak hanya itu, penting untuk memperhitungkan juga tanggung jawab terhadap produk tersebut, yang mencakup potensi risiko hukum dan finansial yang mungkin timbul akibat cacat pada produk atau kerusakan yang disebabkan oleh produk yang telah diproduksi.

Dengan kata lain, pemilihan jenis asuransi yang tepat serta cakupan yang sesuai dengan kebutuhan proyek menjadi krusial dalam memitigasi risiko yang dapat merugikan pihak terkait. Asuransi ini tidak hanya berfungsi untuk melindungi investasi yang telah dikeluarkan, tetapi juga berperan dalam menjaga kelangsungan proyek agar dapat berjalan dengan lebih aman, efisien, dan berkelanjutan. Berikut adalah beberapa jenis asuransi yang paling umum digunakan dalam proyek konstruksi:

1. **Asuransi Jaminan Proyek (Surety Bond):** Jenis asuransi ini memberikan perlindungan kepada pemilik proyek jika kontraktor gagal memenuhi kewajibannya. Polis asuransi ini melibatkan tiga pihak utama: pemilik proyek, kontraktor, dan penyedia asuransi. Terdapat berbagai kategori dalam asuransi ini, seperti jaminan penawaran, jaminan pembayaran uang muka, jaminan pelaksanaan, dan jaminan pemeliharaan. Tergantung pada ketentuan kontrak, jaminan ini bisa bersifat bersyarat maupun tanpa syarat.
2. **Asuransi Konstruksi (Contractor All Risks - CAR):** Asuransi ini melindungi proyek dari kerugian atau kerusakan yang terjadi selama tahap konstruksi. Risiko yang ditanggung mencakup bencana alam, kebakaran, pencurian, serta kesalahan dalam desain bangunan. Dengan adanya asuransi ini, proyek dapat tetap dilanjutkan meskipun terjadi insiden yang tidak terduga, sehingga meminimalkan dampak negatif terhadap jadwal dan biaya.
3. **Asuransi Erection All Risk (EAR):** Jenis asuransi ini dirancang untuk melindungi mesin dan peralatan selama proses pemasangan dan instalasi. Selain itu, EAR juga mencakup tanggung jawab hukum kepada pihak ketiga yang mungkin terdampak dari kegiatan konstruksi. Ini penting untuk melindungi semua peralatan yang digunakan dalam proyek agar tetap berfungsi optimal dan tidak menyebabkan kerugian yang tak terduga.
4. **Asuransi Alat Berat:** Alat berat yang digunakan dalam proyek konstruksi sering kali memiliki nilai investasi yang tinggi. Asuransi alat berat melindungi alat-alat ini dari risiko kerusakan atau kehilangan yang disebabkan oleh kebakaran, pencurian, atau bencana alam. Dengan adanya asuransi ini, pemilik alat berat dapat meminimalkan kerugian besar yang bisa timbul akibat kejadian-kejadian tersebut.
5. **Asuransi Tanggung Gugat:** Asuransi ini memberikan perlindungan kepada pemilik proyek dan kontraktor dari klaim hukum yang mungkin muncul akibat cedera atau kerusakan terhadap harta benda pihak ketiga selama proses konstruksi berlangsung. Ini mencakup biaya hukum dan ganti rugi yang harus dibayar jika terjadi tuntutan hukum. Asuransi ini menjadi sangat penting untuk menghindari masalah hukum yang dapat mengganggu kelancaran proyek.

Dengan memahami berbagai jenis asuransi yang tersedia ini, pemangku kepentingan dalam proyek konstruksi dapat membuat keputusan yang bijak dalam melindungi investasi mereka.

Asuransi yang tepat akan membantu mengurangi beban finansial dan risiko yang dapat muncul selama pelaksanaan proyek. Selain itu, dengan memiliki perlindungan yang memadai, proyek dapat berjalan lebih lancar dan lebih aman, memberikan hasil yang optimal bagi semua pihak yang terlibat.

#### **4.6 LOKASI PABRIK**

##### **Lokasi Pabrik: Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Penentuan**

Pemilihan lokasi pabrik adalah salah satu keputusan paling strategis yang dihadapi oleh perusahaan dalam perencanaan proyek industri. Keputusan ini memiliki dampak jangka panjang terhadap biaya operasional, efisiensi produksi, dan bahkan keberhasilan atau kegagalan bisnis. Lokasi pabrik tidak hanya mempengaruhi biaya sehari-hari, tetapi juga akan menentukan sejauh mana perusahaan dapat bersaing di pasar. Oleh karena itu, penting bagi perusahaan untuk melakukan analisis mendalam terhadap berbagai faktor yang mempengaruhi penentuan lokasi pabrik. Berikut adalah beberapa faktor utama yang perlu dipertimbangkan secara cermat:

##### **1. Geografi Lokal dan Iklim**

Geografi lokal mencakup kondisi fisik suatu wilayah yang dapat mempengaruhi pembangunan dan operasional pabrik. Misalnya, kondisi topografi, drainase, dan jenis tanah sangat penting untuk menentukan apakah lokasi tersebut cocok untuk mendirikan pabrik. Lokasi di daerah pegunungan atau berbukit dapat memerlukan biaya tambahan untuk teknik konstruksi yang lebih rumit dan mahal dibandingkan dengan lokasi dataran rendah. Begitu pula, drainase yang buruk dapat menyebabkan masalah terkait dengan pengelolaan air yang berpotensi menambah biaya operasional.

Selain itu, iklim di suatu wilayah juga mempengaruhi banyak aspek operasional. Jika pabrik terletak di daerah dengan cuaca ekstrem seperti suhu tinggi, hujan lebat, atau salju yang sering, ini bisa mengganggu proses produksi dan mempengaruhi efisiensi pabrik. Iklim yang keras juga bisa meningkatkan kebutuhan pemeliharaan fasilitas dan peralatan. Oleh karena itu, memilih lokasi dengan iklim yang lebih moderat dan sesuai dengan jenis produk yang dihasilkan akan lebih menguntungkan dalam jangka panjang.

##### **2. Ketersediaan Sumber Daya**

Lokasi pabrik yang dekat dengan sumber bahan baku sangat penting untuk mengurangi biaya transportasi dan memastikan kelancaran pasokan bahan baku. Misalnya, jika pabrik membutuhkan bahan baku yang banyak seperti logam atau batu bara, memilih lokasi yang dekat dengan tambang atau pemasok akan menghemat biaya pengangkutan yang sering kali mempengaruhi margin keuntungan. Selain itu, ketersediaan energi (listrik, gas, air) yang cukup juga menjadi pertimbangan penting. Pabrik memerlukan pasokan energi yang stabil untuk menjalankan mesin dan peralatan produksi dengan efisien. Akses ke energi terbarukan, seperti tenaga surya atau angin, juga menjadi nilai tambah dalam mendukung keberlanjutan operasional.

##### **3. Infrastruktur dan Aksesibilitas**

Keberadaan infrastruktur yang memadai sangat penting untuk kelancaran operasional pabrik. Akses ke transportasi seperti jalan raya, pelabuhan, dan bandara memudahkan pengiriman bahan baku ke pabrik serta distribusi produk jadi ke pasar. Pilihan lokasi yang memiliki akses mudah ke transportasi umum dan fasilitas logistik akan menurunkan biaya distribusi dan mempercepat waktu pengiriman. Selain itu, aksesibilitas tenaga kerja juga menjadi faktor penentu. Pabrik yang terletak di daerah yang dekat dengan pusat perumahan atau area yang memiliki transportasi umum yang baik akan lebih mudah dalam menarik pekerja.

#### **4. Pasar dan Persaingan**

Memilih lokasi yang dekat dengan pasar potensial sangat penting untuk mengurangi biaya distribusi dan meningkatkan respons terhadap permintaan pasar. Lokasi pabrik yang dekat dengan konsumen akhir memungkinkan perusahaan untuk lebih cepat memenuhi permintaan dan mengurangi biaya transportasi produk. Selain itu, persaingan di area sekitar pabrik juga perlu dievaluasi. Adanya pesaing besar di sekitar lokasi bisa menjadi keuntungan dalam hal kemitraan atau berbagi sumber daya, tetapi juga bisa berisiko menciptakan persaingan yang lebih ketat dalam merebut pangsa pasar.

#### **5. Ketersediaan Tenaga Kerja**

Ketersediaan tenaga kerja yang terampil sangat mempengaruhi keberhasilan proyek industri. Lokasi pabrik harus dipilih berdasarkan akses terhadap tenaga kerja terampil, serta faktor lainnya seperti tingkat pengangguran di daerah tersebut. Daerah dengan tingkat pengangguran rendah sering kali lebih menarik bagi perusahaan karena menawarkan ketersediaan pekerja terampil dengan upah yang lebih kompetitif. Di samping itu, biaya tenaga kerja juga sangat bergantung pada biaya hidup di daerah tersebut; lokasi dengan biaya hidup rendah umumnya menawarkan upah yang lebih rendah, yang dapat menguntungkan perusahaan dalam hal penghematan biaya operasional.

#### **6. Regulasi dan Kebijakan Pemerintah**

Regulasi dan kebijakan pemerintah sangat mempengaruhi keputusan lokasi pabrik. Beberapa daerah menawarkan insentif pajak, dukungan pembiayaan, atau fasilitas lain untuk menarik investor industri. Sebaliknya, beberapa daerah mungkin memiliki peraturan yang ketat yang membatasi operasional pabrik atau menyebabkan biaya tambahan. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengevaluasi regulasi zoning yang mengatur penggunaan lahan, izin lingkungan, dan peraturan terkait ketenagakerjaan yang berlaku di daerah tersebut.

#### **7. Biaya dan Keamanan**

Biaya pembelian atau sewa lahan dan keamanan lokasi juga harus diperhatikan. Lahan di daerah yang kurang berkembang atau yang memiliki akses terbatas cenderung lebih murah, namun hal ini harus dipertimbangkan dengan hati-hati mengingat potensi biaya tambahan untuk membangun infrastruktur. Selain itu, lokasi yang aman dari kejahatan atau bencana alam seperti banjir, gempa bumi, atau kebakaran akan memberikan rasa aman bagi investasi dan operasional jangka panjang perusahaan.

#### **8. Dampak Lingkungan**

Dalam dunia yang semakin memperhatikan keberlanjutan, dampak lingkungan dari

pendirian pabrik harus dipertimbangkan dengan cermat. Aktivitas industri sering kali mempengaruhi kualitas udara, air, dan tanah sekitar, serta mengganggu habitat alam. Oleh karena itu, perusahaan perlu melakukan studi dampak lingkungan (AMDAL) untuk menilai potensi dampak negatif dan mengambil langkah mitigasi yang diperlukan. Mengelola dampak lingkungan dengan baik dapat mencegah masalah hukum di masa depan dan meningkatkan reputasi perusahaan di mata konsumen yang semakin peduli terhadap isu-isu lingkungan.

### **Kesimpulan**

Pemilihan lokasi pabrik merupakan keputusan kompleks yang melibatkan banyak faktor yang saling berinteraksi. Faktor-faktor seperti geografi lokal, ketersediaan sumber daya, infrastruktur, kedekatan dengan pasar, tenaga kerja, regulasi pemerintah, biaya, keamanan, dan dampak lingkungan harus dipertimbangkan secara hati-hati. Setiap faktor ini akan memengaruhi efisiensi operasional, biaya produksi, dan keberhasilan perusahaan di masa depan. Oleh karena itu, perusahaan perlu melakukan analisis yang mendalam dan merencanakan secara matang untuk memilih lokasi pabrik yang memberikan keuntungan jangka panjang dan mendukung keberlanjutan operasional serta daya saing di pasar.

## BAB 5

### KEHIDUPAN PROYEK

#### 5.1 RISET PASAR DAN ESTIMASI AWAL

Ketika seorang pemilik mempertimbangkan pembangunan proyek apa pun, ia mungkin akan memulai dengan riset pasar. Ia menentukan apakah pabrik baru atau perluasan pabrik yang sudah ada akan menjadi yang paling diinginkan dan memutuskan ukuran pabrik, lokasinya, serta produk dan produk sampingan pabrik.

Sebagian besar, evaluasi ini akan menjadi tanggung jawab departemen pemasaran. Namun, departemen rekayasa biaya pemilik, pada titik tertentu, akan diminta untuk memperkirakan biaya berbagai alternatif. Setiap penyimpangan signifikan berikutnya dari asumsi dasar yang dibuat pada tahap ini dapat membuat usaha tersebut tidak menguntungkan karena pada tahap inilah parameter dasar ditetapkan dan tujuan akhir ditetapkan.

Fase proyek ini dapat berlangsung lama atau relatif singkat. Untuk beberapa proyek atau beberapa produk, penelitian dan pengembangan dapat berlangsung selama bertahun-tahun. Jika produk tersebut tampak menjanjikan tetapi akan melibatkan proses khusus untuk pembuatannya, pabrik percontohan mungkin merupakan langkah logis sebelum produksi komersial penuh.

Untuk beberapa produk baru, transisi dari penelitian dan pengembangan ke produksi komersial dapat berlangsung singkat, seperti ketika penyelesaian mungkin berhasil terlebih dahulu atau ketika produk yang berhasil dipastikan. Sebagai bagian dari penelitiannya, perusahaan harus menyelidiki kemungkinan lokasi pabrik. Untuk itu, mereka harus meneliti sumber bahan baku, pasar untuk produk akhir, biaya distribusi dan utilitas, ketersediaan tenaga kerja, lingkungan, persaingan, dan banyak faktor lain yang akan memengaruhi lokasi pabrik.

#### **Salah satu contohnya adalah penjualan gas alam bawah tanah.**

Sebagian besar cadangan berada di daerah terpencil. Dapatkah gas ini dibawa ke pasar melalui jaringan pipa yang panjangnya bisa mencapai ribuan mil, atau harus dicairkan, diangkut dengan tanker khusus yang mahal, kemudian digasifikasi ulang dan dikirim ke jaringan distribusi pipa yang ada? Pikirkan minyak dari North Slope di Alaska atau gas alam dari luar negeri. Ada banyak penelitian tentang cara membawa minyak mentah North Slope ke pasar sebelum jaringan pipa dipilih. Salah satu penelitian tersebut mencakup pembangunan tanker khusus "Manhattan."

Keputusan berikutnya adalah tentang ukuran pabrik atau kapasitas pabrik atau operasi yang akan memberikan pengembalian investasi terbesar. Sebelum keputusan akhir diambil, akan ada banyak penelitian dan perubahan dalam proses, ukuran pabrik, lokasi, produk, dan produk sampingan. Di sini prinsip-prinsip rekayasa biaya dapat digunakan dalam menghitung biaya modal, biaya produksi, dan jadwal. Studi dan perhitungan ini diperlukan

karena pabrik dan operasi harus menghasilkan laba atas investasi. Setiap insinyur pada proyek harus memperhatikan biaya karena produk dari setiap proyek komersial yang berhasil adalah sama, laba atas investasi yang memuaskan.

## 5.2 ESTIMASI PENAWARAN ATAU PROPOSAL

Jika usaha tersebut tampak menarik berdasarkan studi kelayakan, jenis estimasi yang lebih maju akan disiapkan. Ini biasanya disebut estimasi awal. Ini akan berbeda dari studi awal, yang hanya didasarkan pada kurva dan faktor. Estimasi awal akan mencakup lebih banyak detail daripada studi awal, dan lebih banyak faktor harus diketahui dan dihitung. Tahap ini merupakan dasar bagi pemilik dan kontraktor:

- Bagi pemilik, ini adalah tahap di mana pengaturan dibuat untuk membiayai proyek.
- Bagi kontraktor umum atau firma teknik dan konstruksi, hal ini dapat menjadi landasan bagi bisnis di masa mendatang.

### Perkiraan Awal Oleh Pemilik

Organisasi pemilik yang cukup besar dan canggih akan diminta untuk mengembangkan perkiraan alokasi yang andal tanpa bantuan dari luar. Ini adalah poin penting, karena pemilik harus melihat secara menyeluruh aspek ekonomi pembangunan fasilitas baru dan mengatur pembiayaan untuk proyek tersebut. Tidak perlu dikatakan lagi, perkiraan biaya harus dapat diandalkan, karena masa depan seluruh usaha bergantung pada perkiraan ini.

Bergantung pada ukuran organisasi dan jumlah proyek yang ditangani, seorang insinyur biaya senior, kepala penaksir, atau manajer pengendalian proyek harus menjadi koordinator untuk fase pekerjaan ini. Diasumsikan bahwa koordinator ini akan mengikuti proyek dari awal hingga konstruksi dan permulaan.

Departemen teknik pemilik akan menyiapkan lembar alur yang diperlukan, termasuk ukuran peralatan, tata letak pabrik, dan daftar serta perhitungan semua utilitas dan layanan pendukung, dan akan menentukan fasilitas untuk menerima bahan baku dan mengirimkan produk jadi. Jika tidak ada kunjungan lokasi yang dilakukan selama tahap awal, kunjungan tersebut harus dilakukan sekarang.

Berdasarkan pengalaman pemilik sebelumnya dan data internal yang tersedia, estimasi akan disiapkan yang harus mencakup semuanya, mencantumkan biaya peralatan, material, dan tenaga kerja konstruksi, semua biaya langsung dan tidak langsung, dan biaya teknik. Kelonggaran dolar atau persentase untuk "kontinjensi," atau biaya tak terduga, harus didasarkan pada pengalaman masa lalu dan faktor keyakinan—keyakinan pada asumsi, cakupan, dan desain serta pada estimasi biaya itu sendiri.

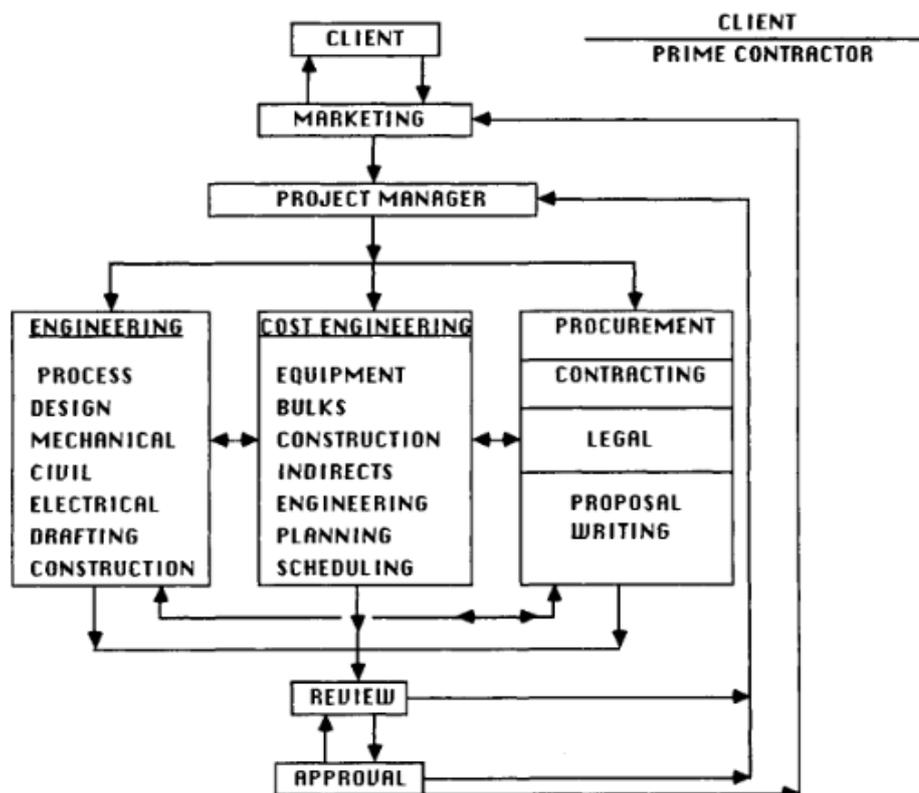
### Estimasi Oleh Perusahaan Teknik Dan Konstruksi

Sebagian besar organisasi pemilik tidak mempekerjakan staf yang dibutuhkan untuk menyiapkan estimasi alokasi terperinci, dalam hal ini mereka akan meminta layanan organisasi teknik dan konstruksi. Bergantung pada detail spesifikasi dan persyaratan klien, organisasi ini mungkin diminta untuk mengajukan penawaran pada kontrak lump-sum atau biaya plus. Harga penawaran lump-sum mudah dipahami, tetapi penawaran biaya plus dapat

memiliki beberapa variasi: biaya plus persentase biaya, biaya plus biaya tetap, jaminan maksimum dengan rumus penghematan terpisah, dan variasi lainnya. Undangan untuk mengajukan penawaran harus dikeluarkan untuk minimal tiga organisasi. Dengan asumsi bahwa klien mengajukan penawaran lump-sum (kasus yang membutuhkan presisi dan kepastian paling tinggi), proposal organisasi teknik dan konstruksi Tim dapat diorganisasikan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.1.

Dengan asumsi bahwa ini akan menjadi proyek besar, perusahaan rekayasa dan konstruksi atau kontraktor utama dapat memilih seorang manajer proyek yang akan memimpin dan mengawasi fase proposal. Manajer proyek yang sama kemudian dapat mengelola konstruksi jika proposal ini menjadi proyek. Manajer proyek harus memanfaatkan semua sumber daya organisasinya untuk menyiapkan proposal yang berhasil. Keuntungan dari menugaskannya sebagai penanggung jawab proposal adalah bahwa ia nantinya akan membangun pabrik (jika ia adalah penawar yang berhasil), dan ia harus memastikan keakuratan dan keandalan proposal. Perusahaan teknik dan konstruksi akan bersaing dengan perusahaan lain untuk mendapatkan proyek tersebut. Proposal tersebut harus kompetitif dan proyek akhirnya harus menguntungkan bagi perusahaan.

Daripada mempertimbangkan berbagai tahap aktivitas proposal yang melibatkan banyak disiplin ilmu secara bersamaan, sekarang kita akan melihat secara terpisah berbagai aktivitas dari setiap departemen utama. Uraian ini ditujukan untuk industri proses, tetapi komponennya dapat diterapkan pada semua jenis proyek.



Gambar 5.1 Organisasi proposal kontraktor umum untuk proyek besar.

### 5.3 DEPARTEMEN TEKNIK

Hampir setiap cabang teknik dapat terlibat dalam upaya proposal ini, terutama jika proyek tersebut rumit dan diinginkan. Departemen proses bertanggung jawab untuk mengusulkan desain yang paling ekonomis atau sejumlah skema alternatif yang lebih diinginkan. Diasumsikan bahwa pilihan proses yang sesuai telah dipersempit selama tahap awal. Alternatif akhir tentu saja akan bergantung pada aspek ekonomi dari masing-masing alternatif.

Departemen teknik akan menyiapkan diagram alir yang akan menjadi dasar untuk menghitung peralatan, tata letak pabrik, perpipaan, instrumentasi, dan kontrol. Pada titik ini fungsi semua peralatan proses akan ditentukan. Diharapkan, ukuran dan spesifikasi peralatan akan sesuai dengan peralatan di bank data yang dapat dirakit dengan biaya dan jadwal yang wajar. Akan ada kasus di mana spesifikasi tersebut akan memerlukan peralatan khusus atau tidak biasa, tetapi ini juga harus didasarkan pada evaluasi ekonomis. Di sinilah insinyur juga merupakan insinyur biaya atau di mana ia dapat menggunakannya untuk evaluasi.

Peralatan yang ukurannya terlalu besar sama tidak diinginkan dengan desain yang terlalu kecil, karena alasan yang jelas. Dalam ukuran yang terlalu besar, kapasitas peralatan yang berlebih akan lebih mahal dan dapat meningkatkan biaya produksi itu sendiri. Ukuran yang terlalu kecil adalah cara pasti untuk tidak memenuhi kriteria desain dan kapasitas pabrik, sehingga mengurangi pendapatan. Jika biaya pabrik yang sebenarnya melebihi perkiraan, kesalahannya mungkin terletak pada ukuran yang hanya memperhitungkan kriteria teknik dan mengabaikan biaya. Data yang dikembangkan oleh teknisi proses akan menjadi dasar untuk perhitungan selanjutnya oleh departemen teknik lain yang harus menghitung bagian mereka dari fasilitas yang diusulkan.

#### Desain

Tim desain memiliki tanggung jawab untuk menghitung dimensi fisik dari semua peralatan dan fasilitas yang terlibat dalam proyek. Proses ini mencakup berbagai elemen seperti pekerjaan sipil, mekanik, listrik, instrumentasi, serta fungsi utilitas pabrik. Beberapa perhitungan penting yang dilakukan meliputi:

1. **Pengukuran Peralatan dan Penawaran Awal:**
  - Tim perlu melakukan pengukuran akurat terhadap setiap peralatan yang akan digunakan dan kemudian berkolaborasi dengan departemen pengadaan untuk mendapatkan penawaran awal dari supplier. Hal ini krusial agar anggaran proyek dapat disusun dengan tepat.
2. **Pengukuran Bangunan dan Fondasi:**
  - Selain peralatan, tim juga harus mengukur dimensi bangunan serta menghitung fondasi dan pekerjaan tanah yang diperlukan. Ini memerlukan analisis struktural untuk memastikan bangunan mampu menahan beban yang akan diterima.
3. **Penyusunan Diagram Satu Garis dan Spesifikasi Listrik:**
  - Kelompok listrik bertanggung jawab untuk membuat diagram satu garis yang menunjukkan sistem kelistrikan pabrik serta menyusun spesifikasi untuk peralatan listrik dan gambar lainnya sesuai dengan kebutuhan daya yang ada.

#### 4. Identifikasi Kontrol yang Diperlukan:

- Departemen instrumentasi harus menentukan semua kontrol yang diperlukan oleh proses produksi, klien, atau departemen lain yang berkontribusi pada proyek. Ini termasuk pengaturan sistem kontrol otomatis untuk meningkatkan efisiensi operasional.

#### 5. Perhitungan Penggunaan Utilitas:

- Tim desain juga perlu menghitung kebutuhan utilitas seperti air, uap, gas alam, listrik, serta fasilitas pengolahan lainnya. Perhitungan ini penting untuk memastikan pabrik memiliki pasokan energi dan sumber daya yang cukup untuk beroperasi secara efektif.

Dengan mengikuti langkah-langkah ini secara terstruktur, kelompok desain dapat memastikan bahwa semua aspek teknis pabrik direncanakan dengan baik untuk mendukung kelancaran operasional di masa mendatang.

## 5.4 PENGAMBARAN DALAM PROSES DESAIN

### Peran dan Tanggung Jawab Departemen Perancangan

Departemen perancangan memainkan peran yang sangat krusial dalam setiap proyek konstruksi maupun industri. Tugas utama mereka adalah untuk menyiapkan berbagai gambar teknis yang dibutuhkan untuk mendukung proses perencanaan dan desain proyek. Gambar-gambar teknis ini tidak hanya berfungsi sebagai panduan visual, tetapi juga sebagai dokumen resmi yang sangat diperlukan untuk memastikan bahwa semua elemen proyek direncanakan dan dilaksanakan sesuai dengan standar yang berlaku.

#### Jenis-Jenis Gambar yang Disiapkan

1. Gambar Arsitektur Gambar arsitektur memberikan gambaran menyeluruh tentang desain bangunan, termasuk tata letak ruang, dimensi, serta elemen-elemen estetika yang membentuk tampilan visual bangunan. Ini adalah langkah pertama yang sangat penting untuk mewujudkan visi klien ke dalam bentuk fisik yang dapat dioperasikan. Dengan gambar ini, klien dan tim perancang bisa mendapatkan pemahaman yang jelas mengenai tampilan dan struktur bangunan.
2. Gambar Struktur Gambar struktur berfungsi untuk menggambarkan elemen-elemen struktural bangunan, seperti kolom, balok, dan fondasi. Gambar ini sangat penting untuk memastikan bahwa bangunan akan memiliki daya tahan yang cukup untuk menahan beban yang akan diterima. Dalam konteks keselamatan, gambar struktur harus sesuai dengan peraturan dan standar yang ada untuk menghindari potensi kerusakan atau kegagalan struktur bangunan.
3. Gambar Mekanik, Elektrik, dan Pipa (MEP) Departemen perancangan juga bertanggung jawab untuk menyiapkan gambar yang terkait dengan sistem mekanik, elektrik, dan perpipaan, yang dikenal dengan istilah MEP. Gambar-gambar MEP ini meliputi sistem pemanas, ventilasi, dan pendingin udara (HVAC), sistem kelistrikan, serta sistem perpipaan yang akan mendukung operasional bangunan atau fasilitas. Gambar MEP ini sangat penting untuk memastikan bahwa seluruh sistem berfungsi

dengan baik dan terintegrasi dengan elemen-elemen lain dalam desain bangunan.

4. Diagram Proses Dalam proyek-proyek industri, departemen perancangan biasanya juga menghasilkan diagram proses yang menggambarkan alur kerja dan hubungan antar berbagai elemen dalam sistem produksi. Diagram ini membantu tim untuk memahami bagaimana proses produksi akan berjalan dan di mana potensi masalah atau bottleneck mungkin muncul. Diagram proses juga penting untuk merencanakan efisiensi dan memastikan operasional yang lancar selama fase produksi.

### **Pengembangan Gambar Perpipaan**

Salah satu bagian yang sangat penting dalam penggambaran adalah pengembangan gambar perpipaan. Gambar ini merinci seluruh sistem perpipaan yang akan digunakan dalam proyek, mencakup informasi mengenai ukuran pipa, jenis material, serta rute perpipaan yang akan ditempuh. Aspek ini sangat vital dalam proyek-proyek industri yang membutuhkan pengangkutan fluida, seperti air, gas, atau bahan kimia, di mana keamanan dan efisiensi menjadi prioritas utama. Tanpa perencanaan sistem perpipaan yang tepat, risiko kebocoran atau kerusakan bisa berakibat fatal.

### **Kolaborasi dengan Departemen Lain**

Selain bertugas menyiapkan gambar teknis untuk kelompok perencanaan dan desain, departemen perancangan juga sering bekerja sama dengan departemen estimasi. Gambar-gambar teknis yang telah disiapkan akan digunakan oleh tim estimasi untuk menghitung biaya material dan tenaga kerja yang dibutuhkan dalam proyek. Dengan adanya gambar yang rinci dan akurat, estimasi biaya yang dilakukan akan lebih tepat dan realistis. Kolaborasi ini memastikan bahwa anggaran yang disusun tidak hanya mencakup bahan dan tenaga kerja, tetapi juga memperhitungkan biaya tak terduga yang mungkin muncul selama pelaksanaan proyek.

### **Presentasi kepada Klien**

Gambar-gambar yang disiapkan oleh departemen perancangan juga memainkan peran penting dalam komunikasi dengan klien. Dengan menggunakan gambar dan visualisasi yang jelas serta menarik, tim perancangan dapat menjelaskan konsep desain kepada klien dengan lebih mudah dan efektif. Hal ini memungkinkan klien untuk memberikan umpan balik, mengidentifikasi perubahan yang diperlukan, dan memastikan bahwa semua pihak memiliki pemahaman yang sama mengenai desain dan tujuan proyek. Dengan demikian, gambar-gambar teknis juga berfungsi sebagai alat komunikasi yang mendukung proses persetujuan dan perencanaan lebih lanjut.

Secara keseluruhan, penggambaran dalam proses desain adalah komponen fundamental dalam setiap proyek konstruksi atau industri. Departemen perancangan tidak hanya bertanggung jawab untuk menghasilkan gambar teknis yang akurat dan berkualitas tinggi, tetapi juga bekerja sama dengan berbagai departemen lain untuk memastikan bahwa proyek berjalan dengan lancar, efisien, dan sesuai anggaran. Dengan memanfaatkan penggambaran yang tepat, departemen perancangan memastikan bahwa setiap aspek proyek dapat dipahami dengan jelas dan dilaksanakan dengan tepat, menjadikannya landasan yang kokoh bagi keberhasilan proyek tersebut.

## **Konstruksi**

Konstruksi dapat menjadi bagian dari Teknik atau dapat menjadi departemen terpisah. Kelompok konstruksi mempertimbangkan aspek konstruksi dan memberikan komentar serta permintaan yang akan memastikan metode konstruksi yang paling cepat, ekonomis, dan aman. Departemen ini akan membantu Teknik Biaya dengan estimasi biaya dan perencanaan fase konstruksi.

### **Departemen Teknik Biaya**

Semua data yang disiapkan oleh departemen teknik dikirim ke Teknik Biaya untuk persiapan estimasi biaya. Harus ada komunikasi yang konstan antara kedua departemen sehingga hanya informasi yang diperlukan yang dikembangkan dan diproduksi secara efisien. Ini menghindari pemborosan waktu dan tenaga pada opsi yang tidak lagi dipertimbangkan.

Sementara Teknik mengembangkan data yang diperlukan, seorang insinyur biaya senior dengan satu atau dua perwakilan teknik membuat survei pra-estimasi. Sementara itu, anggota lain dari departemen teknik biaya mengumpulkan data biaya internal yang akan digunakan untuk estimasi.

Setelah membaca permintaan penawaran klien dan menerima semua data dari Teknik, Estimasi mengembangkan estimasi proposal. Estimasi ini akan mencakup pengambilan material, estimasi biaya massal dan peralatan, biaya yang diperoleh dari pemasok luar melalui departemen pengadaan, dan estimasi biaya konstruksi. Jika ini akan menjadi kontrak lump-sum, jika terjadi kelebihan biaya, kontraktor mungkin harus menanggung kerugiannya. Satu-satunya kemungkinan lain adalah permintaan uang lebih banyak dari klien (agak tidak mungkin) atau pembatalan proyek (praktik bisnis yang buruk).

Jadi estimasi ini harus selengkap dan seakurat mungkin. Rekayasa biaya terpadu mengharuskan kelompok perencanaan dan penjadwalan menyiapkan jadwal proyek, seperti yang dijelaskan dalam Bagian IV. Ini harus benar-benar sesuai dengan estimasi biaya dan harus mengikuti garis besar yang sama. Jika sistem PERT digunakan, biaya dan jadwal dapat digabungkan.

### **Pengadaan**

Pengadaan telah disebutkan sebelumnya, tetapi beberapa diskusi tambahan diperlukan. Ketika departemen teknik merancang peralatan yang dibutuhkan, departemen pengadaan harus menghubungi vendor luar untuk memeriksa ketersediaan peralatan dan biayanya. Rekayasa Biaya juga akan memerlukan informasi biaya luar untuk melengkapi atau memverifikasi data internal.

### **Kontrak**

Departemen kontrak dapat menjadi bagian dari pengadaan atau dapat terpisah. Pada dasarnya, kelompok ini menangani semua fase pekerjaan konstruksi yang dapat disubkontrakkan ke perusahaan luar. Seorang perwakilan kelompok dapat terlibat dalam survei pra-perkiraan untuk mengevaluasi ketersediaan tenaga kerja, misalnya, dan biayanya. Selama konstruksi, Kontrak juga dapat terlibat dalam perekrutan tenaga kerja langsung jika sebagian pekerjaan konstruksi harus dilakukan oleh kontraktor utama.

### **Tinjauan Dan Persetujuan Atas Perkiraan**

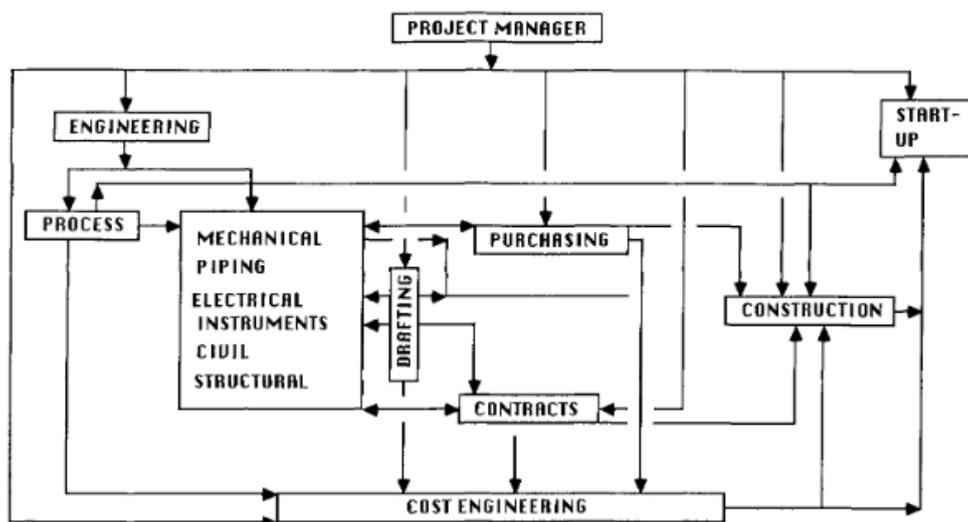
Tinjauan atas perkiraan itu penting. Ketika proposal ini menjadi pekerjaan, semua departemen harus menerimanya. Kehati-hatian yang tinggi harus diambil untuk memastikan bahwa berbagai departemen tidak terlalu konservatif dalam asumsi dan perhitungan mereka. Mungkin ada dua atau lebih organisasi lain yang bersaing untuk proyek yang sama ini. Penawaran yang "aman" mungkin berarti tidak ada proyek untuk perusahaan konstruksi. Lihat Bab 7. Setelah perkiraan disetujui oleh semua departemen terkait, perkiraan tersebut disampaikan kepada manajemen atas untuk persetujuan akhir.

Ini juga merupakan waktu ketika laba harus ditambahkan ke total biaya. Laba dihitung dengan bantuan departemen pemasaran. Diharapkan untuk mengetahui kisaran harga pasar keseluruhan yang dapat diterima. Di sinilah manajemen harus memastikan bahwa antusiasme departemen pemasaran untuk mendapatkan proyek tidak akan menyebabkan kerugian laba yang tidak wajar. Langkah terakhir adalah mengirimkan proposal kepada klien. Desain dan konstruksi akan dimulai setelah proposal ditinjau dan kata-kata positif klien untuk satu atau beberapa organisasi diberikan.

## 5.5 PELAKSANAAN PROYEK

Begitu kontrak diberikan, organisasi penawar yang berhasil dimobilisasi untuk menghasilkan apa yang diusulkan dalam penawaran mereka: sebuah proyek yang harus diselesaikan sesuai anggaran dan jadwal. Beberapa fase pelaksanaan proyek yang terkenal diuraikan oleh seorang penulis anonim sebagai berikut:

1. Antusiasme Kekecewaan Kepanikan
2. Pencarian yang bersalah Hukuman bagi yang tidak bersalah
3. Pujian dan penghargaan bagi yang tidak berpartisipasi
4. Bab ini akan membahas aspek yang lebih teknis dari pelaksanaan proyek.



**Gambar 5.2 Pelaksanaan Proyek: Hubungan Antar Departemen.**

Salah satu tujuan pertama adalah menyusun tim proyek. Dengan asumsi bahwa seorang manajer proyek memimpin upaya proposal, maka menjadi tanggung jawabnya untuk menyusun tim ini. Hal yang sama berlaku jika seorang manajer baru ditunjuk. Tim ini akan

diperlukan terlepas dari apakah organisasi tersebut berfungsi berdasarkan prinsip gugus tugas atau tidak: harus selalu ada inti yang bertanggung jawab atas proyek tertentu. Untuk "proyek super," organisasi terpisah dapat dibentuk. Proyek yang lebih kecil dapat memperoleh semua dukungannya dari departemen yang ada tanpa membentuk identitas yang terpisah.

Menetapkan tujuannya di awal akan memaksa gugus tugas untuk memperoleh pemahaman mendasar tentang apa yang ingin dibangunnya. Perubahan sekarang atau kapan saja selama pelaksanaan proyek hanya dapat dilakukan jika dapat mengurangi biaya atau memperpendek jadwal. Jika ada perubahan yang diusulkan yang akan meningkatkan kinerja pabrik, perubahan tersebut harus dievaluasi berdasarkan biaya dan jadwal. Inilah saatnya tanggung jawab harus ditetapkan, pendelegasian wewenang ditentukan, dan tim dibentuk. Struktur organisasi untuk pelaksanaan proyek di perusahaan teknik dan konstruksi dapat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.

### **Manajer Proyek**

Gambar 2.2 didasarkan pada asumsi bahwa proyek akan dipimpin oleh seorang manajer proyek. Ia akan memiliki tanggung jawab, wewenang, dan akuntabilitas penuh untuk penyelesaian proyek yang sukses. Telah disebutkan sebelumnya bahwa ia akan mendelegasikan tanggung jawab dan wewenang kepada manajer lain dalam timnya. Manajer proyek dapat dibandingkan dengan konduktor orkestra. Keberhasilan orkestra ini bergantung pada bakat para musisinya dan bakatnya sendiri.

Konduktor yang tidak kompeten akan menghasilkan hasil yang sederhana bahkan dari musisi terbaik; konduktor yang baik dapat mengubah yang kalah menjadi pemenang. Kemampuan manajer proyek sangat menentukan hasil proyek. Pada dasarnya, manajer proyek harus mengetahui kemampuan manajernya dan timnya; ia harus mengetahui apa tujuannya dan memastikan bahwa timnya juga mengetahui hal yang sama.

Ia harus menjadi seorang manajer dan berpengalaman dalam berurusan dengan publik, kompeten, berpengetahuan luas, dan mampu mengambil tindakan korektif yang tegas bila diperlukan. Untuk memudahkan penjelasan, kita akan menganggap bahwa proyek kita dilaksanakan oleh satuan tugas dengan manajer proyek sebagai pemimpin proyek teratas yang akan meninjau dan mengoordinasikan semua kegiatan utama.

### **Insinyur Proyek**

Insinyur proyek pada dasarnya adalah manajer proyek mini yang bertanggung jawab atas bagian-bagian proyek seperti desain sipil, mekanik, listrik, atau area lain di lokasi konstruksi. Pada dasarnya, biaya dan jadwal adalah tanggung jawab insinyur proyek. Ia adalah spesialis di bidangnya sendiri. Ia adalah orang yang harus mengetahui denyut pekerjaan yang menjadi tanggung jawabnya.

Ia adalah orang yang akan meninjau biaya dan jadwal, memperkirakan pekerjaan dan biaya di masa mendatang, dan menyelesaikan semua masalah yang tidak memerlukan perhatian manajer proyek.

### **Proses**

Departemen proses akan meninjau perhitungan yang dibuat selama tahap proposal,

dan diharapkan tidak akan mengubah atau mengubahnya secara signifikan. Untuk pabrik proses, ini akan mencakup perhitungan seperti penurunan tekanan, suhu, dan aliran untuk setiap peralatan yang diusulkan, perhitungan permukaan penukar panas, diameter menara, jumlah baki, dan tenaga kuda peralatan. Rekayasa Proses akan mengembangkan diagram aliran proses dan menunjukkan semua jalur beserta suhu, diameter, katup, dan kontrolnya, serta menyiapkan diagram utilitas dan lembar aliran mekanis.

Sebagian besar data yang dikembangkan harus disertakan dalam spesifikasi peralatan, yang akan disertakan dalam undangan untuk mengajukan penawaran. Spesifikasi tersebut akan menjadi spesifikasi yang akan digunakan untuk membangun peralatan dan yang akan digunakan untuk mengukur kinerjanya.

### **Desain**

Pada tahap desain, persyaratan klien dan spesifikasi proses akan berbentuk pabrik yang akan dibangun, meskipun pada tahap ini desain hanya akan dibuat di atas kertas. Banyak disiplin ilmu teknik yang akan terlibat dalam tahap ini, tetapi beberapa yang terpenting, tergantung pada jenis proyek, adalah

1. Teknik mesin
2. Teknik perpipaan
3. Teknik listrik
4. Teknik instrumentasi
5. Teknik sipil
6. Teknik struktur

### **Mekanik**

Berdasarkan data yang dikembangkan oleh kelompok proses, kelompok teknik mesin akan menghitung semua mesin untuk menangani media yang dibutuhkan pada aliran, tekanan, dan suhu yang ditentukan. Bagian terpisah dalam kelompok ini dapat membuat perhitungan mekanis untuk peralatan proses. Untuk desain peralatan standar, katalog vendor menghemat waktu, tetapi untuk mesin khusus dan peralatan proses, pemasok luar harus dihubungi. Menggunakan peralatan yang tersedia akan membantu memodifikasi beberapa aspek desain dan membuat kompromi antara peralatan yang diinginkan dan yang tersedia.

Departemen ini dapat mengetahui apakah peralatan khusus dapat dibuat secara ekonomis. Beberapa penelitian tentang peralatan khusus dilakukan selama tahap estimasi. Sekarang datanya harus diselesaikan. Sebagian besar penelitian eksternal harus diarahkan melalui Pengadaan, karena akan menghasilkan pembelian pada akhirnya. Semua spesifikasi dan perhitungan harus jelas, ringkas, dan final untuk menghindari biaya tambahan di masa mendatang dan kemungkinan penundaan.

### **Perpipaan**

Kilang minyak dan pabrik kimia memerlukan banyak sekali perpipaan. Beberapa akan berdiameter besar, beberapa kecil, beberapa dari material standar, beberapa eksotis. Sebagian besar akan bekerja pada suhu yang berbeda dan mungkin memerlukan isolasi. Perpipaan merupakan bagian penting, karena biaya tenaga kerja untuk pemasangan di lapangan dapat mencapai 50% dari biaya konstruksi.

Untuk beberapa pabrik yang rumit, model harus dibuat untuk membantu tata letak perpipaan dan memfasilitasi pemasangan di lapangan. Model tersebut juga dapat digunakan selama pengoperasian pabrik. Kelompok perpipaan, dengan bantuan dari Drafting, akan menyiapkan paket penawaran yang akan digunakan untuk memperoleh penawaran konstruksi.

### **Kelistrikan**

Dengan menggunakan diagram alir yang akan menunjukkan semua penggerak listrik dan mesin lainnya sebagaimana ditentukan oleh kelompok mekanik, kelompok kelistrikan akan mengembangkan diagram satu baris. Diagram ini akan menunjukkan semua motor dan tenaga kudanya, voltase, pusat kendali motor, dan transformator. Dengan informasi ini, perusahaan utilitas dapat dihubungi untuk memasok daya yang dibutuhkan. Mudah-mudahan, hal ini telah diatur sebelumnya oleh klien pada tahap awal proyek, terutama jika proyek tersebut akan menggunakan daya dalam jumlah besar.

Jika instrumentasi dan kontrol proyek bersifat elektronik, desainnya harus dikoordinasikan secara erat dengan kelompok instrumentasi. Semua perhitungan akan dilakukan oleh kelompok listrik; namun, departemen perancangan akan menyiapkan gambar yang dibutuhkan untuk paket penawaran dan konstruksi pabrik.

### **Instrumentasi**

Dengan meningkatnya biaya personel operasi, pabrik menjadi semakin otomatis. Beberapa pabrik mungkin hanya memiliki instrumen pneumatik, beberapa elektronik, sementara yang lain mungkin dikendalikan oleh komputer. Dengan menggunakan diagram perpipaan dan instrumentasi yang diterima dari insinyur proses, kelompok instrumentasi akan menentukan atau menghitung semua instrumen, kontrol, katup kontrol, penganalisis, dan perekam yang dibutuhkan.

Panel kontrol harus dirancang sedemikian rupa sehingga mudah dibaca dan akan mengakomodasi semua instrumen yang dipasang di panel. Jumlah instrumentasi yang ditentukan harus pada dasarnya sama seperti pada tahap estimasi. Namun, jika klien memerlukan kontrol lebih dari yang disediakan, hal ini harus ditangani dengan perintah perubahan. Kontraktor harus dapat menutup biaya tambahan tersebut. Koordinasi dengan departemen listrik, proses, dan pembelian sangat penting.

### **Sil**

Untuk sebagian besar proyek dengan tanah yang relatif baik, departemen sipil hanya akan menangani fondasi. Untuk proyek yang sangat rumit dengan tanah yang buruk, tiang pancang mungkin diperlukan, dermaga mungkin harus dibangun, dan teluk dikeruk. Jika bukit harus dipotong dan elevasi rendah harus ditimbun, departemen sipil dapat memainkan peran utama di awal fase konstruksi. Biasanya, aktivitas sipil akan dilakukan terlebih dahulu di lokasi kerja dan, dengan cara tertentu, merupakan "fondasi" suatu proyek.

Operasi ini harus diselesaikan tepat waktu. Meskipun diasumsikan bahwa tanah telah diselidiki pada tahap awal proyek, kunjungan lain ke lokasi kerja pada tahap ini sangat penting. Departemen teknik sipil akan merancang dan menghitung semua fondasi, termasuk penggalian dan penimbunan kembali, pengaspalan dan drainase, jalur rel kereta api, dan jalan

akses. Perhitungan ini kemudian diteruskan ke Drafting, yang menyiapkan gambar yang diperlukan dan paket penawaran.

### **Struktural**

Dengan menggunakan semua data dari kelompok teknik lainnya, departemen struktur akan merancang rak pipa, penyangga struktural, platform kerja, dan semua bangunan yang diperlukan untuk menampung peralatan, termasuk derek yang diperlukan. Aktivitas struktural dapat mengikuti pekerjaan sipil, tetapi konstruksi dengan baja yang tertanam dalam beton akan menjadi aktivitas paralel. Karena pekerjaan struktural ini akan mendukung perpipaan dan peralatan, maka pekerjaan tersebut harus dikoordinasikan dengan baik dengan aktivitas desain dan perancangan lainnya.

### **Desain/Perancangan**

Seperti yang ditunjukkan di atas, sebagian besar pekerjaan desain dilakukan oleh berbagai disiplin dan fungsi teknik. Namun, desain detail dan perancangan aktual dilakukan oleh departemen desain/perancangan. Ini adalah departemen atau kelompok yang meletakkan semua perhitungan teknik pada gambar yang digunakan untuk konstruksi proyek aktual. Di sisi lain, gambar yang digunakan untuk paket penawaran tidak boleh terlalu rinci—gambar tersebut bukanlah gambar konstruksi aktual. Namun, untuk menghindari masalah yang mahal selama konstruksi, gambar-gambar ini harus sejelas dan selengkap mungkin.

Gambar-gambar ini, bersama dengan Spesifikasi Teknik dan Ketentuan Umum,” akan menjadi dokumen dasar untuk kontrak konstruksi. Masalah biaya dan penjadwalan di masa mendatang serta kemungkinan tindakan hukum dapat dihindari dengan memastikan bahwa gambar-gambar ini lengkap, jelas, dan tidak terbuka untuk interpretasi. Selama seluruh tahap desain, proposal dasar atau estimasi alokasi dan ruang lingkup harus menjadi faktor pemandu. Tidak ada perubahan yang dapat dilakukan hingga dievaluasi sepenuhnya, terlepas dari keadaannya. Perubahan tidak boleh dimasukkan ke dalam desain hingga biaya, jadwal, dan dampak kinerja dijelaskan kepada manajemen dan klien.

Tidak boleh ada perubahan di bawah tekanan untuk menyenangkan klien atau departemen operasi. Memperkenalkan perubahan pada tahap desain tanpa sepenuhnya memahami dan menerima dampaknya akan menyenangkan sebagian orang, tetapi perubahan tersebut merupakan benih untuk masalah lebih lanjut. Selama seluruh fase desain untuk proyek tersebut, desain harus ditinjau oleh departemen lain yang berkepentingan dan, secara bersamaan, harus ditinjau dari sudut pandang keselamatan dan operasional. Lebih mudah membuat perubahan di atas kertas daripada saat pabrik sedang dibangun, siap dioperasikan, atau sudah beroperasi. Waktu, uang, dan pendapatan dapat dihemat jika konstruksi tidak tertunda dan operasi tidak terganggu.

### **Pembelian**

Fungsi departemen pembelian telah disebutkan dalam beberapa contoh sejauh ini. Personel pembelian aktif dalam tahap desain untuk memastikan bahwa peralatan yang ditentukan tersedia di pasar dan kompetitif. Pembelian harus menyimpan daftar terkini dari pabrik pembuat peralatan utama dan pemasok material curah, sebaiknya berdasarkan

wilayah geografis. Mereka harus menyadari masalah pengiriman, tren pasar, dan produk serta peralatan baru.

Setelah menyelesaikan dokumen penawaran, Pembelian akan meminta penawaran akhir untuk semua peralatan. Ini harus mencakup pemasok yang telah mengajukan penawaran kompetitif selama tahap desain dan estimasi. Diharapkan sepenuhnya, peralatan akhir tidak akan terlalu berbeda dari yang tercantum dalam estimasi awal. Jika peralatannya berbeda, kinerjanya dan biayanya akan lebih menarik. Setelah menerima minimal tiga penawaran, Pembelian mengajukan penawaran ke departemen terkait, dengan analisis dan rekomendasi mereka sendiri berdasarkan pengetahuan Pembelian tentang pemasok atau produsen.

Setelah keputusan telah dibuat mengenai pemenang lelang, departemen teknik akan mengeluarkan permintaan pembelian. Permintaan pembelian ini akan menjadi dasar untuk perintah pembelian. Perintah pembelian harus berupa dokumen yang mencakup semuanya. Perintah pembelian harus menentukan apa yang akan dibeli, jumlah, kualitas, tanggal pengiriman, tempat pengiriman, syarat dan ketentuan pembayaran, garansi, dan tentu saja, biayanya. Biaya harus tetap atau harus mencakup eskalasi apa pun yang berlaku. Pemasok harus setuju dengan perintah pembelian atau pengecualian negara bagian, yang harus disetujui sebelum penandatanganan akhir pada perintah pembelian.

Percepatan merupakan bagian integral dari fungsi pembelian. Tanggung jawab utamanya adalah memastikan bahwa peralatan dan material akan dikirimkan sesuai yang dijanjikan dalam perintah pembelian, menindaklanjuti kemajuan, mengungkap area masalah, dan secara umum memastikan bahwa pemasok menepati tanggal pengiriman yang dijanjikan. Sebagian besar pekerjaan ekspediter dilakukan melalui telepon, tetapi kunjungan lapangan sering kali diperlukan karena lebih efektif, terutama saat ada masalah. Beberapa organisasi dapat menggabungkan inspeksi dengan pembelian dan bahkan percepatan. Tugas ekspediter dan inspektur saling bertentangan.

Ekspediter berkepentingan untuk mendapatkan peralatan tepat waktu, sementara inspektur berkepentingan untuk mendapatkan peralatan berkualitas. Meskipun ekspediter tidak harus menjadi insinyur, inspektur harus menjadi insinyur. Jika ada masalah yang ditemukan oleh salah satu departemen yang dapat memengaruhi jadwal, Perencanaan dan Penjadwalan harus segera diberitahu untuk menghitung hasilnya dan untuk melihat apakah penjadwalan ulang diperlukan. Dalam kasus seperti itu, manajer proyek harus diberi tahu. Agar proyek kembali sesuai jadwal, bantuan dari manajemen puncak mungkin harus diminta. Semua anggota tim harus mengingat bahwa pekerjaan mereka berkontribusi pada tujuan akhir proyek.

### **Subkontrak**

Aktivitas departemen subkontrak pada dasarnya sama dengan Pembelian, tetapi mereka menangani kontrak konstruksi di mana pekerjaan dilakukan oleh subkontraktor. Alih-alih mengirimkan permintaan penawaran untuk peralatan dan material curah, subkontraktor mengirimkan paket penawaran. Hal ini dibahas secara rinci dalam Bab 9. Dokumen dasar yang

digunakan dengan subkontraktor adalah kontrak, bukan perintah pembelian, seperti yang akan digunakan untuk membeli peralatan. Ini lebih rumit, karena melibatkan orang yang bekerja di lokasi konstruksi itu sendiri.

Departemen subkontrak harus memiliki daftar terkini subkontraktor yang tersedia di area tersebut untuk semua pekerjaan yang dibutuhkan: sipil, mekanik, listrik, dll. Departemen ini harus memahami kontrak serikat pekerja, tanggal kedaluwarsa, dan masalah yurisdiksi. Klien atau kontraktor utama tidak terlibat langsung dengan serikat pekerja, tetapi harus memahami perjanjian kerja atau kondisi kerja yang berlaku. Dalam kasus subkontrak lump-sum, mungkin tidak banyak masalah dalam organisasi karena semua masalah ketenagakerjaan ditangani oleh subkontraktor. Namun, hal ini mungkin tidak terjadi dengan kontrak biaya plus, di mana subkontraktor diganti semua biayanya. Kontrak konstruksi harus berupa dokumen yang lengkap.

Kontrak tersebut harus secara jelas menyebutkan cakupan pekerjaan, biaya dasar, bagaimana pekerjaan tambahan akan ditangani, jadwal, bagaimana penundaan yang dijadwalkan akan dinegosiasikan, jumlah pengawasan yang terlibat, kualitas pekerjaan, ketentuan pembayaran, dan apa yang merupakan pekerjaan yang diselesaikan dengan memuaskan. Kontrak konstruksi harus secara spesifik menyebutkan laporan apa yang akan diminta oleh pemilik atau firma teknik dan konstruksi, kapan laporan tersebut akan disiapkan dan seberapa sering laporan tersebut dibuat, bagaimana status konstruksi akan ditinjau oleh klien, dan keterlibatan klien jika terjadi masalah.

Sangat disarankan agar kontrak tersebut menyebutkan dokumen dan analisis akhir apa yang diperlukan saat penyelesaian proyek. Jika klien ingin membangun bank data biaya konstruksi, hanya kontraktor yang mengerjakannya yang dapat menyediakan biaya tersebut.

### **Konstruksi Lapangan**

Selama fase konstruksi lapangan, proyek tersebut mulai terbentuk secara fisik. Seluruh aktivitas konstruksi lapangan berada di bawah tanggung jawab manajer proyek. Jika manajer proyek tidak ada di tempat, dan sering kali manajer proyek tidak berada di lokasi kerja, manajer proyek diwakili oleh pengawas konstruksi. Kepala bagian klien bertanggung jawab untuk mengoordinasikan kegiatan semua kontraktor dan subkontraktor. Asisten langsungnya adalah teknisi proyek, yang mungkin merupakan orang yang sama yang bertanggung jawab atas tahap desain.

Untuk menjalankan fungsinya dengan memuaskan, personel lapangan klien dan kontraktor harus memahami ruang lingkup pekerjaan mereka, kontrak dan ketentuan konstruksi, peralatan, dan semua prosedur pemasangan. Siapa pun yang pernah mengerjakan proyek besar mengetahui pentingnya manajemen yang cakap, perencanaan yang baik, dan koordinasi selama tahap konstruksi. Selama tahap inilah tunjangan kontinjensi dalam dolar dikeluarkan. Ini bisa jadi karena kontinjensi waktu, atau float, sering dikeluarkan selama tahap desain. Ini dibahas lebih mendalam di Bagian IV.

Tergantung pada ukuran proyek, tahap konstruksi dapat berlangsung dari satu tahun hingga lima tahun, dan dapat mewakili sebanyak 75% dari total biaya proyek. Masalah konstruksi harus dikenali jauh sebelum masalah itu muncul. Pada beberapa proyek, ribuan

orang akan berpartisipasi dalam fase konstruksi. Orkestrasi mereka harus sedekat mungkin dengan kesempurnaan untuk menghindari penundaan besar-besaran dan kelebihan waktu.

### **Pemasangan Pabrik dan Penerimaan Akhir**

Permulaan adalah titik di mana proyek harus menghasilkan apa yang dirancang untuk diproduksi, baik dalam kuantitas maupun kualitas. Permulaan yang tidak berhasil dapat menghancurkan ekonomi proyek, merusak reputasi kontraktor, dan mendorong pemilik kebangkrutan. Setelah pra-permulaan yang berhasil, pabrik dibawa ke kapasitas produksi yang diharapkan.

Prosedur uji penerimaan ditetapkan oleh kontrak dasar. Umumnya, pabrik harus menghasilkan produk tertentu untuk jangka waktu tertentu (mungkin 72 jam). Setelah berhasil diselesaikan, pabrik diterima oleh klien dan diserahkan kepada personel operasinya. Kecuali untuk jaminan, ini adalah akhir proyek.

## **5.6 REKAYASA BIAYA**

Semua yang dijelaskan sejauh ini dalam bab ini sangat penting bagi insinyur biaya, karena semua fase proyek dapat dinyatakan dalam waktu dan uang. Bagian terakhir dari bab ini akan mempertimbangkan peran rekayasa biaya dalam organisasi teknik dan konstruksi. Peran rekayasa biaya dalam organisasi pemilik akan dibahas dalam bab-bab lain di seluruh buku ini. Ada banyak sekali pustaka tentang bagaimana semua cabang rekayasa dan pengadaan berkontribusi pada penyelesaian proyek yang sukses.

Bab ini telah menjelaskan berbagai peran rekayasa sehingga keterkaitan dengan rekayasa biaya dapat ditunjukkan. Gambar 5.2 mencerminkan keterkaitan ini sejak pemberian kontrak hingga penerimaan pabrik. Gambar 5.1 menunjukkan keterlibatan rekayasa biaya hanya dalam tahap estimasi. Peran rekayasa biaya dalam tahap pelaksanaan proyek sama pentingnya. Pada dasarnya, fungsinya akan mencakup:

1. Anggaran proyek
2. Bantuan selama tahap desain Evaluasi penawaran
3. Kontrol dan peramalan biaya Tinjauan pekerjaan tambahan Perencanaan dan penjadwalan

### **Anggaran Proyek**

Begitu proyek diperoleh, kontraktor utama yang berhasil harus mulai mengeluarkan uang barang-barang dengan pengiriman lama harus dipesan sesegera mungkin. Alih-alih menunggu penyelesaian desain keseluruhan, estimasi proposal harus disempurnakan dan dikeluarkan sebagai anggaran proyek. Hal ini diperlukan untuk memastikan bahwa pengadaan dilakukan sesuai dengan konsep awal dan dalam anggaran yang diestimasikan. Ketika fase desain telah selesai sekitar 40%, estimasi definitif harus disiapkan.

Estimasi definitif atau kontrol ini harus dibuat sedemikian rinci untuk menunjukkan semua peralatan dengan spesifikasi dan karakteristik fisik, pengambilan material curah lengkap dengan biaya, jam kerja konstruksi, semua fasilitas pendukung konstruksi, dan semua biaya tidak langsung. Anggaran harus didistribusikan ke semua departemen terkait dan digunakan sebagai pedoman terperinci mereka.

### **Bantuan Selama Tahap Desain**

Perhitungan desain yang dibuat selama tahap proposal tidak bersifat definitif maupun final. Selama desain proyek yang sebenarnya, semua perhitungan harus ditinjau dan diselesaikan. Beberapa studi mungkin harus dilakukan untuk menghasilkan desain yang lebih ekonomis untuk beberapa komponen. Rekayasa Biaya harus diminta untuk memperkirakan berbagai alternatif dan memastikan bahwa desain tidak menyimpang secara tidak menguntungkan dari anggaran.

### **Evaluasi Penawaran**

Beberapa organisasi rekayasa dan konstruksi sebenarnya hanyalah perusahaan rekayasa. Mereka membeli semua peralatan dan material serta mensubkontrakkan sebagian besar pekerjaan konstruksi. Namun, perusahaan lain dapat mempekerjakan sebagian besar tenaga kerja konstruksi dan hanya mensubkontrakkan beberapa pekerjaan yang sangat terspesialisasi. Semua penawaran untuk peralatan dan material curah harus ditinjau oleh departemen rekayasa biaya untuk memastikan kesesuaian dengan anggaran. Dengan menggunakan paket penawaran, Rekayasa Biaya harus membuat perkiraan pemeriksaan, yang akan berfungsi untuk membandingkan paket penawaran dengan anggaran dan juga untuk memverifikasi penawaran eksternal.

### **Kontrol dan Perkiraan Biaya**

Ini adalah fungsi utama insinyur biaya selama fase konstruksi, seperti yang ditunjukkan pada Bagian III. Insinyur biaya atau para insinyur harus terus-menerus meninjau biaya pekerjaan yang ada, persentase fisik yang selesai dengan bantuan Perencanaan dan mengevaluasi biaya penyelesaian, berdasarkan status hingga saat ini.

Insinyur biaya harus mengenali tren yang tidak menguntungkan dan menyampaikannya kepada para insinyur proyek, manajer konstruksi, atau manajer proyek itu sendiri. Rekayasa biaya bukanlah fungsi layanan tetapi bagian integral dari manajemen konstruksi. Yang lain mungkin terlalu sibuk membangun pabrik untuk mengkhawatirkan biaya dan jadwal, yang merupakan tanggung jawab tunggal insinyur biaya.

### **Tinjauan Pekerjaan Tambahan**

Pekerjaan tambahan adalah fakta kehidupan dalam pembangunan proyek apa pun. Terlepas dari seberapa baik pabrik dirancang, berapa banyak yang telah diselesaikan, dan apa spesifikasi penawaran akhir, perubahan dan penambahan selalu ada. Karena kurangnya persaingan untuk pekerjaan tambahan subkontraktor sudah siap mengerjakan pekerjaan insinyur biaya harus terus-menerus meninjau perubahan untuk ruang lingkup dan biaya. Catatan yang baik harus disimpan, karena kurangnya definisi dan dokumentasi pekerjaan tambahan merupakan akar dari banyak masalah kontrak.

### **Perencanaan dan Penjadwalan**

Jadwal yang diserahkan kepada klien bersama dengan penawaran akan menjadi dokumen yang mengikat, meskipun ini mungkin hanya mencakup aktivitas atau acara penting. Jadwal "milestone" dapat digunakan pada tahap awal proyek, tetapi seiring dengan kemajuan pekerjaan dan semakin banyaknya detail yang diketahui, jadwal dapat diperluas sesuai dengan itu. Dengan kata lain, tidak perlu memiliki jadwal konstruksi terperinci selama

fase rekayasa awal hanya jadwal rekayasa terperinci yang diperlukan pada tahap ini. Jadwal harus paralel dengan aktivitas yang ditunjukkan dalam estimasi dan harus disiapkan oleh Cost Engineering dengan kerja sama semua departemen yang terlibat.

Ketika perintah pembelian atau subkontrak diberikan, jadwalnya harus sesuai dengan jadwal proyek induk. Perencanaan adalah salah satu alat dasar dalam pelaksanaan proyek. Tanpa itu, kekacauan dapat terjadi. Bagian IV akan dikhususkan sepenuhnya untuk perencanaan, tetapi beberapa kata pada tahap ini akan membantu. Sebagian besar proyek dimulai dengan tanggal akhir yang tetap, yang ditentukan oleh klien, pasar, persaingan, atau kombinasi faktor-faktor. Pertama, harus ditentukan apakah tanggal tersebut realistis. Jika demikian halnya, semua aktivitas harus dikoordinasikan agar sesuai dengan tanggal tersebut.

Sementara beberapa anggota tim mungkin percaya bahwa tidak ada masalah yang tidak dapat diselesaikan dengan uang, ini tidak demikian jika seseorang menganggap bahwa proyek tersebut dilakukan hanya karena menarik secara ekonomi berdasarkan jumlah tertentu untuk investasi modal. Pada tahap desain, banyak insinyur mencoba merancang pabrik yang sempurna. Namun sementara keselamatan dan pengoperasian harus menjadi bagian integral dari desain, waktu adalah faktor pembatas. Itulah sebabnya Perencanaan dan Penjadwalan harus terus memantau kemajuan.

Perencanaan di lokasi konstruksi merupakan tanggung jawab insinyur perencanaan. Tentu saja seluruh tim manajemen konstruksi peduli dengan penjadwalan, tetapi insinyur perencanaan menjawab pertanyaan-pertanyaan seperti: Fasilitas apa yang harus siap kapan? Apa yang harus dibangun terlebih dahulu, apa yang akan menyusul, apa yang dapat dijadwalkan ulang jika terjadi masalah? Berapa banyak tenaga kerja yang dibutuhkan kapan, dalam bidang apa, untuk berapa lama?

## 5.7 KONTRIBUTOR LAINNYA

Sekarang setelah kontribusi Proses, Desain, Rekayasa Biaya, dan Pengadaan telah dijelaskan secara singkat, mungkin akan membantu untuk menjelaskan bantuan dari departemen lain.

### **Akuntansi**

Satu departemen yang sangat terlibat dalam proyek adalah departemen akuntansi. Secara sederhana, peran Akuntansi dapat didefinisikan sebagai berikut: Akuntansi menangani uang "nyata", jumlah yang benar-benar dibayarkan, piutang dan hutang. Sebaliknya, Rekayasa Biaya menangani masalah keuangan di masa mendatang berapa biaya yang diperlukan untuk membangun pabrik. Biasanya, pembayaran dan bahkan hutang usaha terlambat beberapa bulan dari pekerjaan yang sedang berlangsung.

Rekayasa Biaya lebih memperhatikan biaya pekerjaan yang sedang berlangsung daripada pembayaran karena uang ini akan jatuh tempo tepat waktu; uang ini sudah dikomitmenkan dan tidak tersedia untuk pekerjaan lain. Hanya biaya pekerjaan yang sedang berlangsung yang ditambahkan ke biaya penyelesaian yang akan memberikan proyeksi biaya akhir proyek yang sebenarnya. Bab 4 akan membahas peran Akuntansi dan banyak area abu-abu serta kesalahpahaman yang mungkin terjadi antara departemen ini dan Rekayasa Biaya.

**Departemen Hukum**

Beberapa pesanan pembelian besar mungkin harus ditinjau dan disetujui oleh departemen hukum. Semua subkontrak harus ditinjau dan disetujui oleh departemen hukum. Jika subkontraktor mempekerjakan pekerja yang tergabung dalam serikat pekerja, bantuan hukum mungkin diperlukan. Kontrak dengan dasar biaya plus, jika tidak didokumentasikan dan dikontrol dengan benar, sering kali berakhir di pengadilan. Pembayaran akhir tidak dilakukan hingga pelepasan hak gadai ditandatangani. Masalah hukum berpotensi jauh lebih besar dalam subkontrak daripada saat membeli hanya sebuah mesin atau peralatan, misalnya.

**Departemen Lain**

Ada banyak departemen dan fungsi lain yang berkontribusi terhadap keberhasilan penyelesaian proyek. Secara singkat, beberapa di antaranya adalah:

1. Penelitian dan pengembangan Keuangan
2. Lingkungan Laut Komunikasi Logistik
3. Jaminan kualitas Bantuan administratif

Nama permainan dalam pelaksanaan proyek adalah kerja tim kerja tim di antara klien, mitra, bankir, kontraktor, subkontraktor, dan, tentu saja, anggota tim proyek. Mereka semua harus memiliki tujuan yang sama. Harus selalu ada memberi dan menerima. Mengutip pernyataan Ashoka, penguasa India pada abad kedua SM: Semua sekte pantas dihormati karena satu dan lain alasan. Dengan bertindak demikian, seseorang meninggikan sektenya sendiri dan pada saat yang sama melayani sekte orang lain.

## BAB 6

### ORGANISASI PROYEK

#### 6.1 MANAJEMEN PROYEK

Keberhasilan setiap proyek yang dikerjakan oleh sektor swasta dan bahkan oleh pemerintah harus diukur dengan tiga kriteria berikut:

- Harus tepat waktu.
- Harus sesuai anggaran.
- Harus sesuai spesifikasi.

Sekilas, ini mungkin tampak seperti tujuan yang masuk akal dan mudah dicapai, tetapi pemeriksaan yang lebih rinci akan menunjukkan bahwa mungkin ada konflik besar di antara ketiga kriteria tersebut. Mempertahankan jadwal mungkin relatif mudah untuk proyek kecil yang membutuhkan sedikit orang, sedikit kontraktor, dan sedikit pemasok, tidak memiliki masalah pengiriman, tidak ada pengerjaan ulang, tidak ada modifikasi dan perubahan, dan tidak ada masalah cuaca, dan secara umum ketika semuanya berjalan dengan baik.

Dengan kata lain, pekerjaan yang dijalankan dengan sempurna tidak memiliki masalah penjadwalan, tetapi seperti halnya kesempurnaan tidak ada, begitu pula proyek tanpa masalah penjadwalan. Mempertahankan jadwal mungkin memerlukan lebih banyak uang dan terkadang tingkat kompromi tertentu dengan spesifikasi. Biaya akan terpengaruh jika lembur diperlukan, pengaturan pengiriman khusus dibuat, lebih banyak orang ditugaskan untuk proyek tersebut, penawaran kompetitif dihilangkan karena kurangnya waktu, pekerjaan dipercepat dengan hilangnya produktivitas yang sesuai, jadwal yang tidak realistis ditetapkan di awal, dan banyak faktor lainnya.

Tetap dalam anggaran mungkin merupakan yang paling sulit dari ketiga kriteria tersebut. Hal ini disebabkan oleh banyak faktor, beberapa di antaranya adalah ketidaktahuan tentang biaya, kurangnya pengakuan tentang bagaimana tindakan seseorang akan memengaruhi biaya di area lain, kekhawatiran bahwa biayanya mungkin lebih mahal jika tindakan tertentu tidak diambil, misalnya, untuk tetap sesuai jadwal, meremehkan biaya yang digunakan untuk anggaran, terus-menerus memperluas cakupan dan membuat modifikasi, kurangnya tanggung jawab atau akuntabilitas, dan banyak faktor lain yang akan dijelaskan dalam bab-bab berikutnya.

Setiap proyek yang sesuai jadwal dan anggaran tetapi tidak sesuai dengan spesifikasi mungkin merupakan tumpukan sampah yang sangat besar. Untuk beberapa proyek berorientasi proses, langkah tersulit adalah "membekukan" desain. Hal ini mungkin disebabkan oleh ketakutan insinyur bahwa pekerjaannya tidak selesai dan proyek tersebut akan menjadi sia-sia. Dalam kasus lain, ia mungkin tergoda untuk "melapisi emas", yang pasti membutuhkan waktu lebih lama dan biaya lebih besar. Bagaimana ketiga kriteria tersebut dikoordinasikan untuk meminimalkan konflik dan mencapai proyek yang sukses? Pada sebagian besar proyek, hal itu dilakukan dengan membentuk tim proyek di bawah arahan

seorang manajer proyek.

Manajer proyek bertanggung jawab untuk menetapkan tujuan dan memastikan bahwa timnya akan bekerja dalam tujuan tersebut. Untuk memastikan koordinasi yang baik, manajer proyek akan menentukan tanggung jawab timnya. Bab ini akan membahas beberapa jenis proyek atau organisasi dan beberapa tanggung jawab umum. Bergantung pada proyek dan organisasinya, tim proyek dapat terlibat dalam semua fase. Ukuran dan komposisinya akan bervariasi pada setiap fase. Keberhasilan di tahap selanjutnya selalu dipengaruhi oleh kualitas pekerjaan yang dilakukan selama tahap awal.

Salah satu tantangan terbesar seorang manajer proyek adalah mengoordinasikan dan mendisiplinkan timnya. Bukan hal yang aneh bagi anggota tim dan orang lain yang terlibat dalam pelaksanaan proyek, seperti kontraktor, untuk bekerja dengan tujuan yang berbeda. Beberapa mungkin memiliki tujuan yang berbeda, motif yang berbeda, atau keyakinan mereka sendiri. Organisasi manajemen proyek akan bergantung pada jenis dan ukuran proyek serta pada struktur perusahaan tertentu. Gaya manajemen proyek sering kali bergantung pada manajer proyek individu. Beberapa manajer proyek dapat memotivasi tim mereka, menjadikan mereka anggota tim yang sebenarnya, meminta dan mengakui kontribusi mereka, dan menetapkan tanggung jawab dan wewenang.

Ini mungkin manajer yang menganggap orang-orangnya sebagai sumber daya terbesarnya. Di sisi lain, ada manajer proyek yang menganggap dirinya sebagai raja absolut dan timnya sebagai bawahannya. Sekarang, siapa yang merupakan manajer terbaik? Meskipun yang pertama mungkin tampak yang terbaik, kita dapat menyarankan kepada manajer ini agar ia "berbicara dengan lembut tetapi membawa tongkat besar." Orang baik terkadang tidak memenangkan permainan. Manajer di sisi ekstrem lainnya berbicara dengan keras, memegang tongkat besar, dan menggunakannya tanpa pandang bulu. Ini adalah "manajemen dua-kali-empat" yang terkenal.

Ia memperoleh hasil hanya dengan rasa takut. Setiap anggota timnya akan meninggalkannya pada kesempatan pertama. Oleh karena itu, kami menyimpulkan bahwa seorang manajer proyek yang beroperasi di salah satu sisi ekstrem bukanlah orang yang baik. Yang dibutuhkan adalah sesuatu di antara keduanya. Salah satu unsur terpenting dari manajemen proyek yang sukses adalah komunikasi. Komunikasi memiliki banyak aspek, beberapa di antaranya mungkin. Orang-orang harus diberi tahu tentang tanggung jawab dan wewenang mereka. Sasaran proyek harus dikomunikasikan kepada semua orang yang bertanggung jawab. Departemen tidak melakukan pekerjaan; orang-oranglah yang melakukannya.

Anggota tim harus diberi tahu tentang hasil tindakan mereka dan status proyek. Manajer proyek harus selalu mengetahui status proyek, terutama hal-hal yang memerlukan tindakan. Sistem umpan balik harus ditetapkan untuk memberi tahu semua pihak terkait tentang hasil dan kesalahan dan untuk memastikan bahwa kesalahan tidak terulang. Anggota tim harus diberi tahu tentang kesalahan mereka, tetapi mereka juga harus diberi penghargaan atas pekerjaan yang dilakukan dengan baik. Komunikasi yang baik dan konstruktif mengharuskan orang-orang bersikap jujur, tidak menyembunyikan kebenaran yang tidak

menyenangkan, dan tidak menyalahkan orang lain, yang terkadang bertentangan dengan sifat manusia.

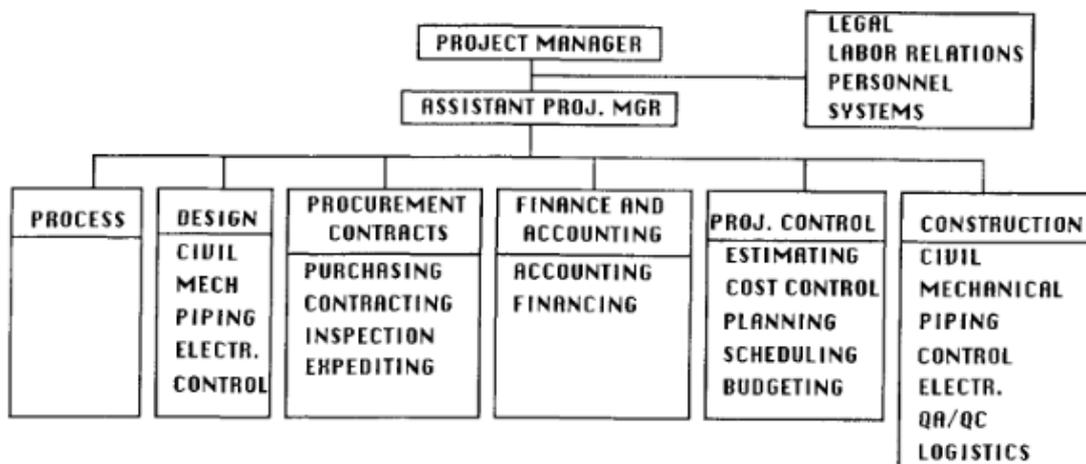
### 6.2 PROYEKTOR ORGANISASI

Manajemen proyek yang efisien memerlukan organisasi proyek yang jelas dan efisien. Ukuran dan bentuk organisasi tentu saja akan bervariasi sesuai dengan ukuran dan tujuan proyek. Dalam organisasi mana pun, setiap anggota harus mengetahui tempatnya dan apa yang diharapkan darinya. Manajer proyek harus mengoordinasikan sumber daya dalam proporsi yang tepat. Sumber daya utama klien adalah uangnya. Sebuah perusahaan teknik dan konstruksi menyumbangkan orang-orangnya yang berkualifikasi dan cakap.

Cara terbaik untuk menggunakan sumber daya yang tersedia adalah dengan memperkenalkan sistem alokasi yang tepat.. Alasan yang sama dapat digunakan untuk mengalokasikan orang dalam departemen. Dalam organisasi yang paling efisien, setiap orang harus mengetahui apa tugas dan tanggung jawabnya. Seseorang tidak boleh bingung dengan tempatnya dalam organisasi, tetapi tahu tempatnya dalam teka-teki.

Berbagai disiplin ilmu saling berhubungan dalam pelaksanaan proyek. Bagian ini akan membahas dua contoh organisasi proyek untuk proyek besar; gugus tugas pemilik dan gugus tugas kontraktor umum. Manajer proyek bertanggung jawab atas proyek tersebut. Asistennya mungkin bertanggung jawab atas area tertentu atau mungkin bertindak sebagai manajer sementara saat manajer tidak ada. Tingkat berikutnya terdiri dari enam manajer yang memiliki rekan kerja di organisasi kontraktor umum.

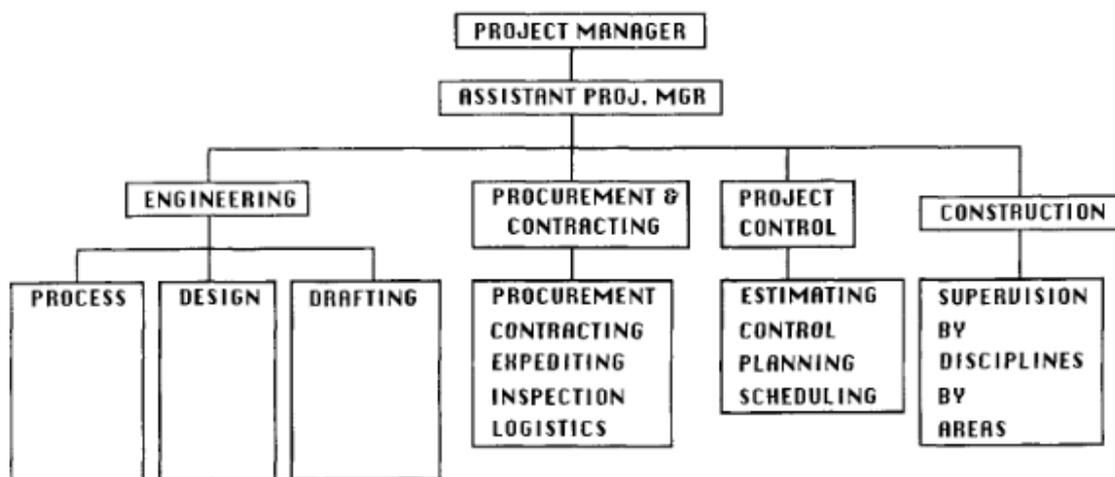
Diharapkan bahwa setiap manajer adalah ahli di bidangnya, mampu mengawasi aktivitas kontraktor umum, dan menawarkan bimbingan dan saran saat dibutuhkan. Tergantung pada ukuran proyek dan penyebaran geografis, setiap disiplin dapat terdiri dari manajer sendiri atau manajer yang dibantu oleh staf yang dibutuhkan. Jika kontraktor memiliki kontrak biaya plus, tim pemilik terlibat secara mendalam dalam pekerjaan yang dilakukan oleh kontraktor umum. Jika kontraknya bersifat lump-sum, peran gugus tugas akan lebih bersifat penasihat daripada pembimbing.



Gambar. 6.1 Satuan Tugas Pemilik.

Organisasi kontraktor umum dapat terdiri dari beberapa ratus orang, terutama jika kontraktor memiliki tanggung jawab penuh dari perhitungan proses hingga konstruksi dan start-up. Tergantung pada ukuran proyek, sebagian besar disiplin ilmu yang ditunjukkan pada Gambar 6.2 akan terdiri dari manajer departemen, manajer grup, dan anggota berbagai grup. Pada proyek yang lebih kecil atau untuk beberapa disiplin ilmu yang tidak memerlukan anggota penuh waktu, grup proyek dapat "menyerahkan" pekerjaan ke departemen perusahaan reguler atau meminjam orang untuk sementara waktu.

Untuk proyek yang sangat kecil yang tidak memerlukan satuan tugas, manajer proyek dapat menugaskan pekerjaan ke departemen perusahaan reguler. Masalah dengan pengaturan ini mungkin adalah bahwa orang tidak berdedikasi pada proyek karena manajer departemen mungkin memiliki komitmen dan prioritas lain. Dalam kasus seperti itu, manajer proyek akan bergantung pada orang lain yang mungkin tidak memiliki wewenang. Keberhasilan akan bergantung pada kepribadian dan pengaruh manajer proyek dan pada dukungan manajemen umum.



**Gambar 6.2 Organisasi Proyek Kontraktor Umum: Proyek Besar**

### 6.3 MANAJER PROYEK

Seperti yang disebutkan di bagian sebelumnya, tim proyek itu sendiri, organisasi kontraktor, pemasok, konsultan, subkontraktor, dan peserta proyek lainnya jarang memiliki tujuan yang sama. Hanya manajer yang kompeten yang dapat membuat semua hal berjalan ke arah yang sama. Penulis ini adalah pendukung kuat sistem manajemen proyek, di mana manajer proyek adalah nakhodanya. Ia memiliki tanggung jawab akhir atas keberhasilan proyek: agar proyek tepat waktu, sesuai anggaran, dan menghasilkan hasil akhir sesuai spesifikasi.

Untuk dapat memenuhi semua persyaratan yang disebutkan di atas, diperlukan orang yang cakap dan berpengalaman yang memiliki pengetahuan dalam semua fase proyek. Ini mungkin merupakan tanggung jawab yang besar, dan terkadang mustahil bagi satu orang.

Berikut adalah beberapa langkah yang dapat diambil oleh manajer proyek agar berhasil:

- a. Bekerja di beberapa departemen utama untuk mendapatkan "jalur internal" tentang bagaimana pekerjaan dilakukan. Ini dapat mencakup desain, estimasi, kontrak, konstruksi. Berkembang secara bertahap dari proyek kecil ke proyek yang lebih besar. Mulailah sebagai insinyur proyek.
- b. Bangun tim yang berdedikasi (untuk proyek). Bersikap adil dan tidak memihak.
- c. Delegasikan tanggung jawab dan wewenang, tentukan tugas, hormati timnya. Serahkan pekerjaan terperinci kepada tim.
- d. Tetapkan tujuan dan dapatkan informasi tentang penyimpangan. Bertindak segera. Jangan tutupi area yang bermasalah.
- e. Dapatkan informasi. Selesaikan masalah yang dapat membahayakan keberhasilan proyek.

#### 6.4 TIM PROYEK

Manajer proyek dapat dibandingkan dengan nakhoda atau konduktor orkestra. Namun, seorang nakhoda sendiri tidak dapat mengoperasikan kapal dan konduktor orkestra tanpa orkestra adalah solois. Manajer proyek, kapten, dan maestro semuanya membutuhkan tim. Tim dapat bervariasi dari selusin orang di kapal PT hingga beberapa ribu orang di kapal induk. Gambar 6.1 dan 6.2 menunjukkan beberapa disiplin ilmu yang harus dikelola. Bagaimana seorang manajer proyek dapat membangun tim dengan orang-orang yang memiliki minat dan aspirasi yang berbeda?

Beberapa langkah yang dapat diambil seorang manajer tercantum di atas di bawah "Manajer Proyek"; Beberapa langkah tambahan mungkin adalah sebagai berikut:

- a. Pahami tanggung jawab dan wewenang yang didelegasikan pada posisi yang diduduki.
- b. Terlibatlah dalam pekerjaan. Sebagian besar dari kita dievaluasi berdasarkan cara kita mengerjakan pekerjaan yang ditugaskan kepada kita, bukan pekerjaan yang menurut kita seharusnya ditugaskan kepada kita.
- c. Pahami bagaimana pekerjaan yang ditugaskan saling terkait dengan pekerjaan lain, bagaimana pekerjaan itu dapat membantu atau merugikan orang lain.
- d. Ketika suatu masalah muncul, temukan solusinya dan ambil atau rekomendasikan tindakan yang tepat.
- e. Jadilah atau jadilah ahli di bidang Anda.

Tetaplah terinformasi dan informasikan kepada orang lain tentang status pekerjaan. Jangan menjadi penyendiri. Berpikirlah terbuka tentang solusi. Jangan biarkan kesombongan mengalahkan logika. Hargai anggota tim lain, bertanggung jawab atas pekerjaan dan jangan menyalahkan orang lain. Bersikaplah terbuka terhadap ide-ide baru. Ada banyak cara untuk menguliti kucing. Jangan menjadi primadona.

Salah satu masalah dengan tim proyek adalah pembentukan kerajaan kecil, atau pembangunan pagar. Dalam jangka pendek, kerajaan akan merugikan proyek; dalam jangka panjang, yang paling sering dirugikan adalah para pembangun kerajaan. Seorang manajer proyek dapat menghilangkan masalah tersebut dengan merotasi beberapa kepala atau subjek

kerajaan.

### **Teknik Biaya: Tinjauan Umum**

Bagian yang tersisa dari bab ini akan dikhususkan untuk organisasi dan tanggung jawab disiplin rekayasa biaya. Bab ini dimulai dengan mencantumkan tiga kriteria untuk proyek yang sukses: tepat waktu, sesuai anggaran, dan bekerja. Pada tahun 1956, insinyur biaya membentuk asosiasi dengan nama American Association of Cost Engineers, atau AACE. Asosiasi ini mengabdikan diri untuk kemajuan rekayasa biaya di mana prinsip dan teknik ilmiah diterapkan pada masalah estimasi biaya, pengendalian biaya, perencanaan bisnis, dan layanan manajemen. Lebih dari tiga dekade setelah rekayasa biaya ditetapkan sebagai disiplin ilmu yang berbeda, banyak individu, departemen, firma, dan bahkan departemen personalia masih mengaitkan rekayasa biaya hanya dengan fungsi pengendalian biaya lapangan. Lebih buruk lagi, di beberapa firma, rekayasa biaya disamakan dengan akuntansi.

Rekayasa biaya adalah disiplin ilmu teknik yang relatif baru. Pada suatu waktu, pabrik dirancang dan diestimasi hanya oleh insinyur; biaya dikompilasi oleh akuntan. Ketika seorang insinyur desain, proses, atau sipil membuat estimasi, ia biasanya hanya mencakup masalah langsungnya. Estimasi kontemporer merupakan tugas yang semakin kompleks yang harus mencakup segala hal yang akan memengaruhi biaya akhir suatu proyek. Estimasi yang mencakup banyak disiplin ilmu dapat disiapkan dan diikuti hingga tuntas hanya oleh seseorang yang terlatih dalam profesi khusus ini.

Di masa lalu, sebagian besar perusahaan mengandalkan departemen akuntansi mereka untuk mengemban beberapa fungsi tersebut. Sayangnya, sikap ini masih ada di beberapa perusahaan. Masalah utama dengan pendekatan ini adalah bahwa akuntansi bekerja terutama dengan data masa lalu. Akuntan dilatih untuk menangani kepastian keuangan, pembayaran yang jatuh tempo, dan faktur yang ada. Faktur dan pembayaran jarang mencerminkan realitas konstruksi.

Pengendalian proyek memerlukan estimasi yang terinformasi berdasarkan data yang kurang lengkap. Pandangan akuntan terhadap suatu proyek tentu didasarkan pada biaya yang terjadi dua hingga empat bulan setelah kejadian. Insinyur biaya bekerja dengan komitmen yang harus selalu terkini. Perkiraan biaya memerlukan pengetahuan teknik tentang ruang lingkup pekerjaan, apa yang telah dilakukan, apa yang masih harus dilakukan, dan jadwal proyek. Hanya sedikit akuntan yang merasa nyaman bekerja dengan konsep seperti ini.

Singkatnya, laporan biaya yang dibuat oleh Akuntansi cenderung mencerminkan apa yang terjadi beberapa bulan yang lalu. Estimasi yang dibuat oleh insinyur proses sering kali gagal untuk fokus pada faktor biaya utama. Yang dibutuhkan adalah disiplin ilmu yang dapat menggabungkan pengetahuan teknik dan akuntansi. Insinyur dibawa ke bidang teknik biaya daripada akuntan karena lebih cepat mengajarkan akuntansi dasar kepada seorang insinyur daripada teknik kepada seorang akuntan. Selain itu, banyak yang akan mengklaim bahwa pengetahuan teknik lebih penting daripada pengetahuan akuntansi. Akuntansi dasar sudah cukup, tetapi teknik dasar saja tidak cukup. Hasilnya adalah insinyur biaya.

Salah satu dari banyak keuntungan memiliki laporan status yang dibuat oleh insinyur biaya adalah bahwa laporan tersebut menurut definisi hampir terkini. Laporan insinyur biaya

adalah satu-satunya laporan keuangan yang memungkinkan tindakan korektif pada tren yang tidak menguntungkan saat ini. Inilah inti dari pengendalian: tindakan korektif segera untuk memperbaiki situasi yang tidak menguntungkan. Tindakan korektif dan tindakan pencegahan adalah dua alat kendali utama yang dimungkinkan oleh insinyur biaya. Ini adalah sesuatu yang tidak mungkin dilakukan dengan laporan yang dibuat berdasarkan prinsip akuntansi umum. Insinyur biaya adalah navigator proyek. Ia harus tahu persis di mana posisi proyek dan kondisi perkiraan apa yang dapat mengganggu rencana. Ia menyarankan rute dan kecepatan yang akan membawa proyek ke penyelesaian yang sukses.

## 6.5 DEPARTEMEN TEKNIK BIAYA ORGANISASI

Ukuran dan komposisi departemen rekayasa biaya akan bervariasi tergantung pada ukuran dan jenis perusahaan yang terlibat. Di satu sisi, presiden perusahaan kecil mungkin juga menjadi penaksir utama; di sisi lain, ada perusahaan rekayasa dan konstruksi raksasa dengan departemen rekayasa biaya yang terdiri dari satu hingga dua ratus karyawan. Selain kasus ekstrem di mana kepala eksekutif adalah "orang serba bisa", ada juga organisasi yang lebih kecil di mana penaksir perusahaan akan bertanggung jawab atas rekayasa biaya dan akan melapor langsung kepada eksekutif puncak, yang mungkin adalah pemiliknya.

Namun, jenis organisasi ini bukanlah perhatian buku ini, meskipun dalam organisasi kecil pentingnya estimasi, pengendalian biaya, serta perencanaan dan penjadwalan paling terlihat. Alasannya sederhana: perusahaan kecil tidak mampu kehilangan uang pada satu proyek dan berharap dapat menebusnya pada proyek lain. Organisasi besar dapat mengambil risiko. Kelangsungan hidup perusahaan kecil bergantung pada keakuratan estimasi dan jadwalnya serta efisiensi pengendalian biayanya.

Hal yang sama berlaku untuk perusahaan besar, tetapi perusahaan tersebut memiliki lebih banyak sumber daya dan kapasitas pinjaman serta mampu melakukan setidaknya beberapa kesalahan. Sebelum melihat bagan organisasi, ada baiknya untuk mengklarifikasi beberapa istilah: rekayasa biaya, insinyur biaya, analisis biaya, penaksir, rencana, dan penjadwal. Definisi fungsi-fungsi tersebut akan bervariasi dari satu organisasi ke organisasi lainnya, dan setelah diadopsi oleh perusahaan, perubahan tersebut hanya akan sulit dilakukan. Untuk tujuan buku ini dan untuk menawarkan beberapa standar, berikut adalah beberapa definisi:

## LATIHAN SOAL

### LATIHAN 1

#### Soal RSNi Rancang Campur Beton K-100

##### Soal 1: Menetapkan Kuat Tekan

Tentukan kuat tekan beton ( $f'c$ ) yang disyaratkan untuk beton K-100 pada umur 28 hari!

##### Soal 2: Menghitung Deviasi Standar

Jika tingkat pengendalian mutu pekerjaan adalah "Baik", berapa nilai deviasi standar ( $S$ ) yang digunakan dalam perencanaan campuran beton?

##### Soal 3: Menghitung Kadar Air Bebas

Diketahui ukuran agregat maksimum 20 mm dan slump yang direncanakan adalah 30-60 mm. Hitunglah kadar air bebas yang diperlukan berdasarkan tabel yang relevan!

##### Soal 4: Proporsi Campuran

Hitung proporsi campuran untuk  $1 \text{ m}^3$  beton K-100 dengan asumsi bahwa berat jenis agregat gabungan adalah  $2,58 \text{ kg/m}^3$ . Jika jumlah semen yang digunakan adalah 612,9 kg dan kadar air bebas adalah 190 kg, berapa berat agregat halus dan agregat kasar yang diperlukan?

##### Soal 5: Perhitungan Campuran Beton K-150

Diketahui informasi campuran beton K-150 adalah sebagai berikut:

- Semen:  $300 \text{ kg/m}^3$
- Agregat kasar (pasir):  $700 \text{ kg/m}^3$
- Agregat halus (kerikil):  $1.100 \text{ kg/m}^3$
- Air:  $150 \text{ liter/m}^3$

1. Hitunglah rasio air-semen (Water-Cement Ratio)!
2. Tentukan apakah campuran ini dapat memenuhi kekuatan beton K-150 pada umur 28 hari!

##### Soal 6: Perhitungan Campuran Beton K-200

Diketahui informasi campuran beton K-200 adalah sebagai berikut:

- Semen:  $350 \text{ kg/m}^3$
- Agregat kasar (pasir):  $800 \text{ kg/m}^3$
- Agregat halus (kerikil):  $1.200 \text{ kg/m}^3$
- Air:  $170 \text{ liter/m}^3$

1. Hitunglah rasio air-semen (Water-Cement Ratio)!

2. Tentukan apakah campuran ini dapat memenuhi kekuatan beton K-200 pada umur 28 hari!

### Soal 7: Perhitungan Campuran Beton K-300

Diketahui informasi campuran beton K-300 adalah sebagai berikut:

- Semen: 400 kg/m<sup>3</sup>
- Agregat kasar (pasir): 850 kg/m<sup>3</sup>
- Agregat halus (kerikil): 1.300 kg/m<sup>3</sup>
- Air: 200 liter/m<sup>3</sup>

1. Hitunglah rasio air-semen (Water-Cement Ratio)!
2. Tentukan apakah campuran ini dapat memenuhi kekuatan beton K-300 pada umur 28 hari!

---

## LATIHAN 2

### Soal Penghitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Soal:

Sebuah proyek pembangunan rumah tinggal terdiri dari beberapa pekerjaan utama sebagai berikut:

1. **Pekerjaan Pondasi**  
Luas pondasi: 50 m<sup>2</sup>  
Harga satuan pondasi: Rp 150.000 per m<sup>2</sup>
2. **Pekerjaan Struktur**  
Luas struktur: 100 m<sup>2</sup>  
Harga satuan struktur: Rp 250.000 per m<sup>2</sup>
3. **Pekerjaan Dinding**  
Luas dinding: 200 m<sup>2</sup>  
Harga satuan dinding: Rp 120.000 per m<sup>2</sup>
4. **Pekerjaan Atap**  
Luas atap: 80 m<sup>2</sup>  
Harga satuan atap: Rp 300.000 per m<sup>2</sup>

Tugas Anda adalah menghitung total biaya RAB untuk pekerjaan di atas.

---

## LATIHAN 3

### Soal Penghitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Soal:

Sebuah proyek pembangunan gedung kantor memiliki beberapa pekerjaan dengan rincian

sebagai berikut:

**1. Pekerjaan Pondasi**

- Luas pondasi: 120 m<sup>2</sup>
- Harga satuan pondasi: Rp 200.000 per m<sup>2</sup>
- Biaya pengawasan pondasi: Rp 5.000.000

**2. Pekerjaan Struktur Beton**

- Luas struktur beton: 250 m<sup>2</sup>
- Harga satuan struktur beton: Rp 350.000 per m<sup>2</sup>
- Biaya tenaga kerja untuk struktur beton: Rp 10.000.000

**3. Pekerjaan Dinding Batu Bata**

- Luas dinding: 500 m<sup>2</sup>
- Harga satuan dinding batu bata: Rp 150.000 per m<sup>2</sup>
- Biaya material untuk dinding: Rp 15.000.000

**4. Pekerjaan Atap Baja Ringan**

- Luas atap: 200 m<sup>2</sup>
- Harga satuan atap baja ringan: Rp 500.000 per m<sup>2</sup>
- Biaya pengadaan atap: Rp 8.000.000

**5. Pekerjaan Finishing Interior**

- Luas interior yang dikerjakan (plesteran, pengecatan, dan pemasangan lantai): 300 m<sup>2</sup>
- Harga satuan finishing interior: Rp 120.000 per m<sup>2</sup>
- Biaya peralatan finishing: Rp 6.000.000

**Tugas Anda:** Hitunglah total biaya RAB untuk proyek pembangunan gedung kantor ini, dengan memperhitungkan biaya-biaya yang ada di setiap pekerjaan.

---

**LATIHAN 4**

**Soal Penghitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) - Penghitungan Persentase dan Biaya Lainnya**

**Soal:**

Sebuah proyek pembangunan rumah tinggal memiliki beberapa pekerjaan utama dengan rincian berikut:

**1. Pekerjaan Struktur Beton**

- o Luas bangunan: 150 m<sup>2</sup>
- o Harga satuan struktur beton: Rp 400.000 per m<sup>2</sup>

**2. Pekerjaan Dinding**

- o Luas dinding: 300 m<sup>2</sup>
- o Harga satuan dinding: Rp 150.000 per m<sup>2</sup>

**3. Pekerjaan Atap**

- o Luas atap: 120 m<sup>2</sup>
- o Harga satuan atap: Rp 500.000 per m<sup>2</sup>

**4. Pekerjaan Listrik dan Instalasi**

- o Total biaya pekerjaan listrik dan instalasi: Rp 15.000.000

**5. Biaya Pengawasan dan Administrasi**

- o Biaya pengawasan proyek: 5% dari total biaya pekerjaan konstruksi
- o Biaya administrasi dan izin: Rp 8.000.000

**Tugas Anda:**

Hitung total biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek pembangunan rumah tinggal ini dengan memperhitungkan pekerjaan utama, biaya pengawasan, biaya administrasi, dan biaya lainnya.

**LATIHAN 5****Soal Penghitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dengan Bahan Bangunan****Soal:**

Sebuah proyek pembangunan rumah tinggal memiliki pekerjaan utama dengan rincian bahan bangunan dan biaya sebagai berikut:

NO.	JENIS PEKERJAAN	BAHAN BANGUNAN	VOLUME	HARGA SATUAN (RP)	TOTAL BIAYA (RP)
1	Pekerjaan Pondasi	Batu Kali	10 m <sup>3</sup>	250.000	?
2	Pekerjaan Pondasi	Semen	25 zak	75.000	?
3	Pekerjaan Dinding	Batu Bata	300 m <sup>2</sup>	120.000	?

4	Pekerjaan Dinding	Semen	100 zak	70.000	?
5	Pekerjaan Atap	Baja Ringan	150 m <sup>2</sup>	350.000	?
6	Pekerjaan Atap	Genteng Beton	100 m <sup>2</sup>	50.000	?

**Tugas Anda:** Hitung total biaya untuk setiap jenis pekerjaan berdasarkan bahan-bahan yang digunakan, kemudian hitung total biaya keseluruhan proyek.

### LATIHAN 6

#### Soal Latihan Perhitungan RAB untuk Proyek Konstruksi Beton Mutu K250

#### Proyek: Pembangunan Rumah Tinggal Dua Lantai

Spesifikasi Pekerjaan:

- Mutu beton: K250
- Volume pekerjaan beton diukur dalam m<sup>3</sup>.
- Harga satuan beton K250 (untuk pekerjaan struktur beton bertulang): Rp 1.400.000,- per m<sup>3</sup>.

Data Pekerjaan:

No	Uraian Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Pekerjaan Beton K250 (Pondasi)	15	m <sup>3</sup>	1,400,000	
2	Pekerjaan Beton K250 (Kolom)	10	m <sup>3</sup>	1,400,000	
3	Pekerjaan Beton K250 (Balok)	12	m <sup>3</sup>	1,400,000	
4	Pekerjaan Beton K250 (Pelat Lantai)	20	m <sup>3</sup>	1,400,000	
	<b>Total Biaya Pekerjaan Beton</b>				

Tugas Anda:

1. Hitung total biaya pekerjaan beton K250 untuk setiap jenis pekerjaan (pondasi, kolom, balok, dan pelat lantai) dengan menggunakan volume dan harga satuan yang diberikan.
2. Hitung total biaya seluruh pekerjaan beton K250 yang digunakan dalam proyek ini.

### LATIHAN 7

#### Soal Latihan Perhitungan RAB untuk Proyek Konstruksi Beton Mutu K325

#### Proyek: Pembangunan Gedung Perkantoran Lantai 3

Spesifikasi Pekerjaan:

- Mutu beton: K325
- Volume pekerjaan beton diukur dalam m<sup>3</sup>.
- Harga satuan beton K325 (untuk pekerjaan struktur beton bertulang): Rp 1.750.000,- per m<sup>3</sup>.

Data Pekerjaan:

No	Uraian Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Pekerjaan Beton K325 (Pondasi)	18	m <sup>3</sup>	1,750,000	
2	Pekerjaan Beton K325 (Kolom)	12	m <sup>3</sup>	1,750,000	
3	Pekerjaan Beton K325 (Balok)	15	m <sup>3</sup>	1,750,000	
4	Pekerjaan Beton K325 (Pelat Lantai)	25	m <sup>3</sup>	1,750,000	
	Total Biaya Pekerjaan Beton				

**Tugas Anda:**

1. Hitung total biaya pekerjaan beton K325 untuk setiap jenis pekerjaan (pondasi, kolom, balok, dan pelat lantai) dengan menggunakan volume dan harga satuan yang diberikan.
2. Hitung total biaya seluruh pekerjaan beton K325 yang digunakan dalam proyek ini.

**LATIHAN 8****Soal Penghitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) Berdasarkan Tabel Bahan dan Upah Pekerja**

Sebuah proyek pembangunan rumah tinggal sedang dalam perencanaan. Berikut adalah rincian biaya berdasarkan pekerjaan dan bahan yang akan digunakan:

No.	Jenis Pekerjaan	Bahan Bangunan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Total Biaya (Rp)	Upah Pekerja	Upah Satuan (Rp)	Jumlah Pekerja	Total Upah Pekerja (Rp)	Biaya Lainnya (Rp)	Keterangan
1	Pekerjaan Pondasi	Batu Kali	10 m <sup>3</sup>	250.000	2.500.000	Tukang, Mandor	100.000	5	500.000	500.000	Biaya material + Upah
		Semen	25 zak	75.000	1.875.000						
2	Pekerjaan Dinding	Batu Bata	300 m <sup>2</sup>	120.000	36.000.000	Tukang Dinding	80.000	6	480.000	500.000	Biaya material + Upah
		Semen	100 zak	70.000	7.000.000						
3	Pekerjaan Atap	Baja Ringan	150 m <sup>2</sup>	350.000	52.500.000	Tukang Atap	90.000	4	360.000	500.000	Biaya material + Upah
		Genteng Beton	100 m <sup>2</sup>	50.000	5.000.000						
4	Pekerjaan Listrik	Kabel Listrik	200 meter	10.000	2.000.000	Elektrik	120.000	2	240.000	200.000	Biaya material + Upah
		Panel Listrik	2 unit	1.000.000	2.000.000						
5	Pekerjaan Finishing	Cat Dinding	300 m <sup>2</sup>	40.000	12.000.000	Pekerja Finishing	75.000	3	225.000	100.000	Biaya material + Upah
		Plesteran	300 m <sup>2</sup>	50.000	15.000.000						

**Tugas 8:**

1. Hitung total biaya untuk setiap jenis pekerjaan berdasarkan bahan bangunan yang digunakan.
  - a. Pekerjaan Pondasi (Batu Kali dan Semen)
  - b. Pekerjaan Dinding (Batu Bata dan Semen)
  - c. Pekerjaan Atap (Baja Ringan dan Genteng Beton)

*d. Pekerjaan Listrik (Kabel Listrik dan Panel Listrik)*

*e. Pekerjaan Finishing (Cat Dinding dan Plesteran)*

2. *Hitung total upah pekerja untuk setiap jenis pekerjaan.  
Tentukan upah untuk masing-masing jenis pekerjaan berdasarkan jumlah pekerja dan upah satuannya.*
  3. *Hitung total biaya proyek dengan cara menjumlahkan total biaya bahan, total upah pekerja, dan biaya lainnya untuk setiap jenis pekerjaan.*
  4. *Berapa total biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek pembangunan rumah ini?  
Total biaya proyek = Total biaya bahan + Total upah pekerja + Biaya lainnya.*
-

## KUNCI JAWABAN

### KUNCI JAWABAN LATIHAN 1

1. **Kuat Tekan:**  $f'c = 100$  MPa.
2. **Deviasi Standar:**  $S = 4,2$  MPa (Tingkat Pengendalian Mutu "Baik").
3. **Kadar Air Bebas:** Perhitungan berdasarkan tabel (misalnya, jika tabel menunjukkan  $180 \text{ kg/m}^3$  untuk ukuran agregat tersebut).
4. **Proporsi Campuran:**
  - Berat agregat halus (WAH) = (Wisi beton basah – Wsemen – Wair) x %AH
  - Berat agregat kasar (WAK) = (Wisi beton basah – Wsemen – Wair) x %AK
5. **Rasio air-semen (Water-Cement Ratio) K-150:**

Diketahui:

- Berat air = 150 liter = 150 kg
- Berat semen = 300 kg

Menggunakan rumus:

$$\text{water – cement ratio} = \frac{\text{Berat Air}}{\text{Berat Semen}} = \frac{150}{300} = 0,5$$

Apakah campuran ini dapat memenuhi kekuatan beton K-150 pada umur 28 hari?

- Beton K-150 memiliki kekuatan tekan standar  $150 \text{ kg/cm}^2$  pada umur 28 hari.
- Dengan rasio air-semen 0,5, campuran ini dapat memenuhi standar kekuatan beton K-150.

### 6. Rasio air-semen (Water-Cement Ratio)K-200:

Diketahui:

- Berat air = 170 liter = 170 kg
- Berat semen = 350 kg

Menggunakan rumus:

$$\text{water – cement ratio} = \frac{\text{Berat Air}}{\text{Berat Semen}} = \frac{170}{350} = 0,486$$

Apakah campuran ini dapat memenuhi kekuatan beton K-200 pada umur 28 hari?

- Beton K-200 memiliki kekuatan tekan standar  $200 \text{ kg/cm}^2$  pada umur 28 hari.
- Dengan rasio air-semen 0,486, campuran ini dapat memenuhi standar kekuatan beton K-200.

### 7. Rasio air-semen (Water-Cement Ratio) K-300:

Diketahui:

- Berat air = 200 liter = 200 kg
- Berat semen = 400 kg

Menggunakan rumus:

$$\text{water - cement ratio} = \frac{\text{Berat Air}}{\text{Berat Semen}} = \frac{200}{400} = 0,5$$

Apakah campuran ini dapat memenuhi kekuatan beton K-300 pada umur 28 hari?

- Beton K-300 memiliki kekuatan tekan standar 300 kg/cm<sup>2</sup> pada umur 28 hari.
- Dengan rasio air-semen 0,5, campuran ini dapat memenuhi standar kekuatan beton K-300.

---

### KUNCI JAWABAN LATIHAN 2 :

Untuk menghitung total biaya RAB, kita akan mengalikan luas pekerjaan dengan harga satuannya, lalu menjumlahkan seluruh biaya untuk mendapatkan total anggaran biaya.

#### 1. Biaya Pekerjaan Pondasi:

Luas pondasi = 50 m<sup>2</sup>

Harga satuan pondasi = Rp 150.000

Biaya pondasi = 50 m<sup>2</sup> × Rp 150.000 = Rp 7.500.000

#### 2. Biaya Pekerjaan Struktur:

Luas struktur = 100 m<sup>2</sup>

Harga satuan struktur = Rp 250.000

Biaya struktur = 100 m<sup>2</sup> × Rp 250.000 = Rp 25.000.000

#### 3. Biaya Pekerjaan Dinding:

Luas dinding = 200 m<sup>2</sup>

Harga satuan dinding = Rp 120.000

Biaya dinding = 200 m<sup>2</sup> × Rp 120.000 = Rp 24.000.000

#### 4. Biaya Pekerjaan Atap:

Luas atap = 80 m<sup>2</sup>

Harga satuan atap = Rp 300.000

Biaya atap = 80 m<sup>2</sup> × Rp 300.000 = Rp 24.000.000

**Total Biaya RAB:** Total biaya RAB = Rp 7.500.000 (pondasi) + Rp 25.000.000 (struktur) + Rp 24.000.000 (dinding) + Rp 24.000.000 (atap)

Total biaya RAB = **Rp 80.500.000**

Jadi, total biaya RAB untuk proyek pembangunan rumah tinggal ini adalah **Rp 80.500.000**.

---

### KUNCI JAWABAN LATIHAN 3 :

Untuk menghitung total biaya RAB, kita akan menghitung biaya setiap pekerjaan terlebih dahulu, termasuk biaya material dan biaya tambahan lainnya, kemudian menjumlahkannya.

#### 1. Biaya Pekerjaan Pondasi:

- Luas pondasi = 120 m<sup>2</sup>
- Harga satuan pondasi = Rp 200.000  
Biaya pondasi = 120 m<sup>2</sup> × Rp 200.000 = Rp 24.000.000
- Biaya pengawasan pondasi = Rp 5.000.000  
**Total biaya pondasi = Rp 24.000.000 + Rp 5.000.000 = Rp 29.000.000**

#### 2. Biaya Pekerjaan Struktur Beton:

- Luas struktur beton = 250 m<sup>2</sup>
- Harga satuan struktur beton = Rp 350.000  
Biaya struktur beton = 250 m<sup>2</sup> × Rp 350.000 = Rp 87.500.000
- Biaya tenaga kerja untuk struktur beton = Rp 10.000.000  
**Total biaya struktur beton = Rp 87.500.000 + Rp 10.000.000 = Rp 97.500.000**

#### 3. Biaya Pekerjaan Dinding Batu Bata:

- Luas dinding = 500 m<sup>2</sup>
- Harga satuan dinding batu bata = Rp 150.000  
Biaya dinding batu bata = 500 m<sup>2</sup> × Rp 150.000 = Rp 75.000.000
- Biaya material untuk dinding = Rp 15.000.000  
**Total biaya dinding batu bata = Rp 75.000.000 + Rp 15.000.000 = Rp 90.000.000**

#### 4. Biaya Pekerjaan Atap Baja Ringan:

- Luas atap = 200 m<sup>2</sup>
- Harga satuan atap baja ringan = Rp 500.000  
Biaya atap baja ringan = 200 m<sup>2</sup> × Rp 500.000 = Rp 100.000.000
- Biaya pengadaan atap = Rp 8.000.000  
**Total biaya atap baja ringan = Rp 100.000.000 + Rp 8.000.000 = Rp 108.000.000**

#### 5. Biaya Pekerjaan Finishing Interior:

- Luas finishing interior = 300 m<sup>2</sup>
- Harga satuan finishing interior = Rp 120.000  
Biaya finishing interior = 300 m<sup>2</sup> × Rp 120.000 = Rp 36.000.000

- o Biaya peralatan finishing = Rp 6.000.000

**Total biaya finishing interior = Rp 36.000.000 + Rp 6.000.000 = Rp 42.000.000**

**Total Biaya RAB:** Total biaya RAB = Rp 29.000.000 (pondasi) + Rp 97.500.000 (struktur beton) + Rp 90.000.000 (dinding batu bata) + Rp 108.000.000 (atap baja ringan) + Rp 42.000.000 (finishing interior)

**Total biaya RAB = Rp 366.500.000**

Jadi, total biaya RAB untuk proyek pembangunan gedung kantor ini adalah **Rp 366.500.000**.

---

## KUNCI JAWABAN LATIHAN 4 :

Langkah pertama adalah menghitung biaya dari setiap pekerjaan, kemudian menambahkan biaya pengawasan, biaya administrasi, dan biaya lainnya.

### 1. Biaya Pekerjaan Struktur Beton:

- o Luas struktur beton =  $150 \text{ m}^2$
- o Harga satuan struktur beton = Rp 400.000  
Biaya struktur beton =  $150 \text{ m}^2 \times \text{Rp } 400.000 = \text{Rp } 60.000.000$

### 2. Biaya Pekerjaan Dinding:

- o Luas dinding =  $300 \text{ m}^2$
- o Harga satuan dinding = Rp 150.000  
Biaya dinding =  $300 \text{ m}^2 \times \text{Rp } 150.000 = \text{Rp } 45.000.000$

### 3. Biaya Pekerjaan Atap:

- o Luas atap =  $120 \text{ m}^2$
- o Harga satuan atap = Rp 500.000  
Biaya atap =  $120 \text{ m}^2 \times \text{Rp } 500.000 = \text{Rp } 60.000.000$

### 4. Biaya Pekerjaan Listrik dan Instalasi:

- o Biaya instalasi listrik = Rp 15.000.000

### 5. Total Biaya Pekerjaan Konstruksi (struktur beton + dinding + atap):

Total biaya pekerjaan konstruksi = Rp 60.000.000 (struktur beton) + Rp 45.000.000 (dinding) + Rp 60.000.000 (atap)

Total biaya pekerjaan konstruksi = **Rp 165.000.000**

### 6. Biaya Pengawasan:

- o Biaya pengawasan = 5% dari total biaya pekerjaan konstruksi  
Biaya pengawasan =  $5\% \times \text{Rp } 165.000.000 = \text{Rp } 8.250.000$

### 7. Biaya Administrasi dan Izin:

- o Biaya administrasi dan izin = Rp 8.000.000

**Total Biaya RAB:** Total biaya RAB = Rp 165.000.000 (biaya konstruksi) + Rp 15.000.000 (biaya listrik dan instalasi) + Rp 8.250.000 (biaya pengawasan) + Rp 8.000.000 (biaya administrasi dan izin)

**Total biaya RAB = Rp 196.250.000**

Jadi, total biaya RAB untuk proyek pembangunan rumah tinggal ini adalah **Rp 196.250.000**.

---

### KUNCI JAWABAN LATIHAN 5 :

#### 1. Pekerjaan Pondasi (Batu Kali):

- Volume batu kali =  $10 \text{ m}^3$
- Harga satuan batu kali = Rp 250.000 Total biaya pondasi (batu kali) =  $10 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 250.000 = \text{Rp } 2.500.000$

#### 2. Pekerjaan Pondasi (Semen):

- Volume semen = 25 zak
- Harga satuan semen = Rp 75.000 Total biaya pondasi (semen) =  $25 \text{ zak} \times \text{Rp } 75.000 = \text{Rp } 1.875.000$

#### 3. Pekerjaan Dinding (Batu Bata):

- Luas dinding =  $300 \text{ m}^2$
- Harga satuan batu bata = Rp 120.000 Total biaya dinding (batu bata) =  $300 \text{ m}^2 \times \text{Rp } 120.000 = \text{Rp } 36.000.000$

#### 4. Pekerjaan Dinding (Semen):

- Volume semen = 100 zak
- Harga satuan semen = Rp 70.000 Total biaya dinding (semen) =  $100 \text{ zak} \times \text{Rp } 70.000 = \text{Rp } 7.000.000$

#### 5. Pekerjaan Atap (Baja Ringan):

- Luas atap =  $150 \text{ m}^2$
- Harga satuan baja ringan = Rp 350.000 Total biaya atap (baja ringan) =  $150 \text{ m}^2 \times \text{Rp } 350.000 = \text{Rp } 52.500.000$

#### 6. Pekerjaan Atap (Genteng Beton):

- Luas genteng beton =  $100 \text{ m}^2$
- Harga satuan genteng beton = Rp 50.000 Total biaya atap (genteng beton) =  $100 \text{ m}^2 \times \text{Rp } 50.000 = \text{Rp } 5.000.000$

**Total Biaya RAB:**

Untuk menghitung total biaya RAB, kita jumlahkan semua total biaya dari masing-masing

pekerjaan.

Total biaya RAB = Rp 2.500.000 (batu kali) + Rp 1.875.000 (semen pondasi) + Rp 36.000.000 (batu bata) + Rp 7.000.000 (semen dinding) + Rp 52.500.000 (baja ringan) + Rp 5.000.000 (genteng beton)

**Total biaya RAB = Rp 105.875.000**

Jadi, total biaya untuk proyek pembangunan rumah tinggal ini adalah **Rp 105.875.000**.

## KUNCI JAWAB LATIHAN 6

Langkah-langkah yang perlu dilakukan:

1. Menghitung biaya untuk masing-masing pekerjaan:
  - Pondasi Beton K250:  
Biaya = Volume x Harga Satuan  
Biaya Pondasi =  $15 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1,400,000 = \text{Rp } 21,000,000$
  - Kolom Beton K250:  
Biaya = Volume x Harga Satuan  
Biaya Kolom =  $10 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1,400,000 = \text{Rp } 14,000,000$
  - Balok Beton K250:  
Biaya = Volume x Harga Satuan  
Biaya Balok =  $12 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1,400,000 = \text{Rp } 16,800,000$
  - Pelat Lantai Beton K250:  
Biaya = Volume x Harga Satuan  
Biaya Pelat Lantai =  $20 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1,400,000 = \text{Rp } 28,000,000$
2. Menghitung total biaya pekerjaan beton:
  - Total Biaya = Biaya Pondasi + Biaya Kolom + Biaya Balok + Biaya Pelat Lantai
  - Total Biaya =  $\text{Rp } 21,000,000 + \text{Rp } 14,000,000 + \text{Rp } 16,800,000 + \text{Rp } 28,000,000$
  - Total Biaya =  $\text{Rp } 79,800,000$

Jawaban:

1. Biaya untuk masing-masing pekerjaan:
  - Pondasi: Rp 21,000,000
  - Kolom: Rp 14,000,000
  - Balok: Rp 16,800,000
  - Pelat Lantai: Rp 28,000,000
2. Total biaya pekerjaan beton K250 untuk seluruh proyek:

- Rp 79,800,000

---

**KUNCI JAWABAN LATIHAN 7 :**

Langkah-langkah yang perlu dilakukan:

1. Menghitung biaya untuk masing-masing pekerjaan:
  - Pondasi Beton K325:  
Biaya = Volume x Harga Satuan  
Biaya Pondasi =  $18 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1,750,000 = \text{Rp } 31,500,000$
  - Kolom Beton K325:  
Biaya = Volume x Harga Satuan  
Biaya Kolom =  $12 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1,750,000 = \text{Rp } 21,000,000$
  - Balok Beton K325:  
Biaya = Volume x Harga Satuan  
Biaya Balok =  $15 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1,750,000 = \text{Rp } 26,250,000$
  - Pelat Lantai Beton K325:  
Biaya = Volume x Harga Satuan  
Biaya Pelat Lantai =  $25 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1,750,000 = \text{Rp } 43,750,000$
2. Menghitung total biaya pekerjaan beton:
  - Total Biaya = Biaya Pondasi + Biaya Kolom + Biaya Balok + Biaya Pelat Lantai
  - Total Biaya =  $\text{Rp } 31,500,000 + \text{Rp } 21,000,000 + \text{Rp } 26,250,000 + \text{Rp } 43,750,000$
  - Total Biaya =  $\text{Rp } 122,500,000$

Jawaban:

1. Biaya untuk masing-masing pekerjaan:
  - Pondasi: Rp 31,500,000
  - Kolom: Rp 21,000,000
  - Balok: Rp 26,250,000
  - Pelat Lantai: Rp 43,750,000
2. Total biaya pekerjaan beton K325 untuk seluruh proyek:
  - Rp 122,500,000

## APLIKASI PERHITUNGAN RAB

Buka dan download link berikut ini untuk memulai perhitungan RAB.

<https://drive.google.com/drive/folders/1Jzi-5XeJTOJZnU2SyRXeD3AJ-C27pmkG?usp=sharing>  
dalam drive ini berisikan detail perhitungan saat penyusunan pembangunan Rumah tinggal

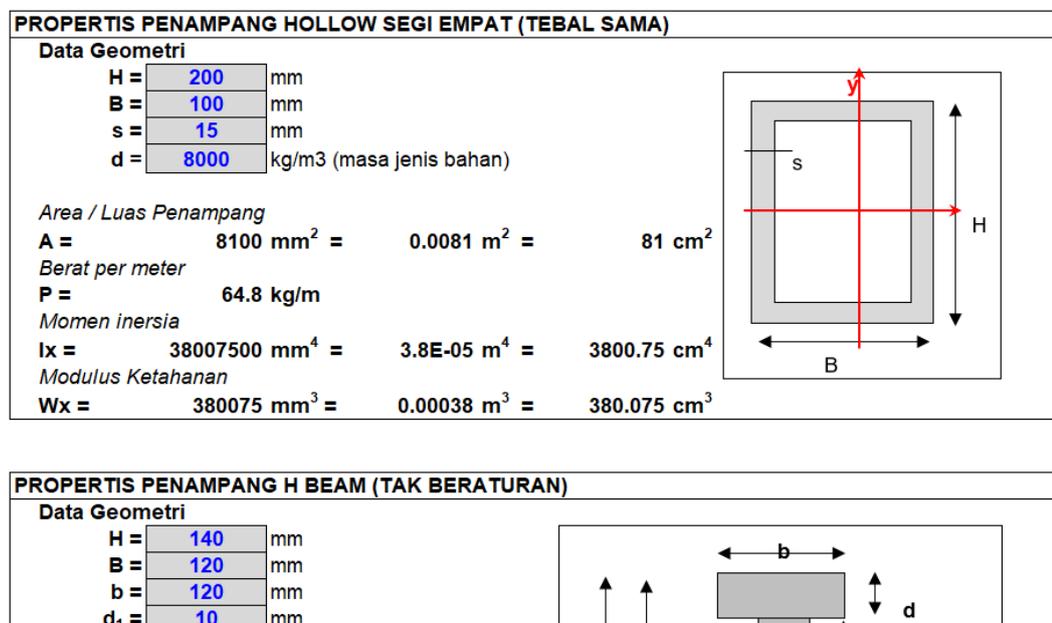
### Aplikasi perhitungan kekuatan Beton

Mengacu pada link berikut ini

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1v9qOCctmCkSkSmlEgxRyAbbR8NSigsjL/edit?gid=1625834208#gid=1625834208>

## MOMEN INERSIA DAN MODULUS KETAHANAN

isilah data diketahui pada tulisan berwarna biru.



**Gambar A.** Tampilan aplikasi perhitungan penampang kekuatan beton saat penyusunan RAB

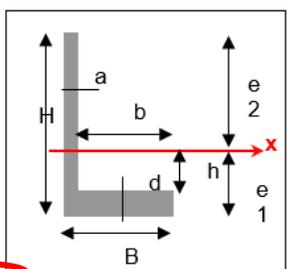
Dalam gambar diatas adalah tampilan aplikasi perhitungan Inersia dan modulus ketahanan. Momen inersia adalah parameter penting dalam teknik sipil, terutama dalam analisis struktur. Ini mengukur sejauh mana elemen struktur dapat menahan lenturan dan deformasi ketika dikenakan beban. Momen inersia menunjukkan distribusi massa dari elemen struktur terhadap sumbu tertentu, yang mempengaruhi kekakuan dan stabilitas struktur. Modulus ketahanan, atau modulus elastisitas, adalah ukuran kemampuan material untuk kembali ke bentuk asalnya setelah mengalami deformasi elastis. Dalam konteks teknik sipil, modulus ketahanan sangat penting untuk menentukan seberapa baik material dapat menahan beban tanpa mengalami kerusakan permanen. Kedua konsep ini—momen inersia dan modulus ketahanan—merupakan dasar dalam perancangan dan analisis struktur bangunan, memastikan bahwa struktur dapat menahan berbagai beban tanpa mengalami

kerusakan.

Aplikasi ini akan membantu pekerja dalam menghitung tingkat ketahanan beton dalam penampang yang berbeda-beda, seperti: Beton Penampang Hollow segi empat, Penampang H Beam, Penampang Siku, Penampang U dan lainnya.

**Contoh Perhitungan:**

PROPERTIS PENAMPANG SIKU-SIKU L			
<b>Data Geometri</b>			
H =	100	mm	} <i>Nilai yang akan dihitung</i>
B =	100	mm	
d =	100	mm	
a =	100	mm	
d =	100000	kg/m <sup>3</sup> (massa jenis)	
b =	0	mm	
e1 =	50	mm	
e2 =	50	mm	
h =	-50	mm	
<i>Area / Luas Penampang</i>			
A =	10000 mm <sup>2</sup>	= 0.01 m <sup>2</sup>	= 100 cm <sup>2</sup>
<i>Berat per meter</i>			
P =	1000	kg/m	
<i>Momen Inersia</i>			
Ix =	8333333.3 mm <sup>4</sup>	= 8.33E-06 m <sup>4</sup>	= 833.33333 cm <sup>4</sup>
<i>Jari-jari Inersia</i>			
ix =	28.867513 mm	= 0.028868 m	= 2.8867513 cm
<i>Modulus Ketahanan</i>			
Wx =	166666.67 mm <sup>3</sup>	= 0.000167 m <sup>3</sup>	= 166.66667 cm <sup>3</sup>
<i>Luas Penampang Geser Efektif</i>			
Asx =	8333 mm <sup>2</sup>	= 0.008333 m <sup>2</sup>	= 83.333333 cm <sup>2</sup>



} *Hasil Perhitungan*

**Gambar B.** Contoh perhitungan Pada penampang Siku-siku L

**Aplikasi Penghitung Penampang sebagai Fondasi**

## APLIKASI PENGHITUNG LUAS PENAMPANG, LUAS PERMUKAAN, VOLUME, DAN BERAT PROFIL BAHAN



**Gambar C.** Tampilan Awal Aplikasi penghitungan bahan fondasi

Pada aplikasi ini berisi tentang penghitung luas penampang, luas permukaan dan berat profil bahan. Aplikasi ini dapat menghitung luas penampang berbagai bentuk, seperti lingkaran, persegi, dan segitiga, yang sering digunakan dalam desain struktur. Fitur ini memungkinkan pengguna untuk menghitung luas permukaan dari elemen struktur seperti dinding, pelat, dan kolom, yang penting untuk estimasi material. Aplikasi ini juga dapat menghitung berat profil bahan berdasarkan dimensi dan jenis material yang digunakan. Ini membantu dalam perencanaan beban dan stabilitas struktur.

### Manfaat Aplikasi

1. **Efisiensi Waktu:** Mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perhitungan manual yang rumit.
2. **Akurasi Tinggi:** Mengurangi kemungkinan kesalahan manusia dalam perhitungan.
3. **Kemudahan Penggunaan:** Antarmuka yang ramah pengguna memungkinkan insinyur dan mahasiswa untuk dengan mudah melakukan perhitungan yang diperlukan.

**Profil Segi Empat Pejal**

**Section Dimension** NTS

**Perspective View** scale: NTS

Bahan	<b>Pilih jenis Material</b> Besi Cor	$\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$
Tinggi Penampang	50 mm	$h = 50 \text{ mm}$
Lebar Penampang	25 mm	$b = 25 \text{ mm}$
Panjang Penampang	2 m	$L = 2 \text{ m}$
Keliling Penampang	150 mm	$K = 150 \text{ mm}$
Luas Penampang	1250 mm <sup>2</sup>	$A = 1250 \text{ mm}^2$
Volume	0.0025 m <sup>3</sup>	$V = 0.0025 \text{ m}^3$
Luas Selimut	0.3 m <sup>2</sup>	$A_p = 0.3 \text{ m}^2$
Berat	19.50 kg	$W = 19.50 \text{ kg}$

Menu

[www.bimbelcomad.com](http://www.bimbelcomad.com)

**Gambar D.** Tampilan perhitungan untuk segi empat pejal, yang berkotak merah.

Untuk bahan bisa dipilih beberapa pilihan bahan bangunan yang akan digunakan. Dalam aplikasi ini juga sudah dilengkapi gambar sisi penampang 2 dimensi dan 3 dimensi sebagai acuan untuk menginput nilai material.

**Aplikasi Perhitungan RAB untuk rumah tinggal.**

Aplikasi perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk membangun rumah tinggal sangat penting untuk memastikan bahwa proyek konstruksi berjalan efisien dan sesuai anggaran. Berikut adalah penjelasan mengenai fungsi dan manfaat aplikasi tersebut. Fungsi Aplikasi Perhitungan RAB

- Aplikasi ini membantu pengguna menghitung estimasi biaya pembangunan rumah secara akurat berdasarkan berbagai faktor, termasuk harga material dan upah tenaga kerja. Dengan menggunakan data terkini, aplikasi dapat memberikan estimasi yang lebih realistis.
- Aplikasi RAB memungkinkan pengguna untuk merencanakan dan mengelola anggaran dengan lebih baik. Pengguna dapat melihat rincian biaya untuk setiap item pekerjaan, seperti pondasi, struktur, atap, dan finishing.

- Aplikasi RAB menyediakan fitur analisis harga satuan yang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan regulasi dari Kementerian PUPR. Ini memastikan bahwa semua perhitungan mengikuti standar yang berlaku.
- Aplikasi ini dapat menghasilkan laporan yang diperlukan untuk pengawasan proyek, termasuk laporan kemajuan dan laporan keuangan. Ini membantu dalam memantau apakah proyek berjalan sesuai rencana atau tidak.



**Gambar E.** Tampilan awal Aplikasi RAB

Panel Informasi berisikan fitur yang disediakan aplikasi ini kepada pengguna. Panel ini juga berisi tentang cara penggunaan dan perhitungan RAB dalam membangun sebuah rumah tinggal. Pada jendela informasi ini akan memuat banyak penjelasan rumusan perhitungan yang digunakan dalam menyusun RAB.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
26																
27																
28																
29																
30																
31																
32																
33																
34																
35																
36																
37																
38																
39																
40																
41																
42																
43																
44																
45																
46																
47																
48																
49																
50																
51																
52																
53																
54																
55																
56																
57																
58																
59																
60																
61																
62																
63																
64																
65																
66																
67																
68																
69																
70																
71																
72																
73																
74																
75																
76																
77																
78																
79																
80																
81																
82																
83																
84																
85																
86																
87																
88																
89																
90																
91																

Gambar F. Tampilan Panel Informasi

Dalam informasi ini juga berisi tentang time scedule dan kurva S, ini berfungsi untuk mengkalkulasi waktu yang dibutuhkan dalam membangun sebuah rumah tinggal, Time schedule juga berfungsi untuk menetapkan waktu yang dibutuhkan untuk setiap item pekerjaan dalam proyek. Dengan adanya jadwal yang jelas, tim konstruksi dapat merencanakan dan melaksanakan pekerjaan sesuai dengan urutan yang telah ditetapkan, sehingga menghindari keterlambatan pembangunan. Time schedule memungkinkan manajer proyek untuk memantau kemajuan pekerjaan secara berkala. Hal ini penting untuk mengidentifikasi potensi masalah atau keterlambatan sejak dini dan mengambil tindakan korektif yang diperlukan. Dengan cara ini, evaluasi terhadap RAB dapat dilakukan secara lebih akurat. Time schedule juga berfungsi sebagai alat komunikasi antara semua pihak yang terlibat

dalam proyek. Dengan adanya jadwal yang jelas, semua pemangku kepentingan dapat memahami tujuan, tenggat waktu, dan progres proyek secara bersamaan, meningkatkan koordinasi dan kolaborasi.

### **Panel Jendela Daftar harga bahan dan satuan Upah**

Fungsi panel daftar harga bahan dan satuan upah pada Rencana Anggaran Biaya (RAB) dalam aplikasi RAB sangat penting untuk memastikan perencanaan dan pelaksanaan proyek pembangunan rumah tinggal berjalan dengan efisien dan terukur.

	A	B	C	D	E	F	G	H	
1		<b>DAFTAR HARGA BAHAN DAN SATUAN UPAH</b>							
2							← <b>KEMBALI</b>		
3					<b>HARGA</b>				
4		<b>NO</b>	<b>URAIAN</b>	<b>SATUAN</b>	<b>SATUAN</b>	<b>KET</b>			
5					<b>(RUPIAH)</b>				
6	<b>A</b>	<b>UPAH:</b>							
7		1	Mandor	hari					
8		2	Kepala Tukang	hari			← <i>Inputan data</i>		
9		3	Tukang	hari					
10		4	Pekerja	hari					
11									
12	<b>B</b>	<b>BAHAN/MATERIAL</b>							
13		1	Air Kerja	ls					
14		2	Alkali Resisting	kg					
15		3	Cat Dasar	kg					
16		4	Cat Kayu	kg					
17		5	Cat Meni	kg					
18		6	Naturtone Cat Tembok	kg					
19		7	American Standart Kloset Duduk	bh					
20		8	Amplas	lbr					
21		9	Anti Lumut	kg					

**Gambar G.** Tampilan aplikasi data harga yang akan digunakan dalam penyusunan RAB

Panel ini menyediakan daftar harga bahan bangunan dan upah tenaga kerja yang diperlukan untuk setiap jenis pekerjaan. Dengan informasi ini, pengguna dapat melakukan estimasi biaya secara akurat untuk keseluruhan proyek, menghindari kesalahan perhitungan yang dapat mengakibatkan pembengkakan anggaran.

Dengan adanya daftar harga yang terperinci, pengguna dapat mengelola anggaran dengan lebih baik. Panel ini membantu dalam menentukan alokasi dana untuk masing-masing item pekerjaan, sehingga memudahkan dalam pengawasan pengeluaran selama proyek berlangsung. Panel daftar harga berfungsi sebagai referensi standar dalam penyusunan RAB. Pengguna dapat dengan mudah memasukkan data harga ke dalam perhitungan RAB, menjadikannya lebih sistematis dan terstruktur. Dengan informasi yang lengkap mengenai harga bahan dan upah, panel ini membantu dalam perencanaan proyek secara keseluruhan,

termasuk penjadwalan waktu pelaksanaan dan pengaturan sumber daya.

### Panel input Volume pekerjaan

Menghitung volume pekerjaan membantu dalam menentukan jumlah material yang diperlukan untuk setiap bagian dari proyek. Misalnya, menghitung volume pondasi, dinding, atap, dan lantai memungkinkan perencana untuk memperkirakan kebutuhan bahan seperti semen, pasir, batu bata, dan kayu secara akurat.

A	B	C	D	E	F
1	<b>VOLUME PEKERJAAN</b>				
2					
3	<b>NO URAIAN PEKERJAAN</b>	<b>VOLUME</b>	<b>SAT</b>		
4	<b>I. PEKERJAAN PONDASI</b>				
5	<b>1.1. Pekerjaan Persiapan</b>				
6	1.1.1. Pembersihan Lapangan		M <sup>2</sup>		Data untuk diinputkan
7	1.1.2. Pemasangan Bouplank/Pengukuran		M		
8	1.1.3. Pengadaan Air Kerja		Ls		
9	1.1.4. Pembuatan Gudang Semen dan Alat		M <sup>2</sup>		
11					
12	<b>1.2. Pekerjaan Galian</b>				
13	1.2.1. Galian Tanah Biasa 1 Meter		M <sup>3</sup>		
15	1.2.3. Galian Tanah Biasa 3 Meter		M <sup>3</sup>		
19	1.2.7. Urugan Kembali Galian		M <sup>3</sup>		
21	<b>1.3. Pemasangan Pondasi Batu Kali</b>				
22	1.3.1. Urugan Pasir Bawah Pondasi		M <sup>3</sup>		
23	1.3.2. Pasangan Pondasi Batu Kosong		M <sup>3</sup>		
24	1.3.3. Pasangan Pondasi Batu Kali		M <sup>3</sup>		
25					
26	<b>II. PEKERJAAN BETON</b>				
27	<b>2.1. Beton Bertulang</b>				

**Gambar H.** Dalam sheet ini digunakan untuk menginput area pekerjaan pembangunan

Dengan mengetahui volume pekerjaan, pengguna dapat menghitung biaya total yang terkait dengan masing-masing item pekerjaan. Ini dilakukan dengan mengalikan volume yang dihitung dengan harga satuan bahan dan upah tenaga kerja. Hal ini sangat penting untuk memastikan bahwa semua biaya tercakup dalam RAB. Volume pekerjaan juga berfungsi untuk merencanakan durasi pelaksanaan proyek. Dengan mengetahui seberapa banyak pekerjaan yang harus dilakukan, manajer proyek dapat menentukan timeline yang realistis untuk setiap tahap konstruksi.

### Panel Perhitungan Pekerja

Panel ini berisi semua hasil perhitungan yang kita lakukan dalam penyusunan RAB. Dalam sheet ini juga berisikan waktu dalam pengerjaan setiap pekerjaan pembangunan seperti pada fase persiapan, penggalian tanah untuk pondasi hingga fase finishing

pembangunan. Pada sheet ini juga memiliki jadwal pengerjaan mengacu pada inputan jumlah pekerja yang sudah kita inputkan dalam penyusunan RAB pada aplikasi ini.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2		HASIL PERHITUNGAN LAMANYA WAKTU PELAKSANAAN PEKERJAAN								
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
40										
41										
45										
46										
47										
48										
49										
50										
51										

**Gambar I.** Dalam sheet ini digunakan melihat dan mantau agar pekerjaan pembangunan sudah sesuai dengan jadwal.

**SURAT EDARAN MENTERI PEKERJAAN UMUM  
DAN PERUMAHAN RAKYAT  
NOMOR: 07/SE/M/2016  
TANGGAL 15 MARET 2016**

**TENTANG**

**PEDOMAN TATA CARA PENENTUAN CAMPURAN  
BETON NORMAL DENGAN SEMEN OPC, PPC DAN PCC**



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM  
DAN PERUMAHAN RAKYAT**



**MENTERI PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT  
REPUBLIK INDONESIA**

**Kepada Yth.:**

- 1) Para Pejabat Eselon I di Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat;
- 2) Para Pejabat Eselon II di Direktorat Jenderal Cipta Karya, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat;
- 3) Para Pejabat Eselon II di Direktorat Jenderal Penyediaan Perumahan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

**SURAT EDARAN  
NOMOR : 07/SE/M/ 2016**

**TENTANG**

**TATA CARA PENENTUAN CAMPURAN BETON NORMAL DENGAN  
SEMEN OPC, PPC, DAN PCC**

**A. Umum**

Bahan tambahan kimia sering digunakan untuk mendapatkan sifat-sifat khusus dari beton seperti mempercepat pengerasan, memperlambat pengerasan, memperbaiki sifat kemudahan pengerjaan (*workability*), mengurangi air pencampur, menambah kekuatan, atau mengubah sifat-sifat lain dari beton yang dihasilkan. Beberapa bahan sementisius seperti abu terbang, pozolan alam/trass, terak tanur tinggi dan serbuk silika dapat digunakan bersama-sama dengan semen hidrolis untuk mengurangi harga atau untuk memberikan sifat-sifat tertentu seperti mengurangi panas hidrasi awal, menambah perkembangan kekuatan akhir, atau menambah daya tahan terhadap reaksi alkali-agregat atau serangan sulfat, menambah kerapatan, dan ketahanan terhadap masuknya larutan-larutan perusak.

**B. Dasar Pembentukan**

1. Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2002 Nomor 134, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4247);
2. Peraturan Pemerintah Nomor 36 Tahun 2005 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-undang Nomor 28 Tahun 2002 Tentang Bangunan Gedung (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2005 Nomor 83, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4532);
3. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2015 tentang Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 16);

4. Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 121/P Tahun 2014 tentang Pembentukan Kementerian dan Pengangkatan Menteri Kabinet Kerja Periode Tahun 2014-2019;
5. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 15/PRT/M/2015 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Pekerjaan Umum;

### C. Maksud dan Tujuan

Surat Edaran ini dimaksudkan sebagai acuan bagi Pejabat Eselon I dan Eselon II di Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, perancang, perencana, dan pengawas pelaksana dalam menentukan proporsi campuran beton dengan menggunakan semen portland biasa (OPC), semen portland pozolan (PPC) atau semen portland campur (PPC), sehingga diperoleh suatu proporsi yang tepat dan ekonomis sesuai sifat bahan dasar yang digunakan.

### D. Ruang Lingkup

Petunjuk teknis ini menguraikan tentang metode penentuan proporsi campuran beton normal menggunakan semen hidrolis yang dibuat dengan atau tanpa bahan-bahan sementisius atau bahan tambahan kimia lainnya. Beton ini terdiri dari agregat normal dengan sifat kemudahan pengerjaan (*workability*) yang sesuai untuk jenis pekerjaan konstruksi umumnya. Bahan pengikat hidrolis yang diacu dalam pedoman ini adalah Semen Portland, Semen Portland Pozolan, dan Semen Portland Komposit. Metode ini memberikan perkiraan awal proporsi campuran yang harus diperiksa lebih lanjut dengan percobaan di laboratorium untuk mendapatkan proporsi yang tepat dan bila perlu dilakukan penyesuaian, guna mendapatkan karakteristik atau sifat-sifat khusus yang diinginkan dari beton yang dihasilkan.

### E. Penutup

Ketentuan lebih rinci mengenai Pedoman Tata Cara Penentuan Campuran Beton Normal dengan Semen OPC, PPC, dan PCC ini tercantum dalam Lampiran yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari Surat Edaran ini.

Ditetapkan di Jakarta  
pada tanggal 15 Maret 2016

MENTERI PEKERJAAN UMUM DAN  
PERUMAHAN RAKYAT,



*M. Basuki Hadimuljono*

M. BASUKI HADIMULJONO

Tembusan disampaikan kepada Yth.:  
Sekretaris Jenderal, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

## Daftar isi

Daftar isi .....	i
Prakata .....	ii
Pendahuluan .....	iii
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif.....	1
3 Istilah dan definisi .....	2
4 Data perencanaan campuran beton.....	3
5 Prosedur .....	3
6 Ketentuan-ketentuan.....	3
LAMPIRAN A Perhitungan proporsi campuran beton.....	12
LAMPIRAN B Penentuan proporsi campuran beton menggunakan semen OPC.....	13
LAMPIRAN B-1 Contoh perhitungan agregat gabungan secara analitis.....	17
LAMPIRAN B-2 Contoh perhitungan beton normal menggunakan semen OPC.....	21
LAMPIRAN C Penentuan proporsi campuran beton menggunakan semen PPC .....	21
LAMPIRAN C-1 Contoh perhitungan agregat gabungan secara analitis.....	25
LAMPIRAN C-2 Contoh perhitungan beton normal menggunakan semen PPC.....	27
LAMPIRAN D Penentuan proporsi campuran beton dengan semen PCC.....	31
LAMPIRAN D-1 Contoh perhitungan agregat gabungan secara analitis.....	33
LAMPIRAN D-2 Contoh perhitungan beton normal menggunakan semen PCC.....	35

## Prakata

Petunjuk teknis ini menjelaskan tata cara penentuan proporsi campuran beton normal dengan menggunakan berbagai jenis semen, yaitu *Ordinary Portland Cement* (OPC), *Portland Pozzolan Cement* (PPC) dan *Portland Composite Cement* (PCC). Metode ini mengacu pada SNI 7656:2012 tentang Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa serta berdasarkan hasil penelitian penggunaan OPC, PPC dan PCC pada beton struktural.

Petunjuk teknis ini disusun oleh Komite Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil melalui Gugus Kerja Bahan Bangunan pada Sub Komite Teknis 91-01-S4 Bahan, Sains, Struktur dan Konstruksi Bangunan.

Tata cara penulisan disusun mengikuti Pedoman Standardisasi Nasional (PSN) No. 8 Tahun 2007 dan dibahas dalam forum rapat konsensus yang diselenggarakan pada tanggal 16 Juni 2015 di Bandung, dengan melibatkan para nara sumber, pakar dan lembaga terkait.

## Pendahuluan

Pada dasarnya, beton terdiri dari agregat, semen hidrolis, air, dan boleh menambahkan bahan sementisius lainnya dan atau bahan tambahan kimia lainnya. Beton dapat mengandung sejumlah rongga udara yang terperangkap atau dapat juga rongga udara yang sengaja dimasukkan melalui penambahan bahan tambahan. Bahan tambahan kimia sering digunakan untuk mendapatkan sifat-sifat khusus dari beton seperti mempercepat pengerasan, memperlambat pengerasan, memperbaiki sifat kemudahan pengerjaan (*workability*), mengurangi air pencampur, menambah kekuatan, atau mengubah sifat-sifat lain dari beton yang dihasilkan. Beberapa bahan sementisius seperti abu terbang, pozolan alam/trass, terak tanur tinggi dan serbuk silika dapat digunakan bersama-sama dengan semen hidrolis untuk mengurangi harga atau untuk memberikan sifat-sifat tertentu seperti mengurangi panas hidrasi awal, menambah perkembangan kekuatan akhir, atau menambah daya tahan terhadap reaksi alkali-agregat atau serangan sulfat, menambah kerapatan, dan ketahanan terhadap masuknya larutan-larutan perusak.

Umumnya proporsi beton yang tidak mengandung bahan tambahan kimia dan atau bahan-bahan selain semen hidrolis, dicampur ulang dengan menggunakan bahan-bahan tersebut atau semen yang berbeda. Karakteristik dari beton yang dicampur ulang ini harus diperiksa kembali dengan campuran percobaan di laboratorium atau di lapangan.

Buku pedoman ini disusun sebagai panduan bagi para perencana dan pelaksana pekerjaan beton khususnya dalam menentukan proporsi campuran beton dengan menggunakan semen portland biasa (OPC), semen portland pozolan (PPC) atau semen portland campur (PCC), sehingga diperoleh suatu proporsi yang tepat dan ekonomis sesuai sifat bahan dasar yang digunakan. Beberapa perbedaan dari ke tiga jenis semen tersebut diantaranya adalah berat jenis, faktor air semen pada target kekuatan tekan yang ingin dicapai dan sebagainya.

Langkah-langkah penentuan proporsi campuran dan contoh perhitungan dapat dilihat pada lampiran B untuk jenis semen OPC, lampiran C untuk jenis semen PPC dan lampiran D untuk jenis semen PCC.

## Tata cara penentuan campuran beton normal dengan semen OPC, PPC dan PCC

### 1 Ruang lingkup

**1.1** Petunjuk teknis ini menguraikan tentang metode penentuan proporsi campuran beton normal menggunakan semen hidrolis yang dibuat dengan atau tanpa bahan-bahan sementisius atau bahan tambahan kimia lainnya. Beton ini terdiri dari agregat normal dengan sifat kemudahan pengerjaan (*workability*) yang sesuai untuk jenis pekerjaan konstruksi umumnya. Bahan pengikat hidrolis yang diacu dalam pedoman ini adalah Semen Portland (SNI 15-2049-2004), Semen Portland Pozolan (SNI 0302:2014), dan Semen Portland Komposit (SNI 7064:2014).

**1.2** Metode ini memberikan perkiraan awal proporsi campuran yang harus diperiksa lebih lanjut dengan percobaan di laboratorium untuk mendapatkan proporsi yang tepat dan bila perlu dilakukan penyesuaian, guna mendapatkan karakteristik atau sifat-sifat khusus yang diinginkan dari beton yang dihasilkan.

**1.3** Dalam standar ini, digunakan satuan SI.

### 2 Acuan normatif

SNI 03-4804-1998,	Metode pengujian berat isi dan rongga udara dalam agregat
SNI 03-4433 1997,	Spesifikasi beton siap pakai
SNI 1969:2008,	Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar
SNI 1970:2008,	Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus
SNI ASTM C136-2012,	Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan kasar
SNI 7656:2012,	Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa
SNI 1973:1990,	Cara uji berat isi, volume produksi campuran dan kadar udara beton
SNI 2493-2011,	Tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium
SNI 3418:2011,	Cara uji kandungan udara dalam beton segar dengan metode tekan
SNI 03-2495-1991,	Spesifikasi bahan tambahan untuk beton
SNI 03-2460-1991,	Spesifikasi abu terbang sebagai tambahan untuk campuran beton
SNI 15-3500-2004,	Semen portland campur
SNI 15-2049-2004,	Semen portland
SNI 7064:2014,	Semen portland komposit
SNI 0302:2014,	Semen portland pozolan
SNI 03-2495-1991	Spesifikasi bahan tambahan untuk beton
SNI 2847:2013	Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung
SNI 03-6385-2000	Spesifikasi terak besi tanur tinggi granular untuk digunakan dalam beton dan mortar
ASTM C33/C33M-11	<i>Standard Specification for Concrete Aggregate.</i>

### 3 Istilah dan definisi

#### 3.1

##### **bahan tambahan**

bahan berupa bubuk atau cairan, yang dibubuhkan ke dalam campuran beton selama pengadukan dalam jumlah tertentu untuk merubah beberapa sifatnya

#### 3.2

##### **beton**

campuran antara semen Portland atau semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk massa padat

#### 3.3

##### **beton normal**

beton struktural yang mengandung agregat sesuai ASTM C33M dan mempunyai berat isi (2.200 – 2.500) kg/m<sup>3</sup> menggunakan agregat alam yang dipecah

#### 3.4

##### **pozolan**

bahan yang mengandung silika atau senyawanya dan alumina, yang tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen, akan tetapi dalam bentuknya yang halus dan dengan adanya air, senyawa tersebut akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada suhu kamar membentuk senyawa yang mempunyai sifat seperti semen

#### 3.5

##### **semen portland (*Ordinary Portland Cement/OPC*)**

bahan pengikat hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen Portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain. Yang dimaksud dalam juknis ini adalah semen portland tipe I

#### 3.8

##### **semen portland komposit (*Portland Composite Cement/PCC*)**

bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen Portland dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen Portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6 % - 35 % dari massa semen Portland komposit

#### 3.9

##### **semen portland pozolan (*Portland Pozzolan Cement/PPC*)**

adalah bahan pengikat hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen Portland dengan pozolan halus, yang diproduksi dengan menggiling klinker semen Portland dan pozolan bersama-sama, atau mencampur secara merata bubuk semen Portland dengan bubuk pozolan, atau gabungan antara menggiling dan mencampur, dimana kadar pozolan 6 % sampai dengan 40 % massa semen Portland pozolan

#### 4 Data perencanaan campuran beton

Informasi yang diperlukan mengenai data dari bahan-bahan yang akan digunakan untuk penentuan proporsi campuran adalah sebagai berikut:

- a. Analisa ayak (gradasi) agregat halus dan agregat kasar.
- b. Bobot isi agregat.
- c. Berat jenis, penyerapan air, dan kadar air agregat.
- d. Air pencampur yang dibutuhkan beton berdasarkan target *slump* dengan menggunakan agregat yang ada.
- e. Hubungan antara kekuatan dan rasio air semen atau rasio air terhadap semen ditambah bahan sementisius.
- f. Berat jenis semen atau bahan sementisius lainnya bila digunakan.

#### 5 Prosedur

##### 5.1 Prosedur penentuan proporsi campuran

Prosedur penentuan proporsi campuran yang dijelaskan dalam pasal ini adalah mencakup untuk beton normal, dengan didukung oleh data-data bahan dasar yang akan digunakan. Contoh perhitungan untuk jenis-jenis semen, masing-masing diberikan dalam Lampiran A, Lampiran B dan Lampiran C.

- 5.2 Spesifikasi/persyaratan beton yang akan diproduksi dapat didasarkan sebagian atau seluruh dari ketentuan berikut ini:
  - a. Rasio air semen maksimum atau rasio air terhadap semen ditambah bahan sementisius.
  - b. Kadar semen minimum.
  - c. Kadar udara.
  - d. *Slump*.
  - e. Ukuran besar butir agregat maksimum.
  - f. Kekuatan tekan yang ditargetkan.
  - g. Persyaratan lain yang berkaitan dengan kekuatan lebih, bahan tambahan, semen tipe khusus, bahan sementisius lainnya, atau agregat.
- 5.3 Karakteristik dari beton yang dipersyaratkan dalam spesifikasi untuk menentukan proporsi campuran tiap  $m^3$  beton, dilakukan secara berurutan sebagaimana dalam contoh perhitungan dari setiap Lampiran.

#### 6 Ketentuan-ketentuan

##### 6.1 Penetapan nilai *slump*

Bila nilai *slump* tidak disyaratkan, dapat digunakan Tabel 1. Rentang nilai *slump* tersebut berlaku bila beton dipadatkan dengan digetar.

**Tabel 1 Nilai slump yang dianjurkan untuk berbagai pekerjaan konstruksi (\*)**

Tipe konstruksi	Slump (mm)	
	Maksimum <sup>†</sup>	Minimum
Pondasi beton bertulang (dinding dan pondasi telapak)	75	25
Pondasi telapak tanpa tulangan, pondasi tiang pancang, dinding bawah tanah	75	25
Balok dan dinding bertulang	100	25
Kolom bangunan	100	25
Perkerasan dan pelat lantai	75	25
Beton massa	50	25

\* Slump dapat ditambah bila digunakan bahan tambahan kimia, asalkan beton yang diberi bahan tambahan tersebut memiliki rasio air semen atau rasio air terhadap semen ditambah bahan sementisius yang sama atau lebih kecil dan tidak menunjukkan segregasi yang berarti atau blinding berlebihan.

<sup>†</sup> Slump boleh ditambah 25 mm untuk metode pemadatan selain dengan penggetaran.

## 6.2 Ukuran besar butir agregat maksimum

Ukuran nominal agregat kasar maksimum dengan gradasi yang baik memiliki rongga udara yang lebih sedikit dibandingkan dengan agregat berukuran lebih kecil. Dengan demikian, beton dengan agregat berukuran lebih besar membutuhkan lebih sedikit adukan mortar per satuan isi beton.

Secara umum ukuran nominal agregat maksimum harus yang terbesar yang dapat diperoleh secara ekonomis dan tetap memenuhi syarat dimensi komponen struktur/konstruksinya, dengan ketentuan tidak boleh melebihi:

- 1/5 dari ukuran terkecil dimensi antara dinding-dinding cetakan/bekisting,
- 1/3 tebalnya pelat lantai *slab*, dan
- 3/4 jarak minimum antar masing-masing batang tulangan, berkas-berkas tulangan, atau tendon tulangan prategang (*pretensioning strands*).

Bila diinginkan beton berkekuatan tinggi, maka hasil terbaik dapat diperoleh dengan ukuran nominal agregat maksimum yang lebih kecil karena hal ini akan memberikan kekuatan lebih tinggi pada rasio air semen yang diberikan.

## 6.3 Perkiraan air pencampur dan kandungan udara

Banyaknya air untuk tiap satuan isi beton yang diperlukan agar menghasilkan nilai *slump* tertentu tergantung pada:

- Ukuran nominal maksimum, bentuk partikel dan gradasi agregat,
- Temperatur beton,
- Perkiraan kadar udara, dan
- Penggunaan bahan tambahan kimia.

*Slump* tidak terlalu dipengaruhi oleh jumlah semen atau bahan sementisius lainnya dalam tingkat pemakaian yang normal, penggunaan sedikit bahan tambahan mineral yang halus dapat mengurangi kebutuhan air, perkiraan kebutuhan air untuk beberapa ukuran agregat dan target *slump* yang diinginkan lihat Tabel 2. Perbedaan dalam kebutuhan air tidak selalu ditunjukkan dalam kekuatan mengikat adanya faktor-faktor penyimpangan lainnya yang juga terlibat. Agregat kasar yang bundar dan bersudut, keduanya bermutu baik dan memiliki gradasi yang sama, diharapkan menghasilkan beton dengan kekuatan tekan yang kira-kira sama untuk jumlah semen yang sama, sekalipun ada perbedaan dalam rasio air semen atau

rasio air (semen ditambah pozolanik) yang dihasilkan dari kebutuhan air pencampur yang berbeda. Bentuk partikel agregat tidak selalu merupakan indikator, baik lebih tinggi atau lebih rendah dari kekuatan rencana.

**Tabel 2 Perkiraan kebutuhan air pencampur dan kadar udara untuk berbagai *slump* dan ukuran nominal agregat maksimum batu pecah**

Air (kg/m <sup>3</sup> ) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah								
<i>Slump</i> (mm)	9,5 mm*	12,7 mm*	19 mm*	25 mm*	37,5 mm*	50 mm <sup>†*</sup>	75 mm <sup>††</sup>	150 mm <sup>††</sup>
<b>Beton tanpa tambahan udara</b>								
25-50	207	199	190	179	166	154	130	113
75-100	228	216	205	193	181	169	145	124
150-175	243	228	216	202	190	178	160	-
> 175*	-	-	-	-	-	-	-	-
banyaknya udara dalam beton (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
<b>Beton dengan tambahan udara</b>								
25-50	181	175	168	160	150	142	122	107
75-100	202	193	184	175	165	157	133	119
150-175	216	205	197	184	174	166	154	-
> 175*	-	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah kadar udara yang disarankan untuk tingkat pemaparan sebagai berikut :								
ringan (%)	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5 <sup>***††</sup>	1,0 <sup>***††</sup>
sedang (%)	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5 <sup>***††</sup>	3,0 <sup>***††</sup>
berat <sup>††</sup> (%)	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5 <sup>***††</sup>	4,0 <sup>***††</sup>

\* Banyaknya air pencampur untuk beton dengan tambahan udara didasarkan pada persyaratan kadar air total, khusus untuk "pemaparan sedang". Jumlah air ini digunakan untuk menghitung banyaknya semen dalam campuran percobaan pada suhu (20-25)°C. Agregat bentuk bulat umumnya membutuhkan lebih sedikit air sekitar 18 kg bagi beton tanpa tambahan udara dan sekitar 15 kg untuk beton dengan tambahan udara. Penggunaan bahan tambahan untuk beton (SNI 03-2495-1991) dapat pula mengurangi air pencampur sebanyak 5 % atau lebih. Volume bahan tambahan cair dimasukkan sebagai bagian dari jumlah seluruh air pencampur. *Slump* dengan nilai lebih dari 175 mm hanya dapat dicapai dengan penggunaan bahan kimia tambahan untuk beton dengan ukuran nominal agregat maksimum 25 mm.

<sup>†</sup>Nilai *slump* untuk beton dengan agregat lebih besar dari 40 mm didasarkan dari uji *slump* setelah partikel agregat lebih besar dari 40 mm dikeluarkan dengan cara disaring basah.

<sup>†</sup>Jumlah air pencampur ini digunakan untuk menghitung campuran percobaan bila menggunakan agregat yang berukuran maksimum 75 mm atau 150 mm. Ini adalah nilai rata-rata untuk agregat dengan bentuk yang baik dan dengan susunan besar butir yang baik pula dari kasar hingga halus.

<sup>\*\*</sup> Untuk beton dengan ukuran agregat lebih besar dari 40 mm sebelum dilakukan uji kadar udara harus disaring basah pada 40 mm, persen udara yang diharapkan pada bahan-bahan yang lebih kecil dari 40 mm termasuk nilai-nilai dalam kolom 40 mm. Namun demikian, perhitungan proporsi awal harus memasukkan kadar udara dalam persen dari keseluruhannya.

<sup>††</sup> Bila beton menggunakan agregat berukuran besar dan faktor air semen rendah, tambahan udara tidak akan mengurangi kekuatannya. Dalam banyak kasus, jika air pencampur dikurangi cukup banyak untuk memperbaiki rasio air semen maka ditambahkan udara untuk mengimbangi pengaruh berkurangnya kekuatan beton. Oleh karena itu, pada umumnya, untuk agregat-agregat berukuran nominal maksimum yang besar, kadar udara yang disarankan untuk pengaruh kondisi lingkungan yang berat haruslah dipertimbangkan, sekalipun kemungkinan pemaparannya terhadap kelembapan atau pembekuan adalah kecil atau sama sekali tidak terjadi.

# Nilai-nilai ini didasarkan pada kriteria bahwa diperlukan 9 % udara untuk fase mortar dari beton. Bila volume mortar berbeda dari yang dianjurkan dalam standar ini, mungkin diperlukan untuk menghitung kadar udara dengan memakai angka 9 % dari volume mortar sebenarnya.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan perkiraan kebutuhan air, diantaranya adalah:

#### **a. Bahan tambahan kimia**

Bahan tambahan kimia dipakai untuk mengubah sifat-sifat beton, membuat beton lebih mudah dikerjakan, awet, lebih ekonomis, menambah atau mengurangi waktu pengikatan; mempercepat kekuatan dan/atau mengontrol panas hidrasi. Bahan tambahan kimia digunakan setelah dilakukan evaluasi secara cermat. Bahan tambahan/aditif untuk mengurangi kadar air pencampur dan/atau mengatur waktu pengikatan yang memenuhi syarat SNI 03-2495-1991, bila digunakan dan/atau tanpa campuran bahan tambahan kimia lainnya, akan banyak mengurangi jumlah air per satuan isi beton. Penggunaan sedikit bahan tambahan kimia, untuk *slump* yang sama, akan memperbaiki sifat beton seperti sifat pengerjaan, penyelesaian akhir (*finishing*), pemompaan, keawetan, dan kekuatan tekan serta kekuatan lenturnya.

Penambahan bahan tambahan kimia cair dalam jumlah banyak harus dianggap sebagai bagian dari air pencampur. Nilai *slump* pada Tabel 1 dapat ditambah bila digunakan bahan tambahan kimia selama beton dengan bahan tambahan kimia tadi memiliki rasio air semen yang sama atau lebih kecil dan tidak menunjukkan potensi segregasi dan *bliding* berlebihan.

#### **b. Tingkat paparan ringan**

Tingkat paparan beton ini meliputi kondisi di dalam dan di luar bangunan di lingkungan iklim di mana beton tidak akan mengalami pembekuan dan tidak akan menerima zat-zat atau bahan-bahan pencair es. Bila penambahan udara diperlukan untuk mendapatkan sifat-sifat beton selain keawetannya seperti misalnya untuk memperbaiki sifat pengerjaan atau pengikatannya atau bagi beton dengan faktor semen yang rendah untuk memperbaiki kekuatannya, dapat dipakai kadar udara yang lebih rendah dari yang dibutuhkan untuk menambah keawetan beton.

#### **c. Tingkat paparan sedang**

Tingkat paparan beton di daerah beriklim dingin yang dapat membuat air membeku, namun beton tidak akan terpapar uap air atau air bebas secara terus menerus untuk jangka waktu lama sebelum terjadinya pembekuan dan juga tidak akan terpapar pada bahan-bahan pencair es (*deicing agents*) atau bahan-bahan kimia agresif lainnya. Beberapa contoh termasuk: balok-balok di luar bangunan; kolom; dinding; kusen; atau panel yang tidak kontak langsung dengan tanah dan ditempatkan sedemikian rupa sehingga tidak mengalami kontak langsung dengan garam-garam cair.

#### **d. Tingkat paparan berat**

Tingkat paparan berat adalah beton yang terpapar pada bahan-bahan kimia cair atau bahan-bahan kimia agresif lainnya atau beton yang secara langsung terendam uap air atau air bebas sebelum terjadinya pembekuan. Misalnya pelapis lantai; lantai jembatan; kerb (*curbs*); saluran (*gutters*); trotoar (*sidewalks*); dinding saluran/kanal; atau tangki air di luar bangunan atau sumur. Penambahan udara dalam jumlah yang biasa digunakan pada beton dengan syarat kekuatan sekitar 35 MPa tidak mungkin karena setiap penambahan udara akan mengurangi kekuatan maksimum yang dapat dicapai dengan kombinasi beberapa bahan.

Bila komponen beton tidak akan menjadi basah secara terus menerus dan tidak akan terpapar pada garam-garam cair, nilai kadar udara yang lebih rendah seperti tersebut dalam Tabel 2 untuk paparan tingkat sedang sudah cukup baik, sekalipun beton terpapar pada temperatur pembekuan dan pencairan. Untuk kondisi paparan di mana beton mungkin

sudah jenuh sebelum terjadinya pembekuan, penggunaan tambahan udara tidak boleh diabaikan demi pencapaian kekuatan. Dalam beberapa pemakaian tertentu, ditemukan kadar udara yang lebih rendah daripada yang dipersyaratkan, padahal telah digunakan bahan tambahan kimia dalam jumlah yang umumnya memberikan hasil memuaskan. Hal ini akan terjadi jika dipakai kadar semen yang sangat tinggi. Pencapaian keawetan yang diharapkan dapat ditunjukkan dengan pemeriksaan rongga udara di dalam pasta dari beton yang telah mengeras.

Apabila dilakukan campuran percobaan untuk membuktikan hubungan-hubungan kekuatan atau menilai kembali kekuatan dari sebuah campuran, harus digunakan air pencampur dan kadar udara yang terkecil. Kadar udara harus yang maksimum yang diizinkan dan beton harus diukur untuk mencapai *slump* tertinggi yang diizinkan. Bila beton di lapangan memiliki kadar air dan atau kadar udara yang lebih rendah, maka proporsi bahan-bahan beton harus disesuaikan untuk menghasilkan beton yang diinginkan.

#### **6.4 Penentuan rasio air semen atau rasio air semen dengan bahan sementisius**

Rasio  $w/c$  atau rasio  $w/(c+p)$  yang diperlukan tidak hanya ditentukan oleh syarat kekuatan, tetapi juga oleh beberapa faktor diantaranya oleh keawetan. Oleh karena agregat, semen, dan bahan sementisius yang berbeda-beda umumnya menghasilkan kekuatan yang berbeda untuk rasio  $w/c$  atau  $w/(c+p)$  yang sama, sangat diperlukan adanya hubungan antara kekuatan dengan  $w/c$  atau  $w/(c+p)$  dari bahan-bahan yang sebenarnya akan dipakai. Bila data ini tidak ada, maka perkiraan dan nilai  $w/c$  atau  $w/(c+p)$  dapat menggunakan Tabel A.1 (semen OPC), Tabel B.1 (semen PPC), dan Tabel C.1 (semen PCC) berdasarkan hasil pengujian benda uji umur 28 hari yang dipelihara dalam kondisi baku di laboratorium. Kekuatan rata-rata harus melebihi kekuatan yang disyaratkan dengan perbedaan yang cukup tinggi untuk menggunakan hasil-hasil uji yang rendah dalam rentang batas tertentu.

Untuk tingkat pemaparan yang sangat buruk, rasio  $w/c$  atau rasio  $w/(c+p)$  harus dipertahankan tetap rendah sekalipun persyaratan kekuatan mungkin dicapai dengan nilai lebih tinggi. Dapat digunakan Tabel A.2 (semen OPC), Tabel B.2 (semen PPC), dan Tabel C.2 (semen PCC) yang memberikan batasan nilai-nilai rasio air semen yang lebih rendah.

Keterangan:

$w$  = air

$c$  = semen

$p$  = bahan sementisius

#### **6.5 Perhitungan kadar semen**

Banyaknya semen untuk tiap satuan volume beton diperoleh dari penentuan dalam contoh-contoh di langkah 3 dan langkah 4 tersebut di atas. Kebutuhan semen adalah sama dengan perkiraan kadar air pencampur (langkah 3) dibagi rasio air semen (langkah 4). Namun demikian, bila persyaratannya memasukkan pembatasan pemakaian semen minimum secara terpisah selain dari persyaratan kekuatan dan keawetan, campuran haruslah didasarkan pada kriteria apapun yang mengarah pada pemakaian semen yang lebih banyak. Penggunaan bahan pozolanik atau bahan tambahan kimia akan mempengaruhi sifat-sifat dari beton, baik beton segar maupun beton yang telah mengeras.

#### **6.6 Perkiraan kadar agregat kasar**

Agregat dengan ukuran nominal maksimum dan gradasi yang baik akan menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan yang memuaskan bila sejumlah tertentu volume agregat (kondisi kering oven) dipakai untuk tiap satuan volume beton. Volume agregat kasar per satuan volume beton dapat dilihat pada Tabel 6. Atau dilakukan perhitungan secara analitis atau

grafis. Persyaratan gradasi agregat halus, agregat kasar dan agregat gabungan adalah sebagai berikut:

**Tabel 3 Persyaratan gradasi agregat halus**

Ayakan BS. 882 (mm)	Persentase berat yang lewat pada ayakan			
	Grading zone 1	Grading zone 2	Grading zone 3	Grading zone 4
9,6	100,0	100,0	100,0	100,0
4,8	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2,4	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1,2	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0,6	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0,3	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0,15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

**Tabel 4 Persyaratan gradasi agregat kasar**

Ayakan BS. 882 (mm)	Persentase berat yang lewat pada ayakan		
	Ukuran nominal agregat/kerikil (mm)		
4,8 - 38	4,8 - 19	4,8 - 9,6	
38,0	95 - 100	100	100
19,0	37 - 70	95 - 100	100
9,6	10 - 40	30 - 60	50 - 85
4,8	0 - 5	0 - 10	0 - 10

**Tabel 5 Persyaratan gradasi agregat gabungan**

Ayakan BS. 882 (mm)	Persentase berat yang lewat pada ayakan			
	Besarnya butir maksimum (mm)			
	76	38	19	9,6
76	100			
38	47 - 63	100		
19	35 - 52	50 - 75	100	
9,6	26 - 42	35 - 60	45 - 75	100
4,8	20 - 35	23 - 47	29 - 49	29 - 75
2,4	17 - 29	18 - 37	23 - 42	21 - 60
1,2	13 - 24	12 - 30	15 - 35	17 - 47
0,6	8 - 17	7 - 23	9 - 28	14 - 35
0,3	4 - 9	3 - 15	2 - 13	5 - 21
0,15	-	2 - 6	1 - 3	0 - 7

Untuk beton dengan tingkat kemudahan pengerjaan yang lebih baik bila pengecoran dilakukan memakai pompa, atau bila beton harus ditempatkan ke dalam cetakan dengan rapatnya tulangan baja, dapat mengurangi kadar agregat kasar sebesar 10% dari nilai yang ada dalam Tabel 6. Namun demikian tetap harus berhati-hati untuk meyakinkan agar hasil-hasil uji *slump*, rasio air semen atau rasio air (semen ditambah bahan sementisius), dan sifat-sifat kekuatan dari beton tetap memenuhi rekomendasi dalam 6.1 dan 6.4 serta memenuhi persyaratan spesifikasi proyek yang bersangkutan.

**Tabel 6 Perkiraan volume agregat kasar per satuan volume beton**

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering oven* per satuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan dari agregat halus			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19,0	0,66	0,64	0,62	0,60
25,0	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50,0	0,78	0,76	0,74	0,72
75,0	0,82	0,80	0,78	0,76
150,0	0,87	0,85	0,83	0,81

\*Volume berdasarkan berat kering oven sesuai SNI 03-4804-1998

Volume ini dipilih dari hubungan empiris untuk menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan untuk pekerjaan konstruksi secara umum. Untuk beton yang lebih kental (kelecahan rendah), seperti untuk konstruksi lapis lantai (*pavement*), nilainya dapat ditambah sekitar 10 %.

## 6.7 Perkiraan kadar agregat halus

Setelah menentukan agregat kasar, seluruh komponen bahan dari beton sudah dapat diperkirakan, kecuali agregat halus. Prosedur yang dapat digunakan untuk menentukan agregat halus adalah metode berdasarkan berat (lihat 6.7.1) atau metode berdasarkan volume absolut (lihat 6.7.2).

**6.7.1** Bila berat per satuan volume beton dapat dianggap atau diperkirakan dari pengalaman, maka berat agregat halus yang diperlukan adalah perbedaan dari berat beton segar dan berat total dari bahan-bahan lainnya. Umumnya, berat satuan dari beton telah diketahui dengan ketelitian cukup dari pengalaman sebelumnya yang memakai bahan-bahan yang sama. Dalam hal informasi semacam ini tidak diperoleh, Tabel 7 dapat digunakan untuk perkiraan awal. Sekalipun bila perkiraan berat beton per m<sup>3</sup> tadi adalah perkiraan cukup kasar, proporsi campuran akan cukup tepat untuk memungkinkan penyesuaian secara mudah berdasarkan campuran percobaan seperti yang akan ditunjukkan dalam contoh-contoh.

**Tabel 7 Perkiraan awal berat beton segar**

Ukuran nominal maksimum agregat (mm)	Perkiraan awal berat beton, kg/m <sup>3</sup> *	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
19,0	2345	2275
25,0	2380	2290
37,5	2410	2350
50,0	2445	2345
75,0	2490	2405
150,0	2530	2435

\*Nilai yang dihitung memakai rumus 1 untuk beton dengan jumlah semen cukup banyak (330 kg semen per m<sup>3</sup>), dan dengan *slump* sedang dan berat jenis agregat 2,7. Untuk *slump* sebesar 75 mm sampai dengan 100 mm menurut Tabel 2. Bila informasi yang diperlukan cukup, maka berat perkiraan dapat diperhalus lagi dengan cara sebagai berikut:

- untuk setiap perbedaan air pencampur 5 kg dengan *slump* sebesar 75 mm sampai dengan 100 mm (Tabel 2), koreksi berat tiap m<sup>3</sup> sebanyak 8 kg pada arah berlawanan;
- untuk setiap perbedaan 20 kg kadar semen dari 330 kg, koreksi berat per m<sup>3</sup> sebesar 3 kg dalam arah bersamaan;
- untuk setiap perbedaan berat jenis agregat 0,1 terhadap nilai 2,7, koreksi berat beton sebesar 60 kg dalam arah yang sama;
- untuk beton dengan tambahan udara, gunakan Tabel 2. Berat dapat ditambah 1 % untuk setiap 1 % berkurangnya kadar udara dari jumlah tersebut.

Bila diinginkan perhitungan berat beton per m<sup>3</sup>, secara teoritis rumus berikut ini dapat digunakan

$$U = 10G_a(100 - A) + c(1 - G_a/G_c) - w(G_a - 1) \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

$U$  adalah berat beton segar, kg/m<sup>3</sup>

$G_a$  adalah berat jenis rata-rata gabungan agregat halus dan kasar, kering permukaan jenuh (SSD adalah *saturated surface dry*)

$G_c$  adalah berat jenis semen (umumnya = 3,15)

$A$  adalah kadar udara (%)

$w$  adalah syarat banyaknya air pencampur, kg/m<sup>3</sup>

$c$  adalah syarat banyaknya semen, kg/m<sup>3</sup>

**6.7.2** Untuk mendapatkan volume agregat halus yang disyaratkan, satuan volume beton dikurangi jumlah seluruh volume dari bahan-bahan yang diketahui, yaitu air, udara, bahan yang bersifat semen, dan agregat kasar. Volume beton adalah sama dengan berat beton dibagi densitas bahan.

## 6.8 Penyesuaian terhadap kelembapan agregat

Jumlah agregat yang harus ditimbang untuk beton harus memperhitungkan banyaknya kandungan air yang terserap dalam agregat. Umumnya, agregat ada dalam keadaan lembap, sehingga berat keringnya harus ditambah sebanyak persentase air yang dikandungnya baik yang terserap maupun yang ada dipermukaan. Banyaknya air

pencampuran yang harus ditambahkan ke dalam campuran haruslah dikurangi sebanyak air bebas yang didapat dari agregat, yaitu jumlah air dikurangi air terserap.

**6.8.1** Dalam beberapa hal mungkin diperlukan untuk mencampur agregat dalam keadaan kering. Jika penyerapan air (biasanya setelah direndam selama satu hari) lebih besar dari 1 %, dan bila struktur pori-pori dalam butiran agregat sedemikian rupa hingga bagian yang cukup berarti dari penyerapan berlangsung dalam waktu sebelum terjadinya pengikatan awal, maka ada kemungkinan terjadi kehilangan *slump* yang lebih besar sebagai akibat berkurangnya air pencampur. Juga rasio air semen akan berkurang akibat adanya air yang terserap sebelum terjadinya pengikatan, dengan anggapan bahwa partikel semen tidak dibawa masuk ke dalam agregat.

**6.8.2** Prosedur pembuatan campuran percobaan di laboratorium dapat dengan mencampur agregat dalam kondisi kering udara, bila penyerapannya kurang dari 1. % dengan kemungkinan diserapnya air dari beton yang belum menjalani proses pengikatan (*unset concrete*).

## **6.9 Pengaturan campuran percobaan**

Proporsi hasil perhitungan harus diperiksa melalui pembuatan campuran percobaan yang dipersiapkan dan diuji sesuai dengan jumlah campuran di lapangan. Pemakaian air harus cukup untuk menghasilkan *slump* yang disyaratkan sewaktu memilih proporsi percobaan. Beton harus diperiksa berat isi, jumlah yang dihasilkan/*yield* dan kadar udara. Juga harus diperiksa sifat pengerjaannya, bebas dari segregasi, dan sifat penyelesaiannya (*finishing*-nya). Pengaturan yang sesuai harus pula dilakukan untuk campuran-campuran sebagai berikut:

**6.9.1** Kebutuhan air pencampur untuk menghasilkan nilai *slump* yang sama seperti campuran percobaan adalah setara dengan jumlah bersih air pencampur dibagi dengan jumlah beton yang dihasilkan dari campuran percobaan dalam  $m^3$ . Jika nilai *slump* campuran percobaan tidak sesuai, tambahkan atau kurangi jumlah kandungan air sebanyak  $2 \text{ kg}/m^3$  untuk setiap pertambahan atau pengurangan nilai *slump* sebesar 10 mm.

**6.9.2** Langkah penyesuaian karena jumlah kandungan udara yang tidak tepat pada beton adalah dengan penambahan atau pengurangan jumlah kandungan air pencampur dari subpasal 6.9.1 sebanyak  $3 \text{ kg}/m^3$  untuk setiap 1 % penambahan atau pengurangan kandungan udara.

**6.9.3** Perkirakan kembali berat beton segar untuk penyesuaian setara dengan berat beton segar dalam  $\text{kg}/m^3$  dari campuran percobaan, dikurangi atau ditambahkan oleh persentase perubahan kadar air campuran percobaan yang telah disesuaikan.

**6.9.4** Hitunglah campuran percobaan yang baru ini dimulai dengan 6.4, jika perlu ubah volume agregat kasar dari Tabel 6, untuk menghasilkan sifat pengerjaan yang cocok.



## **Lampiran B** (Normatif) **Penentuan proporsi campuran beton menggunakan semen OPC**

### **1 Langkah penentuan proporsi campuran beton menggunakan semen OPC**

#### **1.1 Langkah 1 Pemilihan *slump***

Bila *slump* tidak disyaratkan, gunakan Tabel 1. Rentang nilai *slump* tersebut berlaku bila beton dipadatkan dengan digetar. *Slump* boleh ditambah 25 mm untuk metode pemadatan selain dengan penggetaran.

#### **1.2 Langkah 2 Pemilihan ukuran besar butir agregat maksimum**

Secara umum ukuran nominal agregat maksimum harus yang terbesar yang dapat diperoleh secara ekonomi dan tetap menurut dimensi komponen struktur/konstruksinya. Ukuran nominal agregat maksimum tidak boleh melebihi 1/5 dari ukuran terkecil dimensi antara dinding-dinding cetakan/bekisting, 1/3 tebalnya pelat lantai, tidak lebih dari 3/4 jarak minimum antar masing-masing batang tulangan, berkas-berkas tulangan, atau tendon tulangan prategang (*pretensioning strands*). Bila diinginkan beton berkekuatan tinggi, maka hasil terbaik dapat diperoleh dengan ukuran nominal agregat maksimum yang lebih kecil karena hal ini akan memberikan kekuatan lebih tinggi pada rasio air semen yang diberikan.

#### **1.3 Langkah 3 Perkiraan air pencampur dan kandungan udara**

Perkiraan kebutuhan air untuk beberapa ukuran agregat dan target *slump* yang diinginkan lihat Tabel 2. Secara umum banyaknya air untuk tiap satuan isi beton yang dibutuhkan agar menghasilkan *slump* tertentu tergantung pada:

- e) Ukuran nominal agregat maksimum, bentuk partikel dan gradasi agregat;
- f) Temperatur beton;
- g) Perkiraan kadar udara, dan;
- h) Penggunaan bahan tambahan kimia.

#### **1.4 Langkah 4 Pemilihan rasio air semen atau rasio air semen dengan bahan sementisius**

Rasio air semen (*w/c*) yang diperlukan tidak hanya ditentukan oleh syarat kekuatan, tetapi juga oleh beberapa faktor diantaranya oleh keawetan. Oleh karena agregat, semen, dan bahan sementisius yang berbeda-beda umumnya menghasilkan kekuatan yang berbeda untuk rasio *w/c* yang sama, sangat diperlukan adanya hubungan antara kekuatan dengan *w/c* dari bahan-bahan yang sebenarnya akan dipakai. Bila data ini tidak ada, maka perkiraan dan nilai lama dari beton yang menggunakan semen OPC tipe I, penentuan rasio air semen dapat digunakan Tabel B.1 Dengan bahan-bahan tertentu, nilai *w/c* akan memberikan kekuatan seperti dalam Tabel B.1, berdasarkan hasil pengujian benda uji umur 28 hari yang dipelihara dalam kondisi baku di laboratorium. Kekuatan rata-rata harus melebihi kekuatan yang disyaratkan dengan perbedaan yang cukup tinggi untuk menggunakan hasil-hasil uji yang rendah dalam rentang batas tertentu.

**Tabel B.1 Hubungan antara rasio air semen (w/c) dan kekuatan beton dengan semen OPC tipe I**

Kekuatan beton umur 28 hari, MPa*	Rasio air semen (berat)	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
58	0,30	-
46	0,40	0,39
37	0,50	0,45
27	0,60	0,52
20	0,70	0,60
15	0,80	0,70
12	0,90	0,80

\* Nilai-nilai ini adalah perkiraan rata-rata kekuatan beton yang mengandung tidak lebih dari 2 % udara untuk beton tanpa tambahan udara dan 6 % kadar udara total untuk beton dengan tambahan udara. Untuk w/c atau w/(c+p) yang tetap, kekuatan beton berkurang bila kadar udara bertambah. Nilai kekuatan umur 28 hari adalah nilai lama dan dapat berubah bila digunakan berbagai bahan sementisius. Nilai kekuatan ini didasarkan pada benda uji silinder (150 x 300) mm yang dipelihara dalam kondisi lembap pada temperatur (23 ± 1,7) °C sebelum diuji. Hubungan yang ditunjukkan dalam Tabel A.1 adalah untuk ukuran nominal agregat maksimum (19 - 25) mm. Untuk agregat yang telah ditentukan, w/c atau w/(c+p) tertentu, kekuatan akan bertambah bila ukuran nominal maksimum agregat berkurang.

Untuk tingkat paparan yang sangat buruk, rasio w/c harus dipertahankan tetap rendah sekalipun persyaratan kekuatan mungkin dicapai dengan nilai lebih tinggi. Tabel A.2 memberikan batasan nilai-nilainya.

**Tabel B.2 Maksimum rasio w/c yang diizinkan untuk beton tingkat paparan berat (*severe exposures*)\***

Tipe struktur	Struktur selalu/seringkali basah dan terpapar pembekuan serta pencairan	Struktur yang dipengaruhi air laut atau sulfat
Bagian tipis (pegangan tangga, kerb, <i>sill</i> , saluran, pekerjaan ornamen) dan bagian selimut beton kurang dari 25 mm.	0,45	0,40 <sup>‡</sup>
Struktur lain	0,50	0,45 <sup>‡</sup>

\* bahan sementisius selain semen Portland harus sesuai dengan SNI 0302:2014 .

<sup>‡</sup> jika digunakan semen Portland tahan sulfat (Tipe II atau Tipe V SNI 15-2049-2004), atau semen Portland Pozolan tipe IPK (SNI 0302:2014), rasio w/c yang diizinkan dapat dinaikkan sebanyak 0,05.

### 1.5 Langkah 5 Perhitungan kadar semen

Banyaknya semen untuk tiap satuan volume beton diperoleh dari penentuan dalam contoh-contoh di langkah 3 dan langkah 4 tersebut di atas. Kebutuhan semen adalah sama dengan perkiraan kadar air pencampur (langkah 3) dibagi rasio air semen (langkah 4). Namun demikian, bila persyaratannya memasukkan pembatasan pemakaian semen minimum secara terpisah selain dari persyaratan kekuatan dan keawetan, campuran haruslah didasarkan pada kriteria apapun yang mengarah pada pemakaian semen yang lebih banyak. Penggunaan bahan pozolanik atau bahan tambahan kimia akan mempengaruhi sifat-sifat dari beton baik beton segar maupun beton yang telah mengeras.

## 1.6 Langkah 6 Perkiraan kadar agregat kasar

Agregat dengan ukuran nominal maksimum dan gradasi yang baik akan menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan yang memuaskan bila sejumlah tertentu volume agregat (kondisi kering oven) dipakai untuk tiap satuan volume beton. Volume agregat kasar per satuan volume beton dapat dilihat pada Tabel 3 atau dilakukan perhitungan secara analitis atau grafis.

**1.6.1** Untuk beton dengan tingkat kemudahan pengerjaan yang lebih baik bila pengecoran dilakukan memakai pompa, atau bila beton harus ditempatkan ke dalam cetakan dengan tulangan baja rapat, dapat mengurangi kadar agregat kasar sebesar 10 % dari nilai yang ada dalam Tabel 3. Namun demikian tetap harus berhati-hati untuk meyakinkan agar hasil-hasil uji *slump*, rasio air semen, dan sifat-sifat kekuatan dari beton tetap memenuhi rekomendasi dalam 1.1 dan 1.4 serta memenuhi persyaratan spesifikasi proyek yang bersangkutan.

## 1.7 Langkah 7 Perkiraan kadar agregat halus

Setelah selesai melakukan langkah 6, seluruh komponen bahan dari beton sudah dapat diperkirakan, kecuali agregat halus. Prosedur yang dapat digunakan untuk menentukan agregat halus adalah metode berdasarkan berat (lihat 1.7.1) atau metode berdasarkan volume absolut (lihat 1.7.2).

**1.7.1** Bila berat per satuan volume beton dapat dianggap atau diperkirakan dari pengalaman, maka berat agregat halus yang dibutuhkan adalah perbedaan dari berat beton segar dan berat total dari bahan-bahan lainnya. Umumnya, berat satuan dari beton telah diketahui dengan ketelitian cukup dari pengalaman sebelumnya yang memakai bahan-bahan yang sama. Dalam hal informasi semacam ini tidak diperoleh, Tabel 4 dapat digunakan untuk perkiraan awal. Sekalipun bila perkiraan berat beton per m<sup>3</sup> tadi adalah perkiraan cukup kasar, proporsi campuran akan cukup tepat untuk memungkinkan penyesuaian secara mudah berdasarkan campuran percobaan seperti yang akan ditunjukkan dalam contoh-contoh.

**1.7.2** Untuk mendapatkan volume agregat halus yang disyaratkan, satuan volume beton dikurangi jumlah seluruh volume dari bahan-bahan yang diketahui, yaitu air, udara, bahan yang bersifat semen, dan agregat kasar. Volume beton adalah sama dengan berat beton dibagi densitas bahan.

## 1.8 Langkah ke 8 Penyesuaian terhadap kelembapan agregat

Jumlah agregat yang harus ditimbang untuk beton harus memperhitungkan banyaknya kandungan air yang terserap dalam agregat. Umumnya, agregat ada dalam keadaan lembap, sehingga berat keringnya harus ditambah sebanyak persentase air yang dikandungnya baik yang terserap maupun yang ada dipermukaan. Banyaknya air pencampuran yang harus ditambahkan ke dalam campuran haruslah dikurangi sebanyak air bebas yang didapat dari agregat, yaitu jumlah air dikurangi air terserap.

**1.8.1** Dalam beberapa hal mungkin diperlukan untuk mencampur agregat dalam keadaan kering. Jika penyerapan air (biasanya setelah direndam selama satu hari) lebih besar dari 1 %, dan bila struktur pori-pori dalam butiran agregat sedemikian rupa hingga bagian yang cukup berarti dari penyerapan berlangsung dalam waktu sebelum terjadinya pengikatan awal, ada kemungkinan terjadi kehilangan *slump* yang lebih besar sebagai akibat berkurangnya air pencampur. Juga rasio air semen akan berkurang akibat adanya air yang terserap sebelum terjadinya pengikatan, dengan anggapan bahwa partikel semen tidak terbawa masuk ke dalam agregat.

**1.8.2** Prosedur pembuatan campuran percobaan di laboratorium dapat dilakukan dengan mencampur agregat dalam kondisi kering udara, bila penyerapannya kurang dari 1 %

dengan kemungkinan diserapnya air dari beton yang belum menjalani proses pengikatan (*unset concrete*). Disarankan jumlah yang diserap dapat dianggap sebesar 80 % dari perbedaan antara jumlah air sebenarnya yang terdapat dalam pori-pori agregat (kondisi kering udara) dan penyerapan jumlah nominal 24 jam. Untuk agregat dengan penyerapan lebih besar, mensyaratkan pengondisian sebelumnya untuk memenuhi syarat penyerapan dengan pengaturan berat agregat yang didasarkan pada jumlah kadar air dan pengaturan termasuk air permukaan sebagai bagian dari air pencampur yang disyaratkan.

### **1.9 Langkah 9 Pengaturan campuran percobaan (*trial mixed*)**

Proporsi hasil perhitungan harus diperiksa melalui pembuatan campuran percobaan yang dipersiapkan dan diuji sebanyak campuran di lapangan. Pemakaian air harus cukup untuk menghasilkan *slump* yang disyaratkan sewaktu memilih proporsi percobaan. Beton harus diperiksa berat isi dan jumlah yang dihasilkan/*yield* dan kadar udara. Juga harus diperiksa sifat pengerjaannya, bebas dari segregasi, dan sifat penyelesaiannya (*finishing*-nya). Pengaturan yang sesuai harus pula dilakukan untuk campuran-campuran sebagai berikut.

**1.9.1** Kebutuhan air pencampur untuk menghasilkan nilai *slump* yang sama seperti campuran percobaan adalah setara dengan jumlah bersih air pencampur dibagi dengan jumlah beton yang dihasilkan dari campuran percobaan dalam  $m^3$ . Jika nilai *slump* campuran percobaan tidak sesuai, tambahkan atau kurangi jumlah kandungan air sebanyak  $2 \text{ kg}/m^3$  untuk setiap penambahan atau pengurangan nilai *slump* sebesar 10 mm.

**1.9.2** Langkah penyesuaian karena jumlah kandungan udara yang tidak tepat pada beton adalah dengan penambahan atau pengurangan jumlah kandungan air pencampur dari subpasal 1.9.1 sebanyak  $3 \text{ kg}/m^3$  untuk setiap 1 % penambahan atau pengurangan kandungan udara.

**1.9.3** Perkiraan kembali berat beton segar untuk penyesuaian setara dengan berat beton segar dalam  $\text{kg}/m^3$  dari campuran percobaan, dikurangi atau ditambahkan oleh persentase perubahan kadar air campuran percobaan yang telah disesuaikan.

**1.9.4** Hitunglah campuran percobaan yang baru ini dimulai dengan langkah 4 (Subpasal 1.4), jika perlu ubah volume agregat kasar dari Tabel 3, untuk menghasilkan sifat pengerjaan yang cocok.

**Lampiran B-1**  
(Normatif)  
**Cara perhitungan agregat gabungan secara analitis**

1) Hasil analisis ayak/gradasi agregat

Ayakan (mm)	Persen lewat kumulatif		Persen tinggal kumulatif		Batas gradasi	
	Pasir	Kerikil	Pasir	Kerikil	Pasir zona 2	Kerikil 4,8 - 19 mm
38,0		100		0		95 - 100
19,0		57		43		37 - 70
9,6	100	35	0	65	100	10 - 40
4,8	98	5	2	95	90 - 100	0 - 5
2,4	90	0	10	100	75 - 100	
1,2	79		21	100	55 - 90	
0,6	52		48	100	35 - 59	
0,3	18		82	100	8 - 30	
0,15	5		95	100/2=50	0 - 10	
Jumlah kumulatif tinggal			258	653		

2) Modulus kehalusan :

- Pasir = 258/100 = 2,58 (syarat 1,5 - 3,8) ..... ok.
- Kerikil = 653/100 = 6,53 (syarat 6,0 - 7,1) ..... ok.

3) Perhitungan gradasi agregat gabungan cara analitis :

Ambil batas ayakan pada ukuran 4,8 mm, didapat nilai ideal :

$$Y_0 = (23 + 47)/2 = 35$$

$Y_1 = 98$  (dari hasil analisa butir pasir)

$Y_2 = 5$  (dari hasil analisa butir kerikil)

Masukkan kedalam persamaan :

$$Y_0 = \left[ Y_1 \cdot \frac{X}{100} \right] + \left[ Y_2 \cdot \frac{100 - X}{100} \right]$$

$$35 = \left[ 98 \cdot \frac{X}{100} \right] + \left[ 5 \cdot \frac{100 - X}{100} \right]$$

$$35 - 5 = \left[ 98 \cdot \frac{X}{100} \right] - \left[ \frac{5X}{100} \right]$$

$$3000 = 93 X \text{ sehingga } X_1 = \mathbf{32\%} \text{ (pasir)}$$

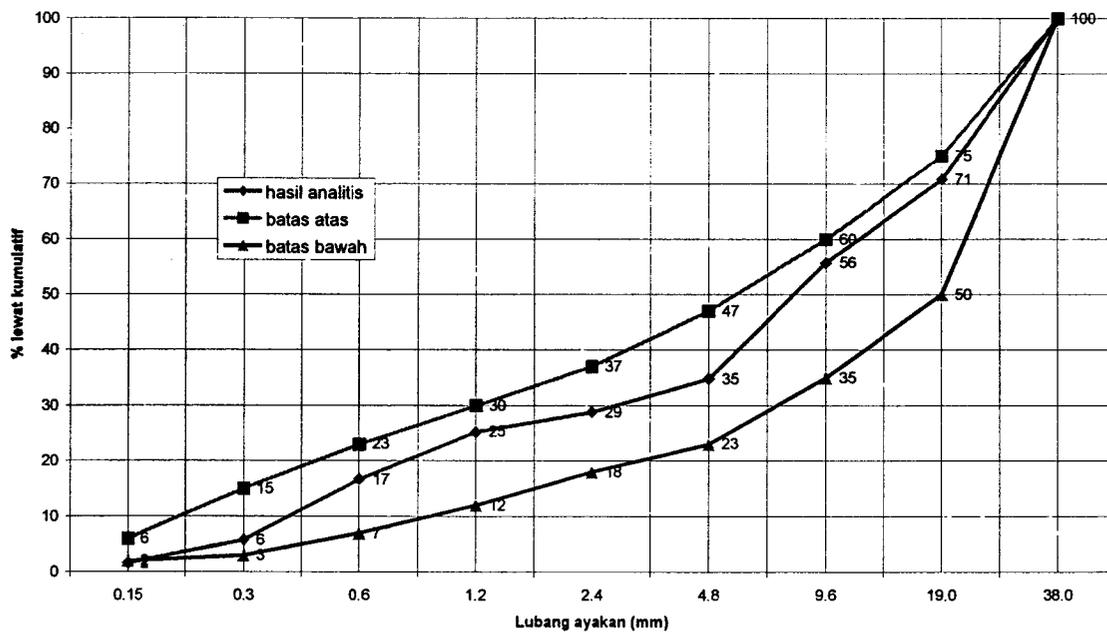
$$X_2 = (100 - 32)\% = \mathbf{68\%} \text{ (kerikil) dicek lagi.}$$

**Masukkan dan cek ke dalam persyaratan agregat gabungan**

Ayakan (mm)	Persen lewat kumulatif		Pasir 32%	Kerikil 68%	Gabungan pasir dan kerikil	
	Pasir	Kerikil			Hasil	Batas
38	100	100	32	68	100	100
19	100	57	32	39	71	50 – 75
9,6	100	35	32	24	56	35 – 60
4,8	98	5	31	3	35	23 – 47
2,4	90	0	29	0	29	18 – 37
1,2	79		25		25	12 – 30
0,6	52		17		17	7 – 23
0,3	18		6		6	3 – 15
0,15	5		2		2	2 – 6

Dari hasil perhitungan tersebut, setelah dimasukkan/dibandingkan dengan persyaratan ternyata masuk dalam batas yang ditetapkan. Dalam bentuk grafik, susunan butir agregat gabungan tersebut seperti pada Gambar B-1 berikut.

**Gradasi agregat gabungan hasil analisis**



**Gambar B-1 Susunan besar butir agregat gabungan**

**Lampiran B-2**  
(Informatif)

**Contoh perhitungan beton normal menggunakan semen OPC**

**Contoh 1**

**Spesifikasi beton yang diinginkan**

Beton dipersyaratkan untuk bagian struktur bangunan gedung yang terlindung dari pengaruh cuaca dan tidak akan terpapar pada cuaca terlalu buruk atau serangan sulfat. Pertimbangan struktur meminta syarat kekuatan tekan karakteristik pada umur 28 hari sebesar 30 MPa dengan *slump* 75 mm sampai dengan 100 mm. Ukuran nominal agregat maksimum 37,5 mm dengan berat kering oven agregat kasar adalah 1600 kg/m<sup>3</sup>, semen yang digunakan adalah semen OPC tanpa tambahan udara dengan berat jenis 3,15 dengan mengikuti urutan langkah-langkah sebagaimana formulir terlampir.

Diketahui data bahan sebagai berikut:

	Agregat halus	Agregat kasar
Modulus kehalusan	2,69	6,54
Berat jenis (SSD)	2,40	2,60
Penyerapan air (%)	4,70	2,50
Kadar air (%)	5,20	1,70

Banyaknya masing-masing bahan per m<sup>3</sup> beton dihitung sebagai berikut:

**Perhitungan proporsi campuran beton**  
(Berdasarkan volume absolut)

No.	URAIAN	Tabel/grafik/ perhitungan	Nilai/Hasil
1.	Kuat tekan yang disyaratkan	Ditetapkan	30 MPa , umur 28 hari k = 1,34
2.	Deviasi Standar	Data atau ditetapkan	6 MPa
3.	Nilai tambah (margin)	1,34 x 6	8,04 MPa
4.	Kuat rata-rata yang ditargetkan	Langkah 1 + 3	38,04 MPa
5.	Jenis semen	Ditetapkan	OPC Tipe I
6.	Jenis agregat : kasar Halus	Data agregat	Pecah Alami
7.	Rasio air semen	Tabel A.1, interpolasi	0,48
8.	Rasio air semen maksimum	-	-
9.	Target <i>slump</i>	Tabel 1	75 – 100 mm
10.	Ukuran agregat maksimum	Data agregat	37,5 mm
11.	Kadar air bebas	Tabel 2, butir 6.3	181 Kg/m <sup>3</sup>
12.	Jumlah semen	Langkah 11 : 7	181 : 0,48 = <b>377 Kg/m<sup>3</sup></b>
	<b>Dengan volume absolute</b>		
13.	Semen		377 : 3150 = 0,120 m <sup>3</sup>
14.	Bahan tambahan mineral	Tidak digunakan	..... : ... = ..... m <sup>3</sup>
15.	Air		181 : 1000 = 0,181 m <sup>3</sup>
16.	Kadar udara	Ditetapkan 1,5 %	= 0,015 m <sup>3</sup>
	Total		= 0,316 m <sup>3</sup>
17.	Total volume agregat		1,0 - 0,316 = 0,684 m <sup>3</sup>
18.	Volume agregat halus		0,32 x 0,684 = 0,219 m <sup>3</sup>
19.	Berat agregat halus		0,219 x 2400 = <b>526 kg/m<sup>3</sup></b>
20.	Volume agregat kasar		0,68 x 0,684 = 0,465 m <sup>3</sup>

**Perhitungan proporsi campuran beton**  
(Berdasarkan volume absolut)

No.	URAIAN	Tabel/grafik/ perhitungan	Nilai/Hasil
21	Berat agregat kasar		$0,465 \times 2600 = 1.209 \text{ kg/m}^3$
22	Bahan tambahan mineral	Tidak digunakan	.....% x ..... = ..... $\text{L/m}^3$
23	Berat jenis beton		<b>2.293 <math>\text{kg/m}^3</math></b>
24	Perbandingan agregat dg semen		<b>4,602</b>

<b>Proporsi campuran (jumlah)</b>	<b>: 1,0 <math>\text{m}^3</math>, setelah koreksi kadar air</b>		
Semen	: 377 kg	=	<b>377 kg</b>
Kerikil	: 1.209 kg (- 0,80 %)	=	<b>1.199 kg</b>
Pasir	: 526 kg (+ 0,50 %)	=	<b>529 kg</b>
Air	: 181 kg (+ 7 kg )	=	<b>188 kg</b>

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh banyaknya bahan per  $\text{m}^3$  beton setelah dikoreksi terhadap kadar air dan penyerapan air adalah:

Air	188 kg
Semen	377 kg
Agregat kasar	1.199 kg
<u>Agregat halus</u>	<u>529 kg</u>
<b>Jumlah</b>	<b>2.293 kg</b>

Untuk campuran percobaan di laboratorium, akan lebih mudah bila berat campuran tersebut diperkecil menjadi  $0,02 \text{ m}^3$ , campuran yang dibuat adalah sebagai berikut:

Air	3,76 kg
Semen	7,54 kg
Agregat kasar	23,98 kg
<u>Agregat halus</u>	<u>10,58 kg</u>
<b>Jumlah</b>	<b>45,86 kg</b>

Dalam campuran coba (*trial mixed*), jumlah bahan-bahan tersebut masih memerlukan penyesuaian terkait *slump* dan kuat tekan yang ingin dicapai dengan jumlah air yang harus ditambahkan, sehingga dalam campuran terakhir yang digunakan adalah proporsi hasil *trial mixed* di laboratorium, setelah dikoreksi terhadap target (sifat-sifat beton) yang diinginkan.

## Lampiran C (Normatif) Penentuan proporsi campuran beton menggunakan semen PPC

### 1 Langkah penentuan proporsi campuran beton menggunakan semen PPC

#### 1.1 Langkah 1 Pemilihan *slump*

Bila *slump* tidak disyaratkan, gunakan Tabel 1. Rentang nilai *slump* tersebut berlaku bila beton dipadatkan dengan digetar. *Slump* boleh ditambah 25 mm untuk metode pemadatan selain dengan penggetaran.

#### 1.2 Langkah 2 Pemilihan ukuran besar butir agregat maksimum

Secara umum ukuran nominal agregat maksimum harus yang terbesar yang dapat diperoleh secara ekonomi dan tetap menurut dimensi komponen struktur/konstruksinya. Ukuran nominal agregat maksimum tidak boleh melebihi 1/5 dari ukuran terkecil dimensi antara dinding-dinding cetakan/bekisting, 1/3 tebalnya pelat lantai, tidak lebih dari 3/4 jarak minimum antar masing-masing batang tulangan, berkas-berkas tulangan, atau tendon tulangan prategang (*pretensioning strands*). Bila diinginkan beton berkekuatan tinggi, maka hasil terbaik dapat diperoleh dengan ukuran nominal agregat maksimum yang lebih kecil karena hal ini akan memberikan kekuatan lebih tinggi pada rasio air semen yang diberikan.

#### 1.3 Langkah 3 Perkiraan air pencampur dan kandungan udara

Perkiraan kebutuhan air untuk beberapa ukuran agregat dan target *slump* yang diinginkan lihat Tabel 2. Secara umum banyaknya air untuk tiap satuan isi beton yang dibutuhkan agar menghasilkan *slump* tertentu tergantung pada:

- a) Ukuran nominal agregat maksimum, bentuk partikel dan gradasi agregat;
- b) Temperatur beton;
- c) Perkiraan kadar udara, dan;
- d) Penggunaan bahan tambahan kimia.

#### 1.4 Langkah 4 Pemilihan rasio air semen atau rasio air semen dengan bahan sementisius

Rasio air semen (*w/c*) yang diperlukan tidak hanya ditentukan oleh syarat kekuatan, tetapi juga oleh beberapa faktor diantaranya oleh keawetan. Oleh karena agregat, semen, dan bahan sementisius yang berbeda-beda umumnya menghasilkan kekuatan yang berbeda untuk rasio *w/c* yang sama, sangat dibutuhkan adanya hubungan antara kekuatan dengan *w/c* dari bahan-bahan yang sebenarnya akan dipakai. Bila data ini tidak ada, maka perkiraan dan nilai lama dari beton yang menggunakan semen Portland Pozolan, penentuan rasio air semen dapat digunakan Tabel C.1. Dengan bahan-bahan tertentu, nilai *w/c* akan memberikan kekuatan seperti dalam Tabel C.1, berdasarkan hasil pengujian benda uji umur 28 hari yang dipelihara dalam kondisi baku di laboratorium. Kekuatan rata-rata harus melebihi kekuatan yang disyaratkan dengan perbedaan yang cukup tinggi untuk mengantisipasi hasil-hasil uji yang rendah dalam rentang batas tertentu, sebagai nilai margin untuk keamanan.

**Tabel C.1 Hubungan antara rasio air semen (w/c) dan kekuatan beton dengan semen PPC**

Kekuatan beton umur 28 hari, MPa*	Rasio air semen (berat)	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
56	0,30	-
45	0,40	0,39
36	0,50	0,45
26	0,60	0,52
19	0,70	0,60
14	0,80	0,70
12	0,90	0,80

\* Nilai-nilai ini adalah perkiraan rata-rata kekuatan beton yang mengandung tidak lebih dari 2 % udara untuk beton tanpa tambahan udara dan 6 % kadar udara total untuk beton dengan tambahan udara. Untuk w/c yang tetap, kekuatan beton berkurang bila kadar udara bertambah. Nilai kekuatan umur 28 hari dan didasarkan pada benda uji silinder (150 x 300) mm yang dipelihara dalam kondisi lembap pada temperatur (23 ± 1,7) °C sebelum diuji. Hubungan yang ditunjukkan dalam Tabel B.1 adalah untuk ukuran nominal agregat maksimum (19 - 25) mm. Untuk agregat yang telah ditentukan, w/c atau w/(c+p) tertentu, kekuatan akan bertambah bila ukuran nominal maksimum agregat berkurang.

Untuk tingkat paparan yang sangat buruk, rasio w/c harus dipertahankan tetap rendah sekalipun persyaratan kekuatan mungkin dicapai dengan nilai lebih tinggi. Tabel B.2 memberikan batasan nilai-nilainya.

**Tabel C.2 Maksimum rasio w/c yang diizinkan untuk beton tingkat paparan berat (*severe exposures*)\***

Tipe struktur	Struktur selalu/seringkali basah dan terpapar pembekuan serta pencairan	Struktur yang dipengaruhi air laut atau sulfat
Bagian tipis (pegangan tangga, kerb, <i>sill</i> , saluran, pekerjaan ornamen) dan bagian selimut beton kurang dari 25 mm.	0,46	0,42
Struktur lain	0,52	0,46

### 1.5 Langkah 5 Perhitungan kadar semen

Banyaknya semen untuk tiap satuan volume beton diperoleh dari penentuan dalam contoh-contoh di langkah 3 dan langkah 4 tersebut di atas. Kebutuhan semen adalah sama dengan perkiraan kadar air pencampur (langkah 3) dibagi rasio air semen (langkah 4). Namun demikian, bila persyaratannya memasukkan pembatasan pemakaian semen minimum secara terpisah selain dari persyaratan kekuatan dan keawetan, campuran haruslah didasarkan pada kriteria apapun yang mengarah pada pemakaian semen yang lebih banyak. Penggunaan bahan pozolanik atau bahan tambahan kimia akan mempengaruhi sifat-sifat dari beton baik beton segar maupun beton yang telah mengeras.

## 1.6 Langkah 6 Perkiraan kadar agregat kasar

Agregat dengan ukuran nominal maksimum dan gradasi yang sama akan menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan yang memuaskan bila sejumlah tertentu volume agregat (kondisi kering oven) dipakai untuk tiap satuan volume beton. Volume agregat kasar per satuan volume beton dapat dilihat pada Tabel 3 atau dilakukan perhitungan secara analitis atau grafis.

**1.6.1** Untuk beton dengan tingkat kemudahan pengerjaan yang lebih baik bila pengecoran dilakukan memakai pompa, atau bila beton harus ditempatkan ke dalam cetakan dengan tulangan baja rapat, dapat mengurangi kadar agregat kasar sebesar 10 % dari nilai yang ada dalam Tabel 3. Namun demikian tetap harus berhati-hati untuk meyakinkan agar hasil-hasil uji *slump*, rasio air semen, dan sifat-sifat kekuatan dari beton tetap memenuhi rekomendasi dalam 1.1 dan 1.4 serta memenuhi persyaratan spesifikasi proyek yang bersangkutan.

## 1.7 Langkah 7 Perkiraan kadar agregat halus

Setelah selesai melakukan langkah 6, seluruh komponen bahan dari beton sudah dapat diperkirakan, kecuali agregat halus. Prosedur yang dapat digunakan untuk menentukan agregat halus adalah metode berdasarkan berat (lihat 1.7.1) atau metode berdasarkan volume absolut (lihat 1.7.2).

**1.7.1** Bila berat per satuan volume beton dapat dianggap atau diperkirakan dari pengalaman, maka berat agregat halus yang dibutuhkan adalah perbedaan dari berat beton segar dan berat total dari bahan-bahan lainnya. Umumnya, berat satuan dari beton telah diketahui dengan ketelitian cukup dari pengalaman sebelumnya yang memakai bahan-bahan yang sama. Dalam hal informasi semacam ini tidak diperoleh, Tabel 4 dapat digunakan untuk perkiraan awal. Sekalipun bila perkiraan berat beton per m<sup>3</sup> tadi adalah perkiraan cukup kasar, proporsi campuran akan cukup tepat untuk memungkinkan penyesuaian secara mudah berdasarkan campuran percobaan seperti yang akan ditunjukkan dalam contoh-contoh.

**1.7.2** Untuk mendapatkan volume agregat halus yang disyaratkan, satuan volume beton dikurangi jumlah seluruh volume dari bahan-bahan yang diketahui, yaitu air, udara, bahan yang bersifat semen, dan agregat kasar. Volume beton adalah sama dengan berat beton dibagi densitas bahan.

## 1.8 Langkah ke 8 Penyesuaian terhadap kelembapan agregat

Jumlah agregat yang harus ditimbang untuk beton harus memperhitungkan banyaknya kandungan air yang terserap dalam agregat. Umumnya, agregat ada dalam keadaan lembap, sehingga berat keringnya harus ditambah sebanyak persentase air yang dikandungnya baik yang terserap maupun yang ada dipermukaan. Banyaknya air pencampuran yang harus ditambahkan ke dalam campuran haruslah dikurangi sebanyak air bebas yang didapat dari agregat, yaitu jumlah air dikurangi air terserap.

**1.8.1** Dalam beberapa hal mungkin diperlukan untuk mencampur agregat dalam keadaan kering. Jika penyerapan air (biasanya setelah direndam selama satu hari) lebih besar dari 1 %, dan bila struktur pori-pori dalam butiran agregat sedemikian rupa hingga bagian yang cukup berarti dari penyerapan berlangsung dalam waktu sebelum terjadinya pengikatan awal, ada kemungkinan terjadi kehilangan *slump* yang lebih besar sebagai akibat berkurangnya air pencampur. Juga rasio air semen akan berkurang akibat adanya air yang terserap sebelum terjadinya pengikatan, dengan anggapan bahwa partikel semen tidak terbawa masuk ke dalam agregat.

**1.8.2** Prosedur pembuatan campuran percobaan di laboratorium dapat dilakukan dengan mencampur agregat dalam kondisi kering udara, bila penyerapannya kurang dari 1 % dengan kemungkinan diserapnya air dari beton yang belum menjalani proses pengikatan (*unbound concrete*). Disarankan jumlah yang diserap dapat dianggap sebesar 80 % dari perbedaan antara jumlah air sebenarnya yang terdapat dalam pori-pori agregat (kondisi kering udara) dan penyerapan jumlah nominal 24 jam. Untuk agregat dengan penyerapan lebih besar, mensyaratkan pengondisian sebelumnya untuk memenuhi syarat penyerapan dengan pengaturan berat agregat yang didasarkan pada jumlah kadar air dan pengaturan permukaan air permukaan sebagai bagian dari air pencampur yang disyaratkan.

### **1.9 Langkah 9 Pengaturan campuran percobaan (*trial mixed*)**

Proporsi hasil perhitungan harus diperiksa melalui pembuatan campuran percobaan yang dipersiapkan dan diuji sebanyak campuran di lapangan. Pemakaian air harus cukup untuk menghasilkan *slump* yang disyaratkan sewaktu memilih proporsi percobaan. Beton harus diperiksa berat isi dan jumlah yang dihasilkan/*yield* dan kadar udara. Juga harus diperiksa sifat pengerjaannya, bebas dari segregasi, dan sifat penyelesaiannya (*finishing*-nya). Pengaturan yang sesuai harus pula dilakukan untuk campuran-campuran sebagai berikut.

**1.9.1** Kebutuhan air pencampur untuk menghasilkan nilai *slump* yang sama seperti campuran percobaan adalah setara dengan jumlah bersih air pencampur dibagi dengan jumlah beton yang dihasilkan dari campuran percobaan dalam  $m^3$ . Jika nilai *slump* campuran percobaan tidak sesuai, tambahkan atau kurangi jumlah kandungan air sebanyak  $2 \text{ kg}/m^3$  untuk setiap penambahan atau pengurangan nilai *slump* sebesar 10 mm.

**1.9.2** Langkah penyesuaian karena jumlah kandungan udara yang tidak tepat pada beton adalah dengan penambahan atau pengurangan jumlah kandungan air pencampur dari subpasal 1.9.1 sebanyak  $3 \text{ kg}/m^3$  untuk setiap 1 % penambahan atau pengurangan kandungan udara.

**1.9.3** Perkiraan kembali berat beton segar untuk penyesuaian setara dengan berat beton segar dalam  $\text{kg}/m^3$  dari campuran percobaan, dikurangi atau ditambahkan oleh persentase perubahan kadar air campuran percobaan yang telah disesuaikan.

**1.9.4** Hitunglah campuran percobaan yang baru ini dimulai dengan langkah 4 (Subpasal 1.4). Jika perlu ubah volume agregat kasar dari Tabel 3, untuk menghasilkan sifat pengerjaan yang cocok.

**Lampiran C-1**  
(Informatif)  
**Contoh perhitungan agregat gabungan secara analitis**

1) Hasil analisis ayak/gradasi agregat

Ayakan (mm)	Persen lewat kumulatif		Persen tinggal kumulatif		Batas gradasi	
	Pasir	Kerikil	Pasir	Kerikil	Pasir zona 2	Kerikil 4,8 - 19 mm
38,0		100		0		95 - 100
19,0		57		43		37 - 70
9,6	100	35	0	65	100	10 - 40
4,8	98	5	2	95	90 - 100	0 - 5
2,4	90	0	10	100	75 - 100	
1,2	79		21	100	55 - 90	
0,6	52		48	100	35 - 59	
0,3	18		82	100	8 - 30	
0,15	5		95	100/2=50	0 - 10	
Jumlah kumulatif tinggal			258	653		

2) Modulus kehalusan :

- Pasir = 258/100 = 2,58 (syarat 1,5 – 3,8) ..... ok.
- Kerikil = 653/100 = 6,53 (syarat 6,0 – 7,1) ..... ok.

3) Perhitungan gradasi agregat gabungan cara analitis :

Ambil batas ayakan pada ukuran 4,8 mm, didapat nilai ideal :

$$Y_0 = (23 + 47)/2 = 35$$

$$Y_1 = 98 \text{ (dari hasil analisa butir pasir)}$$

$$Y_2 = 5 \text{ (dari hasil analisa butir kerikil)}$$

Masukkan kedalam persamaan :

$$Y_0 = \left[ Y_1 \cdot \frac{X}{100} \right] + \left[ Y_2 \cdot \frac{100 - X}{100} \right]$$

$$35 = \left[ 98 \cdot \frac{X}{100} \right] + \left[ 5 \cdot \frac{100 - X}{100} \right]$$

$$35 - 5 = \left[ 98 \cdot \frac{X}{100} \right] - \left[ \frac{5X}{100} \right]$$

$$3000 = 93 X \text{ sehingga } X_1 = 32\% \text{ (pasir)}$$

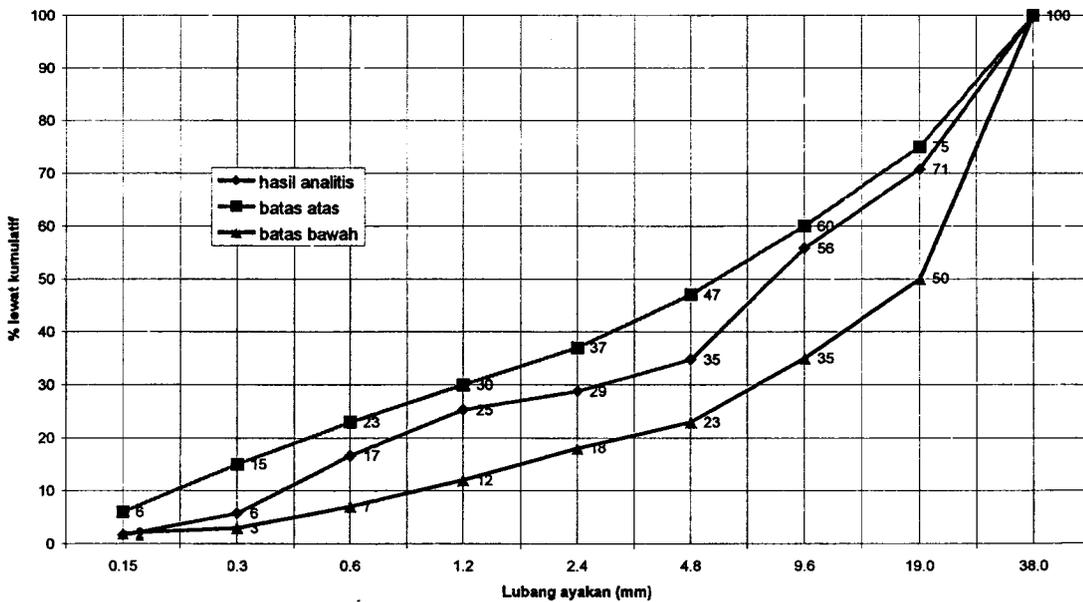
$$X_2 = (100 - 32)\% = 68\% \text{ (kerikil)}$$

**Masukkan dan cek ke dalam persyaratan agregat gabungan**

Ayakan (mm)	Persen lewat kumulatif		Pasir	Kerikil	Gabungan pasir dan kerikil	
	Pasir	Kerikil			Hasil	Batas
38	100	100	32	68	100	100
19	100	57	32	39	71	50 – 75
9,6	100	35	32	24	56	35 – 60
4,8	98	5	31	3	35	23 – 47
2,4	90	0	29	0	29	18 – 37
1,2	79		25		25	12 – 30
0,6	52		17		17	7 – 23
0,3	18		6		6	3 – 15
0,15	5		2		2	2 – 6

Dari hasil perhitungan tersebut, setelah dimasukkan/dibandingkan dengan persyaratan ternyata masuk dalam batas yang ditetapkan. Dalam bentuk grafik, susunan butir agregat gabungan tersebut seperti pada gambar C-1 berikut.

**Gradasi agregat gabungan hasil analitis**



**Gambar C-1 Susunan besar butir agregat gabungan**

## Lampiran C-2 (Informatif)

### Contoh perhitungan beton normal menggunakan semen PPC

#### Contoh 1

#### Spesifikasi beton yang diinginkan:

Beton dipersyaratkan untuk bagian struktur bangunan gedung yang terlindung dari pengaruh cuaca dan tidak akan terpapar pada cuaca terlalu buruk atau serangan sulfat. Pertimbangan struktur meminta syarat kekuatan tekan karakteristik pada umur 28 hari sebesar 30 MPa dengan *slump* 75 mm sampai dengan 100 mm. Ukuran nominal agregat maksimum 37,5 mm dengan berat kering oven agregat kasar adalah 1600 kg/m<sup>3</sup>, semen yang digunakan adalah semen PPC tanpa tambahan udara dengan berat jenis 3,10 dengan mengikuti urutan langkah-langkah sebagaimana formulir terlampir.

Diketahui data bahan sebagai berikut :

	Agregat halus	Agregat kasar
Modulus kehalusan	2,69	6,54
Berat jenis (SSD)	2,40	2,60
Penyerapan air (%)	4,70	2,50
Kadar air (%)	5,20	1,70

Banyaknya masing-masing bahan per m<sup>3</sup> beton dihitung sebagai berikut:

#### Perhitungan proporsi campuran beton (Berdasarkan volume absolut)

No.	URAIAN	Tabel/grafik/ perhitungan	Nilai/Hasil
1.	Kuat tekan yang disyaratkan	Ditetapkan	30 MPa , umur 28 hari k = 1,34
2.	Deviasi Standar	Data atau ditetapkan	6 MPa
3.	Nilai tambah (margin)	1,34 x 6	8,04 MPa
4.	Kuat rata-rata yang ditargetkan	Langkah 1 + 3	38,04MPa
5.	Jenis semen	Ditetapkan	PPC
6.	Jenis agregat : kasar Halus	Data agregat	Pecah alami
7.	Rasio air semen	Tabel C-1, interpolasi	0,47
8.	Rasio air semen maksimum	-	-
9.	Target <i>slump</i>	Tabel 1	75 – 100 mm
10.	Ukuran agregat maksimum	Data agregat	37,5 mm
11.	Kadar air bebas	Tabel 2, butir 6.3	181 Kg/m <sup>3</sup>
12.	Jumlah semen	Langkah 11 : 7	181 : 0,47 = <b>385 Kg/m<sup>3</sup></b>
	<b>Dengan volume absolute</b>		
13.	Semen		385 : 3100 = 0,124 m <sup>3</sup>
14.	Bahan tambahan mineral	Tidak digunakan	..... : ... = ..... m <sup>3</sup>
15.	Air		181 : 1000 = 0,181 m <sup>3</sup>
16.	Kadar udara	Ditetapkan 1,5 %	= 0,015 m <sup>3</sup>
	Total		= 0,320 m <sup>3</sup>
17.	Total volume agregat		1,0 - 0,320 = 0,680 m <sup>3</sup>
18.	Volume agregat halus		0,32 x 0,680 = 0,218 m <sup>3</sup>
19.	Berat agregat halus		0,218 x 2400 = <b>523 kg/m<sup>3</sup></b>
20.	Volume agregat kasar		0,68 x 0,680 = 0,462 m <sup>3</sup>

**Perhitungan proporsi campuran beton (lanjutan)**  
(Berdasarkan volume absolut)

No.	URAIAN	Tabel/grafik/ perhitungan	Nilai/Hasil
21	Berat agregat kasar		$0,462 \times 2600 = 1.201 \text{ kg/m}^3$
22	Bahan tambahan mineral	Tidak digunakan	.....% x ..... =..... L/m <sup>3</sup>
23	Berat jenis beton		<b>2.290 kg/m<sup>3</sup></b>
24	Perbandingan agregat dg semen		<b>4,478</b>

<b>Proporsi campuran (jumlah)</b>	<b>: 1,0 m<sup>3</sup>, setelah koreksi kadar air</b>		
Semen	: 385 kg	=	<b>385 kg</b>
Kerikil	: 1.201 kg (- 0,80 %)	=	<b>1.191 kg</b>
Pasir	: 523 kg (+ 0,50 %)	=	<b>526 kg</b>
Air	: 181 kg (+ 7 kg )	=	<b>188 kg</b>

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh banyaknya bahan per m<sup>3</sup> beton setelah dikoreksi terhadap kadar air dan penyerapan air adalah:

Air	188 kg
Semen	385 kg
Agregat kasar	1.191 kg
<u>Agregat halus</u>	<u>526 kg</u>
<b>Jumlah</b>	<b>2.290 kg</b>

Untuk campuran percobaan di laboratorium, akan lebih mudah bila berat campuran tersebut diperkecil menjadi 0,02 m<sup>3</sup>, campuran yang dibuat adalah sebagai berikut:

Air	3,76 kg
Semen	7,70 kg
Agregat kasar	23,82 kg
<u>Agregat halus</u>	<u>10,52 kg</u>
<b>Jumlah</b>	<b>45,80 kg</b>

Dalam campuran coba (*trial mixed*), jumlah bahan-bahan tersebut masih memerlukan penyesuaian terkait *slump* dan kuat tekan yang ingin dicapai dengan jumlah air yang harus ditambahkan, sehingga dalam campuran terakhir yang digunakan adalah proporsi hasil *trial mixed* di laboratorium, sebagaimana dilakukan pada lampiran A-1 (dengan semen OPC).

## Lampiran D (Normatif) Penentuan proporsi campuran beton dengan semen PCC

### 1 Langkah penentuan proporsi campuran beton dengan semen PCC

#### 1.1 Langkah 1 Pemilihan *slump*

Bila *slump* tidak disyaratkan, gunakan Tabel 1. Rentang nilai *slump* tersebut berlaku bila beton dipadatkan dengan digetar. *Slump* boleh ditambah 25 mm untuk metode pemadatan selain dengan penggetaran.

#### 1.2 Langkah 2 Pemilihan ukuran besar butir agregat maksimum

Secara umum ukuran nominal agregat maksimum harus yang terbesar yang dapat diperoleh secara ekonomi dan tetap menurut dimensi komponen struktur/konstruksinya. Ukuran nominal agregat maksimum tidak boleh melebihi 1/5 dari ukuran terkecil dimensi antara dinding-dinding cetakan/bekisting, 1/3 tebalnya pelat lantai, tidak lebih dari 3/4 jarak minimum antar masing-masing batang tulangan, berkas-berkas tulangan, atau tendon tulangan prategang (*pretensioning strands*). Bila diinginkan beton berkekuatan tinggi, maka hasil terbaik dapat diperoleh dengan ukuran nominal agregat maksimum yang lebih kecil karena hal ini akan memberikan kekuatan lebih tinggi pada rasio air semen yang diberikan.

#### 1.3 Langkah 3 Perkiraan air pencampur dan kandungan udara

Perkiraan kebutuhan air untuk beberapa ukuran agregat dan target *slump* yang diinginkan lihat Tabel 2. Secara umum banyaknya air untuk tiap satuan isi beton yang dibutuhkan agar menghasilkan *slump* tertentu tergantung pada :

- a) Ukuran nominal maksimum, bentuk partikel dan gradasi agregat;
- b) Temperatur beton;
- c) Perkiraan kadar udara, dan;
- d) Penggunaan bahan tambahan kimia.

#### 1.4 Langkah 4 Pemilihan rasio air semen atau rasio air semen dengan bahan sementisius

Rasio air semen (*w/c*) yang diperlukan tidak hanya ditentukan oleh syarat kekuatan, tetapi juga oleh beberapa faktor diantaranya oleh keawetan. Oleh karena agregat, semen, dan bahan sementisius yang berbeda-beda umumnya menghasilkan kekuatan yang berbeda untuk rasio *w/c* yang sama, sangat dibutuhkan adanya hubungan antara kekuatan dengan *w/c* dari bahan-bahan yang sebenarnya akan dipakai. Bila data ini tidak ada, maka perkiraan dan nilai lama dari beton yang menggunakan semen Portland Komposit, penentuan rasio air semen dapat digunakan Tabel D.1 Dengan bahan-bahan tertentu, nilai *w/c* akan memberikan kekuatan seperti dalam Tabel D.1, berdasarkan hasil pengujian benda uji umur 28 hari yang dipelihara dalam kondisi baku di laboratorium. Kekuatan rata-rata harus melebihi kekuatan yang disyaratkan dengan perbedaan yang cukup tinggi untuk mengantisipasi hasil-hasil uji yang rendah dalam rentang batas tertentu, sebagai nilai margin untuk keamanan.

**Tabel D.1 Hubungan antara rasio air semen (w/c) dan kekuatan beton dengan semen PCC**

Kekuatan beton umur 28 hari, MPa*	Rasio air semen (berat)	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
56	0,30	-
45	0,40	0,39
36	0,50	0,45
26	0,60	0,52
19	0,70	0,60
14	0,80	0,70
12	0,90	0,80

\* Nilai-nilai ini adalah perkiraan rata-rata kekuatan beton yang mengandung tidak lebih dari 2 % udara untuk beton tanpa tambahan udara dan 6 % kadar udara total untuk beton dengan tambahan udara. Untuk w/c atau  $w/(c+p)$  yang tetap, kekuatan beton berkurang bila kadar udara bertambah. Nilai kekuatan umur 28 hari adalah nilai lama dan dapat berubah bila digunakan berbagai bahan bersifat semen. Nilai kekuatan ini didasarkan pada benda uji silinder (150 x 300) mm yang dipelihara dalam kondisi lembap pada temperatur ( $23 \pm 1,7$ ) °C sebelum diuji. Hubungan yang ditunjukkan dalam Tabel C.1 adalah untuk ukuran nominal agregat maksimum (19 - 25) mm. Untuk agregat yang telah ditentukan, w/c atau  $w/(c+p)$  tertentu, kekuatan akan bertambah bila ukuran nominal maksimum agregat berkurang.

Untuk tingkat paparan yang sangat buruk, rasio w/c harus dipertahankan tetap rendah sekalipun persyaratan kekuatan mungkin dicapai dengan nilai lebih tinggi. Tabel C.2 memberikan batasan nilai-nilainya.

**Tabel D.2 Maksimum rasio w/c yang diizinkan untuk beton tingkat paparan berat (*severe exposures*)\***

Tipe struktur	Struktur selalu/seringkali basah dan terpapar pembekuan serta pencairan	Struktur yang dipengaruhi air laut atau sulfat
Bagian tipis (pegangan tangga, kerb, <i>sill</i> , saluran, pekerjaan ornamen) dan bagian selimut beton kurang dari 25 mm.	0,44	0,38 <sup>‡</sup>
Struktur lain	0,48	0,43 <sup>‡</sup>

\* bahan sementisius selain semen Portland harus sesuai dengan SNI 0302:2014 .

<sup>‡</sup>Jika digunakan semen Portland tahan sulfat (Tipe II atau Tipe V SNI 15-2049-2004), atau semen Portland Pozolan tipe IPK (SNI 0302:2014), rasio w/c yang diizinkan dapat dinaikkan sebanyak 0,05.

### 1.5 Langkah 5 Perhitungan kadar semen

Banyaknya semen untuk tiap satuan volume beton diperoleh dari penentuan dalam contoh-contoh di langkah 3 dan langkah 4 tersebut di atas. Kebutuhan semen adalah sama dengan perkiraan kadar air pencampur (langkah 3) dibagi rasio air semen (langkah 4). Namun demikian, bila persyaratannya memasukkan pembatasan pemakaian semen minimum secara terpisah selain dari persyaratan kekuatan dan keawetan, campuran haruslah didasarkan pada kriteria apapun yang mengarah pada pemakaian semen yang lebih banyak. Penggunaan bahan pozolanik atau bahan tambahan kimia akan mempengaruhi sifat-sifat dari beton baik beton segar maupun beton yang telah mengeras.

## 1.6 Langkah 6 Perkiraan kadar agregat kasar

Agregat dengan ukuran nominal maksimum dan gradasi yang sama akan menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan yang memuaskan bila sejumlah tertentu volume agregat (kondisi kering oven) dipakai untuk tiap satuan volume beton. Volume agregat kasar per satuan volume beton dapat dilihat pada Tabel 3 atau dilakukan perhitungan secara analitis atau grafis.

**1.6.1** Untuk beton dengan tingkat kemudahan pengerjaan yang lebih baik bila pengecoran dilakukan memakai pompa, atau bila beton harus ditempatkan ke dalam cetakan dengan tulangan baja rapat, dapat mengurangi kadar agregat kasar sebesar 10 % dari nilai yang ada dalam Tabel 3. Namun demikian tetap harus berhati-hati untuk meyakinkan agar hasil-hasil uji *slump*, rasio air semen, dan sifat-sifat kekuatan dari beton tetap memenuhi rekomendasi dalam 1.1 dan 1.4 serta memenuhi persyaratan spesifikasi proyek yang bersangkutan.

## 1.7 Langkah 7 Perkiraan kadar agregat halus

Setelah selesai melakukan langkah 6, seluruh komponen bahan dari beton sudah dapat diperkirakan, kecuali agregat halus. Prosedur yang dapat digunakan untuk menentukan agregat halus adalah metode berdasarkan berat (lihat 1.7.1) atau metode berdasarkan volume absolut (lihat 1.7.2).

**1.7.1** Bila berat per satuan volume beton dapat dianggap atau diperkirakan dari pengalaman, maka berat agregat halus yang dibutuhkan adalah perbedaan dari berat beton segar dan berat total dari bahan-bahan lainnya. Umumnya, berat satuan dari beton telah diketahui dengan ketelitian cukup dari pengalaman sebelumnya yang memakai bahan-bahan yang sama. Dalam hal informasi semacam ini tidak diperoleh, Tabel 4 dapat digunakan untuk perkiraan awal. Sekalipun bila perkiraan berat beton per m<sup>3</sup> tadi adalah perkiraan cukup kasar, proporsi campuran akan cukup tepat untuk memungkinkan penyesuaian secara mudah berdasarkan campuran percobaan seperti yang akan ditunjukkan dalam contoh-contoh.

**1.7.2** Untuk mendapatkan volume agregat halus yang disyaratkan, satuan volume beton dikurangi jumlah seluruh volume dari bahan-bahan yang diketahui, yaitu air, udara, bahan yang bersifat semen, dan agregat kasar. Volume beton adalah sama dengan berat beton dibagi densitas bahan.

## 1.8 Langkah ke 8 Penyesuaian terhadap kelembapan agregat

Jumlah agregat yang harus ditimbang untuk beton harus memperhitungkan banyaknya kandungan air yang terserap dalam agregat. Umumnya, agregat ada dalam keadaan lembap, sehingga berat keringnya harus ditambah sebanyak persentase air yang dikandungnya baik yang terserap maupun yang ada dipermukaan. Banyaknya air pencampuran yang harus ditambahkan ke dalam campuran haruslah dikurangi sebanyak air bebas yang didapat dari agregat, yaitu jumlah air dikurangi air terserap.

**1.8.1** Dalam beberapa hal mungkin diperlukan untuk mencampur agregat dalam keadaan kering. Jika penyerapan air (biasanya setelah direndam selama satu hari) lebih besar dari 1 %, dan bila struktur pori-pori dalam butiran agregat sedemikian rupa hingga bagian yang cukup berarti dari penyerapan berlangsung dalam waktu sebelum terjadinya pengikatan awal, ada kemungkinan terjadi kehilangan *slump* yang lebih besar sebagai akibat berkurangnya air pencampur. Juga rasio air semen akan berkurang akibat adanya air yang terserap sebelum terjadinya pengikatan, dengan anggapan bahwa partikel semen tidak terbawa masuk ke dalam agregat.

**1.8.2** Prosedur pembuatan campuran percobaan di laboratorium dapat dilakukan dengan mencampur agregat dalam kondisi kering udara, bila penyerapannya kurang dari 1 % dengan kemungkinan diserapnya air dari beton yang belum menjalani proses pengikatan (*unset concrete*). Disarankan jumlah yang diserap dapat dianggap sebesar 80 % dari perbedaan antara jumlah air sebenarnya yang terdapat dalam pori-pori agregat (kondisi kering udara) dan penyerapan jumlah nominal 24 jam. Untuk agregat dengan penyerapan lebih besar, mensyaratkan pengondisian sebelumnya untuk memenuhi syarat penyerapan dengan pengaturan berat agregat yang didasarkan pada jumlah kadar air dan pengaturan termasuk air permukaan sebagai bagian dari air pencampur yang disyaratkan.

## **1.9 Langkah 9 Pengaturan campuran percobaan (*trial mixed*)**

Proporsi hasil perhitungan harus diperiksa melalui pembuatan campuran percobaan yang dipersiapkan dan diuji sebanyak campuran di lapangan. Pemakaian air harus cukup untuk menghasilkan *slump* yang disyaratkan sewaktu memilih proporsi percobaan. Beton harus diperiksa berat isi dan jumlah yang dihasilkan/*yield* dan kadar udara. Juga harus diperiksa sifat pengerjaannya, bebas dari segregasi, dan sifat penyelesaiannya (*finishing-nya*). Pengaturan yang sesuai harus pula dilakukan untuk campuran-campuran sebagai berikut.

**1.9.1** Kebutuhan air pencampur untuk menghasilkan nilai *slump* yang sama seperti campuran percobaan adalah setara dengan jumlah bersih air pencampur dibagi dengan jumlah beton yang dihasilkan dari campuran percobaan dalam  $m^3$ . Jika nilai *slump* campuran percobaan tidak sesuai, tambahkan atau kurangi jumlah kandungan air sebanyak  $2 \text{ kg}/m^3$  untuk setiap penambahan atau pengurangan nilai *slump* sebesar 10 mm.

**1.9.2** Langkah penyesuaian karena jumlah kandungan udara yang tidak tepat pada beton adalah dengan penambahan atau pengurangan jumlah kandungan air pencampur dari sub pasal 1.9.1 sebanyak  $3 \text{ kg}/m^3$  untuk setiap 1 % penambahan atau pengurangan kandungan udara.

**1.9.3** Perkiraan kembali berat beton segar untuk penyesuaian setara dengan berat beton segar dalam  $\text{kg}/m^3$  dari campuran percobaan, dikurangi atau ditambahkan oleh persentase perubahan kadar air campuran percobaan yang telah disesuaikan.

**1.9.4** Hitunglah campuran percobaan yang baru ini dimulai dengan langkah 4 (Lihat 1.4), jika perlu ubah volume agregat kasar dari Tabel 3, untuk menghasilkan sifat pengerjaan yang cocok.

**Lampiran D-1**  
(Informatif)  
**Contoh perhitungan agregat gabungan secara analitis**

1) Hasil analisis ayak/gradasi agregat

Ayakan (mm)	Persen lewat kumulatif		Persen tinggal kumulatif		Batas gradasi	
	Pasir	Kerikil	Pasir	Kerikil	Pasir zona 2	Kerikil 4,8 - 19 mm
38,0		100		0		95 - 100
19,0		57		43		37 - 70
9,6	100	35	0	65	100	10 - 40
4,8	98	5	2	95	90 - 100	0 - 5
2,4	90	0	10	100	75 - 100	
1,2	79		21	100	55 - 90	
0,6	52		48	100	35 - 59	
0,3	18		82	100	8 - 30	
0,15	5		95	100/2=50	0 - 10	
Jumlah kumulatif tinggal			258	653		

4) Modulus kehalusan :

- Pasir = 258/100 = 2,58 (syarat 1,5 – 3,8) ..... ok.
- Kerikil = 653/100 = 6,53 (syarat 6,0 – 7,1) ..... ok.

5) Perhitungan gradasi agregat gabungan cara analitis :

Ambil batas ayakan pada ukuran 4,8 mm, didapat nilai ideal :

$$Y_0 = (23 + 47)/2 = 35$$

$Y_1 = 98$  (dari hasil analisa butir pasir)

$Y_2 = 5$  (dari hasil analisa butir kerikil)

Masukkan kedalam persamaan :

$$Y_0 = \left[ Y_1 \cdot \frac{X}{100} \right] + \left[ Y_2 \cdot \frac{100 - X}{100} \right]$$

$$35 = \left[ 98 \cdot \frac{X}{100} \right] + \left[ 5 \cdot \frac{100 - X}{100} \right]$$

$$35 - 5 = \left[ 98 \cdot \frac{X}{100} \right] - \left[ \frac{5X}{100} \right]$$

3000 = 93 X sehingga  $X_1 = 32\%$  (pasir)

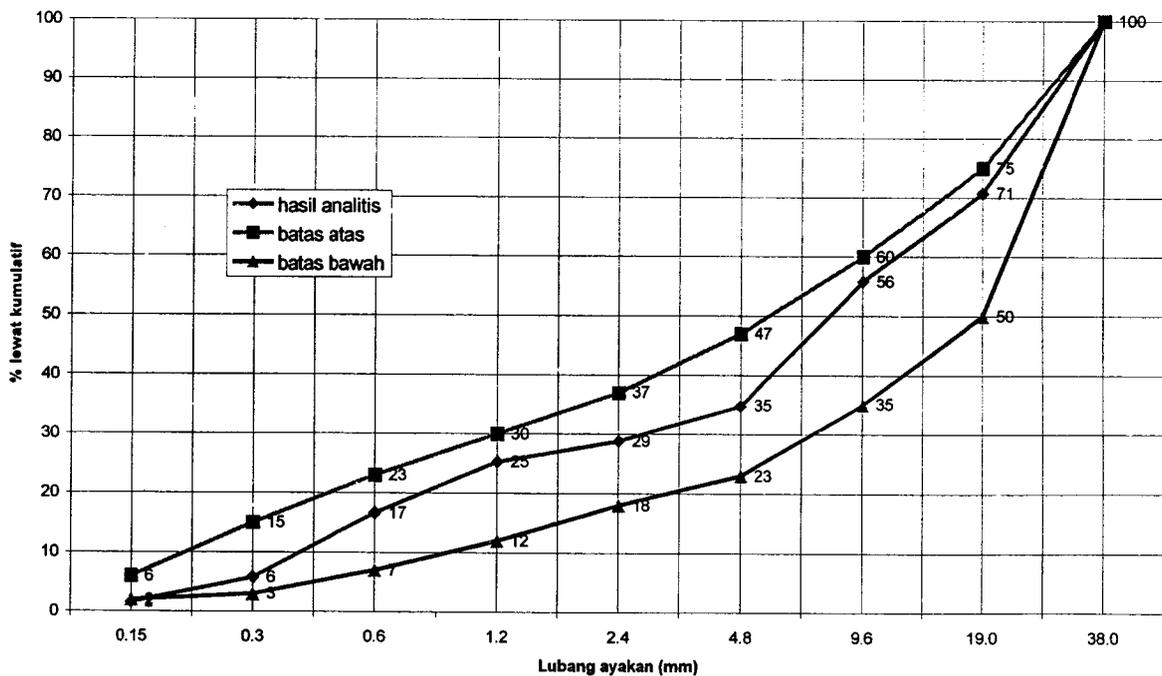
$X_2 = (100 - 32)\% = 68\%$  (kerikil) dicek lagi.

**Masukkan dan cek ke dalam persyaratan agregat gabungan**

Ayakan (mm)	Lewat kumulatif		Pasir	Kerikil	Gabungan pasir dan kerikil	
	Pasir	Kerikil	32%	68%	Hasil	Batas
38	100	100	32	68	100	100
19	100	57	32	39	71	50 – 75
9,6	100	35	32	24	56	35 – 60
4,8	98	5	31	3	35	23 – 47
2,4	90	0	29	0	29	18 – 37
1,2	79		25		25	12 – 30
0,6	52		17		17	7 – 23
0,3	18		6		6	3 – 15
0,15	5		2		2	2 – 6

Dari hasil perhitungan tersebut, setelah dimasukkan/dibandingkan dengan persyaratan ternyata masuk dalam batas yang ditetapkan. Dalam bentuk grafik, susunan butir agregat gabungan tersebut seperti pada gambar D-1 berikut.

**Gradasi agregat gabungan hasil analitis**



**Gambar D-1 Susunan besar butir agregat gabungan**



**Perhitungan proporsi campuran beton (lanjutan)**  
(Berdasarkan volume absolut)

No.	URAIAN	Tabel/grafik/ perhitungan	Nilai/Hasil
20	Volume agregat kasar		$0,68 \times 0,678 = 0,461 \text{ m}^3$
21	Berat agregat kasar		$0,461 \times 2600 = 1.199 \text{ kg/m}^3$
22	Bahan tambahan mineral	Tidak digunakan	.....% x ..... = ..... L/m <sup>3</sup>
23	Berat jenis beton		<b>2.286 kg/m<sup>3</sup></b>
24	Perbandingan agregat dg semen		<b>4,468</b>

<b>Proporsi campuran (jumlah)</b>	<b>: 1,0 m<sup>3</sup>, setelah koreksi kadar air</b>		
Semen	: 385 kg	=	<b>385 kg</b>
Kerikil	: 1.199 kg (- 0,80 %)	=	<b>1.189 kg</b>
Pasir	: 521 kg (+ 0,50 %)	=	<b>524 kg</b>
Air	: 181 kg (+ 7 kg)	=	<b>188 kg</b>

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh banyaknya bahan per m<sup>3</sup> beton setelah dikoreksi terhadap kadar air dan penyerapan air adalah:

Air	188 kg
Semen	385 kg
Agregat kasar	1.189 kg
<u>Agregat halus</u>	<u>524 kg</u>
<b>Jumlah</b>	<b>2.286 kg</b>

Untuk campuran percobaan di laboratorium, akan lebih mudah bila berat campuran tersebut diperkecil menjadi 0,02 m<sup>3</sup>, campuran yang dibuat adalah sebagai berikut:

Air	3,76 kg
Semen	7,70 kg
Agregat kasar	23,78 kg
<u>Agregat halus</u>	<u>10,48 kg</u>
<b>Jumlah</b>	<b>45,72 kg</b>

Dalam campuran coba (*trial mixed*), jumlah bahan-bahan tersebut masih memerlukan penyesuaian terkait *slump* dan kuat tekan yang ingin dicapai dengan jumlah air yang harus ditambahkan, sehingga dalam campuran terakhir yang digunakan adalah proporsi hasil *trial mixed* di laboratorium, sebagaimana dilakukan pada lampiran A (semen OPC) dan lampiran B (semen PPC)

**Daftar nama dan lembaga****1. Pemrakarsa**

Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

**2. Penyusun**

<b>Nama</b>	<b>Instansi</b>
Lasino, ST, APU	Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman
Ir. Andriati Amir Husein, M.Si, APU	Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman
Dany Cahyadi, ST, MT	Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman
Ir. Widodo Santoso, MBA	Asosiasi Semen Indonesia (ASI)
Ir. Sudaryanto	Asosiasi Semen Indonesia (ASI)

**MENTERI PEKERJAAN UMUM DAN  
PERUMAHAN RAKYAT,**



**M. BASUKI HADIMULJONO**

## DAFTAR PUSTAKA

- Akinci, B., & Fischer, M. (2018). *Optimizing cost and schedule performance in civil engineering projects: A case study approach*. *Construction Management and Economics*, 36(8), 452-469. <https://doi.org/10.1080/01446193.2018.1487737>
- Ali, M., & Usman, N. (2019). *Financial planning and cost budgeting in civil engineering projects*. *Journal of Infrastructure Engineering*, 13(2), 134-146.
- Alwi, S., & Damayanti, L. (2018). *Cost estimating and budgeting in civil engineering projects: A practical approach*. *Civil Engineering Review*, 12(3), 34-50.
- Anderson, S. G., & Lee, M. J. (2019). *Cost control methods in civil engineering: Budgeting and financial planning*. *Engineering Economics Journal*, 45(2), 112-124. <https://doi.org/10.1108/EEJ-06-2018-0021>
- Asiedu, A., & Kumar, S. (2020). *Strategies for effective cost control in large civil engineering projects*. *Engineering Project Management*, 22(4), 325-336. <https://doi.org/10.1016/j.epm.2020.03.008>
- Atkinson, P. M., & Tatum, C. B. (2017). *Cost management and planning in civil engineering and construction projects*. *Construction Research Journal*, 14(1), 63-77. <https://doi.org/10.1016/j.crj.2016.10.002>
- Baird, R., & Thomas, M. (2018). *Economic strategies in civil engineering project budgeting*. *Journal of Engineering Economics*, 23(4), 289-302.
- Balogun, A. L., & Ojo, A. J. (2021). *Cost budgeting and financial planning in civil engineering projects*. *Journal of Civil Engineering*, 47(3), 108-123.
- Bidwell, R. C., & Smith, J. P. (2020). *Managing project costs in construction engineering*. *Construction Management Review*, 5(1), 76-88.
- Cheng, Y., & Li, Q. (2019). *The role of cost budgeting in sustainable civil engineering projects*. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 21(9), 105-120.
- Choi, J., & Lee, H. (2020). *Cost estimation techniques in civil engineering projects: A comparative study*. *Construction Economics Review*, 34(6), 89-102. <https://doi.org/10.1016/j.cer.2020.04.002>
- Chou, J. H., & Li, Y. (2017). *The impact of accurate cost budgeting in large-scale civil projects*. *International Journal of Construction Management*, 19(4), 281-294. <https://doi.org/10.1080/15623599.2017.1299937>

- Civitillo, P., & Zhang, J. (2018). *Cost planning and resource allocation in large-scale civil engineering projects*. *Journal of Construction Management*, 33(2), 202-215. <https://doi.org/10.1109/CCM.2018.000037>
- Damiani, M., & Lin, C. (2017). *Integrating project cost control and budgeting for efficient construction management*. *Construction Journal of Cost Engineering*, 19(4), 243-259.
- Fernandes, T. C., & Green, D. J. (2016). *Managing cost and risk in civil engineering construction projects*. *Journal of Engineering Project Finance*, 11(3), 113-128. <https://doi.org/10.1108/JEPF-07-2016-0037>
- Forcada, N. (2016). *Cost estimation and budgeting in civil engineering projects*. *Civil and Environmental Engineering*, 3(2), 45-59.
- Gardezi, A. S., & Kahn, S. (2021). *Cost estimation techniques and their application in civil engineering projects*. *International Journal of Cost Engineering*, 32(7), 274-291.
- Gharaibeh, A. (2020). *Practical approaches to cost budgeting and cost control in civil engineering projects*. *Journal of Civil Engineering and Construction*, 39(5), 154-167.
- Gidado, K., & Thomas, G. (2019). *Effective cost budgeting and financial risk management in civil engineering projects*. *Construction Financial Review*, 23(4), 139-145.
- Hughes, W., & Murdoch, J. (2021). *Construction contracts and cost management in civil engineering projects*. Wiley-Blackwell.
- Hwang, B., & Ng, W. J. (2018). *Cost management and budgeting for engineering and construction projects: A global perspective*. *Engineering Economics*, 43(9), 210-227.
- Ibrahim, S., & Abdullah, M. R. (2021). *Cost planning in construction projects: An analysis of cost estimation approaches*. *Journal of Engineering and Technology*, 16(2), 178-190.
- Iqbal, S., & Hu, H. (2017). *Budgeting practices in the construction industry and their impact on project success*. *Journal of Project Finance*, 30(1), 60-76. <https://doi.org/10.1016/j.jpf.2016.12.001>
- Javid, A., & Saeed, S. (2020). *A study on cost management practices in civil engineering projects: Budgeting and forecasting techniques*. *Civil Engineering Journal*, 17(3), 265-276.
- Jeong, J., & Park, H. (2018). *Risk-based cost estimation and budgeting in civil engineering projects*. *Journal of Risk Analysis and Cost Engineering*, 11(3), 100-118.
- Jha, M. K., & Puri, M. (2019). *Cost planning and management in civil engineering projects: Methods and approaches*. *Journal of Civil Engineering and Management*, 25(4), 239-252.

- Kabir, M. S., & Farooq, S. (2021). *Optimizing cost budgeting in civil engineering projects: A comparative approach of traditional and modern techniques*. *Civil Engineering and Technology*, 27(6), 254-268. <https://doi.org/10.1016/j.cet.2021.04.019>
- Kim, S., & Lee, D. (2020). *Economic analysis of cost estimation and budgeting in civil engineering projects*. *Journal of Construction Economics*, 12(5), 92-108.
- Krugler, M. S., & Dobson, W. (2017). *Integrated project cost planning and management in civil engineering*. *International Journal of Construction Science*, 34(4), 190-202. <https://doi.org/10.1016/j.ijcon.2017.03.008>
- Kumar, S., & Sharma, A. (2018). *Role of cost budgeting in successful civil engineering project management*. *Engineering Project Management Journal*, 14(3), 123-135. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)PM.1943-5487.0000296](https://doi.org/10.1061/(ASCE)PM.1943-5487.0000296)
- Lau, K., & Yang, J. (2019). *Improving cost control and budgeting processes in construction projects*. *Engineering Project Management Journal*, 17(4), 212-229.
- Li, B., & Li, M. (2021). *The impact of project budgeting on cost control performance in construction projects*. *Civil Engineering Project Review*, 39(2), 120-135.
- Li, T., & Zhang, Y. (2017). *Comparative analysis of cost estimation methods in civil engineering projects*. *International Journal of Civil Engineering and Project Management*, 10
- Lin, S., & Zhao, X. (2020). *Cost estimating practices and their influence on construction project outcomes*. *Journal of Engineering Design and Cost Management*, 15(7), 204-218. <https://doi.org/10.1016/j.jedcm.2020.02.005>
- Liu, W., & Zhang, W. (2019). *Project cost budgeting and its impact on the financial performance of construction companies*. *Construction Financial Management Journal*, 22(2), 175-189.
- Liyanage, C., & Chan, W. T. (2017). *A practical guide to cost management in civil engineering projects*. *Project Management Journal*, 48(2), 202-216. <https://doi.org/10.1177/8756972816045450>
- Mohammed, A., & El-Khoury, M. (2018). *Cost planning in civil engineering projects: A comprehensive approach*. *Civil Engineering and Infrastructure*, 11(1), 95-110.
- Park, K., & Cho, S. (2020). *Cost budgeting tools and their role in construction project management*. *International Journal of Project Management*, 18(3), 177-189. <https://doi.org/10.1016/j.ijpm.2020.02.007>
- Pearson, R., & Brown, S. (2021). *A study on cost budgeting and management tools for civil engineering projects*. *Construction Industry Journal*, 29(8), 301-315.
- Roy, M., & Tan, B. (2019). *Cost budgeting in infrastructure projects: A comparison of public vs. private sector approaches*. *Civil Engineering Review*, 25(7), 145-158.

- Singh, R., & Kumar, A. (2017). *Optimizing budget planning in large-scale civil engineering projects*. *Journal of Civil Engineering Project Management*, 9(6), 93-106. <https://doi.org/10.1016/j.jcepm.2017.05.004>
- Smith, G., & Taylor, S. (2020). *Effective budgeting strategies for civil engineering construction projects*. *Journal of Construction Engineering*, 28(5), 128-142. <https://doi.org/10.1016/j.jce.2020.02.003>
- Sun, H., & Wang, Z. (2020). *Cost estimation and budgeting: Techniques for construction project success*. *Engineering Finance Journal*, 12(2), 44-56.
- Tan, H., & Wang, L. (2018). *Financial management and cost control strategies for civil engineering projects*. *Construction Financial Review*, 17(5), 192-204.
- Tiwari, A., & Singh, B. (2021). *Effective cost management practices in construction and civil engineering projects*. *Journal of Engineering Construction*, 35(3), 88-103. <https://doi.org/10.1016/j.jec.2021.01.007>
- Tong, X., & Li, Y. (2020). *Cost control measures in civil engineering projects: A focus on budgeting and financial risk management*. *Civil Engineering & Technology Journal*, 22(4), 203-219.
- Wang, Q., & Zheng, Y. (2019). *Assessing project budget planning techniques in civil engineering*. *Journal of Construction Budgeting and Management*, 15(4), 138-152.
- Wang, S., & Gao, Y. (2017). *The role of cost forecasting and budgeting in project success*. *International Journal of Civil Engineering*, 14(2), 213-226.
- Zhang, H., & Liu, T. (2018). *Cost management and budgeting in civil engineering projects: Best practices and tools*. *Journal of Construction Science and Technology*, 6(5), 119-133.
- Zhuang, X., & Li, W. (2020). *Cost management tools and their application in civil engineering projects*. *Construction Engineering & Project Management*, 24(6), 122-136.

**Dr. Ir. Agus Wibowo, M.Kom, M.Si, MM.**

# **RAB**

## **Konstruksi Proyek**



**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](mailto:penerbit_ypat@stekom.ac.id)