



# Dasar Perhitungan Instalasi Listrik



YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK

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

# Dasar Perhitungan Instalasi Listrik

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



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

# **DASAR PERHITUNGAN INSTALASI LISTRIK**

## **Penulis :**

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

**ISBN : 9 786235 734026**

## **Editor :**

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

## **Penyunting :**

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

## **Desain Sampul dan Tata Letak :**

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

## **Penebit :**

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

## **Redaksi :**

Jl. Majapahit no 605 Semarang  
Telp. (024) 6723456  
Fax. 024-6710144  
Email : [penerbit\\_ypat@stekom.ac.id](mailto:penerbit_ypat@stekom.ac.id)

## **Distributor Tunggal :**

### **Universitas STEKOM**

Jl. Majapahit no 605 Semarang  
Telp. (024) 6723456  
Fax. 024-6710144  
Email : [info@stekom.ac.id](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 kepada Tuhan yang maha kuasa, bahwa buku yang berjudul "Dasar Perhitungan Instalasi Listrik" dapat diselesaikan dengan baik. Buku ini berisi perhitungan matematika sederhana yang merupakan dasar penting dari pekerjaan instalasi listrik. Tanpa menerapkan fungsi matematika, kita tidak akan dapat menentukan ukuran ruangan yang membutuhkan penerangan atau alat pemanasan, atau ukuran jumlah lampu atau pemanas itu sendiri, serta jumlah kekuatan pengencang yang diperlukan, atau ukuran kabel yang dipakai untuk memasok listrik.

Buku ini juga mengajarkan cara menentukan sekering atau pemutus sirkuit yang diperlukan untuk melindungi rangkaian listrik, atau memprediksi hasil pengujian yang diperlukan saat menguji instalasi. Suka atau tidak, kita harus bisa melakukan perhitungan matematika, agar kita dapat menjadi ahli listrik yang handal, efisien dan terampil. Buku ini akan menunjukkan kepada kita bagaimana cara melakukan perhitungan matematika yang kita perlukan untuk dapat menjadi ahli listrik yang mahir.

Konsentrasi buku ini adalah pada metode kalkulator elektronik yang akan kita gunakan di ruang kuliah atau di tempat kerja. Buku ini tidak mengharuskan kita untuk memiliki pemahaman yang mendalam tentang bagaimana perhitungan matematika itu dilakukan. Kita diajarkan bagaimana langkah langkah untuk menyelesaikan setiap masalah, kemudian kita diberi kesempatan untuk melakukan latihan di akhir setiap bab. Metode pemilihan kabel yang sederhana juga dibahas secara komprehensif dalam buku ini, sehingga dapat menjadi alat yang berguna bagi para pedagang yang terlibat dalam penjualan peralatan listrik. Peraturan instalasi listrik pada bangunan, dengan perhitungan yang lebih akurat juga ditambahkan untuk menambah wawasan dalam perhitungan Instalasi Listrik.

Semarang, 10 Nopember 2021.

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

# Daftar Isi

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>iv</b>
<b>BAB 1 DASAR PERHITUNGAN LISTRIK.....</b>	<b>1</b>
1.1 Penggunaan kalkulator.....	1
1.2 Transposisi sederhana dari rumus .....	3
1.3 Satuan Standar Internasional ( S I ) .....	5
1.4 Identifikasi warna konduktor .....	7
1.5 Luas, keliling, dan volume .....	10
1.6 Faktor ruang.....	14
1.7 Hukum Coulomb dan aliran arus listrik.....	23
<b>BAB 2 PERHITUNGAN RANGKAIAN LISTRIK .....</b>	<b>24</b>
2.1 Hukum Ohm .....	24
2.2 Resistor seri .....	25
2.3 Resistor parallel.....	29
2.4 Resistor seri dan parallel.....	35
<b>BAB 3 RESISTANSI INTERNAL .....</b>	<b>38</b>
3.1 Resistivitas .....	45
<b>BAB 4 PENURUNAN TEGANGAN .....</b>	<b>49</b>
4.1 Resistansi konduktor dan drop tegangan menggunakan hukum Ohm.....	49
4.2 Penurunan tegangan menggunakan tabel dari BS 7671 .....	51
<b>BAB 5 DAYA PADA DC DAN HAMBATAN MURNI RANGKAIAN AC.....</b>	<b>52</b>
5.1 Mekanik.....	62
5.2 Momen gaya .....	62
5.3 Rasio kekuatan.....	63
5.4 Massa, gaya dan berat.....	64
5.5 Bidang miring .....	66
5.6 Sekrup.....	67
5.7 Prinsip roda dan poros .....	69
5.8 Blok dan tekel.....	70
5.9 Kekuatan .....	71
5.10 Efisiensi.....	73

<b>BAB 6 FAKTOR DAYA .....</b>	<b>79</b>
6.1 KVA, KVA <sub>r</sub> dan KW .....	79
<b>BAB 7 TRANSFORMATOR .....</b>	<b>82</b>
7.1 Perhitungan .....	82
7.2 Arus transformator.....	84
<b>BAB 8 EFEK ELEKTROMAGNETIK.....</b>	<b>86</b>
8.1 Fluks magnet dan kerapatan fluks.....	86
8.2 Gaya pada konduktor dalam medan magnet .....	87
<b>BAB 9 INDUKTANSI DIRI .....</b>	<b>90</b>
9.1 Induktansi timbal balik .....	92
<b>BAB 10 PEMILIHAN KABEL .....</b>	<b>96</b>
10.1 Panas dalam kabel.....	96
10.2 Waktu pemutusan untuk sekering .....	100
10.3 Waktu pemutusan untuk pemutus sirkuit.....	101
10.4 Faktor sekering, kelebihan beban dan arus gangguan.....	102
10.5 Arus hubung singkat.....	103
<b>BAB 11 IMPEDANSI LOOP GANGGUAN BUMI .....</b>	<b>105</b>
11.1 Impedansi loop gangguan bumi, $Z_e$ .....	105
11.2 Impedansi loop gangguan arde, $Z_s$ .....	107
<b>BAB 12 BIAYA BAHAN, DISKON DAN PPN .....</b>	<b>111</b>
<b>BAB 13 ELEKTROSTATIKA.....</b>	<b>116</b>
13.1 Kapasitor plat parallel.....	116
13.2 Susunan seri kapasitor .....	117
13.3 Susunan kapasitor parallel .....	118
13.4 Rumus.....	122
13.5 Kerja.....	122
13.6 Kapasitansi.....	123
13.7 Perhitungan tiga fase .....	123
<b>SIMBOL ELEKTRONIK.....</b>	<b>127</b>
<b>GLOSARIUM .....</b>	<b>133</b>
<b>KUNCI JAWABAN SOAL LATIHAN .....</b>	<b>137</b>

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan yang maha kuasa, bahwa buku yang berjudul "Dasar Perhitungan Instalasi Listrik" dapat diselesaikan dengan baik. Buku ini berisi perhitungan matematika sederhana yang merupakan dasar penting dari pekerjaan instalasi listrik. Tanpa menerapkan fungsi matematika, kita tidak akan dapat menentukan ukuran ruangan yang membutuhkan penerangan atau alat pemanasan, atau ukuran jumlah lampu atau pemanas itu sendiri, serta jumlah kekuatan pengencang yang diperlukan, atau ukuran kabel yang dipakai untuk memasok listrik. Buku ini juga mengajarkan cara menentukan sekering atau pemutus sirkuit yang diperlukan untuk melindungi rangkaian listrik, atau memprediksi hasil pengujian yang diperlukan saat menguji instalasi. Suka atau tidak, kita harus bisa melakukan perhitungan matematika, agar kita dapat menjadi ahli listrik yang handal, efisien dan terampil.

Buku ini akan menunjukkan kepada kita bagaimana cara melakukan perhitungan matematika yang kita perlukan untuk dapat menjadi ahli listrik yang mahir. Konsentrasi buku ini adalah pada metode kalkulator elektronik yang akan kita gunakan di ruang kuliah atau di tempat kerja. Buku ini tidak mengharuskan kita untuk memiliki pemahaman yang mendalam tentang bagaimana perhitungan matematika itu dilakukan. Kita diajarkan bagaimana langkah langkah untuk menyelesaikan setiap masalah, kemudian kita diberi kesempatan untuk melakukan latihan di akhir setiap bab.

Metode pemilihan kabel yang sederhana juga dibahas secara komprehensif dalam buku ini, sehingga dapat menjadi alat yang berguna bagi para pedagang yang terlibat dalam penjualan peralatan listrik.

Peraturan instalasi listrik pada bangunan, dengan perhitungan yang lebih akurat juga ditambahkan untuk menambah wawasan dalam perhitungan Instalasi Listrik.

Semarang, 10 Nopember 2021.

Penulis,

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

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iv</b>
<b>BAB 1 DASAR PERHITUNGAN LISTRIK</b> .....	<b>1</b>
1.1 Penggunaan kalkulator .....	1
1.2 Transposisi sederhana dari rumus .....	2
1.3 Satuan Standar Internasional (SI) .....	3
1.4 Identifikasi warna konduktor .....	4
1.5 Luas, keliling, dan volume .....	7
1.6 Faktor ruang .....	10
1.7 Hukum Coulomb dan aliran arus listrik .....	17
<b>BAB 2 PERHITUNGAN RANGKAIAN LISTRIK</b> .....	<b>18</b>
2.1 Hukum Ohm .....	18
2.2 Resistor seri .....	19
2.3 Resistor parallel .....	22
2.4 Resistor seri dan paralel .....	28
<b>BAB 3 RESISTANSI INTERNAL</b> .....	<b>30</b>
3.1 Resistivitas .....	36
<b>BAB 4 PENURUNAN TEGANGAN</b> .....	<b>40</b>
4.1 Resistansi konduktor dan drop tegangan menggunakan hukum Ohm .....	40
4.2 Penurunan tegangan menggunakan tabel dari BS 7671 .....	41
<b>BAB 5 DAYA PADA DC DAN HAMBATAN MURNI RANGKAIAN AC</b> .....	<b>43</b>
5.1 Momen gaya .....	50
5.2 Rasio kekuatan .....	52
5.3 Massa, gaya dan berat .....	52
5.4 Bidang miring .....	54
5.5 Sekrup .....	54
5.6 Prinsip roda dan poros .....	56
5.7 Katrol .....	57
5.8 Daya .....	58
5.9 Efisiensi .....	59
<b>BAB 6 FAKTOR DAYA</b> .....	<b>65</b>
6.1 KVA, KVA <sub>r</sub> dan KW .....	65

<b>BAB 7 TRANSFORMATOR .....</b>	<b>67</b>
7.1 Perhitungan .....	67
7.2 Arus transformator .....	68
<b>BAB 8 EFEK ELEKTROMAGNETIK .....</b>	<b>70</b>
8.1 Fluks magnet dan kerapatan fluks .....	70
8.2 Gaya pada konduktor dalam medan magnet .....	71
8.3 Induksi e.m.f. ....	72
<b>BAB 9 INDUKTANSI DIRI .....</b>	<b>73</b>
9.1 Induktansi timbal balik .....	74
<b>BAB 10 PEMILIHAN KABEL .....</b>	<b>78</b>
10.1 Panas dalam kabel .....	78
10.2 Waktu pemutusan untuk sekering .....	81
10.3 Waktu pemutusan untuk pemutus sirkuit .....	82
10.4 Faktor sekering, kelebihan beban dan arus gangguan .....	83
10.5 Arus hubung singkat .....	83
<b>BAB 11 IMPEDANSI LOOP GANGGUAN BUMI .....</b>	<b>85</b>
11.1 Impedansi loop gangguan bumi, $Z_e$ .....	85
11.2 Impedansi loop gangguan arde, $Z_s$ .....	87
<b>BAB 12 BIAYA BAHAN, DISKON DAN PPN .....</b>	<b>90</b>
<b>BAB 13 ELEKTROSTATIKA .....</b>	<b>94</b>
13.1 Kapasitor plat parallel .....	94
13.2 Susunan seri kapasitor .....	94
13.3 Susunan kapasitor paralel .....	96
13.4 Rumus .....	98
13.5 Usaha .....	99
13.6 Kapasitansi .....	99
13.7 Perhitungan tiga fase .....	99
<b>SIMBOL ELEKTRONIK .....</b>	<b>103</b>
<b>GLOSARIUM .....</b>	<b>108</b>
<b>KUNCI JAWABAN SOAL LATIHAN .....</b>	<b>111</b>
<b>PERTANYAAN DAN JAWABAN .....</b>	<b>124</b>

## BAB 1

### DASAR PERHITUNGAN LISTRIK

#### 1.1 Penggunaan Kalkulator

Di seluruh buku 'Dasar' dan 'Lanjutan', penggunaan kalkulator dianjurkan. Kalkulator Anda adalah alat, dan seperti halnya latihan alat apa pun diperlukan untuk menyempurnakan penggunaannya. Kalkulator ilmiah akan diperlukan, dan meskipun berbeda dalam cara menjalankan fungsinya, hasil akhirnya tetap sama. Contoh diberikan menggunakan Casio fx-83MS. Gambar yang tercetak pada tombol adalah fungsi yang dilakukan saat tombol ditekan. Untuk menggunakan fungsi dalam huruf kecil di atas tombol apa pun, tombol shift harus digunakan.

**Tabel 1.1** Macam Fungsi Pada Kalkulator Casio fx-83MS

Kesalahan sintaks	Muncul ketika angka-angka dimasukkan dalam urutan yang salah.
$x^2$	Mengalikan suatu bilangan dengan dirinya sendiri, yaitu $6 \times 6 = 36$ . Pada kalkulator ini akan menjadi $6x^2 = 36$ . Bila suatu bilangan dikalikan dengan dirinya sendiri, bilangan tersebut dikatakan kuadrat.
$x^3$	Mengalikan angka dengan dirinya sendiri dan kemudian total dengan sendirinya lagi, yaitu ketika kita memasukkan 4 pada kalkulator $x^3 = 64$ . Bila suatu angka dikalikan dengan cara ini dikatakan pangkat tiga.
$\sqrt{\quad}$	Memberikan angka yang mencapai total Anda dengan dikalikan dengan dirinya sendiri, yaitu $\sqrt{36} = 6$ . Ini dikatakan sebagai akar kuadrat dari suatu angka dan merupakan kebalikan dari kuadrat.
$\sqrt[3]{\quad}$	Memberikan nomor yang bila dikalikan dengan dirinya sendiri tiga kali akan menjadi total. $\sqrt[3]{64} = 4$ ini disebut akar pangkat tiga.
$x^{-1}$	Membagi 1 dengan angka, yaitu $1 = 0,25$ . Ini adalah tombol timbal balik dan berguna dalam buku ini untuk menemukan hambatan resistor secara paralel dan kapasitor secara seri.
EXP	Pengangkatan 10 fungsi, yaitu $25 \times 1000 = 25 \text{ EXP} \times 10^3 = 25 \text{ 000}$ Masukkan ke dalam kalkulator $25 \text{ EXP } 3 = 25000$ . (Jangan masukkan x atau angka 10.) Jika perhitungan menunjukkan $10^{-3}$ , yaitu $25 \times 10^{-3}$ masukkan $25 \text{ EXP } - 3 = (0,025)$ (saat menggunakan EXP jika diperlukan minus gunakan tombol (-)).
Tanda kurung	Ini harus digunakan untuk melakukan perhitungan dalam perhitungan. Contoh perhitungan: $\frac{32}{(0,8 \times 0,65 \times 0,94)} = 65,46$ Masukkan ke dalam kalkulator $32 (0,8 \times 0,65 \times 0,94) =$

Ingat: Latihan menjadi sempurna!

## 1.2 Transposisi Sederhana Dari Rumus

Untuk menemukan nilai yang tidak diketahui:

- Subjek harus berada di baris paling atas dan harus berdiri sendiri.
- Jawabannya akan selalu ada di baris teratas.
- Untuk mendapatkan subjeknya sendiri, nilai harus dipindahkan.
- Setiap nilai yang bergerak melintasi tanda = harus bergerak dari atas garis ke bawah garis atau dari bawah garis ke atas garis.

### Contoh 1

$$\frac{3 \times 4 = 2 \times 6}{3 \times 4 = 2 \times ?}$$

Transpos untuk menemukan?

$$\frac{3 \times 4}{2} = 6$$

### Contoh 2

$$\frac{2 \times 6}{?} = 4$$

Langkah 1

$$\frac{2 \times 6 = 4 \times ?}{}$$

Langkah 2

$$\frac{2 \times 6}{4} = ?$$

Menjawab

$$\frac{2 \times 6}{4} = 3$$

### Contoh 3

$$5 \times 8 \times 6 = 3 \times 20 \times ?$$

Langkah 1: Pindahkan  $3 \times 20$  menjauh dari nilai yang tidak diketahui, karena nilai yang diketahui bergerak melintasi tanda = mereka harus pindah ke bagian bawah persamaan

$$\frac{5 \times 8 \times 6}{3 \times 20} = ?$$

Langkah 2: Lakukan perhitungan

$$\frac{5 \times 8 \times 6}{3 \times 20} = \frac{240}{60} = 4$$

Karena itu

$$5 \times 8 \times 6 = 240$$

$$3 \times 20 \times 4 = 240$$

atau

$$5 \times 8 \times 6 = 3 \times 20 \times 4.$$

### 1.3 Satuan Standart Internasional (SI)

Di Eropa dan Inggris, satuan untuk mengukur sifat yang berbeda dikenal sebagai satuan SI. SI adalah singkatan dari System'ne Internationale. Semua unit diturunkan dari tujuh unit dasar.

**Tabel 1.2** Unit Dasar SI

Kuantitas dasar	Unit dasar	Simbol
Waktu	Second	s
Arus listrik	Ampere	A
Panjang	Metre	m
Massa	Kilogram	kg
Suhu	Kelvin	K
Intensitas cahaya	Candela	cd
jumlah zat	Mole	mol

**Tabel 1.3** Satuan turunan SI

Besaran turunan	Nama	Simbol
Frekuensi	Hertz	Hz
Memaksa	Newton	N
Energi, usaha, jumlah panas	Joule	J
Muatan listrik, jumlah listrik	Coulomb	C
Kekuasaan	Watt	W
Beda potensial, gaya gerak listrik	Volt	V atau U
kapasitansi	farad	F
hambatan listrik	Ohm	▲
fluks magnetik	weber	Wb
Kepadatan fluks magnetik	Tesla	T
Induktansi	Henry	H
Fluks bercahaya	Lumen	Cd

Daerah	Meter persegi	m <sup>2</sup>
Volume	Meter kubik	m <sup>3</sup>
Kecepatan, kecepatan	Meter per detik	m/s
Kepadatan massa	Kilogram per meter kubik	Kg/m <sup>3</sup>
pencahayaan	Candela per meter persegi	cd/m <sup>2</sup>

**Tabel 1.4** Awalan satuan SI

Nama	Pengali	Awalan	Kekuatan 10
Tera	100 000 000 000	T	1 × 10 <sup>12</sup>
Giga	100 000 000	G	1 × 10 <sup>9</sup>
Mega	1000 000	M	1 × 10 <sup>6</sup>
Kilo	1000	K	1 × 10 <sup>3</sup>
Unit	1		
Milli	0,001	m	1 × 10 <sup>-3</sup>
Micro	0,000 001	μ	1 × 10 <sup>-6</sup>
Nano	0,000 000 001	y	1 × 10 <sup>-9</sup>
Pico	0,000 000 000 001	p	1 × 10 <sup>-12</sup>

### Contoh

mA Miliamp = seperseribu ampere

km Kilometer = seribu meter

μv Mikrovolt = sepersejuta volt

GW Gigawatt = seribu juta watt

kW Kilowatt = seribu watt

Contoh kalkulator 1 kilometer adalah 1 meter × 10<sup>3</sup>

Masukkan ke dalam kalkulator 1 EXP 3 = (1000) meter 1000 meter adalah 1 kilometer × 10<sup>-3</sup>

Masukkan ke dalam kalkulator 1000 EXP 3 = (1) kilometer 1 mikrovolt adalah 1 volt × 10<sup>-6</sup>

Masukkan ke dalam kalkulator 1 EXP 6 = (10<sup>-06</sup> atau 0,000001) volt (perhatikan tempat desimal keenam).

## 1.4 Identifikasi warna konduktor

**Tabel 1.5** Identifikasi Warna Konduktor Berdasarkan satuan SI

	Warna lama	Warna baru	Menandai
Fase 1 dari a.c.	merah	cokelat	L1
Fase 2 dari a.c.	Kuning	Hitam	L2
Fase 3 dari a.c.	Biru	Abu-abu	L3
netral dari a.c.	Hitam	Biru	n

Catatan Perhatian besar harus diberikan saat mengerjakan instalasi yang mengandung warna lama dan baru.

### Latihan 1

1. Konversikan 2,768 kW ke watt.
2. Berapa ohm yang ada di 0,45 M ▲?
3. Nyatakan arus 0,037 A dalam miliampere.
4. Konversi 3,3 kV ke volt.
5. Ubah 0,000 596 M ▲, menjadi ohm.
6. Tentukan jumlah kilowatt dalam 49.378 W.
7. Arus dalam suatu rangkaian adalah 16,5 mA. Ubah ini menjadi ampere.
8. Bagian dari sistem 'Grid' beroperasi pada 132.000 V. Berapa kilovolt ini?
9. Konversikan 1,68  $\mu\text{C}$  ke coulomb.
10. Ubah 724 mW menjadi watt.
11. Ubah nilai resistansi berikut menjadi ohm:
  - (a) 3,6  $\mu\text{▲}$
  - (b) 0,0016 M ▲
  - (c) 0,085 M ▲
  - (d) 20,6  $\mu\text{▲}$
  - (e) 0,68  $\mu\text{▲}$
12. Ubah jumlah daya berikut menjadi watt:
  - (a) 1,85 kW
  - (b) 18,5 mW
  - (c) 0,185 MW
  - (d) 1850  $\mu\text{W}$
  - (e) 0,0185 kW
13. Konversikan ke volt:
  - (a) 67,4 mV
  - (b) 11 kV
  - (c) 0,240 kV
  - (d) 9250  $\mu\text{V}$
  - (e) 6,6 kV
14. Ubah nilai arus berikut menjadi ampere:
  - (a) 345 mA
  - (b) 85,4  $\mu\text{A}$
  - (c) 29 mA
  - (d) 0,5 mA
  - (e) 6,4 mA

15. Jumlahkan hambatan berikut dan berikan jawabannya dalam ohm:  $18,4 \text{ } \blacktriangle$  ,  $0,000 12 \text{ } \blacktriangle$  ,  $956000\mu \blacktriangle$
16. Item peralatan berikut digunakan pada saat yang sama: empat lampu 60 W, dua lampu 150 W, pemanas imersi 3 kW, dan radiator 1,5 kW. Tambahkan mereka untuk menemukan beban total dan berikan jawabannya dalam watt.
17. Nyatakan nilai-nilai berikut dalam satuan yang lebih mudah:
- (a) 0,0053 A
  - (b) 18 952 W
  - (c) 19 500.000  $\blacktriangle$
  - (d) 0,000 006 25C
  - (e) 264.000 V
18. Beban berikut digunakan secara bersamaan: radiator 1,2 kW, lampu 15 W, setrika 750 W, dan mesin cuci 3,5 kW. Tambahkan keduanya dan berikan jawabannya dalam kilowatt.
19. Tambahkan  $34 250 \text{ } \blacktriangle$  ke  $0,56 \text{ M } \blacktriangle$  dan nyatakan jawabannya dalam ohm.
20. Dari 25,6 mA ambil 4300  $\mu$ A dan berikan jawabannya dalam ampere.
21. Ubah 32,5  $\mu$ C ke coulomb.
22. Konversi 4350 pF ke mikrofarad.
23. 45  $\mu$ s setara dengan:
- (a) 0,45 s
  - (b) 0,045 s
  - (c) 0,0045 s
  - (d) 0,000 045 s
24. 50 cl setara dengan:
- (a) 51
  - (b) 0,051
  - (c) 0,05 ml
  - (d) 500 ml
25.  $0,2 \text{ m}^3$  setara dengan:
- (a)  $200 \text{ dm}^3$
  - (b)  $2000 \text{ cm}^3$
  - (c)  $2000 \text{ dm}^3$
  - (d)  $200 \text{ cm}^3$
26.  $0,6 \text{ M } \blacktriangle$  setara dengan:
- (a) 6000  $\blacktriangle$
  - (b) 60.000  $\blacktriangle$
  - (c) 600.000  $\blacktriangle$
  - (d) 6000 000  $\blacktriangle$

## 1.5 Luas, keliling, dan volume

### Luas dan keliling

#### *Empat persegi panjang*

Untuk menghitung keliling, tambahkan panjang semua sisinya, yaitu  $3+2+3+2= 10\text{m}$  (Gambar 1.1)

Untuk menghitung luas, kalikan panjang dengan lebar, yaitu  $3 \times 2=6 \text{ m}^2$

#### *Segitiga*

Luas = setengah alas dikalikan tinggi,  $1,5 \times 1,6 = 2,4 \text{ m}^2$  (Gambar 1.2)

#### *Lingkaran*

Keliling =  $\pi \times d$   $3,142 \times 80 = 251,36 \text{ mm}$  (Gambar 1.3)

Jika diperlukan dalam  $\text{m}^2 = 251,36 = 0,251 \text{ m}$

Daerah:

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3.142 \times 80 \times 80}{4} = 5027.2 \text{ mm}^2$$

Metode kalkulator:

Masukkan: shift  $\pi \times 80 \times 80 = 5027,2 \text{ mm}^2$

### Volume

Diameter 58 mm, tinggi 246 mm

Volume = luas alas silinder  $\times$  tinggi

Basis berdiameter 58 mm.

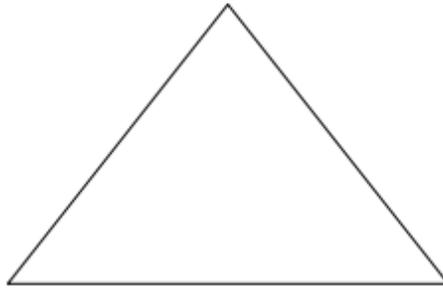
$$\text{Luas alas} = \frac{\pi d^2}{4} = 2642 \text{ mm}^2$$

$$\text{Volume} = \text{luas} \times \text{tinggi} \quad 2642 \times 246 = 649.932 \text{ mm}^3$$

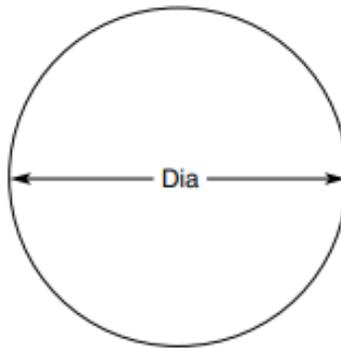
Untuk mengubah  $\text{mm}^3$  ke  $\text{m}^3$



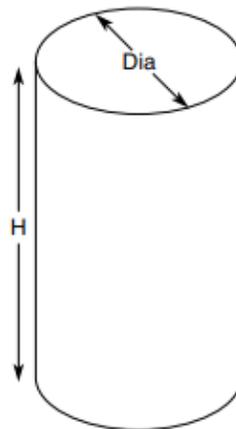
**Gambar 1.1** Persegi Panjang



**Gambar 1.2** Segitiga



**Gambar 1.3** Lingkaran



**Gambar 1.4** Tabung

Masukkan ke dalam kalkulator  $649932 \text{ EXP } 9 = 6.499\ 32 \times 10^{-04}$  (ribuan kali lebih kecil)  
(Gambar 1.4)

### **Contoh 1**

Untuk menghitung luas penampang batang dengan dimensi 50 mm kali 100 mm.

Luas = panjang  $\times$  lebar,  $50 \times 100 = 5000 \text{ mm}^2$

*Dasar Perhitungan Instalasi Listrik (Dr. Agus Wibowo)*

**Contoh 2**

Untuk menghitung luas ruangan berbentuk segitiga dengan lebar 6,5 meter dan tinggi 8,6 meter.

$$\text{Area} = \frac{1}{2} b \times h$$

atau

$$\frac{1}{2} \times 6.5 \times 8.6 = 27.95 \text{ m}^2$$

Masuk ke kalkulator

$$0.5 \times 6.5 \times 8.6 = 27.95 \text{ m}^2$$

**Contoh 3**

Sebuah silinder memiliki diameter 0,6 m dan tinggi 1,3 m. Hitung volume dan panjang las di sekitar alasnya.

$$\text{Volume} = \frac{\pi \times d^2}{4} \times \text{height}$$

$$\frac{\pi \times 0.6^2}{4} \times 1.3 = 0.368 \text{ m}^3 (\text{round up})$$

Masuk pada shift kalkulator

$$\pi \times 0.6^2 \div 4 \times 1.3 = (0.367 \text{ m}^3)$$

$$\pi \times d = \text{Circumference}$$

$$3.142 \times 0.6 = 1.88 \text{ m}$$

**Contoh 4**

Hitunglah volume sebuah tangki berbentuk persegi panjang dengan alas panjang 1,2 m, lebar 600 mm, tinggi 2,1 m.  $1,2 \times (600 \text{ mm dikonversi ke meter}) 0,6 \times 2,1 = 1,51 \text{ m}^3$  Hitung panjang isolasi yang diperlukan untuk membungkus tangki.  $1,2 + 0,6 + 1,2 + 0,6 = 3,6 \text{ meter}$ .

**Latihan 2**

1. Tentukan volume udara dalam ruangan 5 m kali 3,5 m kali 2,6 m.
2. Hitung volume tangki silinder dengan diameter 0,5 m dan panjang 0,75 m.
3. Temukan volume dan luas permukaan total tangki tertutup berikut:
  - (a) persegi panjang, 1 m x 0,75 m x 0,5 m.
  - (b) silinder, diameter 0,4 m dan tinggi 0,5 m.

4. Tentukan volume batang tembaga dengan panjang 6 m dan penampang 25 mm kali 8 mm.
5. Hitung volume per meter dari panjang batang tembaga dengan diameter 25 mm.
6. Dinding ujung pelana sebuah bangunan memiliki lebar 15 m dan tinggi 5 m dengan luas segitiga atap setinggi 3 m. Panjang bangunan 25 m. Hitunglah volume bangunan tersebut.
7. Atap segitiga memiliki lebar 2,8 m dan tinggi 3 m. Hitunglah volume atap jika panjang bangunan tersebut 10,6 m.
8. Hitung luas bahan yang dibutuhkan untuk membuat tangki baja berbentuk silinder dengan diameter 1,2 m dan tinggi 1,8 m. Perhitungannya adalah dengan menyertakan tutup dan alas.
9. Tangki penyimpanan memiliki dimensi internal 526 mm × 630 mm × 1240 mm. Hitung volume tangki yang memungkinkan tambahan 15%.
10. Sebuah tangki berbentuk lingkaran memiliki diameter luar 526 mm dan panjang luar 1360 mm. Terbuat dari logam setebal 1,5 mm. Hitung volume di dalam tangki.

## 1.6 Faktor Ruang

Setiap kabel yang dipasang ke dalam trunking atau duct tidak boleh menggunakan lebih dari 45% dari ruang yang tersedia (luas penampang) di dalam trunking atau duct. Ini disebut faktor ruang. Ini dapat dihitung atau, sebagai alternatif, tabel dari Panduan Di Tempat dapat digunakan.

Perhitungan terlebih dahulu:

### Contoh 1

Hitung jumlah area yang dapat digunakan dalam trunking 50 mm kali 75 mm. Luas penampang batang dapat ditemukan  $50 \times 75 = 3750 \text{ mm}^2$ . 45% dari area ini dapat ditemukan

$$\frac{3750 \times 45}{100} = 1687.5 \text{ mm}^2.$$

Masukkan pada kalkulator  $3750 \times 45 \text{ shift } \% = 1687.5$  Ini adalah jumlah ruang yang dapat digunakan. Saat menghitung berapa banyak kabel yang dapat dipasang di trunking, penting untuk memperhitungkan insulasi di sekitar kabel karena ini dihitung sebagai ruang yang digunakan.

### Contoh 2

Hitung jumlah maksimum kabel  $10 \text{ mm}^2$  yang dapat dipasang di trunking  $50 \text{ mm} \times 75 \text{ mm}$  yang memungkinkan faktor ruang.

Cari luas batang  $50 \times 75 = 3750 \text{ mm}^2$

Area yang dapat digunakan (45%)  $3750 \times 45 \text{ shift } \% = 1687,50$  (kalkulator)

Atau  $\frac{3750 \times 45}{100} = 1687,50 \text{ mm}^2$

Dari Tabel A, diameter kabel 10 mm<sup>2</sup> adalah 6,2 mm. Luas penampang (csa) dari satu kabel adalah

$$\frac{\pi d^2}{4} = \frac{3.142 \times 6.2^2}{4} = 30.19 \text{ mm}^2$$

**Tabel 1.6** Detail kabel termoplastik (pvc) inti tunggal

Ukuran konduktor nominal (mm <sup>2</sup> )	Jumlah dan diameter kabel (jumlah helai x mm <sup>2</sup> )	Diameter keseluruhan nominal (mm)
1.0	1 x 1.13	2.9
1.5	1 x 1.38	3.1
2.5	1 x 1.78	3.5
2.5 (terdampar)	7.067	3.8
4	7 x 0.85	4.3
6	7 x 1.04	4.9
10	7 x 1.35	6.2
16	7 x 1.70	7.3
25	7 x 2.14	9.0
35	19 x 1.53	10.3
50	19 x 1.78	12.0

**Tabel 1.7** Dimensi trunking (mm x mm)

50 x 37.5
50 x 50
75 x 25
75 x 37.5
75 x 50
75 x 75
100 x 25
100 x 37.5
100 x 50
100 x 75
100 x 100

Untuk menghitung jumlah kabel yang diizinkan untuk dipasang di trunking.

$\frac{\text{Area yang dapat digunakan}}{\text{csa kabel}} = \text{jumlah kabel}$

$\frac{1687.5}{30.19}$  oleh karena itu 55 kabel dapat dipasang.

**Contoh 3**

Kabel berikut harus dipasang dalam satu kali trunking:  $12 \times 1 \text{ mm}^2$ ,  $10 \times 1,5 \text{ mm}^2$ ,  $8 \times 2,5 \text{ mm}^2$  terdampar,  $6 \times 25 \text{ mm}^2$ .

Hitung ukuran trunking yang diperlukan untuk instalasi ini.

**Langkah 1:**

Hitung luas penampang kabel menggunakan nilai csa kabel  $1 \text{ mm}^2$  termasuk insulasi  $\frac{\pi \times 2,9^2}{4} = 6,6 \text{ mm}^2$

Dua belas kabel:  $12 \times 6,6 = 79,2 \text{ mm}^2$

csa kabel  $1,5 \text{ mm}^2$  termasuk insulasi  $\frac{\pi \times 3,1^2}{4} = 7,54 \text{ mm}^2$

Sepuluh kabel:  $10 \times 7,54 = 75,4 \text{ mm}^2$

csa kabel  $2,5 \text{ mm}^2$  termasuk insulasi  $\frac{\pi \times 3,8^2}{4} = 11,34 \text{ mm}^2$

Delapan kabel:  $8 \times 11,34 = 90,72 \text{ mm}^2$

csa kabel  $25 \text{ mm}^2$  termasuk insulasi  $\frac{\pi \times 9^2}{4} = 63,61 \text{ mm}^2$

Enam kabel:  $6 \times 63,61 = 381,66 \text{ mm}^2$

**Langkah 2:**

Tambahkan semua luas penampang kabel bersama-sama:

$$79,2 + 75,4 + 90,72 + 381,66 = 626,98 \text{ mm}^2$$

Ini adalah total area yang dibutuhkan untuk kabel dan harus maksimal 45% dari total area di trunking.

**Langkah 3:**

Hitung ruang yang dibutuhkan  $\frac{626,98 \times 100}{45} = 1393,3 \text{ mm}^2$

Metode kalkulator  $626,98 \times 100 \div 45 = 1393,3 \text{ mm}^2$

Batang  $37,5 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$  memiliki luas  $37,5 \times 50 = 1875 \text{ mm}^2$

Ini akan cocok dan juga akan memungkinkan beberapa ruang untuk penambahan di masa mendatang. Metode yang ditunjukkan di atas sangat cocok untuk perhitungan faktor ruang dan perlu untuk mempelajari perhitungan ini. Namun, jauh lebih mudah untuk menggunakan tabel dari Panduan Di Tempat yang dengan latihan menyederhanakan memilih ukuran trunking yang benar.

**Contoh 4**

Sebuah trunking diperlukan untuk memuat kabel termoplastik berikut (tunggal)

$26 \times 1,5 \text{ mm}^2$  terdampar

$12 \times 2,5 \text{ mm}^2$  terdampar

$12 \times 6 \text{ mm}^2$

$$3 \times 10 \text{ mm}^2$$

$$3 \times 25 \text{ mm}^2$$

Hitung ukuran minimum trunking yang diizinkan untuk pemasangan kabel ini. Dari Tabel 5E, setiap kabel memiliki faktor sebagai berikut. Setelah ditemukan, faktornya harus dikalikan dengan jumlah kabel.

$$1,5 \text{ mm}^2 = 8,6 \times 26 = 223,6$$

$$2,5 \text{ mm}^2 = 12,6 \times 12 = 151,20$$

$$6,0 \text{ mm}^2 = 21,2 \times 12 = 254,4$$

$$10,0 \text{ mm}^2 = 35,3 \times 3 = 105,9$$

$$25,0 \text{ mm}^2 = 73,9 \times 3 = 221,7$$

Jumlahkan faktor kabel bersama-sama = 956,8 Dari Tabel 5F (faktor untuk trunking), faktor yang lebih besar dari 956 sekarang harus ditemukan. Akan terlihat dari tabel bahwa trunking 100 x 25 memiliki faktor 993 oleh karena itu ini akan cocok, meskipun mungkin pilihan yang lebih baik adalah 50 x 50 yang memiliki faktor 1037 karena ini akan memungkinkan untuk penambahan di masa mendatang.

Harus diingat bahwa tidak ada faktor ruang untuk saluran, jumlah kabel yang dapat dipasang di saluran tergantung pada panjang saluran dan jumlah tikungan antara titik penarikan. Lampiran 5 dari Panduan di Lokasi berisi tabel untuk pemilihan kabel berinsulasi inti tunggal yang dipasang di saluran.

### Contoh 5

Sebuah saluran diperlukan untuk memuat sepuluh kabel berinsulasi pvc 1,0 mm<sup>2</sup> inti tunggal. Panjang saluran antara sakelar kontrol dan kotak lampu indikator listrik adalah 5 m, dan saluran memiliki dua tikungan sudut siku-siku. Pilih ukuran saluran yang sesuai. Dari Tabel 5C (IEE On-Site Guide), faktor kabel untuk sepuluh kabel 1,0 mm<sup>2</sup> = 10 × 16 = 160. Dari Tabel 5D (IEE On-Site Guide), untuk lari 5 m dengan dua tikungan pilih saluran 20 mm dengan faktor saluran 196.

### Contoh 6

Saluran baja harus berisi kabel berinsulasi pvc inti tunggal konduktor terdampar berikut untuk sirkuit mesin:

- (a) tiga kabel 6 mm<sup>2</sup> antara batang kabel baja dan kotak kontrol mesin,
- (b) selain kabel 6 mm<sup>2</sup> antara kotak kontrol dan mesin ada tiga kabel 2,5 mm<sup>2</sup> dan enam kabel 1,5 mm<sup>2</sup>.

Saluran dari trunking kabel ke kotak kontrol mesin memiliki panjang 1,5 m dengan satu tikungan, dan saluran baja antara kotak kontrol dan mesin adalah 3,5 m dengan dua tikungan. Dengan menggunakan meja kabel dan saluran yang sesuai, pilih ukuran saluran yang sesuai untuk:

- (a) trunking ke kotak kontrol dan
- (b) kotak kontrol ke mesin.

Dari Tabel 5D (IEE On-Site Guide) untuk panjang saluran 2,5 m dengan satu tikungan pilih saluran 20 mm dengan faktor 278.

- (a) Dari Tabel 5A (IEE On-Site Guide) faktor kabel untuk kabel 6 mm<sup>2</sup> adalah 58, jadi faktor kabel untuk tiga kabel 6 mm<sup>2</sup> =  $58 \times 3 = 174$ .
- (b) Dari Tabel 5C (IEE On-Site Guide) faktor kabel untuk kabel 6 mm<sup>2</sup> adalah 58, jadi faktor kabel untuk tiga kabel 6 mm<sup>2</sup> =  $58 \times 3 = 174$ . Sekali lagi dari tabel 5C faktor kabel untuk kabel 2,5 mm<sup>2</sup> adalah 30, jadi faktor kabel untuk tiga kabel 2,5 mm<sup>2</sup> =  $30 \times 3 = 90$  dan dari tabel 5C faktor kabel untuk kabel 1,5 mm<sup>2</sup> adalah 22, jadi faktor kabel untuk enam kabel 1,5 mm<sup>2</sup> =  $22 \times 6 = 132$ .

Jadi faktor kabel total =  $174 + 90 + 132 = 396$ . Dari Tabel 5D (Panduan di Lokasi IEE) untuk jalur saluran 3,5 m dengan dua tikungan, pilih saluran 25 mm dengan faktor 404.

### Latihan 3

1. Lantai sebuah ruangan berbentuk persegi panjang berukuran 3 m kali 3,5 m. Hitung luasnya.
2. Elektroda persegi panjang untuk resistor cair harus memiliki luas 0,07 mm<sup>2</sup>. Jika panjangnya 0,5 m, berapa lebarnya?
3. Lengkapi tabel di bawah ini, yang mengacu pada berbagai persegi panjang:

Panjang (m)	6	.....	12	8	.....
Lebar (m)	2	2	.....	.....	.....
Keliling (m)	.....	10	.....	24	32
Luas (m <sup>2</sup> )	.....	.....	84	.....	48

4. Bagian segitiga dari ujung pelana sebuah bangunan memiliki lebar 6 m dan tinggi 3,5 m. Hitung luasnya.
5. Dinding ujung sebuah bangunan berbentuk bujur sangkar dengan segitiga di atasnya. Lebar bangunan 4 m dan tinggi 5,5 ke puncak segitiga. Hitung luas total dinding ujung.
6. Lengkapi tabel di bawah ini, yang mengacu pada berbagai segitiga:

Dasar (m)	0.5	4	1.5	.....	0.3
Tinggi (m)	0.25	.....	2.2	3.2	0.12
Luas (m <sup>2</sup> )	.....	9	.....	18	.....

7. Lengkapi tabel berikut:

Luas (m <sup>2</sup> )	0.015	.....	.....	0.00029	0.0016
Luas (mm <sup>2</sup> )	.....	250	7500	.....	.....

8. Lengkapi tabel di bawah ini, yang mengacu pada berbagai kalangan:

Diameter	0.5m			4mm
Lingkar		1.0m		
Luas			0.5m <sup>2</sup>	6mm <sup>2</sup>

9. Saluran ekstrak asap harus dibuat di lokasi dari lembaran aluminium. Dimensinya harus berdiameter 175 mm dan panjang 575 mm. Kelonggaran 25 mm harus dibiarkan untuk sambungan terpaku di sepanjang panjangnya. Tentukan luas logam yang dibutuhkan dan perkiraan jumlah paku keling yang dibutuhkan, dengan asumsi paku keling pada jarak sekitar 70 mm.
10. Saluran ventilasi persegi harus dibuat di lokasi dari lembaran baja. Untuk menghindari kesulitan dalam menekuk sudut harus dibentuk oleh Sudut baja 37,5 mm × 37,5 mm dan 'pop' memukau. Dimensinya adalah 259 mm × 220 mm × panjang 660 mm. Tentukan luas baja lembaran, panjang sudut baja dan perkiraan jumlah paku keling yang diperlukan, dengan asumsi paku keling pada jarak 60 mm.
11. Sebuah kumparan kawat berisi 25 lilitan dan berdiameter 0,25 m. Hitung panjang kawat dalam kumparan.

12. Lengkapi tabel di bawah ini, yang mengacu pada konduktor melingkar:

Jumlah dan diameter kawat (mm)	1/1.13	.....	7/0.85	.....
Luas penampang nominal konduktor (mm <sup>2</sup> )	.....	2.5	.....	10 25

13. Lengkapi tabel di bawah ini, yang mengacu pada kabel melingkar:

Diameter keseluruhan nominal kabel (mm)	2.9	3.8	6.2	7.3	12.0
Luas penampang keseluruhan nominal (mm <sup>2</sup> )					

14. Hitung luas penampang lubang dari saluran baja pengukur berat berikut, dengan asumsi bahwa ketebalan dinding adalah 1,5 mm:

(a) 16mm      (b) 25mm      (c) 32mm

15. Lengkapi tabel berikut, dengan menggunakan faktor ruang 45% untuk setiap kasus:

Jumlah kabel pvc yang diizinkan dalam ukuran trunking (mm)

Ukuran kabel	50x37.5	75x50	75x75
16 mm <sup>2</sup>			
25 mm <sup>2</sup>			
50 mm <sup>2</sup>			

16. Kabel pvc berikut ini harus dipasang dalam satu saluran trunking: dua belas 16 mm<sup>2</sup>, enam 35 mm<sup>2</sup>, dua puluh empat 2,5 mm<sup>2</sup>, dan delapan 1,5 mm<sup>2</sup>. Tentukan ukuran trunking yang diperlukan, dengan asumsi faktor ruang 45%.
17. Tentukan ukuran batang baja persegi yang diperlukan untuk memuat kabel pvc berikut: lima belas 50 mm<sup>2</sup>, sembilan 25 mm<sup>2</sup>, delapan belas 10 mm<sup>2</sup>. Ambil faktor ruang untuk saluran sebagai 35%.
18. Diameter nominal kabel adalah 6,2 mm. luas penampangnya adalah
- (a) 120,8 mm<sup>2</sup>      (c) 30,2 mm<sup>2</sup>  
 (b) 19,5 mm<sup>2</sup>      (d) 61,2 mm<sup>2</sup>

19. Dengan faktor ruang sebesar 45%, jumlah kabel 50 mm<sup>2</sup> yang dapat dipasang pada trunking 50 mm × 37,5 mm adalah

- (a) 71            (b) 8            (c) 23            (d) 37

Perhitungan kabel berikut memerlukan penggunaan data yang terkandung dalam dokumen berdasarkan BS 7671, mis. IEE On-Site Guide, dll. Dalam setiap kasus, asumsikan bahwa perhitungan desain sirkuit yang disebutkan dan pertimbangan lingkungan telah dilakukan untuk menentukan peringkat arus kabel yang diperlukan dan jenis sistem pengkabelan.

20. Sebuah trunking kabel baja harus dipasang untuk membawa delapan belas 1,5 mm<sup>2</sup> kabel berisolasi pvc inti tunggal untuk memasok sembilan lumener penerangan; konduktor pelindung 4 mm<sup>2</sup> tunggal harus disertakan dalam trunking. Tetapkan ukuran minimum trunking yang diperlukan.

21. Batang pvc 50 mm × 38 mm dipasang di sepanjang dinding pabrik untuk menampung kabel kontrol arus rendah. Saat ini ada 25 pasang single-core Kabel berisolasi pvc 1,5 mm<sup>2</sup> dipasang. Berapa banyak pasangan tambahan kabel kontrol 1,5 mm<sup>2</sup> serupa yang dapat dipasang di trunking?

22. Saluran pvc harus dipasang untuk memuat enam kabel pvc inti tunggal 4 mm<sup>2</sup> dan satu konduktor pelindung pvc inti tunggal 2,5 mm<sup>2</sup> terdampar. Panjang total lintasan adalah 16 m dan diantisipasi bahwa empat tikungan sudut siku-siku akan diperlukan dalam lintasan saluran. Tentukan ukuran saluran minimum dan nyatakan pertimbangan khusus.

23. Tungku listrik membutuhkan kabel berikut:

- (i) tiga kabel pvc inti tunggal 6 mm<sup>2</sup> terdampar  
 (ii) empat kabel pvc inti tunggal 2,5 mm<sup>2</sup>,  
 (iii) empat kabel pvc inti tunggal 1,5 mm<sup>2</sup> terdampar.

Ada pilihan antara saluran baja baru dan menggunakan batang baja 50 mm × 38 mm yang sudah ada yang sudah berisi enam kabel pvc inti tunggal 25 mm<sup>2</sup> dan empat kabel pvc inti tunggal 10 mm<sup>2</sup>. Dua tikungan siku-siku akan ada pada lari 18 m.

- (a) Tentukan ukuran minimum saluran yang akan digunakan, dan  
 (b) nyatakan apakah kabel baru dapat dimasukkan ke dalam trunking yang ada, dan jika bisa, pertimbangan apa yang harus diberikan sebelum dimasukkan.

24. Pilih dua alternatif ukuran batang baja yang dapat digunakan untuk mengakomodasi hal-hal berikut.

- (i) sepuluh kabel berisolasi pvc inti tunggal 16 mm<sup>2</sup>,  
 (ii) dua belas kabel berisolasi pvc inti tunggal 6 mm<sup>2</sup>,  
 (iii) enam belas kabel berisolasi pvc inti tunggal 1,5 mm<sup>2</sup>,  
 (iv) tiga kabel sinyal berinsulasi pvc multiinti, dengan asumsi faktor kabel 130.

Perpanjangan ke trunking berisi sepuluh dari 16 mm<sup>2</sup> kabel dan 8 dari 1,5 mm<sup>2</sup> kabel. Tetapkan ukuran minimum saluran, dengan asumsi lari 5 m tanpa tikungan. Bagaimana

ukuran saluran yang dipilih mempengaruhi pilihan dimensi trunking (asumsikan bahwa kedua ukuran trunking berharga sama).

### 1.7 Hukum Coulomb Dan Aliran Arus Listrik

Arus adalah aliran elektron.

Ketika 6 240 000 000 000 000 000 elektron mengalir dalam satu detik arus satu ampere dikatakan mengalir. Jumlah elektron ini disebut coulomb (C) dan merupakan satuan yang digunakan untuk mengukur muatan listrik.

1 coulomb =  $6,24 \times 10^{18}$  elektron

Oleh karena itu 1 coulomb = 1 ampere per detik.

Jumlah muatan listrik  $Q = I \times t$  coulomb.

#### Contoh 1

Hitung aliran arus jika 7,1 coulomb dipindahkan dalam 2,5 detik.

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{7.1}{2.5} = 2.84 \text{ A}$$

#### Contoh 2

Jika arus 12 A mengalir selama 4,5 menit, hitunglah jumlah listrik yang dipindahkan

$Q = I \times t$

$Q = 12 \times (4.5 \times 60) = 3240$  coulomb

#### Latihan 4

1. Hitung waktu yang diperlukan untuk arus 14 A mengalir dengan muatan 45 C.
2. Berapa lama arus 0,5 A harus mengalir untuk mentransfer 60 coulomb?
3. Jika arus 4,3 A mengalir selama 15 menit, hitunglah muatan yang ditransfer.

## BAB 2 PERHITUNGAN SIRKUIT

### 2.1 Hukum Ohm

Simbol yang digunakan untuk satuan tegangan dan besaran dalam perhitungan adalah U (V dapat digunakan jika diinginkan).

U Tegangan dapat dianggap sebagai tekanan di sirkuit

I Arus adalah aliran elektron

R ( $\Omega$ ) Resistansi adalah segala sesuatu yang menahan aliran arus, yaitu resistansi kabel, resistansi beban, atau nilai resistansi tertentu yang ditambahkan ke rangkaian karena alasan apa pun.

Di d.c. rangkaian, arus berbanding lurus dengan tegangan yang diberikan dan berbanding terbalik dengan resistansi. Rumus untuk perhitungan hukum Ohm adalah:

$$U = I \times R$$

$$R = \frac{U}{I}$$

$$I = \frac{U}{R}$$

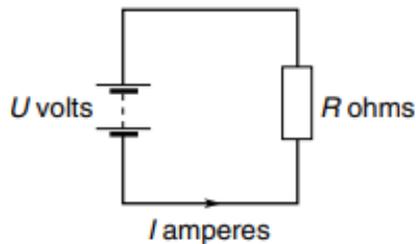
Jika tegangan 100 V diterapkan pada resistor 5  $\Omega$  (Gambar 2.1)

$$\frac{U}{R} = \frac{100}{5} = 20 \text{ A}$$

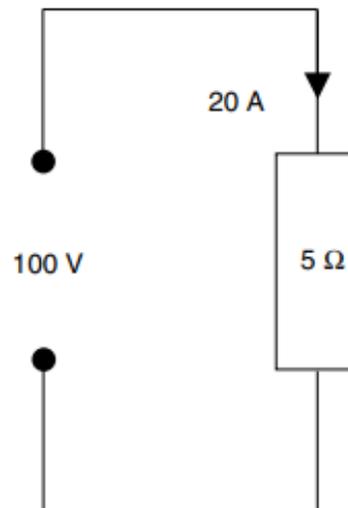
Jika hambatan dalam rangkaian dinaikkan menjadi 10  $\Omega$  , dapat dilihat bahwa arus yang mengalir berkurang (Gambar 2.2)

$$\frac{U}{R} = \frac{100}{10} = 10 \text{ A}$$

menggandakan resistansi dan arus menjadi setengahnya.



**Gambar 2.1** Rangkaian Listrik Sederhana



**Gambar 2.2** Rangkaian Dengan Hambatan 5  $\Omega$

Jika resistansi rangkaian yang tidak diketahui, perhitungannya

$$\frac{U}{I} = R$$

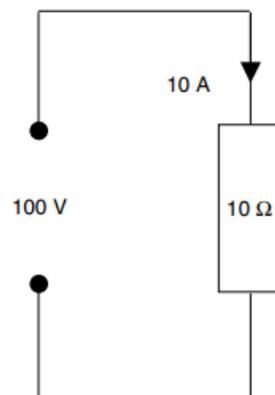
bisa digunakan

$$\frac{100}{10} = 10 \Omega$$

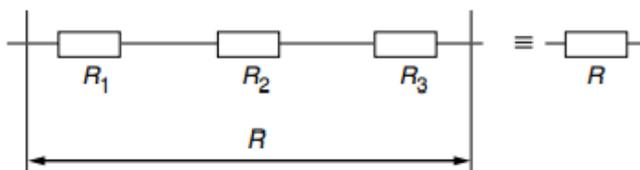
Jika tegangan adalah nilai yang tidak diketahui,  $I \times R = U$  dapat digunakan:  $10 \Omega \times 10 \text{ A} = 100$  volt

## 2.2 Resistor seri

Ketika sejumlah resistor dihubungkan secara seri, resistansi total sama dengan jumlah semua nilai resistansi (Gambar 2.3).



**Gambar 2.3** Rangkaian Dengan Resistor 10  $\Omega$



Gambar 2.3 Hambatan Seri



Gambar 2.4 Hambatan Seri (2)

**Contoh**

$$R_1 + R_2 + R_3 = R$$

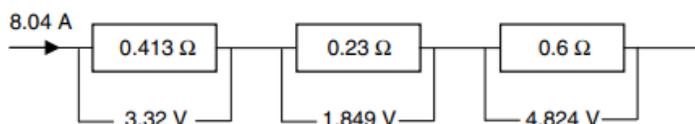
$$0,413 + 0,23 + 0,6 = 1,243$$

**Hukum Ohm digunakan untuk menghitung nilai dalam rangkaian seri**

Menggunakan rangkaian pada Gambar 2.3 dan 2.4 dengan tegangan yang diberikan 10 volt, arus total dapat dihitung:

$$\frac{U}{R} = I$$

$$\frac{10}{1.243} = 8.05 \text{ A}$$



Gambar 2.5 Perhitungan Arus yang mengalir pada masing-masing Resistor

Dapat dilihat dengan perhitungan bahwa setiap hambatan pada rangkaian akan menyebabkan penurunan tegangan (tekanan). Hukum Ohm dapat digunakan untuk mencari tegangan di berbagai bagian rangkaian. (Arus adalah nilai umum dalam rangkaian seri karena akan sama di mana pun diukur.)

Perhitungan  $I \times R$  dapat digunakan untuk menghitung jatuh tegangan pada setiap hambatan Menggunakan nilai dari Gambar 2.3, arus dalam rangkaian adalah  $8,04 \text{ A}$  (Gambar 2.5).

Penurunan tegangan pada $R_1$ akan menjadi	$8,04 \times 0,413 = 3,32 \text{ volt}$
$R_2$	$8,04 \times 0,23 = 1,849 \text{ volt}$
$R_3$	$8,04 \times 0,6 = 4,824 \text{ volt}$
	Jumlah = 9,993

Dapat dilihat bahwa jumlah jatuh tegangan pada semua resistor sama dengan tegangan total dalam rangkaian dan tegangan setelah hambatan terakhir adalah 0 volt.

### Latihan 5

1. Hitung hambatan total dari masing-masing kelompok resistor berikut secara seri. (Nilai dalam ohm kecuali dinyatakan lain.)
 

(a) 12, 35, 59	(f) 256,5, 89,7
(b) 8,4, 3,5, 0,6	(g) 1400, 57,9 k $\Omega$
(c) 19,65, 4,35	(h) 1,5 M $\Omega$ , 790.000
(d) 0,085, 1,12, 0,76	(i) 0,0047, 0,095
(e) 27,94, 18,7, 108,3	(j) 0,0568, 0,000 625 (jawaban dalam mikrohm)
2. Tentukan nilai hambatan yang bila dihubungkan seri dengan hambatan yang diberikan akan menghasilkan total yang dibutuhkan.
  - (a) 92  $\Omega$  untuk menghasilkan 114  $\Omega$
  - (b) 12,65  $\Omega$  untuk menghasilkan 15  $\Omega$
  - (c) 1,5  $\Omega$  untuk menghasilkan 3,25  $\Omega$
  - (d) 4,89  $\Omega$  untuk menghasilkan 7,6  $\Omega$
  - (e) 0,9  $\Omega$  untuk menghasilkan 2,56  $\Omega$
  - (f) 7,58  $\Omega$  untuk menghasilkan 21  $\Omega$
  - (g) 3,47  $\Omega$  untuk menghasilkan 10  $\Omega$
  - (h) 195  $\Omega$  untuk menghasilkan 2000  $\Omega$
  - (i) 365 $\mu$   $\Omega$  untuk menghasilkan 0,5  $\Omega$  (jawaban dalam mikrohms)
  - (j) 189.000  $\Omega$  0,25 M  $\Omega$  (jawaban dalam megaohm)
3. Hitung hambatan total ketika empat resistor masing-masing 0,84  $\Omega$  dirangkai seri.
4. Resistor 19,5  $\Omega$  dan 23,7  $\Omega$  dirangkai seri. Hitung nilai resistor ketiga yang akan memberikan total 64,3  $\Omega$  .
5. Berapa banyak resistor 0,58  $\Omega$  yang harus dirangkai seri agar hambatan totalnya sebesar 5,22  $\Omega$  ?
6. Suatu jenis lampu tertentu memiliki hambatan sebesar 41  $\Omega$ . Berapakah hambatan dari 13 lampu tersebut secara seri? Berapa banyak lampu ini yang diperlukan untuk membuat hambatan total 779  $\Omega$  ?
7. Empat kumparan medan motor dihubungkan secara seri dan masing-masing memiliki hambatan 33,4  $\Omega$  . Hitung hambatan totalnya. Tentukan juga nilai hambatan seri tambahan yang akan memberikan hambatan total 164  $\Omega$  .
8. Dua buah resistor yang dirangkai seri memiliki resistansi gabungan sebesar 4,65  $\Omega$  . Hambatan salah satunya adalah 1,89  $\Omega$  . Berapakah hambatan yang lain?
9. Empat resistor yang sama besar dihubungkan secara seri dan resistansi gabungannya adalah 18,8  $\Omega$ . Nilai masing-masing resistor adalah

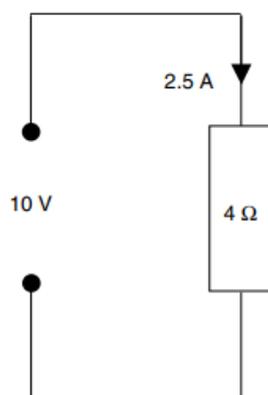
- (a) 9,4  $\Omega$                       (b) 75,2  $\Omega$   
 (c) 4,7  $\Omega$                         (d) 37,6  $\Omega$
10. Dua resistor yang dihubungkan secara seri memiliki resistansi gabungan sebesar 159  $\Omega$  . Satu resistor memiliki nilai 84  $\Omega$  . Nilai lainnya adalah  
 (a) 133,56  $\Omega$                     (c) 243  $\Omega$   
 (b) 1,89  $\Omega$                         (d) 75  $\Omega$
11. Dua resistor dengan nilai yang sama dihubungkan ke tiga resistor lain yang bernilai 33  $\Omega$  , 47  $\Omega$  dan 52  $\Omega$  untuk membentuk kelompok resistor seri dengan resistansi gabungan 160  $\Omega$ . Berapa hambatan dari dua resistor yang tidak diketahui?  
 (a) 7  $\Omega$                     (b) 14  $\Omega$                     (c) 28  $\Omega$                     (d) 42  $\Omega$
12. Empat buah resistor bernilai 23  $\Omega$ , 27  $\Omega$ , 33  $\Omega$  , 44  $\Omega$  dirangkai seri. Diperlukan untuk memodifikasi resistansi gabungannya menjadi 140  $\Omega$  dengan mengganti salah satu resistor yang ada dengan resistor baru senilai 40  $\Omega$ . Manakah dari resistor asli yang harus diganti?  
 (a) 23  $\Omega$                     (b) 27  $\Omega$                     (c) 33  $\Omega$                     (d) 44  $\Omega$

### 2.3 Resistor Paralel

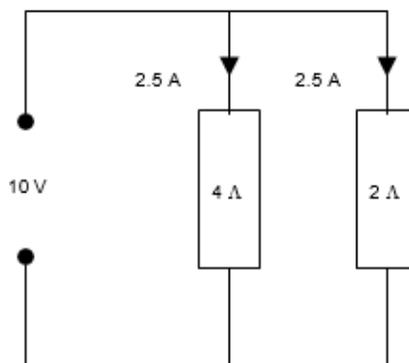
Ketika resistansi dihubungkan secara paralel, tegangan sama untuk setiap resistansi. (Ingat dalam seri itu adalah arus yang umum.) Setiap hambatan yang dihubungkan ke rangkaian secara paralel akan mengurangi hambatan rangkaian dan oleh karena itu akan meningkatkan arus yang mengalir dalam rangkaian. Gambar 2.6 menunjukkan resistansi 4  $\Omega$  yang terhubung ke tegangan 10 V. Dengan menggunakan hukum Ohm, arus dalam rangkaian dapat dihitung:

$$\frac{U}{R} = I$$

$$\frac{10}{4} = 2.5 \text{ A}$$



**Gambar 2.6** Rangkaian Sederhana



**Gambar 2.7** Rangkaian Hambatan Paralel

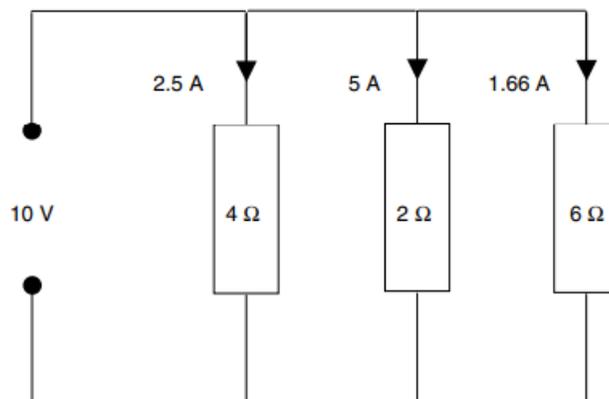
Ketika hambatan lain sebesar  $2\ \Omega$ , dihubungkan ke rangkaian secara paralel, seperti Gambar 2.7, hambatan total dapat dihitung, sekali lagi dengan menggunakan hukum Ohm sebagai berikut. Ketika resistansi lain sebesar  $6\ \Omega$  dihubungkan ke rangkaian secara paralel seperti Gambar 2.8, resistansi total dapat dihitung, sekali lagi dengan menggunakan hukum Ohm sebagai berikut.

Tegangan pada setiap hambatan adalah 10 volt. Oleh karena itu,

Arus yang mengalir melalui  $R_1$  adalah:  $\frac{10}{4} = 2.5A$

Arus yang mengalir melalui  $R_2$  adalah:  $\frac{10}{2} = 5A$

Arus total dalam rangkaian adalah jumlah arus yang mengalir di  $R_1$  dan  $R_2$ , yaitu  $2,5+5= 7,5$  Ampere.



**Gambar 2.8** Rangkaian Hambatan Paralel (3 Resistor)

Jika hambatan lain sebesar  $6\ \Omega$ , dihubungkan secara paralel ke rangkaian ini seperti Gambar 2.8.

Arus yang mengalir di  $R_1$  adalah 2,5 A.  $R_2$  adalah 5 A Menggunakan hukum Ohm, arus di  $R_3$  adalah

$$\frac{10}{6} = 1,66 \text{ ampere}$$

(Perhatikan resistansi yang lebih tinggi menghasilkan aliran arus yang lebih sedikit) Arus total dalam rangkaian adalah  $2,5+5+ 1,66 = 9,16$  ampere

Ini juga dapat digunakan untuk menghitung resistansi total rangkaian. Menggunakan hukum Ohm, tegangan 10 volt, arus 9,16, perhitungannya adalah

$$\frac{U}{I} = R$$

$$\frac{10}{9.1} = 1.09 \Omega$$

Jelas, metode ini hanya dapat digunakan jika tegangan diketahui.

### ***Perhitungan resistansi total resistor secara paralel***

Jika hanya resistansi yang diketahui, resistansi total dapat dihitung dengan menggunakan metode berikut dengan kalkulator:

$$\frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{1}{R} = R$$

Menggunakan nilai dari Gambar 2.8:

$$\frac{1}{4} + \frac{1}{2} + \frac{1}{6} = \frac{1}{1.09} = \text{resistansi total}$$

Pada kalkulator masukkan

$$4x^{-1} + 2x^{-1} + 6x^{-1} = x^{-1} =$$

Perhatikan,  $x^{-1}$  adalah fungsi (tombol) pada kalkulator. Ini dapat dibuktikan benar dengan menggunakan hukum Ohm lagi

$$\frac{U}{R} = I$$

Arus akan sama seperti ketika arus yang melewati semua resistansi individu pada Gambar 2.8 ditambahkan bersama-sama, yaitu.

$$2,5 + 5 + 1,66 = 9,16 \text{ ampere.}$$

### ***Resistansi secara paralel menggunakan metode produk over sum***

Metode lain untuk menghitung resistansi total dari resistansi secara paralel adalah dengan menggunakan metode perkalian di atas jumlah:

Jika resistansi dari Gambar 2.8 digunakan, resistansi total dapat ditemukan:

$$\frac{4 \times 2}{4 + 2} = \frac{8}{6} = \frac{1.333 \times 6}{1.333 + 6} = \frac{7.998}{7.333} = 1.09 \Omega$$

Metode ini dapat digunakan untuk sejumlah hambatan yang dihubungkan secara paralel. Perhitungan harus dilakukan dengan menggunakan dua resistansi, kemudian menggunakan hasil perhitungan dengan resistansi berikutnya, selanjutnya, hingga semua resistansi digunakan.

### Latihan 6

- Kelompok resistor berikut ini dihubungkan secara paralel. Dalam setiap kasus, hitung resistansi ekivalen. Jika perlu, buatlah jawaban yang benar untuk tiga angka penting. (Semua nilai dalam ohm.)
  - 2, 3, 6
  - 3, 10, 5
  - 9, 7
  - 4, 6, 9
  - 7, 5, 10
  - 14, 70
  - 12, 12
  - 15, 15, 15
  - 40, 40, 40, 40
- Dalam setiap kasus, hitung nilai resistor yang, jika dihubungkan secara paralel dengan resistor yang diberikan, akan menghasilkan nilai yang diminta. (Berikan jawaban yang benar untuk tiga angka penting.)

	Diberikan resistensi ( $\Omega$ )	Diperlukan resistensi ( $\Omega$ )
(a)	48	12
(b)	20	5
(c)	9	4
(d)	6	3
(e)	7	6
(f)	500	400
(g)	$0.6 \times 10^3$	200
(h)	75	25
(i)	38	19
(j)	52	13

- Sebuah elemen pemanas berada dalam dua bagian, masing-masing memiliki hambatan  $54\Omega$ . Hitung arus yang diambil dari suplai  $230V$  ketika bagian-bagian dihubungkan (a) secara seri, (b) secara paralel.
- Dua kabel inti tunggal, dengan hambatan  $1,2\Omega$  dan  $0,16\Omega$ , dihubungkan secara paralel dan digunakan untuk mengalirkan arus total  $30 A$ . Hitung
  - jatuh tegangan sepanjang kabel, (b) arus aktual yang dibawa oleh setiap kabel.

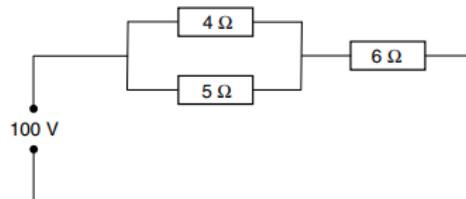
5. Sebuah kabel membawa arus 65 A dengan drop 13 V. Berapakah hambatan sebuah kabel yang jika dihubungkan secara paralel dengan kabel pertama akan mengurangi jatuh tegangan menjadi 5 V?
6. Untuk memvariasikan kecepatan d.c. motor seri biasanya menghubungkan resistor pengalir secara paralel dengan belitan medan. Medan motor seri memiliki hambatan 0,6 dan resistor pengalir memiliki tiga langkah, dari  $5\Omega$  ,  $4\Omega$  dan  $2\Omega$  . Dengan asumsi bahwa arus total ditetapkan pada 28 A, cari tahu berapa banyak arus yang mengalir melalui belitan medan pada setiap langkah diverter.
7. Resistor  $24\Omega$  dan  $30\Omega$  dihubungkan secara paralel. Berapa nilai resistor ketiga untuk mengurangi resistansi gabungan menjadi  $6\Omega$  ?
8. Dua kabel yang memiliki hambatan  $0,03\Omega$  dan  $0,04\Omega$  di antara keduanya membawa arus total 70 A. Berapa masing-masing membawa?
9. Ketika dua resistor yang sama besar dihubungkan secara seri ke suplai 125 V, arus 5 A mengalir. Hitung arus total yang akan mengalir dari suplai tegangan yang sama jika resistor dihubungkan secara paralel.
10. Arus sebesar 50 A dibawa oleh dua kabel secara paralel. Satu kabel memiliki hambatan  $0,15\Omega$  dan membawa 20 A. Berapa hambatan kabel lainnya?
11. Tiga kabel, memiliki hambatan  $0,018\Omega$  ,  $0,024\Omega$  dan  $0,09\Omega$  masing-masing, dihubungkan secara paralel untuk membawa arus total 130 A. Menghitung
  - (a) hambatan ekuivalen ketiganya secara paralel,
  - (b) jatuh tegangan sepanjang kabel,
  - (c) arus aktual yang dibawa oleh setiap kabel.
12. Empat kumparan hambatan – A, B, C dan D– masing-masing bernilai  $4\Omega$  ,  $5\Omega$  ,  $6\Omega$  dan  $7\Omega$  , disambung membentuk rangkaian tertutup berbentuk bujur sangkar. Sebuah suplai arus searah pada 40 V dihubungkan pada ujung-ujung kumparan C. Menghitung:
  - (a) arus yang mengalir pada setiap resistor,
  - (b) arus total dari suplai,
  - (c) beda potensial pada masing-masing kumparan,
  - (d) total arus dari suplai jika sebuah kumparan hambatan lebih lanjut R sebesar  $8\Omega$  dihubungkan secara paralel dengan kumparan A.
13. Resistor  $3\Omega$  ,  $5\Omega$  dan  $8\Omega$  dihubungkan secara paralel. Perlawanan gabungan mereka adalah
  - (a)  $1,6\Omega$
  - (b)  $0,658\Omega$
  - (c)  $16,0\Omega$
  - (d)  $1,52\Omega$
14. Dua resistor dihubungkan secara paralel untuk memberikan resistansi gabungan sebesar  $3,5\Omega$  . Nilai satu resistor adalah  $6\Omega$  . Nilai yang lain adalah

- (a)  $8,4\Omega$   
 (b)  $0,12\Omega$   
 (c)  $1,2\Omega$   
 (d)  $2,5\Omega$
15. Hambatan kabel yang membawa 43 A adalah  $0,17\Omega$  . Hitung hambatan kabel kedua yang, jika dihubungkan secara paralel, akan mengurangi jatuh tegangan menjadi 5 V.
16. Sebuah kabel dengan hambatan  $1,92\Omega$  dialiri arus 12,5 A. Carilah jatuh tegangan. Jika kabel kedua dengan hambatan  $2,04\Omega$  dihubungkan secara paralel, berapa penurunan tegangan yang akan terjadi untuk nilai arus beban yang sama?
17. Tiga kabel, yang memiliki hambatan  $0,0685\Omega$  ,  $0,0217\Omega$  dan  $0,1213\Omega$  , dihubungkan secara paralel. Temukan (a) hambatan kombinasi, (b) arus total yang dapat dibawa oleh kabel untuk jatuh tegangan sebesar 5,8 V
18. Arus beban 250 A dibawa oleh dua kabel secara paralel. Jika hambatannya  $0,0354\Omega$  dan  $0,046\Omega$ , berapa arus yang mengalir pada masing-masing kabel?
19. Dua kabel paralel di antara mereka membawa arus 87,4 A. Salah satunya memiliki hambatan  $0,089\Omega$  dan membawa 53 A. Berapa hambatan yang lain?
20. Resistor  $34,7$  dan  $43,9\Omega$  dihubungkan secara paralel. Tentukan nilai resistor ketiga yang akan mengurangi resistansi gabungan menjadi 19 .
21. Tiga kabel berinsulasi pvc dihubungkan secara paralel, dan hambatannya masing-masing adalah  $0,012\Omega$  ,  $0,015\Omega$  dan  $0,008\Omega$  , Dengan total arus 500 A yang mengalir pada suplai 240 V,  
 (a) hitung arus di setiap kabel,  
 (b) hitung penurunan tegangan gabungan pada ketiga kabel secara paralel,  
 (c) hitung jatuh tegangan individual pada setiap kabel dalam rangkaian paralel.
22. Pengujian pada kabel berinsulasi mineral inti tunggal sepanjang 300 m menghasilkan hasil sebagai berikut: resistansi konduktor  $2,4\Omega$  , resistansi insulasi  $40\text{ M}\Omega$ . Berapa nilai resistansi konduktor dan insulasi yang diantisipasi dari panjang kabel 120 m?  
 (a)  $16\Omega$  ,  $0,96\text{ M}\Omega$   
 (b)  $0,96\Omega$ ,  $16\text{ M}\Omega$   
 (c)  $0,96\Omega$  ,  $40\text{ M}\Omega$   
 (d)  $16,16\Omega\text{ M}\Omega$
23. Gulungan 250 m dari kabel berinsulasi mineral kembar harus dipotong untuk menghasilkan dua panjang yang sama. Sebelum memotong kabel, satu inti diuji dan resistansi insulasi didapati  $23\text{ M}\Omega$  dan resistansi konduktor didapati  $2,9\Omega$ . Berapa nilai resistansi konduktor dan insulasi yang diantisipasi dari masing-masing panjangnya?  
 (a)  $46\Omega$  ,  $1,45\text{ M}\Omega$   
 (b)  $1,45\Omega$  ,  $46\text{ M}\Omega$   
 (c)  $0,145\Omega$  ,  $11,5\text{ M}\Omega$   
 (d)  $11,5\Omega$  ,  $46\text{ M}\Omega$

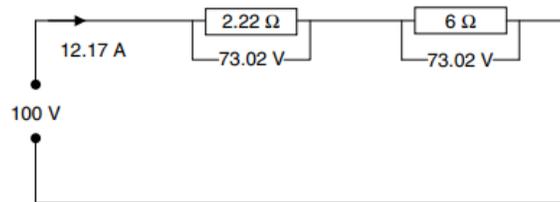
## 2.4 Resistor seri dan paralel

### Contoh

Resistor  $4\Omega$  dan  $5\Omega$  dirangkai paralel dan resistor  $6\Omega$  dirangkai seri dengan grup. Kombinasi ini terhubung ke catu daya 100 volt (Gambar 2.9). Hitung hambatan total, jatuh tegangan dan arus pada masing-masing resistor.



**Gambar 2.9** Rangkaian Seri dan Paralel



**Gambar 2.10** Rangkaian Resistor Seri

Untuk menemukan hambatan untuk grup paralel

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R} = R$$

$$\frac{1}{4} + \frac{1}{5} = \frac{1}{0.45} = 2.22 \Omega$$

(metode kalkulator)

Sirkuit sekarang dapat ditampilkan seperti pada Gambar 2.10.

Resistansi total dalam rangkaian sekarang dapat dihitung sebagai dua hambatan seri.

$$\text{Jumlah } R = 2,22+6= 8,22 \Omega$$

Untuk menghitung arus total Menggunakan hukum Ohm

$$\frac{U}{R} = I$$

$$\frac{100}{8.22} = 12.17 \text{ A}$$

Penurunan tegangan pada resistansi  $6 \Omega$  dihitung

$$I \times R = U$$

$$12.17 \times 6 = 73.02 \text{ V}$$

Penurunan tegangan pada kelompok paralel adalah  $100 \text{ V} - 73,02 \text{ V} = 26,98 \text{ V}$ . Tegangan ini sekarang dapat digunakan untuk menghitung arus yang melalui setiap hambatan paralel, sekali lagi menggunakan hukum Ohm.

Arus yang melalui resistor  $4 \Omega$  adalah

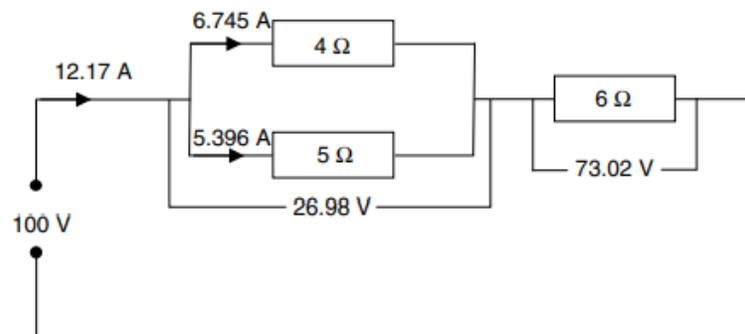
$$\frac{V}{R} = I$$

$$\frac{26,98}{4} = 6,745 \text{ A}$$

Arus melalui  $5 \Omega$ , resistor adalah

$$\frac{26,98}{5} = 5,396 \text{ A}$$

Sebagai pemeriksaan, jumlah arus yang melalui resistansi paralel bersama-sama harus sama dengan arus total dalam rangkaian  $6,745 + 5,396 = 12,141$  (memungkinkan hanya menggunakan tiga tempat desimal).



**Gambar 2.11** Rangkaian Resistor Seri Dan Paralel

### BAB 3

## RESISTANSI INTERNAL

#### Contoh

Elemen pemanas dengan resistansi 2,4 dihubungkan ke baterai ggl. 12 V dan resistansi internal 0,1 (Gambar 17). Menghitung

- (a) arus yang mengalir,
- (b) tegangan terminal baterai pada beban,
- (c) daya yang dihamburkan oleh pemanas.

**(a)** Menggunakan E untuk emf. dan U untuk tegangan terminal, dan memperlakukan resistansi internal sebagai resistansi seri tambahan,

emf = arus total × hambatan total

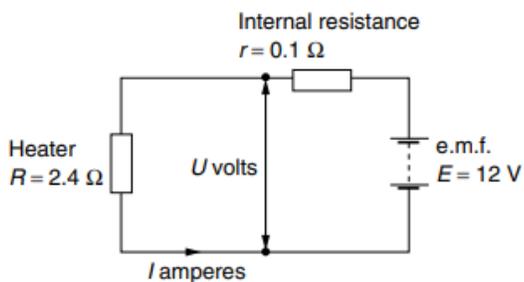
$$\begin{aligned}
 E &= I \times (R + r) \text{ (perhatikan penggunaan tanda kurung)} \\
 12 &= I \times (2.4 + 0.1) \\
 &= I \times 2,5 \\
 &= \frac{12}{2.5} \\
 &= 4,8 \text{ A}
 \end{aligned}$$

**(b)** Tegangan terminal adalah ggl. dikurangi penurunan tegangan melintasi resistansi internal:  
tegangan terminal

$$\begin{aligned}
 U &= E - I r \\
 &= 12 - (4.8 \times 0.1) \\
 &= 12 - 0,48 \\
 &= 11,52 \text{ atau } 11,5 \text{ V}
 \end{aligned}$$

**(c)** Daya yang hilang dalam pemanas adalah

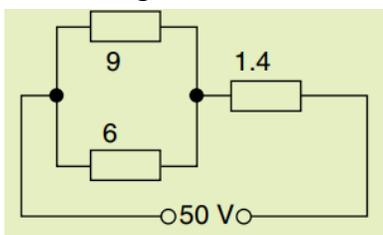
$$\begin{aligned}
 P &= U \times I \\
 &= 11,5 \times 4,8 \\
 &= 55 \text{ W}
 \end{aligned}$$



**Gambar 3.1** Rangkaian Listrik Sederhana dengan 2 Resistor Model Berbeda

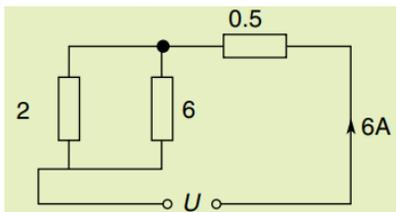
### Latihan 3.1

1. Untuk rangkaian Gambar 3.1, cari



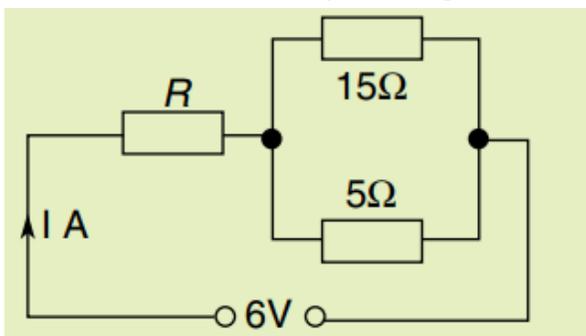
- (a) hambatan dari grup paralel,
- (b) hambatan total,
- (c) arus pada setiap resistor.

2. Untuk rangkaian Gambar 3.1, cari

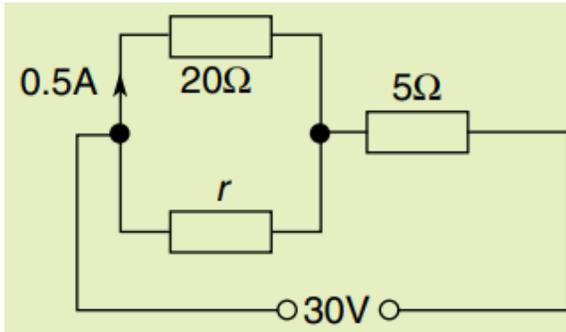


- (a) hambatan total,
- (b) tegangan suplai.

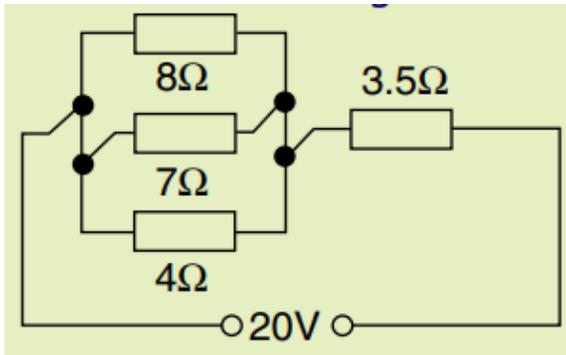
3. Tentukan nilai resistor  $R$  pada rangkaian dibawah ini.



4. Hitung nilai resistor  $r$  pada rangkaian dibawah ini.

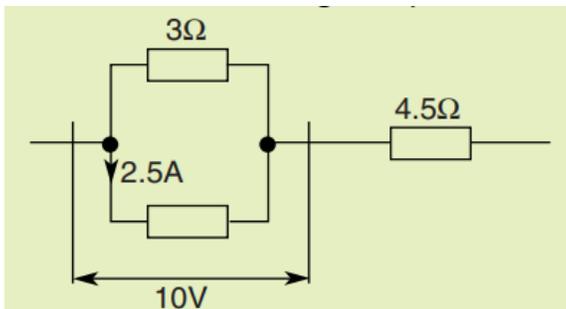


5. Untuk rangkaian berikut ini, hitung

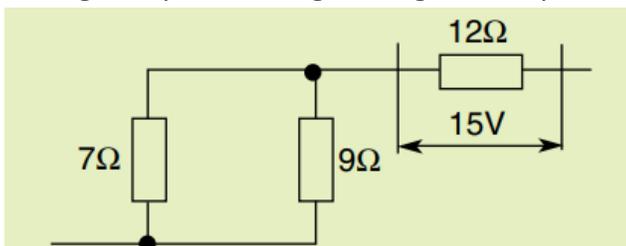


- (a) hambatan total,  
(b) arus total.

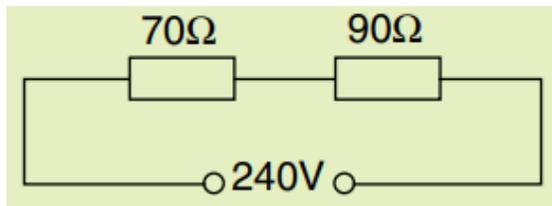
6. Tentukan jatuh tegangan pada resistor  $4,5\Omega$  pada Rangkaian dibawah ini



7. Hitung arus pada masing-masing resistor pada Rangkaian dibawah ini.



8. Tentukan nilai sebuah resistor yang bila dihubungkan secara paralel dengan resistor  $70\Omega$  akan menyebabkan arus total sebesar  $2,4\text{ A}$  mengalir pada rangkaian berikut.



9. Dua buah kumparan kontaktor dengan hambatan masing-masing  $350\Omega$  dan  $420\Omega$  dihubungkan secara paralel. Sebuah resistor pemberat  $500$  dihubungkan seri dengan pasangannya. Suplai diambil dari  $220\text{ V d.c.}$  Pasokan. Hitung arus pada setiap kumparan dan daya yang terbuang pada resistor balast.
10. Dua buah lampu  $110\text{ V}$  dihubungkan secara paralel. Nilainya adalah  $150\text{ W}$  dan  $200\text{ W}$ . Tentukan nilai resistor yang jika dihubungkan secara seri dengan lampu akan memungkinkan keduanya beroperasi dari sumber listrik  $230\text{ V}$ .
11. Sebuah motor shunt memiliki dua kumparan medan yang dihubungkan secara paralel, masing-masing memiliki hambatan  $235\Omega$ . Sebuah resistor pengatur dihubungkan secara seri dengan kumparan ke suplai  $200\text{ V}$ . Hitung nilai resistor ini ketika arus yang melalui setiap kumparan adalah  $0,7\text{ A}$ .
12. Dalam instalasi tertentu, item perlengkapan berikut ini beroperasi pada waktu yang sama: (i) pemanas celup  $3\text{ kW}$ , (ii) dua lampu  $100\text{ W}$ , (iii) satu radiator  $2\text{ kW}$ . Semua ini dinilai pada  $240\text{ V}$ . Tegangan suplai nominal dinyatakan  $230\text{ V}$  tetapi ditemukan bahwa tegangan sebenarnya pada sumber instalasi adalah  $5\text{ V}$  lebih kecil dari ini. Menghitung
- arus total,
  - resistansi kabel suplai,
  - daya aktual yang diserap oleh pemanas celup.
13. Kabel overhead yang mensuplai bangunan luar dari suplai utama  $230\text{ V}$  memiliki resistansi  $0,9\Omega$ . Radiator  $2\text{ kW}$  dan ketel  $1500\text{ W}$ , keduanya dengan tegangan  $230\text{ V}$ , sedang digunakan pada saat itu. Tentukan tegangan pada terminal peralatan ini. Berapa tegangannya jika pemanas air  $750\text{ W}$ ,  $240\text{ V}$  juga dinyalakan?
14. Dua resistor secara paralel, A sebesar  $20\Omega$  dan B yang nilainya tidak diketahui, dihubungkan secara seri dengan resistor ketiga C sebesar  $12\Omega$ . Suplai ke rangkaian adalah arus searah. Jika beda potensial pada ujung-ujung C adalah  $180\text{ V}$  dan daya pada rangkaian lengkap adalah  $3600\text{ W}$ ,  
hitung :
- nilai resistor B,
  - arus di setiap resistor,
  - tegangan rangkaian.

15. Nyatakan hukum Ohm dengan kata-kata Anda sendiri, dan nyatakan dalam simbol. sebuah d.c. suplai pada 240 V diterapkan ke sirkuit yang terdiri dari dua resistor A dan B secara paralel, masing-masing  $5 \Omega$  dan  $7,5 \Omega$ , secara seri dengan resistor ketiga C  $30 \Omega$ . Hitung nilai resistor keempat D untuk dihubungkan secara paralel dengan C sehingga daya total dalam rangkaian harus 7,2 kW.
16. Tiga resistor masing-masing bernilai  $1 \Omega$ ,  $5 \Omega$ ,  $4 \Omega$  dan  $12 \Omega$ , dihubungkan secara paralel. Sebuah resistor keempat, dari  $6 \Omega$ , dihubungkan secara seri dengan kelompok paralel. sebuah d.c. suplai 140 V diterapkan ke sirkuit.
  - (a) Hitung arus yang diambil dari suplai.
  - (b) Tentukan nilai resistor selanjutnya yang dihubungkan secara paralel dengan resistor 6 sehingga beda potensial yang melintasinya menjadi 84 V.
  - (c) Berapa arus yang sekarang akan mengalir dalam rangkaian?
17. Sebuah bel listrik mengambil arus 0,3 A dari baterai yang gglnya. adalah 3 V dan hambatan dalam  $0,12 \Omega$ . Hitung tegangan terminal baterai saat bel berbunyi.
18. Tentukan tegangan pada terminal baterai tiga sel secara seri, masing-masing sel memiliki ggl. 1,5 V dan resistansi internal  $0,11 \Omega$ , ketika memasok arus 0,75 A.
19. Aki mobil terdiri dari enam sel yang dihubungkan secara seri. Setiap sel memiliki e.m.f. 2 V dan hambatan dalam  $0,008 \Omega$ . Hitung tegangan terminal baterai ketika arus 105 A mengalir.
20. Sebuah baterai memiliki tegangan rangkaian terbuka 6 V. Tentukan hambatan dalam jika arus beban 54 A mengurangi tegangan terminalnya menjadi 4,35 V.
21. Resistor  $5 \Omega$  dan  $7 \Omega$  dihubungkan secara paralel ke terminal baterai ggl. 6 V dan resistansi internal  $0,3 \Omega$ . Menghitung
  - (a) arus di setiap resistor,
  - (b) tegangan terminal baterai,
  - (c) daya yang terbuang dalam tahanan dalam.
22. Sebuah baterai dihubungkan ke dua resistor, masing-masing  $20 \Omega$  dan  $30 \Omega$ , yang dirangkai secara paralel. Baterai terdiri dari tiga sel secara seri, masing-masing sel memiliki ggl. 1,5 V dan hambatan dalam  $0,12$ . Menghitung
  - (a) tegangan terminal baterai,
  - (b) daya pada setiap resistor.
23. Baterai 50 sel dipasang untuk suplai penerangan sementara. e.m.f. dari setiap sel adalah 2 V dan resistansi internal adalah  $0,0082 \Omega$ . Tentukan tegangan terminal baterai ketika memasok 25 lampu masing-masing diberi nilai 150 W, 110 V.
24. Instalasi di rumah pedesaan dipasok dari baterai. Baterai memiliki tegangan rangkaian terbuka 110 V dan resistansi internal  $0,045 \Omega$ . Kabel utama dari baterai ke rumah memiliki hambatan  $0,024 \Omega$ . Pada saat tertentu beban terdiri dari dua buah radiator 2 kW, tiga buah lampu 100 W, dan empat buah lampu 60 W. Semua peralatan ini diberi nilai 110 V. Hitung tegangan pada terminal peralatan.

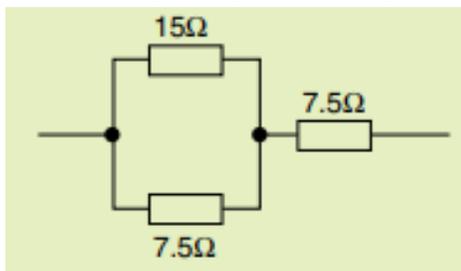
25. Instalasi disuplai dari baterai melalui dua kabel secara paralel. Satu kabel memiliki resistansi  $0,34 \Omega$  ; yang lain memiliki hambatan  $0,17 \Omega$  . Baterai memiliki resistansi internal  $0,052 \Omega$  dan tegangan rangkaian terbukanya adalah  $120 \text{ V}$ . Tentukan tegangan terminal baterai dan daya yang terbuang pada setiap kabel ketika arus  $60 \text{ A}$  mengalir.
26. Baterai  $12 \text{ V}$  perlu diisi dan satu-satunya suplai yang tersedia adalah salah satu dari  $24 \text{ V}$ . Baterai memiliki enam sel, masing-masing e.m.f.  $1,8 \text{ V}$  dan resistansi internal  $0,009 \Omega$  . Tentukan nilai resistor seri yang akan membatasi arus hingga  $5 \text{ A}$ .
27. Suatu rangkaian terdiri dari resistor  $7,2 \Omega$  yang paralel dengan salah satu nilai yang tidak diketahui. Kombinasi ini dihubungkan secara seri dengan resistor  $4,5 \Omega$  ke suplai arus searah. Arus yang mengalir adalah  $2,2 \text{ A}$  dan daya total yang diambil oleh rangkaian adalah  $35 \text{ W}$ .

Hitung

- nilai resistor yang tidak diketahui,
- tegangan suplai,
- nilai sebuah resistor yang jika dihubungkan paralel dengan resistor  $4,5 \Omega$  akan menyebabkan arus sebesar  $4 \text{ A}$  mengalir.

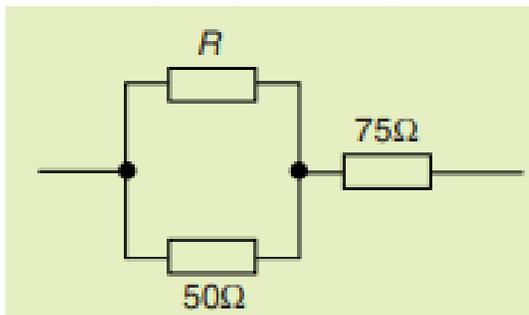
(Asumsikan bahwa sumber suplai memiliki resistansi internal yang dapat diabaikan.)

28. Hambatan gabungan dari rangkaian berikut



- $0.333 \Omega$
- $12.5 \Omega$
- $30.0 \Omega$
- $7.7 \Omega$

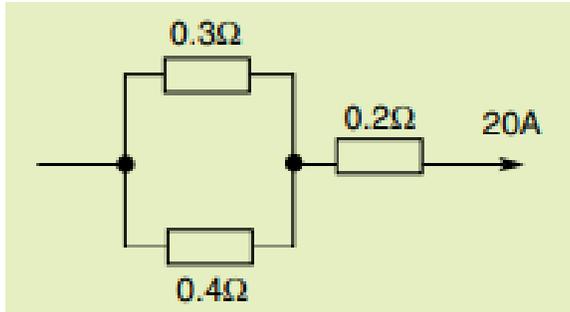
29. Hambatan gabungan dari rangkaian dibawah ini adalah  $91,7 \Omega$  . Nilai resistor R adalah



- $33.3 \Omega$
- $250 \Omega$

(c)  $0.04 \Omega$ (d)  $25 \Omega$ 

30. Arus yang mengalir pada resistor 0,4 pada Rangkaian dibawah ini adalah



(a) 8.57 A

(b) 11.43 A

(c) 0.24 A

(d) 0.73 A

### 3.1 Resistivitas

Hambatan suatu penghantar adalah

$$R = \frac{\rho \times l}{A} \Omega$$

$\rho$  adalah resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )

$l$  adalah panjang konduktor (m)

$A$  adalah luas penampang ( $\text{m}^2$ )

#### Contoh 1

Tentukan hambatan 100 m dari  $120 \text{ mm}^2$  tembaga. Resistivitas tembaga adalah  $1,78 \times 10^{-8} \Omega$

$$R = \frac{\rho \times l}{A}$$

$$\frac{1,78 \times 10^{-8} \times 100}{120 \times 10^{-6}} = 0,0148 \Omega$$

(catatan  $10^{-6}$  untuk mengkonversi ke m persegi)

Masukkan ke dalam kalkulator  $1,78 \text{ EXP } 8 \times 100 / 120 \text{ EXP } 6 = 0,0148$

#### Contoh 2

Hitung panjang konduktor tembaga  $2,5 \text{ mm}^2$  yang akan memiliki hambatan  $1,12\Omega$ . Ini membutuhkan penggunaan transposisi sederhana, lebih mudah untuk memulai dengan rumus yang diketahui:

$$R = \frac{\rho \times l}{A}$$

Ganti huruf dengan angka jika memungkinkan

$$1.12 = \frac{1.78 \times 10^{-8} \times L}{2.5 \times 10^{-6}}$$

Subjek harus berdiri sendiri di baris teratas, ini akan memerlukan pemindahan beberapa nilai. Ingat ketika suatu nilai bergerak melintasi tanda = itu harus bergerak dari bawah ke atas atau dari atas ke bawah. Ini akan memberi kita:

langkah pertama

$$2.5 \times 10^{-6} \times 1.12 = 1.78 \times 10^{-8} \times L$$

langkah ke-2

$$\frac{2.5 \times 10^{-6} \times 1.12}{1.78 \times 10^{-8}} = L$$

Ini akan meninggalkan L sendiri dan sekarang kita dapat melakukan perhitungan. Masuk ke kalkulator

$$2.5 \text{ EXP } 6 \times 1.12 \text{ } 1.78 \text{ EXP } 8 = 157,30 \text{ m}$$

### Contoh 3

Hitung luas penampang kabel aluminium sepanjang 118 m yang memiliki hambatan  $0,209 \Omega$ . Resistivitas aluminium adalah  $2,84 \times 10^{-8}$

$$R = \frac{\rho \times l}{A}$$

Konversikan ke nilai

$$0.209 = \frac{2.84 \times 10^{-8} \times 118}{A \times 10^{-6}}$$

Mengubah urutan

$$A \times 0.209 = \frac{2.84 \times 10^{-8} \times 118}{10^{-6}}$$

$$A = \frac{2.84 \times 10^{-8} \times 118}{0.209 \times 10^{-6}} = 16 \text{ mm}^2$$

Masuk ke kalkulator

$$2.84 \text{ EXP} - 8 \times 118 \div 0.209 \times \text{EXP} - 6 = 16.03 \text{ mm}^2$$

### Latihan 3.2

Dalam latihan berikut, ambil resistivitas tembaga sebagai  $1,78 \times 10^{-8} \Omega$  dan aluminium sebagai  $2,84 \times 10^{-8} \Omega$  m.

1. Tentukan hambatan kabel tembaga 100 m yang luas penampangnya  $1,5 \text{ mm}^2$ .
2. Hitung hambatan 50 m kabel tembaga  $4 \text{ mm}^2$  pada luas penampang.
3. Tentukan luas penampang kabel tembaga yang panjangnya 90 m dan memiliki hambatan  $0,267 \Omega$ .
4. Tentukan luas penampang kabel tembaga sepanjang 42 m yang dialiri arus 36 A dengan jatuh tegangan 2,69 V.
5. Kawat resistansi tingkat tertentu memiliki resistivitas  $50 \times 10^{-8} \Omega$  m. Temukan panjang kawat ini yang diperlukan untuk membuat elemen pemanas dengan resistansi 54  $\Omega$ . Asumsikan luas penampang kawat adalah  $0,4 \text{ mm}^2$ .
6. Hitung jatuh tegangan yang dihasilkan dalam panjang 75 m kabel tembaga kembar  $16 \text{ mm}^2$  di luas penampang ketika membawa 25 A. Berapa jatuh tegangan jika ukuran kabel aluminium yang sama digunakan?
7. Tentukan hambatan 30 m busbar tembaga 60 mm kali 6 mm.
8. Hitung tebal sebuah busbar aluminium dengan lebar 60 mm dan panjang 12 m yang memiliki hambatan  $0,000946 \Omega$ .
9. Tentukan hambatan 35 m dari kabel tembaga  $1 \text{ mm}^2$ .
10. Hitung jatuh tegangan yang dihasilkan oleh arus 40 A dalam 24 m kabel tembaga tunggal  $10 \text{ mm}^2$ .
11. Tentukan panjang kawat hambatan dengan diameter 1,2 mm yang diperlukan untuk membuat resistor 20  $\Omega$ . (Resistivitas =  $50 \times 10^{-8} \Omega$  m.)
12. Tentukan hambatan 125 m dari kabel aluminium  $50 \text{ mm}^2$ .
13. Sebuah kabel tembaga kembar  $6 \text{ mm}^2$  membawa arus 32 A, dan terjadi jatuh tegangan 4,5 V. Hitung panjang kabel tersebut.
14. Besi terkadang digunakan untuk membuat resistor tugas berat. Resistivitasnya adalah  $12 \times 10^{-8} \Omega$  m. Hitung hambatan sebuah kisi besi, yang panjang efektifnya adalah 3 m dan penampangnya 10 mm kali 6 mm.
15. Hitung diameter busbar aluminium yang panjangnya 24 m dan hambatannya  $0,00139 \Omega$ .
16. DC arus beban sebesar 28 A harus disuplai dari titik yang berjarak 30 m. Tentukan luas penampang yang sesuai untuk kabel tembaga agar jatuh tegangan dapat dibatasi hingga 6 V.

17. Hitung hambatan per 100 m dari ukuran kabel tembaga berikut:

- (a) 1,5 mm<sup>2</sup>
- (b) 6 mm<sup>2</sup>
- (c) 10 mm<sup>2</sup>
- (d) 35 mm<sup>2</sup>
- (e) 50 mm<sup>2</sup>

18. Hambatan 1000 m dari ukuran kabel tertentu diberikan sebagai 0,618 Ω. Temukan dengan metode proporsi hambatan dari (a) 250 m, (b) 180 m, (c) 550 m.

19. Hambatan dari panjang tertentu kabel dengan luas penampang 2,5 mm<sup>2</sup> adalah 5,28 Ω. Temukan dengan metode proporsi hambatan kabel dengan panjang yang sama yang luas penampangnya adalah (a) 10 mm<sup>2</sup>, (b) 25 mm<sup>2</sup>, (c) 1,5 mm<sup>2</sup>.

20. Gambar berikut mengacu pada ukuran kabel tertentu:

Panjang (m)	1000	750	500	250
Resistansi (Ω)	0.4	0.3	0.2	0.1

Buat grafik untuk menunjukkan hubungan antara resistansi dan panjang (panjang horizontal, resistansi vertikal) dari grafik resistansi kabel dengan panjang 380m.

21. Tabel berikut menunjukkan resistansi kabel yang memiliki panjang yang sama tetapi luas penampang yang berbeda:

c.s.a. (mm <sup>2</sup> )	1.0	1.5	2.5	4	10
Resistansi (Ω)	15.8	12.4	8	3.43	2.29

Buatlah grafik untuk menunjukkan hubungan antara hambatan dan luas penampang (luas penampang horizontal, hambatan vertikal). Dari grafik tersebut, tentukan hambatan kabel yang luas penampangnya 6 mm<sup>2</sup>.

22. Hambatan 100 m kabel tembaga 2,5 mm<sup>2</sup> adalah

- (a) 0,712 Ω
- (b) 7,12 Ω
- (c) 1,404 Ω
- (d) 0,0712 Ω

23. Hambatan 15 m batang aluminium 60 mm kali 7,5 mm pada penampang adalah

- (a) 0,0946 Ω
- (b)  $9,46 \times 10^{-3} \Omega$
- (c)  $9,46 \times 10^{-4} \Omega$
- (d)  $1,58 \times 10^{-2} \Omega$

24. Sebuah shunt untuk amperemeter harus memiliki hambatan 0,002 Ω . Jika terbuat dari strip tembaga dengan panjang 100 mm, luas penampang strip adalah:

- (a) 0,89 mm<sup>2</sup>
- (b) 8,9 mm<sup>2</sup>
- (c) 1,12 mm<sup>2</sup>
- (d) 11,2 mm<sup>2</sup>

## BAB 4 PENURUNAN TEGANGAN

### 4.1 Resistansi konduktor dan penurunan tegangan menggunakan hukum Ohm.

Peraturan nomor 525-01-02 menyatakan bahwa jatuh tegangan maksimum pada setiap rangkaian dari sumber suplai, ke terminal peralatan yang menggunakan arus tidak boleh melebihi 4% dari tegangan suplai. Jika tegangan suplai adalah 230 V, perhitungan untuk menemukan 4% adalah

$$\frac{230 \times 4}{100} = 9.2 \text{ V}$$

Masukkan ke dalam kalkulator  $230 \times 4\% = 9,2$

Oleh karena itu, penurunan tegangan total yang diizinkan adalah 9,2 volt pada suplai 230 volt. Seperti yang dijelaskan dalam bab tentang resistansi seri, akan ada penurunan tegangan pada semua resistansi seri. Sebuah konduktor akan menjadi resistansi secara seri dengan resistansi beban. Penurunan tegangan ini dapat dihitung dengan menggunakan hukum Ohm.

#### Contoh

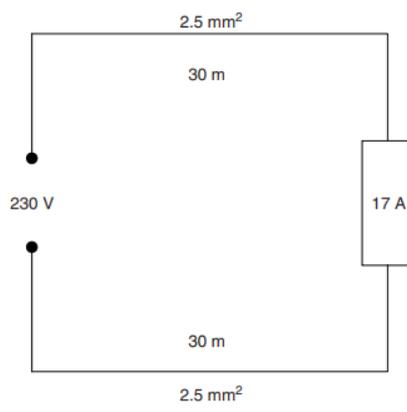
Suatu rangkaian disambungkan menggunakan termoplastik 70 C pada kabel kembar dan pembumian dengan konduktor aktif tembaga 2,5 mm<sup>2</sup> dan konduktor pelindung rangkaian 1,5 mm<sup>2</sup>, panjang rangkaian 30 meter dan akan mengalirkan arus 17 ampere, tegangan suplai 230 volt. Dapat dilihat bahwa konduktor tembaga 2,5 mm<sup>2</sup> memiliki hambatan 7,41 m Ω per meter pada 20 C. Arus yang mengalir dalam suatu rangkaian akan sama dalam fasa dan penghantar netral (lihat Rangkaian dibawah ini). Oleh karena itu resistansi kedua konduktor aktif harus diperhitungkan. Resistansi konduktor fasa adalah 7,41 m Ω/M Resistensi konduktor netral adalah 7,41 m Ω /M

$$7,41 + 7,41 = 14,82$$

Resistansi kabel tembaga kembar 2,5 mm<sup>2</sup> adalah 14,82 m Ω /M,

Resistansi total kabel ini adalah m Ω per meter × panjang.

$$14,82 \times 30 = 444,6 \text{ m } \Omega$$



Nilai ini dalam miliohm dan sekarang harus dikonversi ke ohm:

$$\frac{\text{m}\Omega}{1000} = \text{ohms}$$

$$\frac{444.6}{1000} = 0.444 \Omega$$

Ketika konduktor mengoperasikan rating arus maksimumnya, mereka dapat beroperasi pada 70 C. Hal ini akan mengakibatkan resistansi konduktor meningkat. Peningkatan resistensi ini harus digunakan dalam perhitungan drop tegangan. Untuk menghitung resistansi total kabel pada suhu operasinya. Akan terlihat bahwa pengali 1,2 harus digunakan untuk konduktor dengan nilai 70 C.

Untuk menghitung resistansi total konduktor pembawa arus:

$$\begin{aligned} \Omega \times \text{pengganda} &= \text{hambatan total konduktor pada 70 C} \\ 0,444 \times 1,2 &= 0,533 \Omega \end{aligned}$$

Perhitungan ini dapat dilakukan dalam satu perhitungan tunggal:

$$\frac{\text{M}\Omega \times \text{panjang} \times \text{pengganda}}{1000} = \text{Resistansi total}$$

$$\frac{14.82 \times 30 \times 1.2}{1000} = 0.533$$

Penurunan tegangan sekarang dapat dihitung menggunakan hukum Ohm:

$$I \times R = U$$

$$17 \times 0,533 = 9,06 \text{ volt}$$

Penurunan tegangan ini dapat diterima karena di bawah 9,2 volt.

#### 4.2 Penurunan tegangan menggunakan tabel dari BS 7671

Menggunakan contoh yang sama. Suatu rangkaian disambungkan menggunakan termoplastik 70 C pada kabel kembar dan pembumian dengan konduktor aktif tembaga 2,5 mm<sup>2</sup> dan konduktor pelindung rangkaian 1,5 mm<sup>2</sup>, panjang rangkaian 30 meter dan akan mengalirkan arus 17 ampere, tegangan suplai 230 volt.

Menggunakan salah satu dari tabel ini akan terlihat bahwa jatuh tegangan untuk kabel tembaga 2,5 m<sup>2</sup> adalah 18 mv/A/m milivolt × ampere × jarak dalam meter. (Karena nilainya dalam milivolt, nilainya harus dibagi 1000 untuk diubah menjadi volt.) Penurunan tegangan misalnya rangkaian adalah

$$\frac{18 \times 17 \times 30}{1000} = 9.18$$

Dapat dilihat bahwa jatuh tegangan sedikit lebih tinggi daripada ketika hukum Ohm digunakan dalam perhitungan sebelumnya. Hal ini karena nilai drop volt yang digunakan pada BS 7671 telah dibulatkan untuk memudahkan perhitungan.

## BAB 5

### DAYA PADA DC DAN HAMBATAN MURNI RANGKAIAN AC

#### Metode 1

Daya (watt) = tegangan (volt)×arus (ampere)

$$P = U \times I$$

#### Contoh 1

Arus dalam rangkaian adalah 4,8 A ketika tegangan 240 V. Hitung daya.

$$\begin{aligned} P &= U \times I \\ &= 240 \times 4,8 = 1152 \text{ W} \end{aligned}$$

#### Contoh 2

Hitung arus yang mengalir ketika pemanas 2 kW dihubungkan ke suplai 230 V.

$$\begin{aligned} P &= U \times I \\ 2000 &= 230 \times I \\ I &= \frac{2000}{230} \\ &= 8,7 \text{ A} \end{aligned}$$

#### Contoh 3

Arus pada resistor tertentu adalah 15 A dan daya yang diserap adalah 200 W. Tentukan jatuh tegangan pada resistor.

$$\begin{aligned} P &= U \times I \\ 200 &= U \times 15 \\ U &= \frac{200}{15} \\ &= 13,3 \text{ V} \end{aligned}$$

#### Latihan 5.1

1. Lengkapi tabel berikut:

P (watts)	3000	1600	1000	1000	2350		
I (amperes)	6	150	0.2	4.5			
U (volts)	240	250	240	100	220	460	240

2. Jatuh tegangan pada kabel yang membawa 12,5 A adalah 2,4 V. Hitung daya yang terbuang.
3. A d.c. motor mengambil 9,5 A dari suplai 460 V. Hitung input daya ke motor.

4. Hitung arus yang mengalir ketika masing-masing peralatan berikut disambungkan ke sumber listrik 230 V:
- |                           |                       |
|---------------------------|-----------------------|
| (a) Pemanas imersi 3 kW   | (f) Lampu 60 W        |
| (b) Ketel 1500 W          | (g) lampu 100 W       |
| (c) Setrika listrik 450 W | (h) radiator 2 kW     |
| (d) Mesin cuci 3,5 kW     | (i) Pemanas air 750 W |
| (e) kompor 7 kW           | (j) Lampu 15 W        |
5. Hitung jatuh tegangan pada resistor yang mengalirkan arus 93 A dan menyerap 10 kW.
6. Sebuah kabel membawa arus 35 A dengan drop 5,8 V. Hitung daya yang terbuang pada kabel.
7. Sebuah pemanas diberi nilai 4,5 kW, 240 V Hitung arus yang dibutuhkan dari
- suplai 240 V
  - suplai 220 V.
8. Sebuah resistor starter motor melewati arus sebesar 6,5 A dan menyebabkan jatuh tegangan sebesar 115 V. Tentukan daya yang terbuang pada resistor tersebut.
9. Tentukan nilai arus dari kawat hambatan yang akan cocok untuk melilitkan elemen pemanas 1,5 kW, 250 V.
10. Hitung arus yang diambil oleh empat lampu 750 W yang dihubungkan secara paralel ke sumber listrik 230 V.
11. Sambungan kabel yang rusak menyebabkan penurunan 11,5 V ketika arus sebesar 55 A mengalir. Hitung daya yang terbuang pada sambungan.
12. Dua lampu, masing-masing dengan daya 100 W pada 240 V, dihubungkan secara seri ke suplai 230 V. Hitung arus yang diambil dan daya yang diserap oleh masing-masing lampu.
13. Tentukan nilai arus kabel yang diperlukan untuk memasok pemanas imersi 4 kW dari sumber listrik 230 V.
14. Sebuah generator mengalirkan arus sebesar 28,5 A melalui kabel yang memiliki hambatan total 0,103 . Tegangan pada terminal generator adalah 225 V. Menghitung
- daya yang dihasilkan,
  - daya yang terbuang pada kabel,
  - tegangan pada beban.
15. Hitung nilai hambatan yang jika dihubungkan seri dengan lampu 0,3 W, 2,5 V akan memungkinkannya bekerja dari sumber 6 V.
16. Sebuah motor mengambil arus 15,5 A pada tegangan terminal 455 V. Disuplai melalui kabel dengan hambatan total 0,32 . Menghitung
- tegangan pada ujung suplai,
  - masukan daya ke motor,
  - daya yang terbuang pada kabel.

17. Dua buah kumparan yang mempunyai hambatan 35 dan 40 dihubungkan pada tegangan 100 V d.c. pasokan (a) secara seri, (b) secara paralel. Untuk setiap kasus, hitung daya yang hilang pada setiap kumparan.
18. Dua kabel, yang memiliki hambatan 0,036 dan 0,052 , dihubungkan secara paralel untuk membawa arus total 190 A. Tentukan rugi daya pada masing-masing kabel.
19. Jika rugi daya dalam sebuah resistor adalah 750 W dan arus yang mengalir adalah 18,5 A, hitunglah jatuh tegangan pada resistor tersebut. Tentukan juga nilai resistor seri tambahan yang akan meningkatkan jatuh tegangan menjadi 55 V ketika nilai arus yang sama mengalir. Berapa banyak daya yang sekarang akan terbuang di resistor asli?
20. DC motor mengambil arus 36 A dari sumber listrik agak jauh. Tegangan pada titik suplai adalah 440 V dan kabel memiliki hambatan total 0,167 . Menghitung
  - (a) tegangan pada terminal motor,
  - (b) daya yang diambil oleh motor,
  - (c) daya yang terbuang pada kabel,
  - (d) tegangan pada terminal motor jika arus meningkat menjadi 42 A.
21. Tegangan yang diberikan pada suatu rangkaian adalah 240 V, dan arusnya adalah 3,8 A. Dayanya adalah
  - (a) 632 W (c) 912 W
  - (b) 63,2 W
  - (c) 912 W
  - (d) 0,016 W
22. Daya yang diserap oleh elemen pemanas adalah 590 W pada p.d. dari 235 V. Arusnya adalah
  - (a) 13.865 A
  - (b) 2,51 A
  - (c) 0,34 A
  - (d) 25,1 A
23. Sambungan kabel yang rusak membawa arus 12,5 A, dan jatuh tegangan 7,5 V muncul di sambungan. Daya yang terbuang pada sambungan adalah
  - (a) 1,67 W
  - (b) 0,6 W
  - (c) 93,8 W
  - (d) 60 W
24. Elemen pemanas menyerap daya 2,5 kW dan arusnya 10,5 A. Tegangan yang diberikan adalah
  - (a) 238 V
  - (b) 26,3 V
  - (c) 2,38 V
  - (d) 4,2 V

**Metode 2**

Daya = arus<sup>2</sup> × hambatan

$$P = I^2R$$

**Contoh 1**

Hitung daya yang diserap dalam resistor 8 ketika arus 6A mengalir.

$$\begin{aligned} P &= I^2R \\ &= 6 \times 8 \\ &= 36 \times 8 \\ &= 288 \text{ W} \end{aligned}$$

**Contoh 2**

Arus 12 A melewati sebuah resistor dengan nilai sedemikian sehingga daya yang diserap adalah 50 W. Berapa nilai resistor ini?

$$\begin{aligned} P &= I^2R \\ 50 &= 12^2 \times R \\ \therefore R &= \frac{50}{12 \times 12} \\ &= 0.347 \Omega \end{aligned}$$

**Contoh 3**

Tentukan nilai arus yang bila mengalir pada resistor 400Ω menyebabkan rugi daya sebesar 1600 W.

$$\begin{aligned} P &= I^2R \\ \therefore 1600 &= I^2 \times 400 \\ \therefore I^2 &= \frac{1600}{400} = 4 \\ \therefore I &= \sqrt{4} = 2 \text{ A} \end{aligned}$$

**Latihan 5.2**

1. Lengkapi tabel berikut:

Daya (W)	.....	200	.....	1440	100	2640	100	.....
Arus (I)	10	5	15	.....	4.2	.....	0.42	1.3
Hambatan (Ω)	15	.....	8	10	.....	20	.....	25

2. Arus sebesar 20 A mengalir pada kabel dengan hambatan 0,325Ω. Hitung rugi daya.
3. Tentukan rugi daya pada kabel yang memiliki hambatan 0,14Ω ketika melewati arus 14,5 A.

4. Tentukan nilai arus yang, ketika mengalir dalam resistor  $40 \Omega$ , menghamburkan  $1000 \text{ W}$ .
5. Arus gangguan pembumian sebesar  $38 \text{ A}$  melewati sambungan saluran yang memiliki hambatan  $1,2 \Omega$ . Hitung daya yang hilang pada sambungan.
6. Sebuah lampu  $100 \text{ W}$  melewati arus sebesar  $0,42 \text{ A}$ . Hitung hambatannya.
7. Pada suatu instalasi tertentu panjang total kabel adalah  $90 \text{ m}$  dan hambatan kabel jenis ini adalah  $0,6$  per  $100 \text{ m}$ . Tentukan (a) jatuh tegangan, (b) rugi daya, ketika arus  $11,5 \text{ A}$  mengalir.
8. Sebuah resistor yang digunakan untuk memulai a d.c. motor memiliki nilai  $7,5 \Omega$ . Hitung daya yang terbuang dalam resistor ini ketika arus awal sebesar  $8,4 \text{ A}$  mengalir.
9. Tentukan nilai arus dari kawat resistansi yang akan cocok untuk elemen pemanas  $1000 \text{ W}$  dengan resistansi  $2,5 \Omega$ .
10. Sebuah amperemeter shunt membawa arus  $250 \text{ A}$  dan hambatannya adalah  $0,00095 \Omega$ . Hitung daya yang diserap oleh shunt.
11. Berapakah hambatan elemen listrik-setrika dengan nilai  $450 \text{ W}$  dan yang mengambil arus sebesar  $1,9 \text{ A}$ ?
12. Sambungan dalam kabel memiliki hambatan  $0,045 \Omega$ . Hitung daya yang terbuang pada sambungan ini ketika arus  $37,5 \text{ A}$  mengalir.
13. Hambatan yang diukur antara sikat arus searah. motor adalah  $2,3$ . Hitung rugi daya pada jangkar ketika arus  $13,5 \text{ A}$ .
14. Tentukan nilai dalam watt dari resistor  $1100 \Omega$  yang akan membawa  $15 \text{ mA}$ .
15. Hitung arus maksimum yang akan dibawa oleh resistor  $250 \Omega$  dengan nilai  $160 \text{ W}$ .

### Metode 3

$$\text{Power} = \frac{\text{voltage}^2}{\text{resistance}}$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

### Contoh 1

Hitung daya yang diserap oleh resistor  $40 \Omega$  ketika dihubungkan ke catu daya  $240 \text{ V d.c.}$

$$\begin{aligned} \text{Power absorbed } P &= \frac{U^2}{R} \\ &= \frac{240 \times 240}{40} \\ &= 1440 \text{ W} \end{aligned}$$

### Contoh 2

Tentukan hambatan pemanas yang menyerap  $3 \text{ kW}$  dari suplai  $240 \text{ V d.c.}$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

$$3000 = \frac{240^2}{R}$$

$$\therefore \frac{1}{3000} = \frac{1}{\frac{240^2}{R}}$$

$$\therefore R = \frac{240 \times 240}{3000} = 19.2 \Omega$$

### Contoh 3

Tentukan tegangan yang harus diberikan pada resistor  $9,8 \Omega$  untuk menghasilkan daya 500 W.

$$P = \frac{U^2}{R}$$

$$500 = \frac{U^2}{9.8}$$

$$\therefore U^2 = 9.8 \times 500$$

$$= 4900$$

$$U = \sqrt{4900}$$

$$= 70 \text{ V}$$

### Latihan 5.3

1. Sebuah kumparan kontaktor memiliki hambatan  $800\Omega$ . Hitung daya yang diserap oleh kumparan ini dari suplai 240 V d.c.
2. Sebuah peralatan menghasilkan jatuh tegangan sebesar 180 V dan daya yang diserapnya adalah 240 W. Tentukan hambatannya.
3. Hitung hambatan bola lampu depan mobil 36 W, 12 V.
4. Tentukan tegangan yang akan diberikan pada resistor 6 untuk menghasilkan daya 2400 W.
5. Lengkapi tabel berikut:
 

Daya (W)	100	60	125	1800	36	.....
Tegangan (V)	80	240	250	240	220	3.5
Resistansi ( $\Omega$ )	50	20	75	0.29	4	.....
6. Hitung tegangan maksimum yang dapat diterapkan pada resistor  $45\Omega$  dengan nilai 5W.
7. Tentukan daya yang diserap oleh medan yang menggunakan motor 460 V d.c. Hambatan yang digunakan adalah  $380 \Omega$ .
8. Tentukan hambatan pemanas 230 V, 1 kW.
9. Jatuh tegangan pada kabel dengan hambatan 0,072 adalah 3,5 V. Hitung daya yang terbuang pada kabel.
10. Tentukan hambatan lampu 110 V, 75 W.

11. Item peralatan berikut ini dirancang untuk digunakan pada suplai 240 V. Hitung hambatan masing-masing item.

(a) radiator 2 kW	(f) kompor 7 kW
(b) Pemanas imersi 3 kW	(g) lampu 100 W
(c) Mesin cuci 3,5 kW	(h) 1500 W ketel
(d) pemanggang roti 450 W	(i) Pemanas air 750W
(e) lampu 60 W	(j) Pemanas imersi 4 kW

12. Hitung jatuh tegangan pada resistor  $12,5 \Omega$  ketika menyerap 500 W.

13. Daya yang dihamburkan dalam resistor  $57 \Omega$  adalah 1000 W. Tentukan arusnya.

14. Dua lampu dihubungkan secara seri ke suplai 200 V. Lampu diberi nilai 150 W, 240 V dan 60 W, 240 V. Hitung

(a) arus yang diambil dari suplai

(b) kekuatan total.

15. Dua elemen pemanas 1000 W, 240 V dihubungkan ke suplai 240 V d.c. (a) secara seri (b) secara paralel. Hitung

(a) resistansi gabungan dalam setiap kasus,

(b) daya yang diserap dalam setiap kasus.

16. Kabel hambatan 0,35 dan 0,082 dihubungkan secara paralel dan mereka berbagi beban 100 A. Tentukan arus dan rugi daya masing-masing.

17. Elemen pemanas imersi memiliki resistansi total  $76,8 \Omega$  dan disadap di tengah Hitung daya yang diserap dari suplai 240 V ketika bagian elemen (a) dirangkai (b) secara paralel.

18. Lengkapi tabel berikut dan buat grafik daya (vertikal) terhadap arus (horizontal) Cobalah untuk membuat sumbu grafik sama panjang, dan gabungkan titik-titiknya dengan kurva halus.

Daya (W)	250	360	400	600
Saat ini (A)	0.8	2.5	3.15	4.9
Resistansi ( $\Omega$ )	40	40	40	40

Dari grafik tersebut, nyatakan

(a) berapa daya yang akan dihamburkan dalam resistor 40 oleh arus 3,7 A,

(b) berapa banyak arus yang mengambang ketika daya 770 W?

19. Lengkapi tabel berikut dan buat grafik daya terhadap tegangan Gabungkan titik-titik dengan kurva halus.

Daya (W)	2000	750	420	180
Tegangan (V)	240	200	180	120
Resistansi ( $8 \Omega$ )	19.2	19.5	19.1	19.2

(a) Bacalah grafik tegangan pada saat daya 1500 W.

- (b) Perpanjang grafik dengan hati-hati dan temukan daya dari grafik tersebut ketika tegangannya 250 V.
20. Tegangan yang diberikan ke rangkaian medan motor dapat divariasikan dari 250 V hingga 180 V melalui regulator medan shunt, tegangan yang diberikan.
21. Sebuah kabel dengan hambatan  $0,07 \Omega$  membawa arus yang bervariasi antara 0 dan 90 A. Buat grafik yang menunjukkan rugi daya pada kabel terhadap arus beban.
22. Arus 4,8 A mengalir dalam resistor  $10,5 \Omega$ . Daya yang diserap adalah
- 529,2 W
  - 24 192 W
  - 2420 W
  - 242 W
23. Daya yang dikembangkan dalam resistor 24 adalah 225 W. Arus yang mengambang adalah
- 9,68 A
  - 3,06 A
  - 0,327 A
  - 30,6 A
24. Hambatan lampu 110 V, 100 W adalah
- $1210 \Omega$
  - $0,011 \Omega$
  - $8,26 \Omega$
  - $121 \Omega$
25. Tegangan yang harus diterapkan pada resistor 55 untuk mengembangkan daya 50 watt adalah
- 0,95 V
  - 166 V
  - 52,4 V
  - 1,05 V

### 5.1 Momen Gaya

Sebuah gaya  $F$  newton yang diterapkan pada sudut kanan ke batang panjang  $l$  meter yang diputar di  $P$  (Gambar 30) menghasilkan momen putar  $M$ , di mana

$$M = F \times l \text{ newton meter (Nm)}$$

(Catatan Momen belok ini dihasilkan terlepas dari apakah bilah benar-benar bebas berputar atau tidak.)

#### Contoh 1

Sebuah batang horizontal dengan panjang 0,5 m disusun seperti pada Gambar 30. Hitung gaya yang diperlukan untuk menghasilkan momen sebesar 250 Nm.

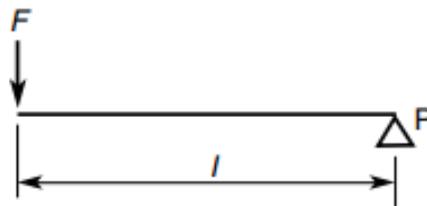
$$M = F \times l$$

$$\therefore 250 \text{ Nm} = F \times 0.5 \text{ m}$$

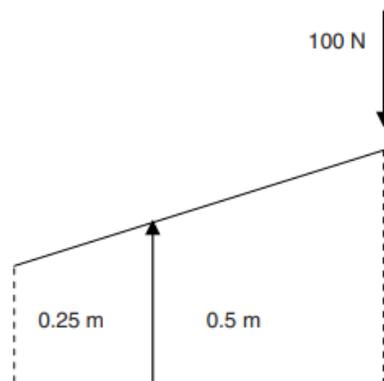
$$\begin{aligned} \therefore F &= \frac{250 \text{ Nm}}{0.5 \text{ m}} \\ &= 500 \text{ N} \end{aligned}$$

### Contoh 2

Sebuah batang horizontal panjangnya 0,75 m diputar pada titik 0,5 m dari satu ujung, dan gaya ke bawah sebesar 100 N diterapkan pada sudut siku-siku ke ujung batang ini. Hitung gaya ke bawah yang harus diterapkan pada sudut kanan ke yang lain akhir untuk mempertahankan batang dalam posisi horizontal. Abaikan berat batang.



**Gambar 5.1** Detail Tentang Gaya



**Gambar 5.2** Prinsip Keseimbangan

Prinsip momen berlaku; yaitu, untuk keseimbangan (lihat Gambar 5.2),  
momen total searah jarum jam = momen total berlawanan arah jarum jam

$$F \times 0.25 = 100 \times 0.5$$

$$\begin{aligned} \therefore F &= \frac{100 \times 0.5}{0.25} \\ &= 200 \text{ N} \end{aligned}$$

(Prinsip tuas adalah dua kali jarak, setengah gaya.)

## 5.2 Rasio Kekuatan

Jika batang pada contoh 2 dianggap sebagai pengungkit, maka usaha sebesar 100 N mampu memberikan gaya sebesar 200 N pada sebuah benda. Gaya F kemudian sebenarnya adalah beban.

Dengan prinsip momen,

$$\text{Beban} \times \text{jarak dari poros} = \text{usaha} \times (\text{jarak dari poros})$$

$$\text{Rasio gaya adalah } \frac{\text{beban}}{\text{usaha}}$$

$$\text{Atau rasio gaya} = \frac{\text{beban}}{\text{usaha}} = \frac{\text{jarak dari usaha ke poros}}{\text{jarak dari beban ke poros}}$$

Dalam kasus Contoh 2

$$\text{Rasio kekuatan} = \frac{0.5 \text{ m}}{0.25} = 2$$

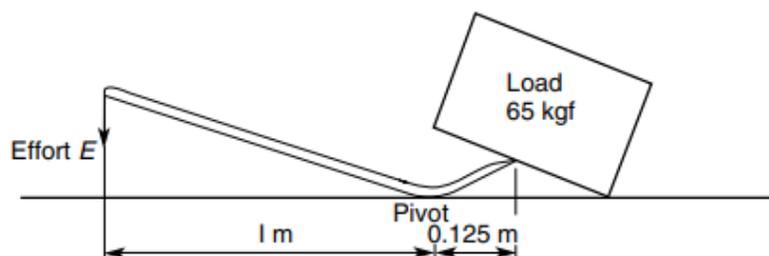
Perhatikan bahwa rasio gaya sering juga disebut sebagai 'keuntungan mekanis'.

## 5.3 Massa, gaya dan berat

Sangat sering beban adalah benda yang harus diangkat ke tingkat yang lebih tinggi melawan gaya gravitasi. Gaya gravitasi yang bekerja pada massa 1 kg adalah 9,81 N. Gaya untuk menaikkan massa 1 kg melawan pengaruh gravitasi adalah 9,81 N, dan ini disebut berat massa 1 kg. Meskipun newton adalah satuan ilmiah yang benar untuk gaya dan berat, untuk keperluan industri dan komersial biasanya dianggap massa 1 kg memiliki berat 1 kilogram gaya (kgf), oleh karena itu

$$1 \text{ kgf} = 9,81 \text{ N}$$

Gaya kilogram adalah satuan berat 'gravitasi' dan sering disingkat menjadi 'kilogram', atau bahkan 'kilo', dalam penggunaan umum.



**Gambar 5.3** Rasio Gaya

**Contoh**

Sebuah linggis disusun seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.3 dan untuk tujuan praktis rumus rasio gaya dapat diterapkan untuk menemukan upaya yang diperlukan untuk menaikkan bebannya sebesar 65 kgf:

$$\frac{\text{beban}}{\text{usaha}} = \frac{\text{jarak dari usaha ke poros}}{\text{jarak dari beban ke poros}}$$

$$\frac{65}{E} = \frac{1\text{m}}{0.125\text{m}}$$

$$\frac{65}{E} = \frac{0.125}{1}$$

$$E = 65 \times 0.125$$

$$= 8.125 \text{ kgf}$$

(atau cukup hanya seperdelapan dari kekuatan)

**Gaya**

Ketika gaya F newton menghasilkan perpindahan benda sebesar s meter searah gaya, usaha yang dilakukan adalah

$$W = F \times s \text{ newton meter atau joule (J)}$$

$$\text{Usaha} = \text{Gaya} \times \text{Jarak}$$

Ini juga merupakan energi yang dikeluarkan untuk memindahkan tubuh.

**Contoh 1**

Sebuah gaya sebesar 200 N diperlukan untuk menggerakkan sebuah benda melalui jarak 3,5 m. Hitung energi yang dikeluarkan.

$$W = F \times s$$

$$= 200 \text{ N} \times 3,5 \text{ m}$$

$$= 700 \text{ Nm atau } 700 \text{ J}$$

**Contoh 2**

Hitung energi yang diperlukan untuk menaikkan massa 5 kg melalui jarak vertikal 12,5 m. Kita telah melihat di atas bahwa gaya yang diperlukan untuk menaikkan massa 1 kg melawan pengaruh gravitasi adalah 9,81 N; jadi, gaya yang diperlukan untuk menaikkan massa 5 kg adalah

$$F = 5 \times 9,81 \text{ N}$$

dan energi yang dibutuhkan adalah

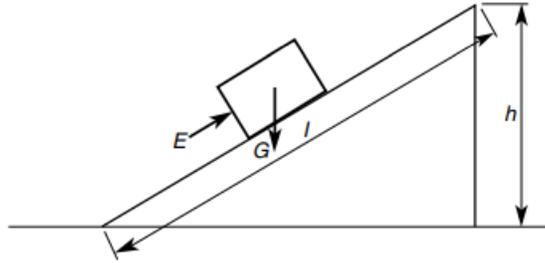
$$L = 5 \times 9,81 \text{ N} \times 12,5 \text{ m}$$

$$= 613 \text{ Nm atau } 613 \text{ J}$$

#### 5.4 Bidang Miring

Gambar 5.5 mengilustrasikan metode menaikkan beban  $G$  melalui jarak vertikal  $h$  dengan memaksanya menaiki bidang miring dengan panjang  $l$  menggunakan upaya  $E$ . Mengabaikan efek gesekan (yang dapat dikurangi dengan menggunakan roller di bawah beban),

energi yang dikeluarkan oleh usaha = (energi yang diserap oleh beban).



**Gambar 5.5** Ilustrasi Bidang Miring

itu adalah,

usaha  $\times$  (jarak melalui mana usaha diberikan)  
 = beban  $\times$  (jarak vertikal melalui mana beban dinaikkan)

$$E \times l = G \times h$$

$$\text{Perbandingan rasio} = \frac{\text{beban}}{\text{usaha}} = \frac{G}{E} = \frac{l}{h}$$

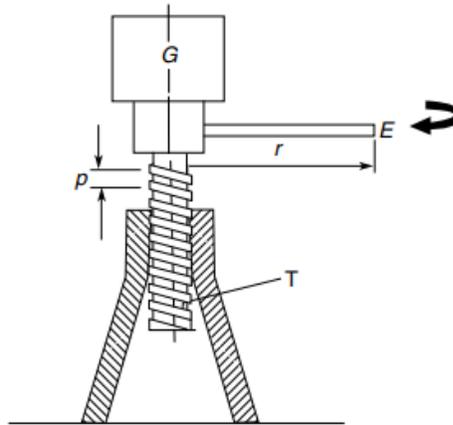
#### Contoh

Sebuah motor dengan berat 100 kgf harus diangkat melalui jarak vertikal 2 m dengan mendorongnya ke atas lereng miring sepanjang 5 m. Dengan mengabaikan efek gesekan, tentukan usaha yang diperlukan.

$$\begin{aligned} \frac{G}{E} &= \frac{l}{h} \\ \frac{100}{E} &= \frac{5}{2} \\ \frac{E}{100} &= \frac{2}{5} \\ E &= 100 \times \frac{2}{5} \\ &= 40 \text{ kgf} \end{aligned}$$

#### 5.5 Sekrup

Susunan yang disederhanakan dari dongkrak pengangkat tipe sekrup ditunjukkan pada penampang melintang pada Gambar 34. Upaya horizontal  $E$  diterapkan pada lengan berjari-jari  $r$  dan ini meningkatkan beban  $G$  oleh aksi ulir sekrup  $T$ .



**Gambar 5.6** Tampilan Sekrup

Jika usaha dilakukan melalui satu putaran penuh, ia bekerja melalui jarak yang sama dengan  $2\pi \times r$  (atau  $\pi \times d^2 \div 4$ ) dan beban naik melalui jarak vertikal yang sama dengan jarak ulir sekrup, yang merupakan jarak antara putaran benang yang berurutan.

Jika  $p$  adalah tinggi ulir, dan mengabaikan gesekan,

(energi yang dikeluarkan oleh usaha)

= (energi yang diserap oleh beban saat naik melalui jarak  $p$ )

$$E \times 2\pi r = G \times p$$

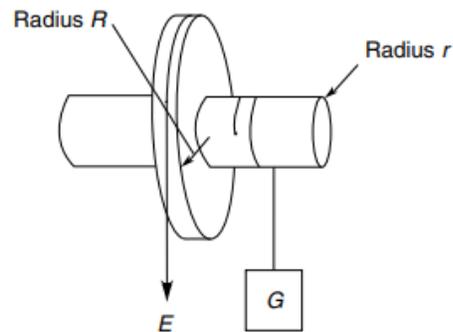
$$= \frac{E \times 2\pi r}{p}$$

perbandingan gaya adalah

$$\frac{\text{beban}}{\text{usaha}} = \frac{G}{E} = \frac{2\pi r}{p}$$

### Contoh

Jika jarak ulir ulir sekrup adalah 1 cm dan panjang jari-jari lengan adalah 0,5 m, tentukan beban yang dapat diangkat dengan menerapkan gaya sebesar 20 kg.



**Gambar 5.7** Ulir Sekrup

$$\begin{aligned}\frac{G}{E} &= \frac{2\pi r}{p} \\ \frac{G}{20} &= \frac{2\pi \cdot 0.5}{1/100} \text{ (conversion from cm to m)} \\ G &= \frac{20 \times 2\pi \times 0.5}{0.01} \\ &= 6283 \text{ kgf}\end{aligned}$$

(ini memberikan keuntungan yang sangat besar tetapi akan sangat lambat)

### 5.6 Prinsip roda dan poros

Gambar 5.7 menunjukkan versi sederhana dari susunan umum yang dengannya beban  $G$  dinaikkan dengan menerapkan usaha  $E$ .

Dengan prinsip momen,

$$E \times R = G \times r$$

$$\text{Perbandingan gaya} = \frac{\text{beban}}{\text{usaha}} = \frac{G}{E} = \frac{R}{r}$$

#### Contoh

Hitung usaha yang diperlukan untuk menaikkan beban sebesar 250 kgf dengan menggunakan susunan yang ditunjukkan pada Gambar 5.7, jika jari-jari roda besar adalah 20 cm dan jari-jari poros adalah 8 cm.

$$\begin{aligned} \frac{G}{E} &= \frac{R}{r} \\ \frac{250}{E} &= \frac{20 \text{ cm}}{8 \text{ cm}} \\ \frac{F}{250} &= \frac{8}{20} \\ E &= 250 \times \frac{8}{20} \\ &= 100 \text{ kgf} \end{aligned}$$

### 5.7 Katrol

Ketika suatu sistem gaya berada dalam kesetimbangan, jumlah semua gaya yang bekerja ke bawah sama dengan jumlah semua gaya yang bekerja ke atas. Gambar 5.8 (a), (b), (c) dan (d) mengilustrasikan berbagai susunan alat angkat (tali jatuh) menaikkan beban G dengan mengerahkan upaya E. Dalam setiap kasus upaya ditransmisikan ke seluruh tali pengangkat, memberikan naik ke peningkatan nilai rasio kekuatan. (Efek gesekan diabaikan.)

#### Contoh

Tentukan beban yang (mengabaikan gesekan) dapat dinaikkan dengan mengerahkan upaya 50 kgf menggunakan masing-masing pengaturan yang diilustrasikan pada Gambar 36.

Untuk (a),

$$\begin{aligned} G &= E \\ &= 50 \text{ kgf} \end{aligned}$$

Untuk (b),

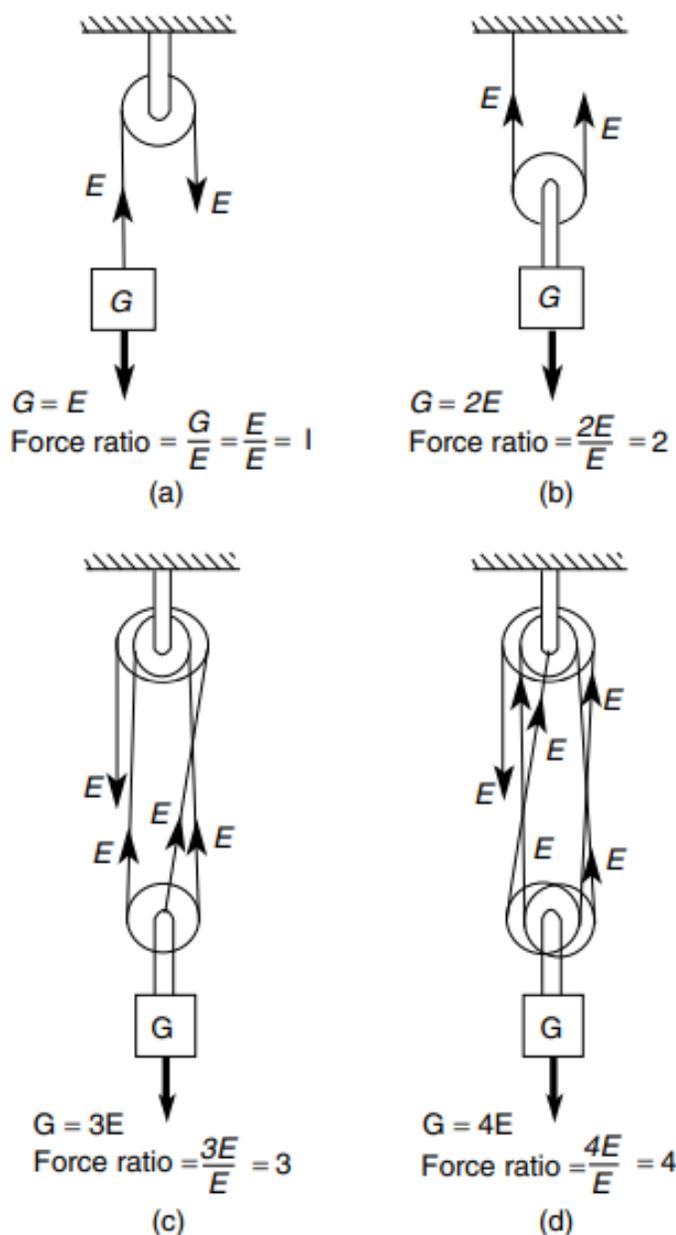
$$\begin{aligned} G &= 2E \\ &= 2 \times 50 \\ &= 100 \text{ kgf} \end{aligned}$$

Untuk (c),

$$\begin{aligned} G &= 3E \\ &= 3 \times 50 \\ &= 150 \text{ kgf} \end{aligned}$$

Untuk (d),

$$\begin{aligned} G &= 4E \\ &= 4 \times 50 \\ &= 200 \text{ kgf} \end{aligned}$$



Gambar 5.8 Katrol

## 5.8 Daya

Daya adalah laju melakukan usaha

Daya =  $\frac{\text{kerja selesai}}{\text{waktu yang dibutuhkan}} = \frac{(\text{gaya} \times \text{jarak})}{\text{waktu dalam detik}}$  atau pekerjaan yang dilakukan dalam 1 s

### Contoh 1

Gaya yang diperlukan untuk menaikkan beban tertentu melalui jarak vertikal 15 m adalah 50 N dan operasi membutuhkan waktu 30 s.

Hitung daya yang dibutuhkan

$$\text{Daya} = \frac{\text{kerja selesai}}{\text{waktu yang dibutuhkan}}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ watt} &= 1 \text{ joule kerja per detik} \\ &= \frac{50 \text{ N} \times 15 \text{ m}}{35 \text{ s}} \\ &= \frac{750 \text{ J}}{35 \text{ s}} \\ &= 21.42 \text{ W} \end{aligned}$$

### Contoh 2

Hitung daya yang diperlukan untuk menaikkan massa 8 kg melalui jarak vertikal 23 m dalam waktu 20 detik. Ubah massa menjadi berat 1 kg = 9,81 N (Ini adalah gaya gravitasi pada 1 kg.)

$$8 \times 9,81 = 78,48 \text{ N}$$

$$\text{Usaha yang dilakukan (J)} = \text{gaya} \times \text{jarak} = 78,48 \times 23 = 1805,04$$

$$\text{Daya} = \frac{1805,04}{20} = 90,25 \text{ W}$$

$$\text{Atau sebagai satu perhitungan} = \frac{8 \times 9,81 \times 23}{20} = 90,25 \text{ watt}$$

### Contoh 3

Hitung daya yang diperlukan untuk menaikkan 0,15 m<sup>3</sup> air per menit melalui jarak vertikal 35 m. (1 liter air memiliki massa 1 kg.) Massa 1 m<sup>3</sup> (1000 ltrs) air adalah 103 kg. Gaya yang diperlukan untuk menaikkan massa air ini adalah

$$F = 0,15 \times 103 \times 9,81 \text{ N}$$

$$\text{Daya yang dibutuhkan} = \frac{(\text{gaya} \times \text{jarak})}{\text{waktu dalam detik}} = \frac{\text{kerja}}{\text{waktu}}$$

sebagai salah satu perhitungan

$$\begin{aligned} \frac{0,15 \times 10^3 \times 9,81 \text{ N} \times 35 \text{ m}}{60 \text{ s}} &= \frac{\text{Nm}}{\text{s}} \text{ or } \frac{\text{J}}{\text{s}} = 85873 \text{ W} \\ &= 85,9 \text{ kW} \end{aligned}$$

Masuk ke kalkulator

$$0,15 \text{ EXP } 3 \times 9,81 \times 35 \text{ } 60 =$$

## 5.9 Efisiensi

Jika pompa yang melakukan operasi contoh terakhir memiliki efisiensi 72%. Daya yang diperlukan untuk menggerakkan pompa adalah

$$P = \frac{85,9 \text{ kW} \times 100}{72} = 119,3 \text{ kW}$$

Masukkan ke dalam kalkulator

$$85.9 \times 100 \div 72 =$$

### Contoh 1

Sebuah d.c. motor memiliki output beban penuh 5 kW. Input ke motor adalah 250 V dan arus 26 A diambil dari suplai.

Hitung efisiensinya.

$$\text{Efisiensi } \eta = \frac{\text{keluaran daya}}{\text{masukan daya}} \times 100$$

Keluaran Daya = 5000 W

Masukan Daya = volt  $\times$  ampere  $250 \times 26 = 6500$

$$\text{Efisiensi} = \frac{5000 \times 100}{6500} = 76,9\%$$

### Contoh 2

Hitung arus yang diambil oleh 10 kW 460 V d.c. motor dengan efisiensi 78%. Daya keluaran = 10 kW untuk perhitungan ini harus dikonversi ke watt, yaitu 10 000 W

Daya masukan akan selalu lebih besar dari daya keluaran.

$$\text{Masukan daya} = \frac{10000 \times 100}{78} = 12820 \text{ W}$$

Untuk menemukan arus yang diambil dari suplai

$$I = \frac{P}{U}$$

$$\frac{12820}{460} = 27.86 \text{ A}$$

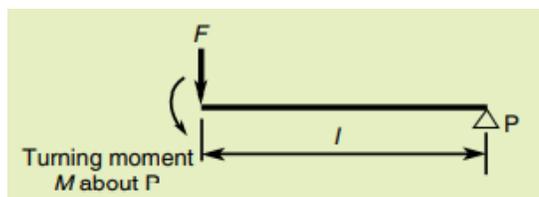
Metode yang lebih sederhana adalah

$$I = \frac{p \times 100}{U \times \%}$$

$$\frac{10000 \times 100}{460 \times 78} = 27.86 \text{ A}$$

### Latihan 12

1. Sebuah gaya sebesar 120 N diberikan pada sudut siku-siku pada ujung sebuah batang yang panjangnya 1,75 m. Hitung momen putar yang dihasilkan sekitar satu titik di ujung lain batang.
2. Hitung gaya yang diperlukan yang bila diterapkan pada sudut siku-siku ke ujung batang yang panjangnya 0,72 m akan menghasilkan momen putar 150 Nm terhadap sebuah titik di ujung yang lain.
3. Lengkapi tabel berikut yang mengacu pada Gambar dibawah ini:



$F$ (newtons)	85	0.25	6.5	
$l$ (metres)	0.35	1.2	0.125	2.75
$M$ (Newton metres)	50	0.15	500	

4. Sebuah batang sepanjang 1,5 m diputar di tengahnya. Sebuah gaya ke bawah sebesar 90N diterapkan pada sudut siku-siku 0,2 m dari salah satu ujungnya. Hitung gaya ke bawah yang harus diterapkan pada sudut kanan ke batang di ujung yang berlawanan untuk mencegahnya berputar. Abaikan berat batang.
5. Sebuah batang sepanjang 0,8 m diputar di pusatnya. Sebuah gaya ke bawah sebesar 150N diterapkan pada sudut kanan ke bar di salah satu ujungnya. Pada jarak berapa dari ujung batang yang berlawanan gaya vertikal ke bawah sebesar 200 N harus diterapkan untuk menciptakan keseimbangan? Abaikan berat batang.
6. Sebuah gaya sebesar 25N digunakan untuk memindahkan sebuah benda melalui jarak 1,5 m. Hitung kerja yang dilakukan.
7. Energi sebesar 250 J tersedia untuk menggerakkan suatu benda yang membutuhkan gaya sebesar 12,5N. Melalui jarak berapakah benda akan bergerak?
8. Hitung energi yang dibutuhkan untuk menaikkan beban 240 kg melalui jarak vertikal 8,5m.
9. Hitung energi yang dibutuhkan untuk menaikkan 2,5 m<sup>3</sup> air dari sumur sedalam 12,5 m.
10. Gaya sebesar 0,15N digunakan untuk menggerakkan sebuah benda sejauh 75 mm dalam waktu 4,5 s. Hitung (a) usaha yang dilakukan, (b) daya.
11. Hitung daya yang diperlukan untuk menaikkan beban 120 kg melalui jarak vertikal 5,5 m dalam 45 s.
12. Lengkapi tabel berikut yang mengacu pada Gambar 5.4

Jarak antara usaha dan poros (m)	1	1.5	1.25	.....	1.8
Jarak antara beban dan poros (m)	0.125	.....	0.15	0.10	0.20
Beban (kgf)	.....	200	.....	390	225
Usaha (kgf)	20	.....	50	65	.....
Kekuatan rasio	.....	5	.....	.....	.....

13. Lengkapi tabel berikut yang mengacu pada Gambar 5.5

Beban yang akan diangkat (kgf)	250	320	420	.....	500
Upaya yang dibutuhkan (kgf)	.....	150	75	80	.....
Tinggi vertikal (m)	3	4	.....	2.4	1.8
Panjang bidang miring (m)	6	.....	5	5.4	4.2

14. Sebuah sekrup seperti yang diilustrasikan pada Gambar 5.6, memiliki ulir pitch 8 mm dan lengan radius dengan panjang 0,5 m. Menentukan
- usaha yang diperlukan untuk menaikkan beban 1000 kgf,
  - beban yang akan dinaikkan oleh upaya 5,5 kgf.
  - Berapa panjang jari-jari lengan yang diperlukan untuk menaikkan beban 2500 kgf dengan menggunakan upaya 7,5 kgf?
15. Lengkapi tabel berikut, yang mengacu pada roda dan gandar yang diilustrasikan pada Gambar 57

Jari-jari roda R (cm)	25	16	17.5	30
Jari-jari poros r (cm)	8	6.5	6	8.5
Beban G (kgf)	200		255	150
Upaya E (kgf)		75	76.5	72.9

16. Beban sebesar 275 kgf harus diangkat dengan menggunakan tali jatuh seperti yang diilustrasikan pada Gambar 36, halaman 71. Tentukan usaha yang diperlukan dengan menggunakan masing-masing pengaturan (b), (c), dan (d). (Abaikan gesekan.)
17. Upaya 85 kgf diterapkan pada masing-masing pengaturan pada Gambar 36(b), (c), dan (d), halaman 71. Dengan mengabaikan gesekan, tentukan beban yang dapat diangkat dalam setiap kasus.
18. Sebuah unit motor dan roda gigi dengan berat 450 kgf harus diangkat melalui jarak vertikal 2,5 m. Diusulkan untuk menggunakan bidang miring sepanjang 4 meter dan satu set tali jatuh seperti pada Gambar 36(d). Mengabaikan gesekan, tentukan usaha yang diperlukan.
19. Sebuah pompa menaikkan 0,15 m<sup>3</sup> air per menit dari sumur sedalam 7,5 m. Menghitung
- daya keluaran pompa;
  - daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan pompa, dengan asumsi efisiensi 75%;
  - energi yang disuplai ke pompa dalam satu jam.

20. Sebuah tes pada d.c. motor menghasilkan hasil sebagai berikut:

Masukan	240 V	Keluaran 3200 W
	15A.	

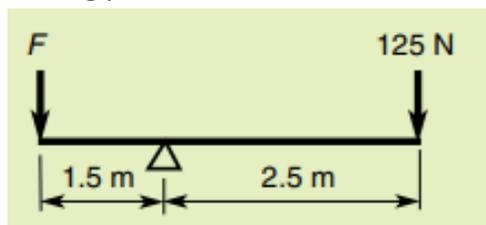
Hitung efisiensinya.

21. Hitung arus beban penuh dari d.c. motor yang merujuk pada hal-hal berikut:

	<i>Pasokan emf</i>	<i>Daya keluaran</i>	<i>Efisiensi</i>
	(V)	(kW)	(%)
(a)	240	1	68
(b)	480	15	82

(c)	200	2	74
(d)	250	4	75
(e)	220	10	78

22. Sebuah pompa yang menaikkan 0,12 m<sup>3</sup> air per menit melalui jarak vertikal 8,5 m digerakkan oleh 240 V d.c. motor. Asumsikan bahwa efisiensi pompa adalah 72% dan efisiensi motor adalah 78%, hitunglah arus yang diambil oleh motor tersebut.
23. Satu set motor generator yang digunakan untuk mengisi baterai menghasilkan 24 A pada 50 V. Motor beroperasi dari suplai 220 V dan efisiensinya adalah 70%. Generator ini 68% efisien. Hitung biaya menjalankan set per jam pada beban penuh jika biaya energi listrik 4,79 p per unit.
24. Satu set pompa mengalirkan 0,6 m<sup>3</sup> air per menit dari sumur sedalam 5 m. Efisiensi pompa 62%, motor 74%, dan tegangan terminal 234 V. Hitung
- arus motor;
  - biaya pemompaan 100 m<sup>3</sup> air dengan energi sebesar 5,18 p per unit;
  - luas penampang kabel tembaga yang akan mensuplai set dari titik 50 m dengan drop tegangan tidak lebih dari 6 V. (Resistivitas tembaga adalah  $1,78 \times 10^{-8}$  m.)
25. Sebuah d.c. motor pada 460 V diperlukan untuk menggerakkan kerekan. Beban yang akan diangkat adalah 4000 kg dengan kecepatan 0,2 m/s. Hitung daya minimum motor yang diperlukan untuk melakukan pekerjaan ini dan juga arus yang dibutuhkan, dengan asumsi efisiensi masing-masing roda gigi kerekan dan motor adalah 85% dan 70%. Sebutkan jenis motor yang akan digunakan, dan berikan alasan pemilihannya.
26. Sebuah panjang 50 m kabel dua inti dengan penampang 70 mm<sup>2</sup> memasok 240 V, 30 kW d.c. motor bekerja pada beban penuh pada efisiensi 85%.
- Hitung jatuh tegangan pada kabel.
  - Langkah apa yang akan Anda ambil untuk mengurangi jatuh tegangan hingga setengah dari nilai di atas, dengan beban yang sama?
- Resistivitas tembaga dapat diambil sebagai  $1,78 \times 10^{-8}$  m.
27. Sebuah konveyor bergerak 400 kg ke atas melalui jarak vertikal 14 m dalam waktu 50 s. Efisiensi roda gigi adalah 38%. Hitung daya keluaran motor penggerak. Motor ini 78% efisien. Hitung arus yang dibutuhkan dari 250 V d.c. Pasokan.
28. Batang pada Gambar dibawah ini berada dalam kesetimbangan. Gaya F adalah



- 4,8 N
- 2083 N

- (c) 208,3 N
  - (d) 75 N
29. Sebuah mesin dengan berat 150 kgf diangkat melalui jarak vertikal 1,5 m dengan memaksanya menaiki jalan miring yang panjangnya 2,5 m. Mengabaikan gesekan, usaha yang diperlukan adalah
- (a) 37,5 kgf
  - (b) 90 kgf
  - (c) 250 kgf
  - (d) 562,5 kgf
30. Dengan mengacu pada Gambar 5.7, jika jari-jari roda besar adalah 25 cm dan jari-jari poros adalah 8,5 cm, beban yang dapat diangkat dengan mengerahkan upaya 95 kgf adalah
- (a) 2794 kgf
  - (b) 279 kgf
  - (c) 32,3 kgf
  - (d) 323 kgf

## BAB 6

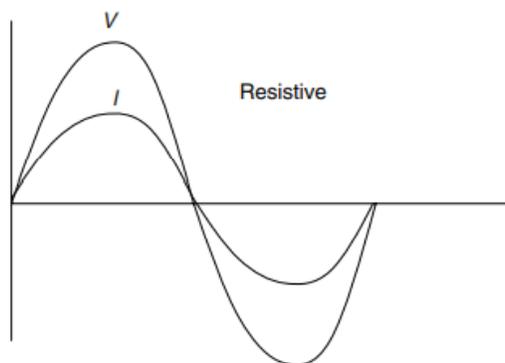
### FAKTOR DAYA

#### 6.1 kVA, kVA<sub>r</sub> dan kW

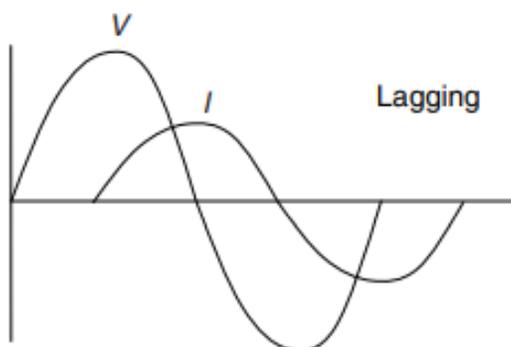
Dalam a.c. resistif murni. rangkaian, daya yang ditarik dari suplai umumnya sama dengan energi yang dihasilkan pada beban. Misalnya, api listrik 1 kW akan menarik daya 1 kW dari suplai dan menghasilkan panas 1 kW dari api. Hal ini karena arus dan tegangan berada dalam fase satu sama lain (bekerja sama) (Gambar 6.1). Jika kita memasukkan induktansi (efek magnetik) ke dalam rangkaian, seperti yang kita lakukan pada motor listrik, tegangan dan arus akan keluar fase satu sama lain, karena induktansi akan menahan arus.

Ini akan dikenal sebagai 'sirkuit tertinggal'.

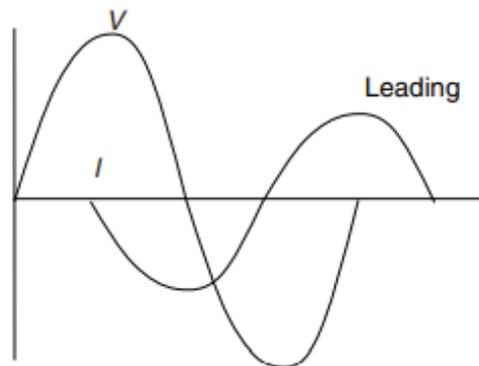
Jika kita memperkenalkan kapasitansi (efek elektrostatik) ke dalam rangkaian, tegangan dan arus akan keluar dari fase, itu akan memiliki efek yang berlawanan dengan induktansi dan tegangan akan ditahan. Ini akan dikenal sebagai 'sirkuit utama' (Gambar 9.2 dan 9.3). Ini terjadi karena induktansi atau kapasitansi memperkenalkan reaktansi ke dalam rangkaian. Ini disebut sebagai kVA<sub>r</sub> (volt ampere reaktif).



**Gambar 9.1** Kurva Resistive



**Gambar 9.2** Kurva Fase Lagging



**Gambar 6.3** Kurfa Fase Leading

Efek reaktansi pada rangkaian adalah bahwa lebih banyak daya yang diambil dari suplai daripada yang dibutuhkan. Ini disebut sebagai kVA (daya masukan). Kita sudah mengetahui bahwa daya keluaran disebut dalam kW (daya keluaran). Faktor daya adalah perbandingan antara kVA dan kW.

$$\frac{kW}{kVA} = pf = \frac{\text{Daya nyata (apa yang kita dapatkan)}}{\text{Daya yang tampak (apa yang kita pikir harus kita dapatkan)}}$$

### Contoh

Motor induksi satu fasa memiliki daya masukan sebesar 12,3 kVA dan daya keluaran sebesar 11 kW. Hitung faktor daya

$$\begin{aligned} pf &= \frac{kW}{kVA} \\ &= \frac{11}{12.3} \\ &= 0.89 \end{aligned}$$

Faktor daya tidak memiliki satuan. Itu hanya angka dan akan selalu kurang dari 1. Rangkaian resistif murni tidak memiliki faktor daya dan dikenal sebagai kesatuan 1.

## BAB 7 TRANSFORMATOR

### 7.1 Perhitungan

Perhitungan transformator dapat dilakukan dengan menggunakan metode rasio atau dengan transposisi. Rumusnya adalah

$$\frac{U_p}{U_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

(koneksi ke suplai selalu dilakukan di sisi primer)

$U_p$  adalah tegangan pada belitan primer;  $I_p$  adalah arus pada belitan sekunder;  $N_p$  adalah jumlah lilitan primer;  $U_s$  adalah tegangan pada belitan sekunder;  $I_s$  adalah arus pada belitan sekunder;  $N_s$  adalah jumlah lilitan sekunder. Trafo step-up adalah salah satu yang memiliki lebih banyak belitan di sisi sekunder daripada di sisi primer dan karena itu meningkatkan tegangan. Transformator step down adalah transformator yang memiliki lebih sedikit belitan pada sisi sekunder daripada pada sisi primer dan oleh karena itu mengurangi tegangan. Jenis transformator dapat ditampilkan sebagai rasio.

(Catatan Kami selalu mengacu pada apa yang terjadi pada tegangan dalam menggunakan istilah step-up dan step-down. Ini karena arus melakukan kebalikannya.)

#### Contoh 1

Sebuah transformator yang memiliki 1000 lilitan primer dan 10.000 lilitan sekunder Perbandingannya ditemukan

$$\frac{N_s}{N_p} = \frac{10\,000}{1000} = 10$$

karena memiliki lebih banyak lilitan sekunder daripada primer, itu harus menjadi transformator step-up dan rasionya ditunjukkan 1:10. Jika transformator memiliki 10.000 lilitan primer dan 1000 lilitan sekunder, perhitungannya akan sama. Namun, karena memiliki lilitan sekunder yang lebih sedikit daripada lilitan primer, transformator ini merupakan transformator step-down dan akan ditunjukkan memiliki rasio 10:1 (Perhatikan rasio: primer pertama: sekunder terakhir).

#### Contoh 2

Sebuah transformator memiliki 27.000 lilitan pada lilitan primer dan 900 lilitan pada lilitan sekunder. Jika tegangan 230 V diberikan pada sisi primer, hitung

(a) Rasio transformator

(b) Tegangan sekunder

(a) rasionya adalah

$$\frac{U_p}{U_s} \text{ or } \frac{27\,000}{900} = 30$$

karena lilitan sekunder lebih sedikit dari lilitan primer, maka harus transformator step-down dengan rasio 30:1.

(b) Sebagai transformator step-down dengan rasio 30:1, tegangan sekunder akan menjadi 30 kali lebih kecil dari tegangan primer.

$$\frac{230}{30} = 7.66\text{ V}$$

### Contoh 3

Sebuah transformator memiliki rasio step-up 1:16 memiliki 32.000 lilitan pada belitan sekunder. Menghitung

(a) Jumlah lilitan pada belitan primer

(b) Tegangan sekunder jika 50 V disuplai ke belitan primer

(a)

$$\frac{N_s}{16} = \frac{32\,000}{16} = 2000 \text{ turns}$$

(b) Menggunakan perbandingan  $50 \times 16 = 800$  volt

## 7.2 Arus transformator

Rasio transformator sama untuk arus, meskipun ketika melakukan perhitungan transformator harus diingat:

Jika tegangan dinaikkan, arus diturunkan.

Jika tegangan diturunkan, arus dinaikkan.

$$\frac{U_p}{U_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

Menggunakan nilai dari Contoh 3.

Jika arus yang disuplai dari sisi sekundernya adalah 6 A

$$\frac{50}{800} = \frac{6}{I_p}$$

Menggunakan rasio jika itu adalah transformator tegangan step-up, arus akan turun dengan rasio yang sama. Jika arus sekunder adalah 6 A, arus primer adalah:

$$\text{Rasio arus sekunder} = \text{arus primer} \times 16 = 96 \text{ A}$$

Jika transposisi digunakan:

$I_p$  harus berdiri sendiri di baris paling atas

$$\frac{50}{800} = \frac{6}{I_p}$$

$$\text{Langkah 1 : } 50 = \frac{6 \times 800}{I_p}$$

$$\text{Langkah 2 : } \frac{6 \times 800}{50 I_p}$$

$$\text{Langkah 3 : } I_p = \frac{6 \times 800}{50} = 96 \text{ A}$$

## BAB 8

### EFEK ELEKTROMAGNETIK

#### 8.1 Fluks Magnetik Dan Kerapatan Fluks

Satuan fluks magnet adalah weber (Wb). Medan magnet bernilai 1 Wb jika sebuah penghantar yang bergerak melaluinya dalam satu detik memiliki emf dari 1 volt diinduksi di dalamnya.

Unit nyaman yang digunakan adalah milliweber (mWb)

$$1 \text{ Wb} = 10^3 \text{ mWb}$$

dan microweber ( $\mu\text{Wb}$ )

$$1 \text{ Wb} = 10^6 \mu\text{Wb}$$

Simbol fluks magnet adalah  $\Phi$ .

Kepadatan fluks dalam tesla (simbol B) dihitung dengan membagi total fluks dengan c.s.a. dari medan magnet.

$$B = \frac{\Psi}{A}$$

$\Phi$  adalah fluks magnet total (Wb); A adalah c.s.a. medan magnet ( $\text{m}^2$ ); B adalah kerapatan fluks ( $\text{Wb}/\text{m}^2$  atau tesla T).

#### Contoh 1

Fluks total dalam celah udara instrumen adalah 0,15 mWb dan c.s.a. celahnya adalah 500  $\text{m}^2$ . Hitung kerapatan fluks (tesla)  $\Phi$  dalam perhitungannya ada di weber, kita harus mengubah milliweber menjadi weber dengan cara dibagi 1000 atau dikalikan ( $10^{-3}$ ) A adalah c.s.a. lapangan dalam  $\text{m}^2$ . Kita harus mengubah  $\text{mm}^2$  menjadi  $\text{m}^2$ , karena ada satu juta  $\text{mm}^2$  dalam 1  $\text{m}^2$  kita harus membaginya dengan 1 000 000 atau dikalikan dengan ( $10^{-6}$ ).

Ini dapat dilakukan paling sederhana dalam satu perhitungan:

$$B = \frac{\Phi}{A}$$

$$\frac{0.15}{1000 \times 500 \times 10^{-6}} = 0.3$$

jawab di tesla's

Masuk ke kalkulator (perhatikan penggunaan tanda kurung)

$$0,15 \div (1000 \times 500 \text{ EXP} - 6) =$$

**Contoh 2**

Celah udara dalam kontaktor adalah  $15 \text{ mm}^2$ , kerapatan fluks adalah 1,2 T. Hitung fluks total.

$$\text{Luas total} = 15 \times 15 = 225 \text{ mm}^2$$

Ini membutuhkan transposisi sederhana

$$B = \frac{\Phi}{A}$$

atau

$$1.2 = \frac{\Phi}{225 \times 10^{-6}}$$

ketika dialihkan:

$$225 \times 10^{-6} \times 1.2 = \Phi$$

( $2,7^{-04}$  weber atau 0,00027 weber yaitu 0,27 mW)

**8.2 Gaya pada konduktor dalam medan magnet**

Ketika konduktor pembawa arus ditempatkan pada sudut kanan ke medan magnet, gaya dapat dihitung dengan:

$$F = BIl$$

(Perhatikan bahwa setiap huruf memiliki tanda perkalian antara huruf tersebut dan huruf berikutnya.) Dimana F adalah gaya dalam newton (N), B adalah kerapatan fluks (T), l adalah panjang konduktor efektif (m) dan I adalah arus (A).

**Contoh 1**

Sebuah konduktor dengan panjang 300 mm ditempatkan di dalam dan tegak lurus terhadap medan magnet dengan kerapatan fluks 0,5 tesla. Hitung gaya yang bekerja pada konduktor ketika arus 36 A melewatinya.

$$F = B \times l \times I$$

$$F = 0,5 \times 0,3 \times 36 \text{ (perhatikan konversi mm ke m)} = 5,4 \text{ N}$$

**Contoh 2**

Sebuah konduktor sepanjang 200 mm ditempatkan di dalam dan tegak lurus medan magnet dengan kerapatan fluks 0,35 tesla. Hitung arus yang dibutuhkan dalam konduktor untuk menciptakan gaya 5N pada konduktor.

$$F = B \times l \times I$$

$$5 = 0.35 \times l \times 0.2$$

Transpos untuk I

$$I = \frac{5}{(0.35 \times 0.2)} = 71.42 \text{ A}$$

(perhatikan penggunaan tanda kurung)

Masuk ke kalkulator

$$5 \div (0,35 \times 0,2) =$$

### 8.3 Induksi e.m.f.

Ketika sebuah konduktor digerakkan melalui medan magnet tegak lurus terhadapnya, sebuah ggl. diinduksi dalam konduktor.

$$e = Blv \text{ volt}$$

di mana B adalah kerapatan fluks (T), l adalah panjang konduktor dalam medan magnet (m), v adalah kecepatan konduktor (meter per detik, m/s).

#### Contoh 1

Hitung ggl induksi dalam sebuah konduktor dengan panjang efektif 0,25 m yang bergerak tegak lurus, dengan kecepatan 5 m/s, melalui medan magnet dengan kerapatan fluks 1,6 tesla.

$$e = B \times l \times v$$

$$e = 1,6 \times 0,25 \times 5 = 2 \text{ volt}$$

#### Contoh 2

e.m.f. dalam konduktor dengan panjang efektif 0,25 m yang bergerak tegak lurus melalui medan magnet dengan kecepatan 5 m/s adalah 1,375 V. Hitung kerapatan fluks magnet.

$$E = Blv$$

(Catatan E adalah volt dalam persamaan ini bukan V)

$$1,375 = B \times 0,25 \times 5$$

Mengubah urutan

$$B = \frac{1.375}{0.25 \times 5} = 1.1 \text{ T}$$

## BAB 9 INDUKTANSI DIRI

Jika induktansi diri dari sistem magnetik adalah L henrys dan arus berubah dari I1 pada waktu t1 menjadi I2 pada waktu t2, ggl induksi. adalah

$$e = L \times \text{laju perubahan arus}$$

$$= L \times \frac{I_2 - I_1}{t_2 - t_1} \text{volts}$$

dimana arus dalam ampere dan waktu dalam detik.

### Contoh 1

Sebuah kumparan memiliki induktansi diri 3H, dan arus yang melaluinya berubah dari 0,5 A menjadi 0,1 A dalam 0,01 s. Hitung e.m.f. diinduksi.

$$e = L \times \text{laju perubahan arus}$$

$$= 3 \times \frac{0.5 - 0.1}{0.01}$$

$$= 120V$$

Induktansi diri dari rangkaian magnetik diberikan oleh

Induktansi diri =  $\frac{\text{perubahan dalam hubungan fluks}}{\text{perubahan arus yang sesuai}}$

$$L = N \times \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{I_2 - I_1} \text{henrys}$$

di mana N adalah jumlah lilitan pada kumparan magnetisasi dan  $\Phi_2, I_2; \Phi_1, I_1$  adalah nilai fluks dan arus yang sesuai.

### Contoh 2

Empat kumparan medan dari sebuah d.c. mesin masing-masing memiliki 1250 putaran dan dihubungkan secara seri. Perubahan fluks yang dihasilkan oleh perubahan arus sebesar 0,25 A adalah 0,0035 Wb.

Hitung induktansi diri sistem.

$$L = N \times \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{I_2 - I_1}$$

$$= 4 \times 1250 \times \frac{0.0035}{0.25}$$

$$= 70H$$

### 9.1 Induktansi Timbal Balik

Jika dua kumparan A dan B memiliki induktansi bersama  $M$  henrys, ggl. pada kumparan A akibat perubahan arus pada kumparan B adalah

$$e_A = M \times \text{laju perubahan arus pada kumparan B}$$

Jadi, jika arus dalam kumparan B memiliki nilai  $I_1$  dan  $I_2$  pada saat  $t_1$  dan  $t_2$ ,

$$e = M \times \frac{I_2 - I_1}{t_2 - t_1} \text{ volts}$$

#### Contoh 1

Dua kumparan memiliki induktansi timbal balik 3H. Jika arus yang melalui satu kumparan berubah dari 0,1 A menjadi 0,4 A dalam waktu 0,15 s, hitunglah e.m.f. diinduksi pada kumparan lainnya.

$$\begin{aligned} e &= 3 \times \frac{0.4 - 0.1}{0.15} (t_2 - t_1 = 0.15) \\ &= 6 \text{ V} \end{aligned}$$

Induktansi timbal balik antara dua kumparan diberikan oleh

$$M = N_A \times \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{I_{B1} - I_{B2}} \text{ henrys}$$

di mana  $N_A$  adalah jumlah lilitan pada kumparan A dan 2 dan 1 adalah nilai fluks yang menghubungkan kumparan A karena dua nilai arus dalam kumparan B,  $I_{B2}$  dan  $I_{B1}$ , masing-masing.

#### Contoh 2

Gulungan sekunder transformator memiliki 200 lilitan. Ketika arus primer adalah 1A, fluks totalnya adalah 0,05 Wb, dan ketika arusnya 2 A, fluks totalnya adalah 0,095 Wb. Dengan asumsi bahwa semua fluks menghubungkan kedua belitan, hitung induktansi timbal balik antara primer dan sekunder.

$$\begin{aligned} M &= N_A \times \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{I_{B1} - I_{B2}} \\ &= 200 \times \frac{0.095 - 0.05}{2 - 1} \\ &= 9 \text{ H} \end{aligned}$$

#### Latihan 13

1. Konversi (a) 0,001 25 Wb ke miliweber, (b) 795 000 Wb ke weber.
2. Lengkapi tabel berikut:

Wb	0.025	.....	.....	0.74
mWb	.....	35	.....	.....
$\mu$ Wb	.....	.....	59 500	850 000

3. Kerapatan fluks dalam celah udara dengan luas penampang  $0,0625 \text{ m}^2$  adalah I.I.T. Hitung fluks totalnya.
4. Tentukan kerapatan fluks dalam celah udara  $120 \text{ mm}$  kali  $80 \text{ mm}$  jika total fluks adalah  $7,68 \text{ mWb}$ .
5. Celah udara berbentuk lingkaran dengan diameter  $40 \text{ mm}$ . Temukan total fluks ketika kerapatan fluks adalah  $0,75 \text{ T}$ .
6. Hitung gaya pada konduktor yang panjangnya  $150 \text{ mm}$  yang terletak tegak lurus terhadap medan magnet dengan kerapatan fluks  $0,85 \text{ T}$  dan dialiri arus  $15 \text{ A}$ .
7. Tentukan kerapatan fluks dalam medan magnet di mana sebuah penghantar dengan panjang  $0,3 \text{ m}$  terletak tegak lurus dan dialiri arus  $15 \text{ A}$  mengalami gaya  $3,5 \text{ N}$ .
8. Lengkapi tabel di bawah ini, yang berhubungan dengan gaya pada konduktor dalam medan magnet:

Kerapatan fluks (T)	0.95	0.296	1.2	0.56	
Panjang konduktor (m)	0.035		0.3	0.071	0.5
Saat ini (A)		4.5		0.5	85
Angkatan (N)	0.05	0.16	12		30

9. Sebuah konduktor dengan panjang  $250 \text{ mm}$  terletak tegak lurus terhadap medan magnet dengan kerapatan fluks  $0,8 \text{ T}$ . Pilih enam nilai arus dari  $0$  hingga  $5 \text{ A}$ , hitung gaya yang dihasilkan dalam setiap kasus, dan buat grafik yang menunjukkan hubungan antara gaya dan saat ini.
10. Jika konduktor dari pertanyaan 9 mengalami gaya konstan  $1,5 \text{ N}$  dengan enam nilai kerapatan fluks mulai dari  $0,5 \text{ T}$  hingga  $1,0 \text{ T}$ , hitung arus yang dibutuhkan dalam setiap kasus dan buat grafik yang menunjukkan hubungan antara arus dan kerapatan fluks .
11. Sebuah konduktor sepanjang  $250 \text{ mm}$  melintasi medan magnet dengan kerapatan fluks  $0,8 \text{ T}$  pada sudut siku-siku. Pilih enam nilai kecepatan dari  $5$  hingga  $10 \text{ m/s}$ . Hitung ggl induksi dalam setiap kasus dan plot grafik emf. melawan kecepatan.
12. Jika konduktor pertanyaan 11 mengalami ggl induksi konstan. dari  $3 \text{ V}$  dengan nilai kerapatan fluks yang bervariasi dari  $0,5 \text{ T}$  hingga  $1,0 \text{ T}$ , pilih enam nilai kerapatan fluks, hitung dalam setiap kasus kecepatan yang dibutuhkan, dan plot grafik kecepatan terhadap kerapatan fluks.
13. Sebuah konduktor dengan panjang efektif  $0,2 \text{ m}$  bergerak melalui medan magnet seragam dengan kerapatan  $0,8 \text{ T}$  dengan kecepatan  $0,5 \text{ m/s}$ . Hitung e.m.f. diinduksi dalam konduktor.
14. Hitung kecepatan yang harus dilalui oleh sebuah konduktor dengan panjang  $0,3 \text{ m}$  tegak lurus melalui medan magnet dengan kerapatan fluks  $0,65 \text{ T}$  agar ggl induksi. harus  $0,5 \text{ V}$ .
15. Hitung e.m.f. diinduksi dalam kumparan  $1200$  putaran ketika fluks yang menghubungkannya berubah dari  $0,03 \text{ Wb}$  menjadi  $0,045 \text{ Wb}$  dalam  $0,1 \text{ s}$ .

16. Fluks magnet pada kumparan 850 lilitan adalah 0,015 Wb. Hitung e.m.f. diinduksi ketika fluks ini dibalik dalam 0,25 detik.
17. Sebuah kumparan memiliki induktansi diri 0,65 H. Hitung ggl. diinduksi dalam kumparan ketika arus yang melaluinya berubah dengan laju 10 A/s.
18. Arus 5 A melalui kumparan tertentu dibalik dalam 0,1 s, dan arus induksi
1. emf adalah 15 V. Hitung induktansi diri kumparan.
19. Sebuah kumparan memiliki 2000 putaran. Ketika arus yang melalui kumparan adalah 0,5 A, fluksnya adalah 0,03 Wb; ketika arus 0,8 A fluks adalah 0,045 Wb. Hitung induktansi diri kumparan.
20. Sebuah kumparan berinti udara memiliki 250 putaran. Fluks yang dihasilkan oleh arus 5 A adalah 0,035 Wb. Hitung induktansi diri kumparan. (Petunjuk: dalam kumparan berinti udara, arus dan fluks magnet berbanding lurus. Ketika tidak ada arus, tidak ada fluks.)
21. Dua kumparan memiliki induktansi timbal balik  $2H$ . Hitung e.m.f. diinduksi dalam satu kumparan ketika arus yang melalui kumparan lainnya berubah dengan laju 25 A/s.
22. Dua kumparan memiliki induktansi bersama 0,15 H. Berapa laju arus yang harus melalui satu perubahan untuk menginduksi ggl. dari 10 V yang lain?
23. Dua kumparan disusun sedemikian rupa sehingga fluks yang sama menghubungkan keduanya. Satu kumparan memiliki 1200 putaran. Ketika arus yang melalui kumparan lainnya adalah 1,5 A, fluksnya adalah 0,045 Wb; ketika arus 2,5 A fluks adalah 0,07 Wb. Hitung induktansi timbal balik antara kumparan.
24. Hitung e.m.f. diinduksi dalam salah satu kumparan pertanyaan 23 jika arus 0,2 A pada kumparan lain dibalik dalam 0,15 s.
25. Fluks magnet total dalam celah udara diberikan sebagai 200 W. Dalam miliweber ini adalah
- (a) 0,2
  - (b) 20
  - (c) 0,02
  - (d) 2
26. Fluks total dalam rangkaian magnet adalah 0,375 mWb dan luas penampang adalah 5 cm<sup>2</sup>. Kerapatan fluks adalah
- (a) 1,333 T
  - (b) 0,075 T
  - (c) 0,75 T
  - (d) 7,5 T
27. Sebuah gaya sebesar 0,16 N dialami oleh sebuah konduktor yang panjangnya 500 mm yang dialiri arus sebesar 0,375 A dan diam tegak lurus terhadap medan magnet yang seragam. Kerapatan fluks magnet adalah
- (a) 0,117 T
  - (b) 0,85 T
  - (c) 8,5 T
  - (d) 0,085 T
28. E.m.f. diinduksi dalam konduktor dengan panjang 0,15 m yang bergerak tegak lurus terhadap medan magnet dengan kecepatan 7,5 m/s adalah 22,5 mV. Kerapatan fluks magnet adalah
- (a) 20 T
  - (b) 25,3 T
  - (c) 0,02 T
  - (d) 0,0253 T
29. Fluks magnet yang menghubungkan sebuah kumparan 150 lilitan berubah dari 0,05 Wb menjadi 0,075 Wb dalam 5 ms. e.m.f. diinduksi adalah

- (a) 750 V                      (b) 0,75 V                      (c) 37,5 V                      (d) 37 500 V
30. Ketika arus yang melalui sebuah kumparan berubah dari 0,15 A menjadi 0,7 A dalam 0,015 s, ggl. diinduksi adalah 100 V. Induktansi diri kumparan adalah
- (a) 367H                      (b) 0,367H                      (c) 2,73 H                      (d) 1,76 H
31. Dua kumparan memiliki induktansi bersama 0,12 H. Arus yang melalui satu kumparan berubah dengan laju 150 A/s. e.m.f. diinduksi di sisi lain adalah
- (a) 1250 V                      (b) 0,0008 V                      (c) 180 V                      (d) 18 V

## BAB 10

### PEMILIHAN KABEL

Ketika arus dilewatkan melalui konduktor, itu menyebabkannya naik suhunya.

#### 10.1 Panas dalam kabel

Saat memasang sirkuit, penting bahwa konduktor pembawa arus dengan ukuran yang benar dipilih untuk membawa arus yang diperlukan tanpa menyebabkan kabel menjadi terlalu panas dan bahwa jatuh tegangan yang disebabkan oleh resistansi kabel tidak lebih besar dari yang diizinkan.

Perhitungan berikut dirancang untuk mengkompensasi kenaikan suhu konduktor.

- Pertama-tama kita harus menghitung arus desain yang harus dibawa oleh rangkaian ( $I_b$ ).
- Perhitungannya adalah

$$\frac{P}{V} = I_b$$

( $I_b$  menjadi arus desain).

- Perangkat pelindung sekarang harus dipilih ( $I_n$ ) ini harus sama dengan atau lebih besar dari  $I_b$ .
- Jika kabel akan dipasang di area di mana kondisi lingkungan tidak memungkinkan kabel menjadi dingin, faktor koreksi akan diperlukan.
- $C_a$  adalah faktor Rating yang akan digunakan di mana suhu di atas atau di bawah 30 derajat C faktor ini dapat ditemukan pada tabel 4B1 lampiran 4 dari BS 7671.
- $C_g$  adalah faktor rating yang akan digunakan dimana kabel dikelompokkan atau dibundel (bersentuhan) dengan kabel lain. Faktor ini dapat ditemukan pada Tabel 4C1, lampiran 4 BS 7671.
- $C_i$  adalah faktor untuk penggunaan di mana konduktor dikelilingi oleh insulasi termal dan dapat ditemukan pada Tabel 52.2 bagian 5 dari BS 7671.
- $C_c$  adalah faktor peringkat untuk jenis gawai proteksi. Sekering rewirable selalu 0,725. Faktor ini harus selalu digunakan ketika sekering yang dapat dipasang kembali melindungi sirkuit. Alasan untuk faktor tersebut akan dijelaskan di akhir bab.
- Faktor-faktor ini harus dikalikan bersama dan kemudian dibagi menjadi  $I_n$ .
- Oleh karena itu perhitungannya adalah

$$\frac{I_n}{C_a \times C_g \times C_i \times C_c}$$

- Daya dukung arus kabel harus sama atau lebih besar dari hasil perhitungan ini.

- Harus diingat bahwa hanya faktor koreksi yang mempengaruhi kabel pada saat yang sama yang harus digunakan.

### Contoh

Sebuah sirkuit harus dipasang menggunakan kabel termoplastik 2,5 mm<sup>2</sup>, kembar 1,5 mm<sup>2</sup> dan bumi 70 °C, panjangnya 32 meter dan dilindungi oleh sekering BS 88. Beban yang akan disuplai adalah tanur 4,2 kW, sirkuit harus dipasang di minitrunking yang berisi satu sirkuit lain pada suhu sekitar 35 C. Penurunan voltase maksimum yang diizinkan adalah 7 V. Suplai adalah sistem TNS dengan Ze 0,7Ω . Hitung kabel minimum yang dapat digunakan. Desain saat ini

$$I_b = \frac{P}{V}$$

$$\frac{4.2 \times 1000}{230} = 18.26 \text{ amperes}$$

Alat pelindung Dalam ( $\geq 18.26$ ), BS 88 terdekat adalah 20 ampere. Dalam contoh, kabel dipasang di trunking plastik. Dari BS 7671 Tabel 4A2 Metode instalasi, nomor 8, metode 3 cocok dengan contoh. Kabel dipasang di trunking yang akan berisi satu sirkuit lainnya. Faktor koreksi untuk pengelompokan ( $C_g$ ) diperlukan dari BS 7671 Tabel 4C1. Dapat dilihat bahwa untuk dua sirkuit dalam satu selungkup harus digunakan faktor 0,8. Suhu lingkungan adalah 35 C. Faktor koreksi untuk suhu lingkungan ( $C_a$ ) dari Tabel 4B1 harus digunakan. Kabel termoplastik pada 35 C faktor 0,94. Dengan menggunakan faktor-faktor ini, sekarang dimungkinkan untuk menghitung konduktor ukuran minimum yang diperlukan untuk rangkaian ini.

$$I_t \geq \frac{I_n}{C_a \times C_g}$$

$$I_t \geq \frac{20}{0.8 \times 0.94} = 26.59$$

Metode kalkulator

$$20 \div (0.8 \times 0.94) = 26.59$$

Ini adalah nilai minimum arus yang harus dapat dibawa kabel agar dapat dipasang dalam kondisi lingkungan yang mempengaruhi kabel. Dari Tabel 4D2A kolom 1 dan 4 dapat dilihat bahwa kabel 4 mm<sup>2</sup> memiliki  $I_t$  (daya dukung arus) sebesar 30 ampere. Kabel dengan konduktor aktif 4 mm<sup>2</sup> akan mengalirkan arus dalam kondisi ini tanpa panas berlebih, tetapi apakah kabel tersebut memenuhi persyaratan penurunan tegangan? Dari Tabel 4D2B kolom 1 dan 3, terlihat bahwa kabel 4 mm<sup>2</sup> memiliki drop tegangan sebesar 11 (mV/A/m) atau milivolt  $\times$  arus beban  $\times$  panjang rangkaian. Karena nilainya dalam milivolt, maka harus diubah menjadi volt dengan membaginya dengan 1000. Panjang rangkaian 32 meter dan arus beban 18,26 ampere.

Perhitungan

$$\frac{mV/A/m \times I \times L}{1000} = \frac{11 \times 18.26 \times 32}{1000} = 6.42 \text{ V}$$

Jatuh tegangan pada kabel ini akan menjadi 6,42 V yang dapat diterima karena maksimum yang diizinkan untuk rangkaian adalah 7 V. Perhitungan yang telah dilakukan hingga saat ini adalah memilih kabel untuk memenuhi persyaratan jatuh tegangan dan arus. untuk sirkuit. Ini hanya bagian dari perhitungan. Sekarang penting bahwa perhitungan dilakukan untuk membuktikan bahwa gawai proteksi akan beroperasi dalam waktu yang diperlukan jika gangguan pembumian terjadi pada sirkuit. Peringkat sirkuit kurang dari 32A, oleh karena itu waktu pemutusan maksimum tidak boleh melebihi 0,4 detik (peraturan 411.3.2.2). Resistansi kabel sekarang harus dihitung: Kabel arde dan kembar 4 mm<sup>2</sup> akan memiliki konduktor pelindung sirkuit (CPC) 1,5 mm<sup>2</sup>. Dari Tabel 9A pada Panduan di Lokasi, dapat dilihat bahwa kabel ini akan memiliki hambatan 16,71 miliohm per meter pada 20 C. Karena kabel dapat beroperasi pada 70 C, pengganda dari Tabel 9C dalam Panduan di Lokasi harus digunakan untuk menyesuaikan nilai resistansi dari 20 C hingga 70 C.

Perhitungan

$M\Omega \times \text{panjang} \times \text{pengganda} \div 1000$  (untuk mengkonversi ke ohm)

$$\frac{16.71 \times 32 \times 1.2}{1000} = 0.64 \text{ ohms}$$

Hambatan kabel pada suhu operasi 70 C adalah 0,64  $\Omega$ .

$Z_s$  (impedansi loop bumi) sekarang harus dihitung.

$$Z_s = Z_e + (r_1 + r_2)$$

Dari informasi yang diberikan dalam contoh,  $Z_e$  (impedansi loop bumi eksternal) adalah 0,7 . Karena itu,

$$Z_s = 0,7 + 0,64$$

$$Z_s = 1,34$$

Nilai ini sekarang harus diperiksa terhadap nilai  $Z_s$  maksimum yang diizinkan. Ini ada di BS 7671 Tabel 41.2 untuk pemutusan 5 detik. Dapat dilihat bahwa  $Z_s$  maksimum untuk sekering 20 A BS 88 adalah 1,77  $\Omega$  . Karena sirkuit memiliki  $Z_s$  yang dihitung dari 1,34  $\Omega$  itu akan memuaskan.

#### Latihan 14

1. Angka jatuh tegangan untuk kabel yang diberikan adalah 44 mV/A/m. Hitung jatuh tegangan pada kabel ini sepanjang 15 m ketika membawa beban 6 A.

2. Arus desain sirkit yang dilindungi oleh sekering BS 1361 adalah 28 A, faktor koreksi pengelompokan adalah 0,8, dan faktor koreksi suhu sekitar adalah 1,04. Hitung daya dukung arus minimum dari kabel.
3. Sirkuit dilindungi oleh pemutus sirkuit BS 3871 dengan nilai 30 A. Faktor koreksi pengelompokan adalah 0,54 dan faktor koreksi suhu sekitar adalah 0,94. Hitung kapasitas arus minimum kabel.
4. Hitung efek pada nilai arus kabel minimum yang diperlukan dalam pertanyaan 3 jika pemutus sirkuit diganti dengan sekering semi-tertutup BS 3036.
5. Sebuah kabel dengan angka drop tegangan 6,4 mV/A/m mensuplai arus sebesar 24 A ke titik 18 m dari sumber suplai 230 V. Tentukan (a) penurunan tegangan pada kabel dan (b) tegangan aktual pada titik beban.
6. Ada batasan jatuh tegangan sebesar 5 V untuk rangkaian kabel dalam kabel kembar dan kabel bumi berinsulasi pvc (terpotong langsung), yang memiliki panjang run 35 m. Permintaan saat ini dinilai sebagai 36 A. Perlindungan adalah dengan sekering BS 1361. Tetapkan
  - (a) peringkat sekering,
  - (b) nilai mV/A/m maksimum,
  - (c) luas penampang kabel minimum.

## 10.2 Waktu pemutusan untuk sekering

Persyaratan BS 7671 memberikan waktu pemutusan maksimum untuk sirkit pada kondisi gangguan pembumian. Waktu pemutusan maksimum untuk sirkit yang memiliki nilai arus hingga dan termasuk 32 ampere adalah 0,4 detik jika sistem suplai adalah sistem TN atau 0,2 detik jika sistem suplai adalah TT (peraturan 411.3.2.2). Tabel 41.2 dan 41.3 memberikan nilai impedansi loop gangguan tanah maksimum yang diizinkan  $Z_s$  untuk mencapai waktu pemutusan ini. Waktu pemutusan maksimum untuk sirkit distribusi adalah 5 detik untuk sirkit pada suplai TN (peraturan 411.3.2.3) dan 1 detik untuk sirkit distribusi pada suplai TT (peraturan 411.3.2.4). Tabel 41.3 dan 41.5 memberikan nilai impedansi loop gangguan pembumian maksimum yang diizinkan  $Z_s$  untuk sirkit ini.

### Contoh

Sirkuit 30A yang dilindungi oleh sekering BS 3036 memberi makan peralatan stasioner, jika tabel 41.2 dikonsultasikan, ini menyatakan bahwa nilai maksimum  $Z_s$  untuk sekering 30A BS 3036 tidak boleh melebihi 1,09 . Waktu pemutusan maksimum untuk sirkit outlet soket 230V dan sirkit akhir 230V lainnya yang diberi peringkat 32A tidak boleh melebihi 0,4 detik kecuali disuplai oleh sistem TT. Waktu pemutusan kemudian akan menjadi 0,2 detik (pada sistem TT waktu pemutusan akan dicapai dengan menggunakan RCD). Jika sirkit distribusi dilindungi oleh sekering 30A BS 3036.

### 10.3 Waktu pemutusan untuk pemutus sirkit

Ketika pemutus sirkit digunakan, penting bahwa nilai  $Z_s$  maksimum digunakan. Ketika nilai-nilai ini digunakan, kepatuhan terhadap peraturan 411.3.2.2, 411.3.2.3 dan 411.3.2.4 akan tercapai karena perangkat ini dibangun untuk beroperasi dalam 0,1 detik, dengan memberikan nilai  $Z_s$  maksimum yang benar digunakan. Persyaratan BS 767 memberikan waktu pemutusan maksimum untuk sirkit pada kondisi gangguan pembumian.

Pemutus sirkit ke BS EN 60898 tersedia dalam tiga jenis: B, C dan D. Adalah penting bahwa jenis yang benar dipilih.

Tipe B akan beroperasi dalam 0,1 detik ketika arus maksimum 5 kali nilai arusnya melewatinya. Tipe C akan beroperasi dalam 0,1 detik ketika arus maksimum 10 kali nilai arusnya melewatinya.

Tipe D akan beroperasi dalam 0,1 detik ketika arus maksimum 20 kali nilai arusnya melewatinya.

Untuk memungkinkan jumlah arus ini mengalir, resistansi rangkaian ( $R_1 + R_2$ ) harus cukup rendah. Untuk pemutus sirkit,  $Z_s$  maksimum yang diizinkan dapat dihitung jika diperlukan menggunakan hukum Ohm.

#### Contoh

Perangkat 20 amp BS EN 60898 harus beroperasi pada maksimum 5 kali ratingnya.

$$5 \times 20 = 100 \text{ A}$$

Jika nilai arus ini sekarang dibagi menjadi tegangan rangkaian terbuka, UOC  $Z_s$  untuk rangkaian akan dihitung.

$$\frac{230}{100} = 2.3 \Omega$$

Ini adalah  $Z_s$  maksimum untuk perangkat tipe B 20 amp. Untuk perangkat tipe C 20 amp

$$10 \times 20 = 200 \text{ A}$$

$$\frac{230}{200} = 1.15 \Omega$$

Untuk perangkat tipe D 20 amp

$$20 \times 20 = 400 \text{ A}$$

$$\frac{230}{400} = 0.57 \Omega$$

Perhitungan ini dapat digunakan untuk menghitung  $Z_s$  untuk setiap perangkat BS EN 60898. Karakteristik kelebihan beban untuk perangkat ini adalah sama untuk setiap jenis, yaitu mereka semua akan beroperasi pada maksimum 1,45 kali peringkat mereka saat ini.

#### 10.4 Faktor sekering, kelebihan beban dan arus gangguan

Faktor sekering ( $I_2$ )

Dalam Bab sebelumnya, BS 7671 menjelaskan karakteristik yang diperlukan dari gawai proteksi untuk memenuhinya. Arus yang menyebabkan operasi efektif untuk beban lebih ( $I_2$ ) dari gawai proteksi tidak boleh lebih besar dari 1,45 kali daya dukung arus dari konduktor yang diproteksinya. Selain sekering semi-tertutup BS 3036. Sekering semi-tertutup BS 3036 tidak akan beroperasi pada beban lebih sampai arus yang melewatinya mencapai kira-kira dua kali nilai ratingnya. Faktor sekering 0,725 harus digunakan saat menggunakan sekering BS 3036.

#### Contoh

Sebuah sirkuit diperlukan untuk membawa beban 14 ampere. Perangkat pelindung harus 14 A. Nilai sekering BS 3036 terdekat adalah 15 A. Kabel yang dipilih untuk sirkuit ini harus dihitung menggunakan perhitungan berikut. Peringkat kabel harus

$$\frac{15}{0.725} = 20.69 \text{ A minimum}$$

Sekering BS 3036 akan beroperasi pada  $15 \times 2 = 30$

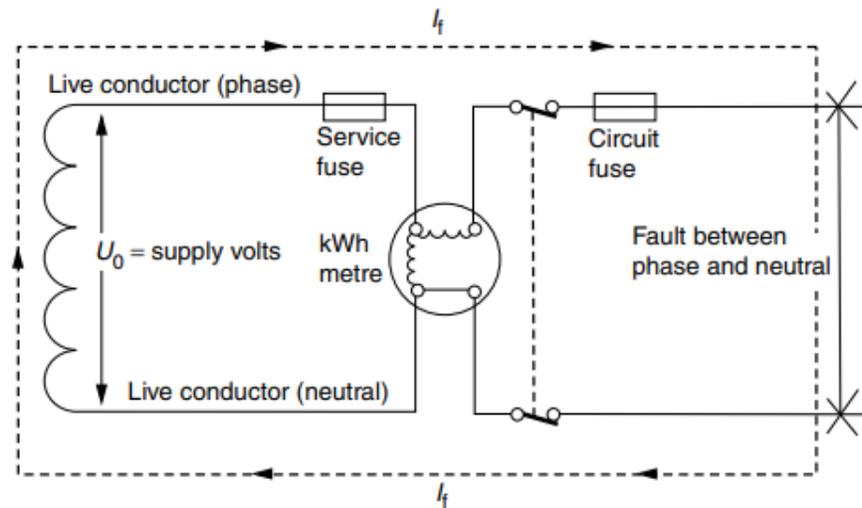
Peringkat kabel minimum  $20,69 \text{ A} \times 1,45 = 30 \text{ A}$  akan memenuhi peraturan 433-02-01.

Faktor ini harus digunakan pada semua sirkuit yang menggunakan BS 3036 untuk proteksi beban lebih dan harus digunakan dengan faktor koreksi lain untuk sirkuit seperti yang dijelaskan dalam bab pemilihan kabel. Jika proteksi beban lebih tidak diperlukan untuk suatu rangkaian, maka faktor untuk sekering yang dapat dipasang kembali (0,725) dapat dihilangkan dari perhitungan kabel.  $I_b$  dapat digunakan sebagai pengganti  $I_n$ . (Lampiran 4 bagian 5.2)

#### 10.5 Arus hubung singkat

Adalah arus yang akan mengalir dalam rangkaian dengan impedansi yang dapat diabaikan antara konduktor aktif.

Gambar 10.1 menunjukkan fase suplai dan netral masing-masing memiliki resistansi  $0,02\Omega$  dan fasa rangkaian akhir dan netral masing-masing memiliki hambatan  $0,23 \Omega$ .



**Gambar 10.1** fase suplai dan netral

Resistansi total dari suplai dan rangkaian akhir adalah:

$$0,02 + 0,02 + 0,11 + 0,11 = 0,26$$

Untuk menghitung arus hubung singkat, arus hubung terbuka,  $U_0$  dari trafo suplai harus digunakan. Dari lampiran 3 BS 7671 dapat dilihat bahwa ini adalah 230 V

$$\frac{230}{0.26} = 884.61 \text{ A}$$

Ini harus dinyatakan sebagai 0,88 KA.

## BAB 11

### IMPEDANSI LOOP GANGGUAN BUMI

#### 11.1 Impedansi loop gangguan bumi, $Z_e$

$Z_e$  adalah konduktor fase impedansi (resistansi) loop gangguan pembumian eksternal dan susunan suplai pembumian (lihat Gambar 43).

Impedansi konduktor fasa  $0,02\Omega$

Impedansi jalur bumi  $0,78\ \Omega$

Total impedansi loop bumi eksternal

$$Z_e = 0,02 + 0,78 = 0,8\ \Omega$$

Arus gangguan pembumian jika diukur pada ujung kabel suplai (asal) dapat dihitung:

$$\frac{230}{0,8} = 287,5\ \text{A}$$

Penting untuk menggunakan 230 V dalam perhitungan ini karena merupakan tegangan rangkaian terbuka dari transformator suplai.

#### Contoh

Sekering layanan arus putus tinggi 100A (BS 1361) pada asal instalasi memiliki faktor sekering 1,4, tegangan suplai ( $U_o$ ) adalah 230 V, dan nilai uji  $Z_e$  pada asal instalasi adalah  $0,38\ \Omega$ .

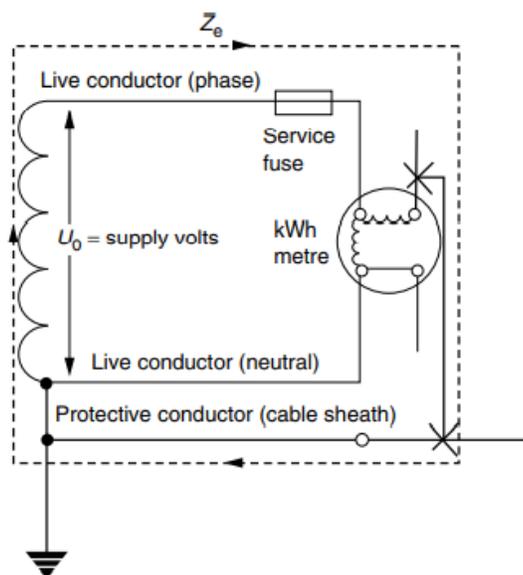
- (a) Hitung arus minimum yang diperlukan untuk meniup sekering.
- (b) Berapa arus yang akan mengalir jika konduktor fase bersentuhan dengan selubung kabel suplai yang dibumikan di titik awal instalasi?
- (c) Dengan menggunakan lampiran 3 dari BS 7671, nyatakan kira-kira waktu di mana arus harus beroperasi dalam kondisi (b)?

Arus sekering minimum

$$\begin{aligned} (I_2) &= 100 \times 1,4 \\ &= 140\ \text{A} \end{aligned}$$

Arus gangguan bumi

$$\begin{aligned} (I_f) &= \frac{U_o}{Z_e} \\ &= \frac{230}{0,38} = 605,2 \\ &= 631,6\ \text{A} \end{aligned}$$



**Gambar 11.1** Impedansi Loop Gangguan Bumi (*Grounding*)

- (d) Dengan menggunakan tabel terlampir pada Gambar 3.1 dari BS 7671, dapat dilihat bahwa untuk waktu pemutusan 5 detik diperlukan arus minimal 630 A untuk mengoperasikan sekering. (Semakin tinggi arus semakin cepat waktu pemutusan.)

### 11.2 Impedansi loop gangguan arde, $Z_s$

$Z_s$  adalah impedansi loop gangguan pembumian total dari suplai dan resistansi kabel sirkuit akhir, konduktor fase ( $R_1$ ) dan konduktor pelindung sirkuit ( $R_2$ )

$$Z_s = Z_e + R_1 + R_2$$

Jika impedansi loop dari suatu sistem ( $Z_s$ ) tinggi, arus gangguan akan rendah dan perangkat yang melindungi rangkaian mungkin tidak beroperasi dalam waktu yang diperlukan, ini akan mengakibatkan bagian konduktif asing dan terbuka di dalam rangkaian meningkat potensial dan menjadi risiko syok yang serius.

#### Contoh

Suatu rangkaian harus disambungkan dalam kabel termoplastik 70 C dengan fasa tembaga 2,5 mm<sup>2</sup> dan konduktor pelindung rangkaian 1,5 mm<sup>2</sup>. Panjang sirkuit adalah 30 meter dan  $Z_e$  untuk sirkuit diukur pada 0,35  $\Omega$ .

(a) Hitung  $Z_s$

(b) Hitung arus gangguan pembumian.

Dapat ditemukan bahwa kabel 2,5/1,5 mm<sup>2</sup> dengan konduktor tembaga akan memiliki nilai ( $r_1 + r_2$ ) sebesar 19,41 m  $\Omega$  /m.

Lihat bab tentang penurunan tegangan untuk penggunaan pengali 1,2 untuk mengoreksi resistansi operasi dari 20 C ke 70 C (suhu operasi).

(a) Resistansi total kabel sirkuit akhir

$$\frac{19.41 \times 30 \times 1.2}{1000} = 0.698$$

$$Z_s = Z_e + R_1 + R_2$$

$$Z_s = 0.35 + 0.698$$

$$Z_s = 1.04$$

(b) Arus gangguan bumi

$$= \frac{230}{1.04} = 221.15 \text{ A}$$

### Latihan 15

1. Lengkapi tabel berikut:

$U$ (volts)	10	20	.....	40	.....
$I$ (amperes)	1	.....	3	4	5
$R$ (ohms)	.....	10	10	.....	10

2. Menggunakan nilai-nilai dari pertanyaan 1, diselesaikan dengan benar, plot grafik arus terhadap tegangan. Ambil 1 cm=1A secara vertikal dan 1 cm = 10 V secara horizontal. Baca dari grafik tegangan yang dibutuhkan untuk menghasilkan arus sebesar 3.6 A

3. Lengkapi tabel berikut:

$U$ (volts)	.....	240	.....	240	.....
$I$ (amperes)	12	6	4	3	2.4
$R$ (ohms)	20	.....	60	.....	100

4. Ketika tabel pertanyaan 3 telah diisi dengan benar, buat grafik yang menunjukkan hubungan antara arus dan hambatan. Gunakan grafik untuk mencari nilai arus ketika hambatannya  $78\Omega$ . Nyatakan juga nilai hambatan yang diperlukan untuk memberikan arus sebesar 9,5 A.

5. Lengkapi tabel berikut:

$U$ (volts)	96	132	84	144	...	...	100	56	100	...
$I$ (amperes)	8	12	...	12	11	9	10	7	...	12
$R$ (ohms)	...	...	12	...	11	7	...	...	10	8

6. Lengkapi tabel berikut ini:

$I$ (amperes)	.....	10	0.1	0.1	.....	0.001	0.1	.....	100	.....
$R$ (ohms)	1000	0.1	0.1	.....	0.1	.....	.....	0.01	0.1	1000
$U$ (volts)	10	.....	.....	100	10	20	200	2	.....	100



(f)	100	1.2	2.5	0.5
-----	-----	-----	-----	-----

15. Arus 1,5 A mengalir dalam resistor  $25\Omega$  . Penurunan tegangan:  
 (a) 0,06 V                      (b) 37,5 V                      (c) 16,67 V                      (d) 3,75 V
16. Jika kabel harus membawa arus 19,5 A dengan jatuh tegangan tidak lebih dari 6 V, hambatannya tidak boleh melebihi:  
 (a)  $32,5\Omega$                       (b)  $117\Omega$                       (c)  $0,308\Omega$                       (d)  $3,25\Omega$
17. Sekering yang diberi nilai 30 A memiliki faktor sekering 1,4. Arus yang diperlukan untuk meniup sekering adalah  
 (a) 31,4 A                      (b) 21,4 A                      (c) 42 A                      (d) 30 A
18. Konduktor pembumian yang rusak memiliki resistansi  $12,5\Omega$  , dan resistansi sisa jalur gangguan adalah  $1,5\Omega$  . Tegangan suplai adalah 230 V. Tegangan yang muncul antara bagian logam dan bumi adalah  
 (a) 205,4 V                      (b) 238,5 V                      (c) 24,6 V                      (d) 217,7 V

## BAB 12

### BIAYA BAHAN, DISKON DAN PPN

Untuk menemukan pajak pertambahan nilai yang terutang atas suatu barang:

### Contoh 1

Jika unit konsumen dengan sakelar utama dikutip oleh pemasok seharga £53,85 ditambah PPN. Hitung biaya barang termasuk PPN

PPN atas barang

$$= \frac{53.85 \times 17.5}{100} = 9.42$$

Item termasuk PPN £53,85 + £9,42 = £63,27 atau masukkan di kalkulator  $53,85 \times 17,5\%$  (9,423) + (63,27) (Angka dalam kurung adalah jawaban yang akan Anda dapatkan. Jangan masuk ke kalkulator.) Kesulitan yang sering terjadi adalah bahwa nilai yang diberikan termasuk PPN dan perlu untuk menghitung biaya barang tanpa PPN.

### Contoh 2

Menggunakan nilai dari contoh 1: Satuan konsumen berharga £63,27 termasuk PPN. Hitung konten PPN.

$$\frac{63.27 \times 100}{117} = 53.86 \quad \text{OR} \quad \frac{63.27}{1.175} = 53.85$$

oleh karena itu konten PPN adalah £63,27 – £53,85 = £9,42 atau kalikan dengan 7 dan bagi dengan 47 untuk menemukan konten PPN

Jawab £9,42

Masukkan kalkulator  $63,27 \times 7 \div 47 =$

atau ubah rumus dari contoh 1 untuk menemukan biaya unit tanpa PPN

$$(53,85) \times 1,175 = 63,27$$

Mengubah urutan

$$= \frac{30 \times 258.60}{100} = £77.58$$

Biaya dikurangi PPN adalah £53,85.

### Contoh 3

Kabel lapis baja berkabel baja 3 inti berukuran 100 meter 4 mm<sup>2</sup> berharga £258,60 per 100 meter.

Jika diskon perdagangan 30% diizinkan pada kabel ini, hitung biaya 60 meter.

$$30\% \text{ of } £258.60 = \frac{30 \times 258.60}{100} = £77.58$$

Harga perdagangan kabel per 100 meter

$$£258.60 - £77.58 = £181.02$$

Biaya 1 meter kabel ini dengan harga perdagangan adalah

$$\frac{181.02}{100} = 1.81$$

60 meter akan dikenakan biaya

$$£1.81 \times 60 \text{ m} = £108.60$$

Metode yang jauh lebih mudah adalah dengan menggunakan kalkulator dan memasukkan:

$$258.6 \times 30\% = (77.58) - = (181.02) \div 100 \times 60 = 108.60$$

Angka dalam kurung adalah jawaban yang akan Anda dapatkan. Jangan memasukkannya ke dalam kalkulator. Jika pajak pertambahan nilai perlu ditambahkan (tarif PPN saat ini adalah 17,5%)

$$\frac{108.6 \times 17.5}{100} = 19.00$$

£19.00 adalah PPN pada kabel dan harus ditambahkan ke biaya perdagangan

$$£108.6 + £19 = £127.60$$

Metode kalkulator:

Masukkan  $108,6 \times 17,5\% + (127,60)$  (jawaban dalam kurung)

### Latihan 16

1. Jika 60 panjang kabel tray berharga £732 termasuk PPN, hitung (a) biaya setiap panjang, (b) biaya 17 panjang.
2. Jika 66 m saluran pengukur berat berenamel hitam berharga £87 termasuk PPN, hitung (a) biaya per meter, (b) biaya 245 m.
3. Jika 400 sekrup kayu berharga £4,52, hitung (a) harga 250 sekrup, (b) jumlah sekrup yang dapat dibeli seharga £5,28.
4. Jika 100 m saluran plastik pengukur berat terdaftar seharga £ 85,20, ditambah PPN sebesar 17,5%, hitung harga 100 m kepada pelanggan.
5. Harga jual solder listrik adalah £360 untuk 20 kg ditambah PPN sebesar 17,5% dan dengan diskon khusus sebesar 25%. Hitung harga faktur 4 kg solder.
6. Faktur dibuat untuk 20 panjang trunking kabel 50 mm × 50 mm. Setiap panjang dikenakan biaya £17,55 ditambah PPN 17,5%, dikurangi diskon perdagangan 35%. Hitung total tagihan.
7. Perubahan pada instalasi yang ada memerlukan bahan berikut: 12 m trunking plastik pada £6,23 per m, 14,5 m saluran plastik pada £86 per 100 m, kabel 45 m pada £14,60 per 100 m, 29 soket tunggal -outlet seharga £12,15 masing-masing, sadel, sekrup, colokan, dll. £9,20. Hitung total biaya bahan. PPN dikenakan sebesar 17,5%.
8. Pesanan dilakukan satu tahun yang lalu untuk item berikut: Kabel MIMS 135 m seharga £217 per 100 m, 500 segel/kelenjar tipe pot seharga £26 per 10, 200 klip satu lubang

- seharga £29 per 100. Hitung (a) biaya awal pesanan ini; (b) biaya pesanan saat ini, memungkinkan inflasi 15% per tahun. PPN dikenakan sebesar 17,5% pada (a) dan (b).
9. Daftar bahan untuk instalasi adalah sebagai berikut: 45 m dari 1,00 mm<sup>2</sup> kembar dengan kabel bumi pada £19,30 per 100 m, 45 m kembar 2,5 mm<sup>2</sup> dengan kabel arde seharga £28,20 per 100m, sembilan sakelar satu arah dua geng masing-masing seharga £3,50, dua sakelar dua arah masing-masing seharga £2,12, enam outlet soket sakelar tunggal masing-masing seharga £3,35, dua outlet soket sakelar kembar seharga £6,40 masing-masing, satu unit konsumen seharga £62,20, selubung, sekrup, colokan, dll. £8,00. Tentukan total biaya bahan untuk pekerjaan ini, tambahkan PPN 17,5%.
  10. Pesanan kontraktor untuk saluran dan perlengkapan berbunyi sebagai berikut: 360 m saluran baja BEHG 20 mm dengan harga £147 per 90 m, 50 kotak ujung terminal melingkar standar 20 mm BE di £1,81 masing-masing, 50 20 mm BE standar melalui kotak seharga £2,17 masing-masing, 50 20 mm BE standar tee box seharga £2,57 masing-masing, 50 20 mm spacer-bar sadel seharga £23,20 per 100, 50 mur pengunci baja 20 mm seharga £14,90 per 100, 50 semak segi enam kuningan 20 mm jantan seharga £38 per 100. Semua harga tercantum, diskon kontraktor untuk semua item adalah 40%, dan PPN dikenakan sebesar 17,5%. Hitung total faktur untuk pesanan ini.
  11. Diperlukan untuk memasang enam luminer penerangan banjir tungsten-halogen di luar pabrik dan peralatan berikut diperlukan. Daftar harga produsen adalah seperti yang ditunjukkan:
    - 6 diskon 500 W 'Teck' T/H tokoh-tokoh di £14,50 masing-masing\*,
    - 1 unit sensor/relay 'Teck' PIR seharga £24,10 per unit\*,
    - 80 m 20 mm saluran baja galvanis pada £ 186 per 100 m,
    - 6 kotak tee galvanis 20 mm dengan harga £275 per 100,
    - 1 kotak sudut galvanis 20 mm dengan harga £265 per 100,
    - 7 dari tutup dan sekrup kotak galvanis seharga £ 11 per 100,
    - 8 off 20 mm koping galvanis pada £ 19 per 100,
    - 30 untuk pelana spacer 20 mm dengan harga £17,20 per 100,
    - 14 dari 20 mm semak kuningan jantan seharga £ 38 per 100,
    - 1 diskon 'TYLOR' 20 Sekering sakelar seharga £ 24,50 masing-masing \*,
    - Diskon 1 'TYLOR' 10 Sakelar satu arah seharga £3,20 masing-masing\*,
    - 180 m 1,5 mm<sup>2</sup> kabel tunggal pvc dengan harga £12,15 per 100 m,
    - 3 m 0,75 mm<sup>2</sup> tiga inti pvc fleksibel seharga £26,30 per 100 m, potongan 9 10 Konektor porselen tiga arah seharga £80 per 100.

Ditambah serba-serbi yang diambil dari stok sendiri, izinkan £15. Pedagang grosir menawarkan diskon 25% untuk barang tidak bermerek dan 10% untuk barang bermerek \*. Hitung (a) harga pokok bahan dan (b) total biaya termasuk PPN sebesar 17,5%.
  12. Daftar harga peralatan tertentu adalah sebagai berikut:

- (a) £570,30 dengan diskon 25%,
- (b) £886,20 dengan diskon 40%,
- (c) £1357,40 dengan diskon 10%,
- (d) £96,73 dengan diskon 35%.

Untuk setiap hal di atas, tentukan:

- (i) harga pokok,
- (ii) PPN yang dikenakan.

13. Untuk setiap harga termasuk PPN berikut, tetapkan harga pokok:

- (a) £656,25
- (b) £735.33
- (c) £895.43
- (d) £1025,27
- (e) £3257.72

14. Kabel tertentu dihargai £19,50 per 100 m ditambah PPN 17,5%. Biaya 65 m adalah:

- (a) £22,91    (b) £16,09    (c) £14,89    (d) £10,46

15. Sebuah item peralatan tertentu ditagih sebesar £25,75 dan ini termasuk PPN sebesar 17,5%. Daftar harga barang itu adalah:

- (a) £3,84    (b) £21,91    (c) £30,26    (d) £43,25

## **BAB 13**

### **ELEKTROSTATIKA**

### 13.1 Kapasitor Pelat Parallel

Ketika sebuah kapasitor dihubungkan ke sebuah d.c. pasokan itu menjadi bermuatan, jumlah muatan dalam coulomb.

$$Q = CU$$

dimana Q = kuantitas, C = kapasitansi dalam farad dan U = tegangan.

#### Contoh 1

Sebuah kapasitor 70 F dihubungkan ke sebuah 150 volt d.c. Pasokan. Hitung muatan yang tersimpan dalam kapasitor.

$$\begin{aligned} Q &= C \times U \\ &= 70 \times 10^{-6} \times 150 \\ &= 0.105 \text{ coulombs} \end{aligned}$$

Masukkan ke dalam kalkulator  $70 \times \text{EXP}^{-6} \times 150 =$  Energi yang tersimpan dalam watt atau Joule.

$$W = \frac{1}{2}CU^2$$

#### Contoh 2

Hitung energi yang tersimpan dalam kapasitor 120  $\mu\text{F}$  ketika dihubungkan ke tegangan 110 volt d.c. Pasokan.

$$\begin{aligned} W &= \frac{120 \times 10^{-6} \times 110^2}{2} \\ &= 6.6^{-03} \text{ or } 0.006 \text{ Joules} \end{aligned}$$

Masukkan ke dalam kalkulator  $120 \text{ EXP } 6 \times 110 \div 2 =$

### 13.2 Susunan seri kapasitor

Jika sejumlah kapasitor dihubungkan secara seri, kapasitansi total dapat dihitung.

$$\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{C_t} = C$$

Hasilnya akan setara dengan kapasitor tunggal.

#### Contoh 1

Hitung nilai kapasitansi ketika kapasitor 23, 42 dan 36 F dihubungkan secara seri.

$$\begin{aligned} \frac{1}{C} + \frac{1}{C} + \frac{1}{C} &= \frac{1}{C} = C \\ &= \frac{1}{23} + \frac{1}{42} + \frac{1}{36} = \frac{1}{C} \\ &= 10.51 \mu\text{F} \end{aligned}$$

Masuk ke kalkulator

$$23X^{-1} + 42X^{-1} + 36X^{-1} = X^{-1} =$$

### Contoh 2

Hitunglah nilai kapasitor yang bila dihubungkan seri dengan kapasitor lain sebesar 20 F akan menghasilkan kapasitansi sebesar 12  $\mu\text{F}$ .

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C}$$

$$\frac{1}{12} = \frac{1}{20} + \frac{1}{C}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{C} &= \frac{1}{12} - \frac{1}{20} \\ &= 30 \mu\text{F} \end{aligned}$$

Masuk ke kalkulator

$$12X^{-} - 20X^{-} = X^{-} =$$

### Contoh 3

Kapasitor 4, 6 dan 12 F dihubungkan secara seri ke tegangan 300 volt d.c. Pasokan.

Menghitung:

- (a) kapasitansi total
- (b) muatan yang disimpan
- (c) energi yang tersimpan.

$$\begin{aligned} \text{(a)} \quad \frac{1}{C} &= \frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{12} \\ &= \frac{1}{0.5} \\ &= 2 \mu\text{F} \end{aligned}$$

(b) Muatan disimpan

$$\begin{aligned} Q &= CU \\ &= 2 \times 300 \\ &= 600 \mu\text{F} \end{aligned}$$

(c) Energi yang tersimpan

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{1}{2}CU^2 \\
 &= \frac{600 \times 10^{-6} \times 300^2}{2} \text{ or } 600 \times 10^{-6} \times 300^2 \times 0.5 \\
 &= 27 \text{ Joules}
 \end{aligned}$$

### 13.3 Susunan kapasitor paralel

Ketika sejumlah kapasitor dihubungkan secara paralel, mereka setara dengan kapasitor tunggal bernilai C yang diberikan oleh

$$C = C_1 + C_2 + C_3, \text{ dst.}$$

Ketika pengaturan terhubung ke d.c. tegangan suplai, muatan total adalah jumlah muatan yang tersimpan di setiap kapasitor.

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$Q_1$  adalah muatan pada  $C_1$ , dll. Tegangan umum untuk semua kapasitor.

#### Contoh 1

Kapasitor 8 dan 10  $\mu\text{F}$  dihubungkan secara paralel ke catu daya 20 V. Hitung muatan yang tersimpan pada masing-masing dan energi totalnya. Muatan pada kapasitor 8  $\mu\text{F}$  adalah

$$\begin{aligned}
 Q &= 8 \times 20 \\
 &= 160 \mu\text{C}
 \end{aligned}$$

Muatan pada kapasitor 10  $\mu\text{F}$  adalah

$$\begin{aligned}
 Q &= 10 \times 20 \\
 &= 200 \mu\text{C} \text{ (mikrokoulomb seperti C dalam F)}
 \end{aligned}$$

Energi totalnya adalah:

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{1}{2}CU^2 \\
 &= \frac{1}{2} \times 18 \times 20^2 \\
 &= 3600 \text{ mJ (seperti C dalam mikrofaraad)}
 \end{aligned}$$

#### Contoh 2

Hitung nilai kapasitor tunggal yang ekuivalen dengan susunan kapasitor 4  $\mu\text{F}$  dan 6  $\mu\text{F}$  secara paralel dan kapasitor 12  $\mu\text{F}$  secara seri. Kapasitansi grup paralel adalah

$$\begin{aligned}
 C_1 + C_2 &= C \\
 &= 4 + 6 \\
 &= 10 \mu\text{F}
 \end{aligned}$$

Diperlakukan sebagai kapasitor tunggal, nilai ini sekarang dapat digunakan dengan kapasitor secara seri untuk menghitung kapasitansi total.

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{10} + \frac{1}{12}$$

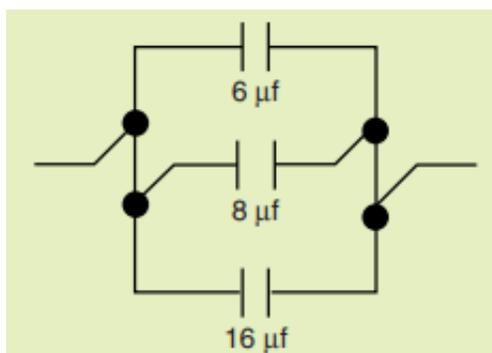
$$= 5.45 \mu\text{F}$$

### Latihan 17

1. Lengkapi tabel berikut, yang mengacu pada kapasitor variabel tertentu:

Volt yang diterapkan (U)	50	25	80	45
Kapasitansi ( $\mu\text{F}$ )		0.3	0.4	0.8
Muatan ( $\mu\text{C}$ )	10	18	48	

2. Kapasitor  $3 \mu\text{F}$  dan  $5 \mu\text{F}$  dihubungkan seri ke  $240 \text{ V d.c.}$  Pasokan. Menghitung
  - (a) kapasitansi yang dihasilkan,
  - (b) muatan pada setiap kapasitor,
  - (c) p.d. pada setiap kapasitor,
  - (d) energi yang tersimpan dalam setiap kapasitor.
3. Hitung nilai kapasitor tunggal yang setara dengan tiga kapasitor  $24 \mu\text{F}$  yang dihubungkan secara seri. Berapakah nilai dari sepuluh kapasitor  $24 \mu\text{F}$  yang dihubungkan seri?
4. Berapa nilai kapasitor yang dirangkai seri dengan salah satu kapasitor sebesar  $20 \mu\text{F}$  yang akan menghasilkan kapasitansi resultan sebesar  $15 \mu\text{F}$ ?
5. Tiga kapasitor, masing-masing bernilai  $8 \mu\text{F}$ ,  $12 \mu\text{F}$ , dan  $16 \mu\text{F}$ , dihubungkan pada tegangan  $240 \text{ V d.c. supply}$ , (a) secara seri dan (b) secara paralel. Untuk setiap kasus, hitung kapasitansi yang dihasilkan dan juga beda potensial di setiap kapasitor.
6. Hitung nilai ekivalen kapasitor tunggal dengan susunan yang ditunjukkan pada Gambar 13.1



**Gambar 13.1** Rangkaian Paralel Kapasitor

7. Sebuah kapasitor  $12 \mu\text{F}$  diisi hingga  $25 \text{ V}$ . Energi yang tersimpan adalah
  - (a)  $150 \mu\text{J}$
  - (b)  $3750 \mu\text{J}$
  - (c)  $3750 \mu\text{J}$
  - (d)  $150 \mu\text{J}$
8. Kapasitor  $2 \mu\text{F}$  dan  $4 \mu\text{F}$  dihubungkan seri. Ketika tambahan kapasitor dihubungkan secara seri, kapasitansi gabungan turun menjadi  $1 \mu\text{F}$ . Nilai kapasitor ketiga adalah
  - (a)  $4 \mu\text{F}$
  - (b)  $0,5 \mu\text{F}$
  - (c)  $0,25 \mu\text{F}$
  - (d)  $1,2 \mu\text{F}$

9. Kapasitor  $8 \mu\text{F}$ ,  $12 \mu\text{F}$ , dan  $20 \mu\text{F}$  dihubungkan secara paralel. Untuk muatan total  $4000 \mu\text{C}$  yang akan disimpan, tegangan yang akan diterapkan pada kombinasi adalah
- $0,01 \text{ V}$
  - $15\,480 \text{ V}$
  - $100 \text{ V}$
  - $1034 \text{ V}$

### 13.4 Rumus

Dijelaskan dalam tabel dibawah ini rumus-rumus yang seringdigunakan dalam perhitunga rangkaian listrik dasar adalah sebagai berikut:

**Tabel 13.2** Rumus dasar yang sering digunakan dalam rangkaian listrik

Tegangan	$U = I \times R$
Arus	$I = \frac{U}{R}$
Resistansi	$R = \frac{U}{I}$
Daya	$P = U \times I$
Rugi daya	$P = I^2 R$
Arus	$I = \frac{P}{U}$
Tegangan	$U = \frac{P}{I}$
Resistor paralel	$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{R} \therefore R$
Luas lingkaran ( $\text{mm}^2$ atau $\text{m}^2$ )	$\frac{\pi \times d^2}{4} = \text{CSA}$
Keliling lingkaran ( $\text{mm}^2$ atau $\text{m}^2$ )	$\pi \times d = C$
Luas segitiga ( $\text{mm}^2$ atau $\text{m}^2$ )	$\frac{1}{2} \text{alas} \times \text{tinggi}$
Tahanan konduktor tembaga ( $\Omega$ )	$\frac{1.78 \times 10^{-8} \times L}{\text{CSA} \times 10^6} = R$ (di mana CSA dalam $\text{mm}^2$ )
Resistansi konduktor aluminium ( $\Omega$ )	$\frac{2.84 \times 10^{-8} \times L}{\text{CSA} \times 10^6} = R$ (di mana CSA dalam $\text{mm}^2$ )
Perhitungan trafo	$\frac{U_p}{U_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_p}{I_s}$
Efisiensi trafo power out	$\frac{\text{power out}}{\text{power in}} = \text{per unit} \times 100 \text{ untuk } \%$

### 13.5 Usaha

$$W = f \times d$$

Usaha dalam  $\text{N/m} = \text{gaya dalam Newton} \times \text{jarak dalam mm atau m}$

$$1 \text{ kg} = 9,81 \text{ Newton}$$

$$P = \frac{W}{t} \text{ atau } \frac{\text{kerja selesai}}{\text{waktu (detik)}} = \text{Daya dalam watt}$$

$$J = W \times t \text{ atau Energi (joule) = Watt waktu dalam detik}$$

$$E = \frac{\text{output}}{\text{input}} \times \text{Efisiensi 100 dalam \%}$$

### 13.5 Kapasitansi

Muatan kapasitor dalam coulomb  $Q = CU$

Muatan total lebih dari satu kapasitor  $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$  dll. Atau kapasitansi adalah

$$\frac{Q}{U} \text{ Farads}$$

Total kapasitansi seri terhubung

$$\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \text{ etc.} = \frac{1}{C_T} = C$$

Total kapasitansi yang dirangkai paralel  $C_1 + C_2 + C_3$  dst. = C

Energi yang tersimpan dalam rangkaian kapasitif Energi  $W = \frac{1}{2} CV^2$  Joule

Energi Disimpan dalam rangkaian induktif

Energi  $W = \frac{1}{2} LI^2$  Joule (di mana L dalam henrys)

### 13.7 Perhitungan tiga fase

$I_p$  = arus fasa

$I_L$  = arus saluran

$U_L$  = tegangan saluran

$U_p$  = tegangan fasa

Dalam bintang (Hanya satu arus)

$$I_p = I_L$$

$$U_P = \frac{U_L}{\sqrt{3}}$$

$$U_L = U_P \sqrt{3}$$

$$P = \sqrt{3} \times U_L \times I_L$$

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} \times U_L}$$

Dalam rangkaian dengan faktor daya

$$P = \sqrt{3} \times U_L \times I_L \times \cos\phi$$

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} \times U_L \times \cos\phi}$$

Di Delta (hanya satu tegangan)

$$U_L = U_P$$

$$I_P = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$$

$$I_L = I_P \times \sqrt{3}$$

$$P = \sqrt{3} \times U_L \times I_L$$

Dalam rangkaian dengan faktor daya

$$P = \sqrt{3} \times U_L \times I_L \times \cos\phi$$

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} \times U_L \times \cos\phi}$$

$$\text{Faktor daya } \cos\phi = \frac{\text{Daya sebenarnya}}{\text{Daya nyata}} = \frac{\text{Watt}}{\text{Volts} \times \text{amps}}$$

Perhitungan tipe Pythagoras

$$Z^2 = R^2 + X^2 \text{ or } Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$R^2 = Z^2 - X^2 \text{ or } R = \sqrt{Z^2 - X^2}$$

$$X^2 = Z^2 - R^2 \text{ or } X = \sqrt{Z^2 - R^2}$$

$$kVA^2 = kW^2 + kVAr^2 \text{ or } kVA = \sqrt{kW^2 + kVAr^2}$$

$$kW^2 = kVA^2 - kVAr^2 \text{ or } kW = \sqrt{kVA^2 - kVAr^2}$$

$$kVAr^2 = kVA^2 - kW^2 \text{ or } kVAr = \sqrt{kVA^2 - kW^2}$$

Reaktansi kapasitif

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C \times 10^{-6}} \text{ or } \frac{1 \times 10^6}{2\pi f C}$$

$$C = \frac{1}{2\pi f X \times 10^{-6}} \text{ or } \frac{1 \times 10^6}{2\pi f X}$$

Reaktansi induktif

$$X_L = 2\pi f L$$

$$L = \frac{X_L}{2\pi f X}$$

Kecepatan sinkron dan perhitungan slip

$N_S$  adalah kecepatan sinkron dalam putaran/detik atau  $\times 60$  untuk putaran/menit

$N_R$  adalah kecepatan rotor dalam putaran/detik atau  $\times 60$  untuk putaran/menit

$f$  adalah frekuensi suplai

$P$  adalah pasangan kutub

Slip satuan ditampilkan sebagai desimal

Persentase slip ditampilkan sebagai %

Kecepatan sinkron

$N_S = \frac{f}{P}$  dalam putaran per detik  $\times 60$  untuk rpm

Kecepatan rotor

$$\frac{N_S - N_R}{N_S} = \text{unit slip } 100 \text{ untuk } \%$$

Perhitungan yang terkait dengan pemilihan kabel

$$I_t = \frac{I_N}{\text{faktor koreksi}}$$

Resistansi kabel pada 20 C

$$R = \frac{r_1 + r_2 \times \text{panjang dalam m}\Omega}{1000}$$

Tegangan jatuh pada kabel

$$\frac{mV \times \text{ampere} \times \text{panjang}}{1000}$$

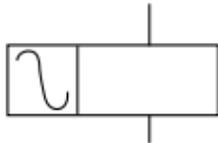
Impedansi loop gangguan bumi  $Z_s = Z_e = (R_1 + R_2)$

## **SIMBOL ELEKTRONIK**

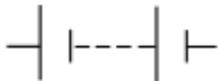
Simbol grafis yang digunakan dalam electronics.

Diagram No.

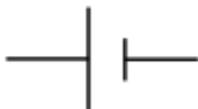
1. relai AC.



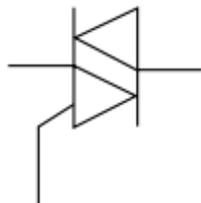
2. Ini adalah simbol untuk baterai, garis panjang mewakili terminal positif. Setiap pasangan garis adalah satu sel.



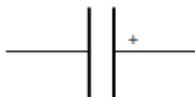
3. Sel primer menyuplai energi listrik.



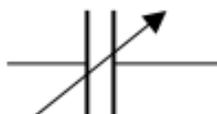
4. Triac, perangkat bi-directional tiga terminal yang berisi back to back thyristor.



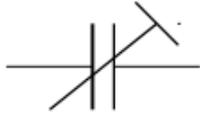
5. Sebuah kapasitor terpolarisasi. Ini harus terhubung dengan cara yang benar atau akan rusak.



6. Sebuah kapasitor variabel.



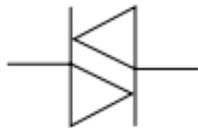
7. Kapasitor variabel preset (pemangkas).



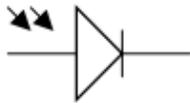
8. Sebuah d.c. relay dapat digunakan untuk kontrol sirkuit.



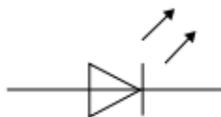
9. Diac. Sebuah perangkat dua terminal yang back to back thyristor. Perangkat ini dipicu pada kedua bagian dari setiap siklus.



10. Dioda peka cahaya.



11. Dioda pemancar cahaya (LED). Mengubah energi listrik menjadi cahaya.



12. Dioda Zener. Perangkat ini bertindak sama seperti dioda, tetapi akan melakukan dalam arah sebaliknya tegangan yang telah ditentukan. Digunakan untuk pengaturan tegangan.



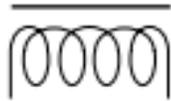
13. Dioda hanya akan menghantarkan satu arah.



14. Sambungan sekering.



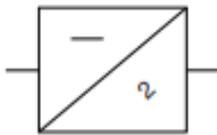
15. Induktor berinti besi. Sebuah kumparan kawat yang menciptakan medan magnet ketika arus melewatinya. Bisa digunakan di AC sirkuit untuk menciptakan tegangan tinggi ketika medan magnet runtuh atau untuk membatasi aliran arus (choke in fluorescent fitting).



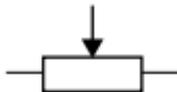
16. Induktor berinti udara (seperti 15).



17. Pembalik. Perubahan d.c. ke a.c. saat ini. Berguna untuk kontrol motor karena frekuensinya dapat diubah. Bentuk gelombangnya persegi panjang, untungnya kebanyakan a.c. motor dan lampu neon dapat menerima bentuk gelombang ini.



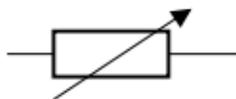
18. Resistor variabel. Potensiometer, 3 perangkat kontak yang digunakan untuk mengontrol tegangan.



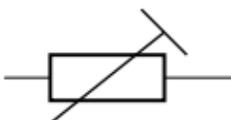
19. Resistor tetap.



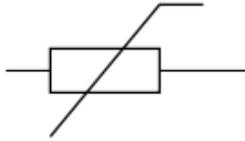
20. Resistor variabel. Rheostat, dua perangkat terminal yang digunakan untuk mengontrol arus.



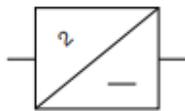
21. Resistor prasetel.



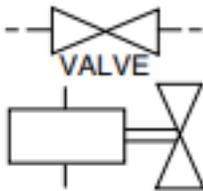
22. Termistor. Resistansi berubah karena panas, tipe koefisien negatif mengurangi resistansi saat semakin panas, tipe koefisien positif meningkatkan resistansi saat semakin panas.



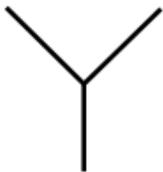
23. Penyearah. Mengonversi a.c. ke d.c. saat ini.



24. Katup solenoida.



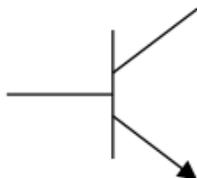
25. Suplai bintang tiga fase.



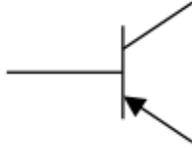
26. Suplai delta tiga fase.



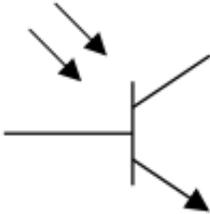
27. Transistor NPN. Menguatkan arus atau dapat digunakan dengan komponen elektronik lainnya untuk membuat rangkaian pensaklaran.



28. Transistor PNP. Seperti 27.



29. Transistor peka cahaya.



30. Transformator.



## GLOSARIUM

*a.c.*: Arus bolak-balik

*Area*: Luas permukaan

*BS 7671*: Standar Inggris untuk peraturan kabel listrik

*Reaktansi kapasitif*: Efek pada aliran arus karena reaktansi kapasitor

*Lingkaran*: Sosok bulat sempurna

*Pemutus sirkuit*: Perangkat yang dipasang ke sirkuit untuk memutus sirkuit secara otomatis jika terjadi kesalahan atau kelebihan beban dan yang dapat diatur ulang

*Sirkuit*: Perakitan peralatan listrik yang disuplai dari sumber yang sama dan dilindungi dari arus lebih oleh gawai proteksi

*Keliling*: Jarak mengelilingi lingkaran

*Konduktor*: Bahan yang digunakan untuk mengalirkan arus

*Coulomb*: Jumlah elektron

*Faktor koreksi*: Faktor yang digunakan untuk memungkinkan kondisi lingkungan yang berbeda dari kabel yang dipasang

*CSA*: Luas penampang Arus: Aliran elektron

*Siklus*: Bagian dari a.c. bentuk gelombang melalui 360°

*Silinder*: Padat atau berongga, badan berbentuk rol

*d.c.*: Arus searah

*Dimensi*: Pengukuran

*Gangguan pembumian*: Arus yang mengalir antara konduktor arus pembumian dan konduktor aktif dalam suatu rangkaian

*Impedansi loop gangguan pembumian*: Resistansi konduktor di mana arus akan mengalir jika terjadi gangguan pembumian. Nilai ini termasuk kabel suplai, transformator suplai, dan kabel sirkuit hingga titik gangguan

*Efisiensi*: Rasio daya keluaran dan masukan

*Energi*: Kemampuan untuk melakukan usaha

*emf*: Gaya gerak listrik dalam volt

*Frekuensi*: Jumlah siklus lengkap per detik dari bentuk gelombang bolak-balik

*Sekering*: Perangkat yang dipasang di sirkuit yang meleleh untuk memutus aliran arus di sirkuit

*Gaya*: Tarikan gravitasi yang bekerja pada massa

*Hertz*: Pengukuran frekuensi

*Impedansi*: Resistansi terhadap aliran arus dalam a.c. sirkuit

*Segitiga impedansi*: Gambar yang digunakan untuk menghitung impedansi dalam a.c. sirkuit

*Resistansi internal*: Resistansi di dalam sel atau sel Kilogram: satuan massa

*kW*: Kekuatan sebenarnya ( $\times 1000$ )

*kVA*: Daya semu ( $\times 1000$ )

*Dasar Perhitungan Instalasi Listrik (Dr. Agus Wibowo)*

*kVA*: Daya reaktif ( $\times 1000$ )

*Beban*: Benda yang akan dipindahkan

*Beban*: Arus yang ditarik oleh peralatan listrik yang terhubung ke sirkuit listrik

*Induksi timbal balik*: Pengaruh medan magnet di sekitar konduktor pada konduktor lain

*Fluks Magnetik*: Kuantitas magnet yang diukur dalam Weber

*Kerapatan fluks magnetik*: Apakah kerapatan fluks diukur dalam Weber per meter kuadrat atau Tesla

*Newton*: Tarikan gravitasi (pengukuran gaya)

*Panduan di Tempat*: Publikasi oleh IEE yang berisi informasi tentang instalasi listrik

*Ohm*: Satuan hambatan

*Arus beban lebih*: Arus lebih yang mengalir dalam rangkaian yang berbunyi secara elektrik

*Efisiensi persentase*: Rasio daya input dan output dikalikan 100

*Daya*: Energi yang digunakan untuk melakukan pekerjaan Tekanan: Gaya terus menerus

*Gulungan primer*: Belitan trafo yang dihubungkan ke suplai

*Perimeter*: Tepi luar

*Beda potensial*: Perbedaan tegangan antara bagian konduktif

*Arus hubung singkat prospektif*: Arus maksimum yang dapat aliran antara konduktor hidup

*Arus gangguan prospektif*: Arus tertinggi yang dapat mengalir dalam rangkaian karena gangguan

*Perangkat pelindung*: Perangkat yang dimasukkan ke dalam sirkuit untuk melindungi kabel dari arus lebih atau arus gangguan

*Resistor*: Komponen yang menahan aliran listrik

*Resistor*: Penentang aliran arus

*Resistivitas*: Sifat suatu bahan yang mempengaruhi kemampuannya untuk menghantarkan

*Rectangle*: Gambar empat sisi dengan sudut siku-siku

*Faktor ruang*: Jumlah ruang yang dapat digunakan dalam enklosur

*Gulungan sekunder*: Belitan trafo yang dihubungkan ke beban

*Self-Induction*: Pengaruh medan magnet dalam konduktor

Seri: Terhubung ujung ke ujung

*Termoplastik*: Isolasi kabel yang menjadi lunak saat dipanaskan dan tetap fleksibel saat didinginkan

*Transpose*: Ubah urutan untuk menghitung nilai

*Segitiga*: Objek tiga sisi

*Thermosetting*: Isolasi kabel yang menjadi lunak saat dipanaskan dan kaku saat didinginkan

*Transformer*: Sebuah perangkat yang menggunakan elektromagnetisme untuk mengubah a.c. arus dari satu tegangan ke tegangan lainnya

*Penurunan tegangan*: Jumlah tegangan yang hilang karena hambatan

*Volume*: Ruang yang ditempati oleh massa

*Watt meter*: Instrumen yang digunakan untuk mengukur daya sebenarnya

*Bentuk gelombang:* Bentuk sinyal listrik

*Usaha:* Energi yang digunakan untuk memindahkan beban (diberikan dalam Newton meter atau joule)

*Fasor:* Gambar yang digunakan untuk menghitung nilai listrik

## KUNCI JAWABAN UNTUK LATIHAN

### Latihan 1

1. 2768 W
2. 450 000 $\Omega$
3. 37 mA
4. 3300 V
5. 596  $\Omega$
6. 49.378 kW
7. 0,0165 A
8. 132 kV
9. 0,000 001 68 C
10. 0,724 W
11. (a) 0,000 003 6  $\Omega$  , (b) 1600  $\Omega$  , (c) 85 000  $\Omega$  , (d) 0,000 020 6  $\Omega$  , (e) 0,000 000 68  $\Omega$
12. (a) 1850 W, (b) 0,0185 W, (c) 185.000 W, (d) 0,001 850 W, (e) 18,5 W
13. (a) 0,0674 V, (b) 11.000 V, (c) 240 V, (d) 0,009 25 V, (e) 6600 V
14. (a) 0,345 A, (b) 0,000 085 4 A, (c) 0,029 A, (d) 0,0005 A, (e) 0,0064 A
15. 139.356  $\Omega$
16. 5040 W
17. (a) 5,3 mA, (b) 18,952 kW, (c) 19,5 M  $\Omega$  , (d) 6,25  $\mu$ C, (e) 264 kV
18. 5.456 kW
19. 594 250  $\Omega$
20. 0,0213 A
21. 0,000 032 5 C
22. 0,004 35  $\mu$ F
23. (d)
24. (d)
25. (a)
26. (c)

### Latihan 2

1. 45,5 m<sup>3</sup>
2. 0,147 m<sup>3</sup>
3. (a) 0,375 m<sup>3</sup>, 3,25 m<sup>3</sup>, (b) 0,0624 m<sup>3</sup>, 0,6284 m<sup>2</sup>
4. 1,2 m<sup>3</sup>
5. 491 mm<sup>3</sup>
6. 1313,5 m<sup>3</sup>
7. 44,52 m<sup>3</sup>
8. 9 m<sup>2</sup>

9. 2,755 m
10. 0,291 m<sup>2</sup>

### Latihan 3

1. 10,5 m<sup>2</sup>
2. 0,14 m
- 3.

Panjang (m)	6	3	12	8	12
Lebar (m)	2	2	7	4	4
Keliling (m)	16	10	38	24	32
Luas (m <sup>2</sup> )	12	6	84	32	48

4. 10,5 m<sup>2</sup>
5. 19 m<sup>2</sup>
- 6.

6. Dasar (m)	0.5	4	1.5	11.25	0.3
Tinggi (m)	0.25	4.5	2.2	3.2	0.12
Luas(m <sup>2</sup> )	0.625	9	1.65	18	0.018

- 7.

7. Luas (m <sup>2</sup> )	0.015	$0.25 \times 10^{-3}$	$7.5 \times 10^{-3}$	0.000 29	0.0016
Luas (m <sup>2</sup> )				290	$1.6 \times 10^3$

- 8.

8. Diameter	0.5 m	0.318 m	0.7927 m	2.76 mm	4 mm
Keliling	1.571 m	1.0 m	0.252 m	8.67 mm	12.57 mm
Luas	0.196 m <sup>2</sup>	0.079 m <sup>2</sup>	0.5 m <sup>2</sup>	5.98 mm <sup>2</sup>	12.57 mm <sup>2</sup>

9. 0,331 m<sup>2</sup> (575 mm × 575 mm), 9 paku keling
10. 0,633 m<sup>2</sup> (660 mm × 958 mm), sudut 2,64 m, 80 paku keling
11. 19,6 m

12. Jumlah dan diameter kabel (mm) 1/1.13 1/1.78 7/0.85 7/1.35 7/2.14

Nominal c.s.a. (mm <sup>2</sup> )	1	2.5	4	10	25
-----------------------------------	---	-----	---	----	----

- 13.

13. Diameter kabel nominal dan keseluruhan (mm)	2.9	3.8	6.2	7.3	12.0
Luas penampang keseluruhan nominal (mm)	6.6	11.3	30.2	41.9	113

14. (a) 133 mm<sup>2</sup>, (b) 380 mm<sup>2</sup>, (c) 660 mm<sup>2</sup>

15. Ukuran kabel Jumlah kabel pvc yang diizinkan dalam ukuran trunking (mm)

50 × 37,5 75 × 50 75 × 75

16 mm <sup>2</sup>	20	40	60
25 mm <sup>2</sup>	13	27	40
50 mm <sup>2</sup>	8	15	22

16. 75 mm × 50 mm atau 100 mm × 37,5 mm

17. 8036 mm<sup>2</sup> (sekitar 90 mm × 90 mm) gunakan 100 mm × 100 mm

18. (c)

19. (b)

20. Batang 75 mm × 75 mm

21. 19 pasang dapat ditambahkan

22. Saluran 25 mm, tarik kotak setelah tikungan kedua

23. (a) saluran 32 mm, (b) ada ruangan yang memadai tetapi perhitungan ulang peringkat kabel baru dan yang ada akan diperlukan

24. (a) trunking 50 mm × 50 mm atau 75 mm × 38 mm, (b) saluran 32 mm, (c) dapat terjadi kesulitan saat memanjang dari stop-end trunking 75 mm × 38 mm

#### Latihan 4

- 3.21 detik
- 20 detik (2 menit)
- 3.870 C

#### Latihan 5

- (a) 106Ω ,                      (b) 12,5 Ω ,                      (c) 24 Ω ,                      (d) 1.965 Ω ,

(e) 154.94 Ω ,                      (f) 346.2 Ω ,                      (g) 59.3k Ω ,                      (h) 2 290 000 Ω ,

(i) 0.0997 Ω ,                      (j) 57425μ Ω
- (a) 22 Ω ,                      (b) 2.35 Ω ,                      (c) 1.75 Ω ,                      (d) 2.71 Ω ,

(e) 1.66 Ω ,                      (f) 13.42 Ω ,                      (g) 6.53 Ω ,                      (h) 1805 Ω ,

(i) 499 635μ Ω ,                      (j) 0.061M Ω
- 3.36 Ω
- 21.1 Ω
- 9
- 533 Ω , 19
- 133,6 Ω , 30,4 Ω
- 2.76 Ω
- (c)

10. (d)  
 11. (b)  
 12. (b)

### Latihan 6

1. (a)  $176 \Omega$  , (b)  $1.5876 \Omega$  , (c)  $3.9476 \Omega$  , (d)  $1.8976 \Omega$  ,  
 (e)  $2.2676 \Omega$  , (f)  $11.776 \Omega$  , (g)  $676 \Omega$  , (h)  $576 \Omega$  ,  
 (i)  $1076 \Omega$
2. (a)  $1676 \Omega$  , (b)  $6.6776 \Omega$  , (c)  $7.276 \Omega$  , (d)  $676 \Omega$  ,  
 (e)  $4276 \Omega$  , (f)  $200076 \Omega$  , (g)  $30076 \Omega$  , (h)  $37.576 \Omega$  ,  
 (i)  $3876 \Omega$  , (j)  $17.376 \Omega$
3. (a)  $2.13A$  , (b)  $8.52A$
4. (a)  $4.2V$  , (b)  $3.53A, 26.4A$
5.  $0,125 \Omega$
6.  $25 A, 24,4 A, 21,6 A$
7.  $10.9 \Omega$
8.  $40 A, 30 A$
9.  $20 A$
10.  $0,1 \Omega$
11. (a)  $0,009 \text{ } 23 \Omega$  , (b)  $1.2V$  , (c)  $66.7A, 50A, 13.3A$
12. (a)  $I_A = I_B = I_D = 2,5 A, I_C = 6,67 A$  ,  
 (b)  $9,17 A$  ,  
 (c)  $U_A = 10 V, U_B = 12,5 V, U_C = 40 V, U_D = 17,5 V$  ,  
 (d)  $9,4 A$
13. (d)
14. (a)
15.  $0,365 \Omega$
16.  $24 V, 12.4 V$
17. (a)  $0,0145 \Omega$  ,  
 (b)  $400 A$
18.  $141 A, 109 A$
19.  $0.137 \Omega$
20.  $971 \Omega$
21. (a)  $152 A, 121 A, 227 A$  , (b)  $1,82 V$  , (c)  $1,82 V$
22. (b)
23. (b)

**Latihan 7**

1. (a)  $3,6 \Omega$  ,  
(b)  $5 \Omega$  ,  
(c) 4 A dalam resistansi  $9 \Omega$  , 6 A dalam resistansi  $6 \Omega$  , 10 A dalam resistansi  $1,4 \Omega$
2. (a)  $2 \Omega$  ,  
(b) 12 V
3.  $2.25 \Omega$
4.  $2.86 \Omega$
5. (a)  $5,43 \Omega$  , (b) 3,68 A
6. 26.2 V
7. 0,703 A dalam resistansi  $7 \Omega$  , 0,547 A dalam resistansi  $9 \Omega$
8.  $11,7 \Omega$
9. 0,174 A, 0,145 A, 50,6 W
10.  $37,73 \Omega$
11.  $25.4 \Omega$
12. (a) 20,31 A, (b)  $0,23 \Omega$  , (c) 2,64 kW
13. 216.3 V, 213.37 V
14. (a)  $5 \Omega$  , (b)  $I_A = 3 \text{ A}$  ,  $I_B = 12 \text{ A}$  ,  $I_C = 15 \text{ A}$
15.  $6 \Omega$
16. (a) 20 A, (b)  $2 \Omega$  , (c) 56 A
17. 2.96 V
18. 4.25 V
19. 6.96 V
20.  $0,0306 \Omega$
21. (a) 1,09 A, 0,78 A, (b) 5,44 V, (c) 1,05 W
22. (a) 4,37 V, (b) 0,955 W, 0,637 W
23. 88,7 V
24. 107 V
25. 117 V, 136 W, 272 W
26.  $2.59 \Omega$
27. (a) 4,4 , (b) 15,9 V, (c) 1,72
28. (b)
29. (d)
30. (a)



6. 203 W
7. (a) 18,75 A, (b) 20,45 A
8. 748 W
9. 6 A
10. 13,04 A
11. 633 W
12. 0,2 A, 23 W
13. 17.4 A
14. (a) 6,413 kW, (b) 83,7 W, (c) 222 V
15. 29.2  $\Omega$
16. (a) 460 V, (b) 7,05 kW, (c) 76,9 W
17. (a) 62,1 W, 70,9 W, (b) 286 W, 250 W
18. 453 W, 315 W
19. 40,5 V, 0,78 , 750 W
20. (a) 434 V, (b) 15,6 kW, (c) 216 W, (d) 433 V
21. (c)
22. (b)
23. (c)
24. (a)

### Latihan 10

1.

Daya (W)	1500	200	1800	1440	1000	2640	100	42.25
Saat ini (A)	10	5	15	12	4.2	11.49	0.42	1.3
Resistansi ( $\Omega$ )	15	8	8	10	56.7	20	567	25

2. 130 W
3. 29,4 W
4. 5 A
5. 1,73 kW
6. 576  $\Omega$
7. (a) 6,21 V, (b) 71,4 W
8. 530 W
9. 20 A
10. 59,4 W
11. 125  $\Omega$
12. 63,4 W
13. 419 W
14. 0,248 W
15. 0,8 A

**Latihan 11**

1. 72W
2. 130  $\Omega$
3. 4  $\Omega$
4. 120 V
- 5.

Daya (W)	128	100	60	125	768	1800	42.24	36
Tegangan (A)	80	240	250	50	240	220	3.5	12
Resistansi ( $\Omega$ )	50	576	1042	20	75	26.9	0.29	4

6. 15 V
7. 557 W
8. 52,9  $\Omega$
9. 170 W
10. 161  $\Omega$
11. (a) 28,8  $\Omega$  ,                      (b) 19,2  $\Omega$  ,                      (c) 16,5  $\Omega$  ,                      (d) 128  $\Omega$  ,  
       (e) 960  $\Omega$  ,                      (f) 8,23  $\Omega$  ,                      (g) 576  $\Omega$  ,                      (h) 38,4  $\Omega$  ,  
       (i) 76,8  $\Omega$  ,                      (j) 14,4  $\Omega$  ,
12. 79,1 V
13. 4.19 A
14. (a) 0,149 A,    (b) 29,8 W
15. 115  $\Omega$  , 28,8  $\Omega$  , 500 W, 2000 W
16. 19 A, 126 W, 81 A, 538 W
17. 750 W, 3000 W
- 18.

Daya (W)	25.6	250	360	400	600	960
Arus (A)	0.8	2.5	3	3.15	3.87	4.9
Resistensi ( $\Omega$ )	40	40	40	40.3	40	40

19. (a) Kira-kira 550 W,    (b) 4,4 A kira-kira.
- 20.

Daya (W)	3000	2000	1661	750	420	180
Tegangan (V)	240	200	180	120	89.6	58.8
Resistensi ( $\Omega$ )	19.2	20	19.5	19.2	19.1	19.2

21. (a) 175 V,                      (b) kira-kira 3200 W.
22. (d)
23. (b)
24. (d)
25. (c)

**Latihan 12**

1. 210 Nm
2. 208 N
- 3.

$F$ (N)	85	41.7	0.25	6.5	182
$l$ (m)	0.35	1.2	0.6	0.125	2.75
$M$ (Nm)	29.8	50	0.15	0.813	500

4. 66 N
5. 0,3 m
6. 37,5 J
7. 20 m
8. 20.000 J
9. 306 400 J
10. (a) 11,5 mJ, (b) 2,5 mW
11. 144 W
12. Jarak antara usaha dan poros (m)    1    1,5    1,25    0,6    1,8  
 Jarak antara beban dan poros (m)    0,125    0,3    0,15    0,1    0,2  
 Beban (kgf)    160    200    416,5    390    225  
 Usaha (kgf)    20    40    50    65    25  
 Rasio gaya    8    5    8,33    6    9
13. Beban yang akan diangkat (kgf)    250    320    420    180    500  
 Upaya yang dibutuhkan (kgf) 125    150    75    80    214.3  
 Tinggi vertikal (m)    3    4    0.89    2.4    1.8  
 Panjang bidang miring (m)    6    8.53    5    5.4    4.2
14. (a) 2,55 kgf,    (b) 2160 kgf,    (c) 0,424 m
15. Jari-jari roda R (cm)    25    16    20    17,5    30  
 Jari-jari poros r (cm)    8    6,5    6    8,5    8,5  
 Beban (kgf)    200    185    255    150    175  
 Usaha (kgf)    64    75    76,5    72,9    49,6
16. (b) 137,5 kgf,    (c) 91,7 kgf,    (d) 68,8 kgf
17. (b) 170 kgf,    (c) 255 kgf,    (d) 340 kgf
18. 70,3 kgf
19. (a) 184 W,    (b) 245 W,    (c)  $882 \times 10^3$  J
20. 88,9%
21. (a) 6,1 A,    (b) 38,1 A,    (c) 13,5 A,    (d) 21,3 A,  
 (e) 58,3 A
22. 1.19 A
23. 12.58 p
24. (a) 4,57 A,    (b) 15,35p,    (c)  $1,36 \text{ mm}^2$  ( $1,5 \text{ mm}^2$ )

25. 13,2 kW(15 kW), 28,7 A
26. (a) 3,74 V
27. 2,892 kW, 14,8 A
28. (c)
29. (b)
30. (c)

### Latihan 13

1. (a) 1.25mWb, (b) 0,795
- 2.

Wb	0.025	0.035	0.059	0.74	0.85
mWb	25	35	59.5	740	850
Wb	25 000	35 000	59 500	740 000	850 000

3. 0,0688 Wb
4. 0,792 T
5. 0,943 mWb
6. 1.919 N
7. 0,778 T
- 8.

Kerapatan fluks (T)	0.95	0.296	1.2	0.56	0.706
Panjang konduktor (m)	0.035	0.12	0.3	0.071	0.5
Saat ini (A)	1.5	4.5	33.3	0.5	85
Angkatan (N)	0.05	0.16	12	0.02	30

9. 0,08 V
10. 2,56 m/s
11. 180 V
12. 102 V
13. 6,5 V
14. 0,15 V
15. 100 H
16. 1,75 H
17. 50 V
18. 66,7 A/s
19. 30 H
20. 80 V
21. (a)
22. (c)
23. (b)

24. (c)

25. (a)

26. (c)

27. (d)

**Latihan 14**

1. 3,96 V

2. 36,05 V

3. 59.1 A

4. 81,51 A

5. (a) 2,764 V (b) 227,23 V

6. (a) 45 A (b) 3,97 (c) 16 mm<sup>2</sup>**Latihan 15**

1.

U (volts)	10	20	30	40	50
I (amperes)	1	2	3	4	5
R (ohms)	10	10	10	10	10

2. 36 V

3.

U (volts)	240	240	240	240	240
I (amperes)	12	6	4	3	2.4
R (ohms)	20	40	60	80	100

4. 3 A, 23  $\Omega$ 

5.

V (volts)	100	100	96	56	96	132	84	144	121	63
I (amperes)	10	10	12	7	8	12	7	12	11	9
R (ohms)	10	10	8	8	12	11	12	12	11	7

6.

I (amperes)	100	10	0.1	0.1	100	0.01	0.1	200	100	0.1
R (ohms)	1000	0.1	0.1	1000	0.1	2000	2000	0.01	0.1	1000
V (volts)	10000	1	0.01	100	10	20	200	2	1	100

7. R (ohm)      480      14      500      16      110      0,07      12      500      0,75      15  
           I (ampere)   0,5      15      0,05      6      1,2      0,9      0,7      0,2      8      8  
           U (volt)    240      210      25      96      132      0,063      8,4      100      6      120

8. 2.041 V

9. (a)  $0,33 \Omega$ , (b)  $0,17 \Omega$ , (c)  $0,12 \Omega$  (d)  $0,7 \Omega$ , (e)  $0,045 \Omega$
10. 11 A
11. Bagian SA 2.916 V, bagian AB 4.253 V, bagian AC 2.322 V volt pada A = 47,08 V, volt pada B = 42,83 V, volt pada C = 40,51 V
- 12.
- |                           |   |    |    |    |     |
|---------------------------|---|----|----|----|-----|
| Nilai saat ini (A)        | 5 | 15 | 30 | 60 | 100 |
| Arus sekering minimum (A) | 7 | 21 | 42 | 84 | 140 |
- 13.
- |                           |   |    |    |    |     |
|---------------------------|---|----|----|----|-----|
| Nilai saat ini (A)        | 5 | 15 | 30 | 60 | 100 |
| Arus sekering minimum (A) | 6 | 18 | 36 | 72 | 120 |
14. (a) 0 (sekering putus), (b) 216,48 V, (c) 15,33 V, (d) 18,4 V,  
(e) 184 V, (f) 191,6 V
15. (b)
16. (c)
17. (c)
18. (a)

### Latihan 16

- (a) £12,20, (b) £207,40
- (a) £1,32, (b) £322,95
- (a) £2,83, (b) £467
- £100.11
- £63,45
- £268.08
- £535,04
- (a) £1939,87, (b) £2230,85
- £188,25
- £672,25
- (a) £97,90, (b) £349,98
- (a) (i) £427,73, (ii) 74,85,  
(b) (i) £531,72, (ii) £93,05,  
(c) (i) £1221,66, (ii) 213,70,  
(d) (i) £62,87, (ii) £11.00
- (a) £558,51, (b) £625,81, (c) £762,07, (d) £872,57,  
(e) £2787,85
- (c)
- (b)

**Latihan 17**

- |                               |     |     |     |     |     |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1. Volt yang diterapkan       | 50  | 60  | 25  | 80  | 45  |
| Kapasitansi ( $\mu\text{F}$ ) | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 0.8 |
| Muatan ( $\mu\text{C}$ )      | 10  | 18  | 10  | 48  | 36  |
- 
2. (a) 1,88 F,                      (b) 450 C,                      (c) 150 V, 90 V,                      (d) 0,34 J, 0,02 J
3. 8 F, 2,4 F
4. 60 F
5. (a) 3,7 F, 111 V, 74 V, 56 V,                      (b) 36 F, 240 V
6. 30 F
7. (b)
8. (a)
9. (c)

## PERTANYAAN DAN JAWABAN TAMBAHAN

1. Saat bekerja di area yang sangat berdebu, manakah di bawah ini yang tidak memberikan tingkat perlindungan yang baik?
  - A. Alat bantu pernafasan
  - B. Respirator daya tekanan positif
  - C. Masker debu
  - D. Helm pernapasan maskapai terkompresi
  
2. Merupakan kewajiban semua karyawan untuk
  - A. Menyenggarakan kuliah keselamatan
  - B. Lakukan praktik kerja yang aman
  - C. Sediakan peralatan keselamatan yang sesuai
  - D. Melaksanakan perbaikan peralatan yang rusak
  
3. Dalam situasi apa pemberitahuan peningkatan HSE dapat dikeluarkan?
  - A. Ketika dibutuhkan oleh seorang arsitek
  - B. Ketika persyaratan hukum belum terpenuhi
  - C. Bila diperlukan oleh petugas gedung
  - D. Setelah kecelakaan
  
4. Metode yang memuaskan untuk menginstruksikan klien dalam penggunaan dan pemeliharaan peralatan listrik dalam instalasi adalah untuk:
  - A. Tinggalkan instruksi pabrik di situs
  - B. Menyediakan manual operasi dan pemeliharaan
  - C. Berikan instruksi lisan sambil menyerahkan instalasi
  - D. Tinggalkan katalog produsen
  
5. Tangga tidak boleh dicat karena
  - A. Catnya mungkin salah warna
  - B. Perlu pengecatan ulang setelah digunakan
  - C. Cat akan membuat anak tangga menjadi licin
  - D. Cat dapat menutupi kerusakan pada tangga
  
6. Bahan yang dikirim ke lokasi harus diperiksa sesuai dengan pesanan asli dan
  - A. Lembar waktu
  - B. Variasi urutan
  - C. Catatan pengiriman

- D. Bill of quantity
7. Alasan utama pentingnya tata graha yang baik di tempat kerja adalah untuk
- A. A.memperbaiki lingkungan
  - B. menyajikan penampilan yang baik
  - C. menjaga alat dan perlengkapan tetap berguna
  - D. D.mencegah kecelakaan
8. Ketika suatu pekerjaan selesai, setiap kelebihan bahan harus
- A. Dijual sebagai skrap
  - B. Ditempatkan ke dalam lompatan
  - C. Ditinggalkan di lokasi
  - D. Kembali ke toko
9. Untuk melindungi dari benda jatuh, penting untuk digunakan
- A. Kacamata
  - B. Helm pengaman
  - C. Sarung Tangan
  - D. Pakaian visibilitas tinggi
10. Peraturan perundang-undangan
- A. Nyatakan praktik yang baik
  - B. Harus dipatuhi
  - C. Nyatakan prosedur yang aman
  - D. Mencegah kecelakaan di tempat kerja
11. Manakah dari berikut ini yang biasanya tidak dianggap sebagai bagian dari penilaian risiko?
- A. Ruang tertutup
  - B. Bekerja di ketinggian
  - C. Pengiriman bahan
  - D. Penanganan manual
12. Metode yang benar untuk memeriksa apakah suatu sirkuit aman untuk dikerjakan adalah dengan:
- A. Lacak sirkuit dan tarik sekeringnya
  - B. Hubungkan alat dan uji operasi
  - C. Hubungkan lampu uji yang disetujui antara setiap konduktor dan pembumian
  - D. Matikan suplai utama ke instalasi

13. Tangga yang digunakan untuk akses ke scaffolding harus:
- A. Atur pada rasio 6 hingga 1 keluar
  - B. Diamankan ke perancah
  - C. Ditetapkan pada sudut  $65^\circ$
  - D. Perpanjang di atas platform perancah sebesar 0,43 m
14. Tali pengaman akan dipakai saat bekerja
- A. Dalam ruang terbatas
  - B. Dengan alat pengangkat
  - C. Sendirian
  - D. Di atas tanah
15. SWL yang tertera pada alat angkat menunjukkan:
- A. Beban kerja yang ditentukan
  - B. Beban kerja situs
  - C. Beban kerja yang aman
  - D. Beban kerja standar
16. Sangat penting bahwa area kerja dibiarkan dalam kondisi rapi dan bersih karena
- A. Menyediakan lingkungan yang aman
  - B. Mengurangi biaya
  - C. Menghemat bahan
  - D. Memungkinkan akses yang lebih baik
17. Majikan harus menyediakan alat pelindung diri
- A. Ketika diperlukan untuk mengendalikan risiko atau bahaya
  - B. Jika pernyataan metode memerlukannya
  - C. Ketika kontraktor utama menentukannya
  - D. Setiap tiga bulan
18. Pemberitahuan peringatan harus dipasang untuk semua
- A. Peralatan yang tidak dibumikan
  - B. Motor listrik dengan rating di atas 0,37 kW
  - C. Setiap peralatan listrik yang mempunyai tegangan di atas 250 volt dimana tegangan tersebut tidak diharapkan secara normal
  - D. Di mana isolator tidak dapat dilihat oleh orang yang bekerja di dekatnya

19. Stopkontak 13A yang memasok peralatan portabel di luar ruangan harus dilindungi oleh RCD dengan peringkat arus trip
- A. A.100 mA
  - B. B.500 mA
  - C. C.0,3 A
  - D. D.0.03 A
20. Proteksi terhadap arus lebih disediakan oleh:
- A. Sekering atau pemutus sirkuit dengan jenis dan ukuran yang benar
  - B. Ikatan pelindung
  - C. Rcd's
  - D. Menggunakan kabel besar
21. Perawatan alat pelindung diri (APD) menjadi tanggung jawab
- A. majikan
  - B. petugas keamanan
  - C. C.petugas toko
  - D. D.karyawan
22. 'Dalam' adalah simbol yang digunakan untuk menunjukkan
- A. Desain saat ini
  - B. Arus operasi sekering
  - C. Peringkat nominal perangkat pelindung
  - D. Peringkat kabel saat ini
23. Dalam rangkaian induktif murni, arus akan
- A. Pimpin tegangan sebesar  $90^\circ$
  - B. Tingkatkan
  - C. Menunda tegangan sebesar  $90^\circ$
  - D. memimpin tegangan
24. Sebuah tembok dengan panjang 3 meter harus digambarkan pada sebuah gambar dengan skala 1:50. Berapa panjang dinding yang akan ditampilkan pada gambar?
- A. A.3.5 cm
  - B. B.3,0 cm
  - C. C.6.0 cm
  - D. D.9.0 cm

25. Dalam motor DC, medan magnet stasioner yang konstan akan ditemukan di konduktor yang terhubung ke
- A. stator
  - B. kuk
  - C. Armatur
  - D. Spindel
26. Undang-undang Kesehatan dan Keselamatan di Tempat Kerja dll 1974
- A. hanya untuk panduan karyawan
  - B. adalah untuk bimbingan pengusaha dan karyawan
  - C. menentukan tugas karyawan saja
  - D. menetapkan tugas pengusaha dan pekerja
27. Setiap set belitan pada generator 3 fasa dipisahkan oleh:
- A. A.120
  - B. B.90
  - C. C.360
  - D. D.180
28. Kekuatan semu dinyatakan sebagai
- A. kVA
  - B. kW
  - C. C.kVA
  - D. kWh
29. Arus desain suatu rangkaian adalah
- A. Peringkat perangkat pelindung
  - B. Arus minimum yang harus dibawa selama layanan normal
  - C. Arus yang dimaksudkan untuk dibawa selama pelayanan normal
  - D. Daya dukung arus dari rangkaian
30. Fungsi utama transformator adalah untuk
- A. Kurangi arus
  - B. Ubah tegangan
  - C. Ubah frekuensi
  - D. Mengurangi biaya
31. Manakah dari berikut ini yang bukan merupakan dokumen hukum?
- A. Peraturan Pengkabelan IEE BS7671: 2001

- B. Peraturan Penyediaan Tenaga Listrik 1989
  - C. Ketenagalistrikan pada Peraturan Kerja 1989
  - D. Kesehatan dan Keselamatan Kerja dll. UU 1974
32. Tanda yang secara hukum mewajibkan pemakaian perlengkapan keselamatan pribadi adalah tulisan putih dengan latar belakang
- A. Merah
  - B. Biru
  - C. Hijau
  - D. Kuning
33. Dalam sirkit tiga fasa empat kawat, penghantar netral tidak akan mengalirkan arus jika impedansi tiga beban adalah:
- A. Berbeda
  - B. Tidak Seimbang
  - C. Setara
  - D. Induktif
34. Warna kabel dalam rangkaian tiga fasa dan netral harus
- A. Merah/kuning/biru dan hitam
  - B. Coklat/hitam/biru dan abu-abu
  - C. Hitam/biru/abu-abu dan coklat
  - D. Coklat/hitam/abu-abu dan biru
35. Manakah dari komponen berikut ini yang bukan bagian dari a d.c. motor
- A. stator
  - B. Kuas
  - C. Armatur
  - D. Komutator
36. Fasilitas pertolongan pertama dilambangkan dengan a
- A. palang merah dengan latar belakang putih
  - B. salib hijau dengan latar belakang putih
  - C. salib putih dengan latar belakang hitam
  - D. salib putih dengan latar belakang hijau
37. Peraturan perkabelan IEE mensyaratkan bahwa perlindungan kelebihan beban disediakan untuk semua motor dengan peringkat lebih dari
- A. 1 kW

- B. 1,37 kW
  - C. C.0,37 kW
  - D. D.1,25 kW
38. Jenis APAR yang paling cocok untuk digunakan pada kebakaran minyak adalah
- A. Busa
  - B. Serbuk kering
  - C. C.CO2
  - D. Air
39. Kecepatan putaran medan magnet pada motor listrik dikenal sebagai
- A. Kecepatan putaran
  - B. Kecepatan sinkron
  - C. C.Kecepatan tertinggi
  - D. Kecepatan rotor
40. Saat menemukan seseorang yang kontak dengan konduktor hidup, tindakan PERTAMA adalah:
- A. Tarik orang tersebut menjauh dari sumber suplai
  - B. Matikan suplai
  - C. Terapkan resusitasi mulut ke mulut
  - D. Kirimkan ambulans
41. Sebuah motor terhubung bintang memiliki tegangan saluran 600 V, tegangan fasa akan
- A. A.400 V
  - B. B.230 V
  - C. C.600 V
  - D. D.900 V
42. Selama penanganan baterai, asam sulfat secara tidak sengaja tumpah ke tangan seseorang. Pertolongan pertama yang segera dilakukan adalah
- A. Oleskan antiseptik
  - B. Pergi ke dokter
  - C. Cuci tangan dengan air mengalir
  - D. Oleskan mentega
43. Sistem terhubung delta memiliki tegangan saluran 600 V berapa tegangan fasanya?
- A. A.1039 V
  - B. 577 V

- C. C.346 V
- D. D.200 V

44. Impedansi loop bumi dari suatu rangkaian dapat dihitung dengan:

- A.  $Z_s = R_1 + R_2 Z_e$
- B.  $Z_s = Z_e + (R_1 + R_2)$
- C.  $Z_s = Z_e (R_1 + R_2)$
- D.  $Z_s = R_1 + R_2 + X_2$

45. Terjadi kecelakaan, yang penyebabnya ditemukan pada peralatan yang rusak. Tindakan yang akan dilakukan adalah

- A. Lepaskan peralatan dan lakukan perbaikan yang diperlukan
- B. Pertahankan peralatan dalam keadaan aslinya untuk diperiksa oleh Inspektorat Kesehatan dan Keselamatan
- C. Cegah penggunaan peralatan dengan membongkarnya
- D. Kembalikan peralatan ke pabrik untuk laporan

46. Ketika sekering BS 1361 diganti dengan sekering BS 3036 yang dapat di-rewirable, hal itu mungkin memiliki efek

- A. Mengurangi arus rangkaian
- B. Menyebabkan kabel berada di bawah terlindung
- C. Meningkatkan  $Z_s$  dari sirkuit
- D. Meningkatkan arus beban

47. Impedansi loop gangguan pembumian yang tinggi dapat mengakibatkan

- A. Arus hubung singkat mungkin tidak mengoperasikan perangkat pelindung
- B. Kabel rusak sebelum perangkat pelindung beroperasi
- C. Harus meningkatkan peringkat arus gangguan perangkat pelindung
- D. Perangkat pelindung beroperasi lebih cepat dari yang dibutuhkan

48. Badan utama yang mewakili pengusaha di sektor elektroteknik adalah

- A. JIB
- B. BAGUS
- C. NAPIT
- D. IET

49. Ikatan pelindung akan

- A. Pastikan pengoperasian perangkat pelindung yang benar
- B. Mencegah listrik statis

- C. Mengurangi risiko sengatan listrik
  - D. Kurangi waktu pemutusan
50. Saat menggunakan tangga, berikut ini yang bukan merupakan bagian dari prosedur pemeriksaan peralatan:
- A. Periksa stiles yang rusak
  - B. Periksa anak tangga yang hilang
  - C. Cari cacat apapun
  - D. Periksa apakah tangga diberi nomor
51. Urutan kontrol untuk instalasi besar PALING hanya dapat ditunjukkan oleh a
- A. Diagram pengkabelan
  - B. Tata letak diagram
  - C. Diagram sirkuit
  - D. Diagram Bok
52. Tender untuk melamar pekerjaan biasanya diselesaikan oleh:
- A. Insinyur desain
  - B. Penaksir
  - C. Tukang listrik situs
  - D. Pengawas
53. Kode warna untuk pemadam jenis bubuk adalah
- A. Hijau
  - B. Biru
  - C. Hitam
  - D. Krim
54. Bila isolator motor tidak berdekatan dengan motor, isolator harus berada
- A. bernomor
  - B. Ditempatkan 1200 mm dari tanah
  - C. Mampu dikunci
  - D. Dicat dengan warna cerah
55. Ketinggian kerja maksimum yang diizinkan dari perancah menara adalah
- A. kali lebar alasnya
  - B. 2 kali lebar alasnya
  - C. 3,5 kali lebar alasnya
  - D. 2,5 kali lebar alasnya

56. Bantuan mekanis harus digunakan ketika hendak mengangkat benda yang lebih besar dari
- A. A.35 kg
  - B. B.25 kg
  - C. C.20 kg
  - D. D.15 kg
57. Alasan menggunakan tegangan tinggi untuk transmisi adalah untuk
- A. Meningkatkan arus transmisi
  - B. Kurangi resistansi kabel
  - C. Kurangi arus transmisi
  - D. Tingkatkan kecepatan transmisi
58. Dalam rangkaian resistif dan kapasitif gabungan arus
- A. Memimpin tegangan antara 0 dan 90 derajat
  - B. Menunda tegangan antara 0 dan 90 derajat
  - C. Memimpin tegangan sebesar 90 derajat
  - D. Menunda tegangan hingga 90 derajat
59. Alat pelindung berada dalam sirkit untuk
- A. Tunjukkan saat sirkit mati
  - B. Hindari kerusakan mekanis pada peralatan
  - C. Putuskan hubungan sirkit dalam kondisi gangguan
  - D. Putuskan sambungan sirkit secara bertahap
60. Tujuan utama dari gambar 'sebagai pas' adalah untuk membentuk bagian dari
- A. Dokumentasi biaya
  - B. Diagram jaringan
  - C. Jadwal kuliah kerja
  - D. Catatan pekerjaan
61. Bekerja pada sirkit hanya boleh dilanjutkan jika
- A. Mandor situs memberikan izin
  - B. Sirkit terisolasi dan terbukti mati
  - C. Alat terisolasi tersedia
  - D. Orang yang memenuhi syarat memberikan izin
62. Kode IP menunjukkan bagaimana enklosur dapat melindungi dari

- A. Hama
  - B. Korosi
  - C. Ledakan
  - D. Benda padat asing dan kelembaban
63. Tindakan PERTAMA yang harus dilakukan ketika berhadapan dengan kebakaran listrik adalah 6
- A. Minta bantuan
  - B. Tekan 999
  - C. Gunakan alat pemadam kebakaran
  - D. Isolasi pasokan listrik
64. Pembumian dan pengikatan bersama-sama dengan pengoperasian perangkat pelindung yang benar, akan
- A. Hilangkan semua kemungkinan kesalahan
  - B. Cegah kontak langsung
  - C. Secara signifikan mengurangi risiko sengatan listrik
  - D. Menghentikan kelebihan beban sirkuit
65. Untuk memeriksa keberadaan tegangan rendah, gunakan
- A. Indikator tegangan yang disetujui untuk GS38
  - B. Voltstick
  - C. Sentuhan ringan dengan jari basah
  - D. Obeng neon
66. Sebelum pengkabelan baru disambungkan ke sistem yang ada, harus ditetapkan bahwa:
- A. Perusahaan listrik dikonsultasikan
  - B. Semua kabel kurang dari 10 tahun
  - C. Sistem yang ada aman dan dapat mengakomodasi yang baru
  - D. Persetujuan pemilik diperoleh
67. Kabel yang disambungkan ke terminal dari stopkontak akhir cincin ke unit sambungan sekering dikenal sebagai
- A. Taji yang menyatu
  - B. Sirkuit radial
  - C. Sebuah loop di sirkuit
  - D. Taji yang tidak menyatu

68. Metode yang diakui untuk menyimpan banyak informasi teknis dalam ruang terbatas untuk tujuan perekaman adalah dengan:
- A. Pengajuan
  - B. Reprografi
  - C. Gambar
  - D. Mikrofilm
69. Hasil tes impedansi loop bumi akan menunjukkan:
- A. Bahwa soket dilingkarkan dengan benar
  - B. Polaritas yang benar antara netral dan bumi
  - C. Jika perangkat pelindung sirkuit akan beroperasi cukup cepat
  - D. Koneksi peralatan yang benar
70. Tegangan rendah berada dalam kisaran
- A. 0 V hingga 50 V
  - B. 50 V hingga 1000 V
  - C. 12 V sampai 50 V
  - D. 1000 V hingga 1500 V
71. Inti trafo digunakan untuk menyediakan a
- A. Sambungan umum untuk belitan transformator
  - B. Medan magnet berkurang
  - C. Sirkuit magnetik untuk hubungan fluks
  - D. Efek pendinginan untuk belitan
72. Peran manajer kontrak dalam perusahaan biasanya berada dalam
- A. Sekretariat Perusahaan
  - B. Bagian penjualan
  - C. Departemen Desain
  - D. Departemen periklanan
73. Manakah dari berikut ini yang digambarkan sebagai 'tindakan tidak aman' yang dapat menyebabkan kecelakaan?
- A. Akses yang buruk ke peralatan
  - B. Pencahayaan yang buruk
  - C. Penggunaan peralatan yang salah
  - D. Peralatan tidak terawat
74. Sumber utama simbol untuk digunakan dalam gambar listrik adalah

- A. A.BS 7671
  - B. Ketenagalistrikan pada Peraturan Kerja
  - C. Peraturan Penyediaan Tenaga Listrik
  - D. D.BS EN 60617
75. Sistem kerja yang aman adalah
- A. Memastikan standar kerja yang tinggi
  - B. Memastikan bahwa pekerjaan dilakukan dengan benar
  - C. Penilaian risiko
  - D. Cara kerja yang mempertimbangkan potensi bahaya bagi karyawan dan orang lain
76. Petunjuk pemasangan untuk suatu komponen biasanya dapat ditemukan di
- A. Standar Inggris
  - B. Data pabrikan
  - C. Kode Praktik
  - D. D.BS 7671
77. Tujuan utama dari diagram rangkaian adalah untuk menunjukkan bagaimana sistem kelistrikan
- A. Akan berfungsi
  - B. Dapat diberi harga
  - C. Harus terhubung
  - D. Harus ditempatkan
78. Gambar lokasi menunjukkan rute yang diusulkan untuk kabel, jika skala 1:50 dan panjang rute pada gambar adalah 85mm, panjang kabel akan
- A. A.4.25 m
  - B. B.17 m
  - C. C.42,5 m
  - D. D.58,9 m
79. Manakah dari jenis informasi berikut yang TIDAK diperlukan saat menyusun spesifikasi?
- A. Kebutuhan klien
  - B. Lokasi peralatan
  - C. Jadwal hasil tes
  - D. Permintaan maksimum

80. Tujuan utama dari data pabrikan adalah untuk menyediakan informasi pemasangan dan

- A. Spesifikasi teknis
- B. Nama produsen
- C. Daftar produk lainnya
- D. Tanggal produksi

**Jawaban**

1.	C	21.	D	41.	C	61.	B
2.	B	22.	C	42.	C	62.	A
3.	B	23.	C	43.	C	63.	D
4.	B	24.	C	44.	B	64.	C
5.	D	25.	B	45.	B	65.	A
6.	C	26.	B	46.	B	66.	C
7.	D	27.	A	47.	B	67.	A
8.	D	28.	C	48.	A	68.	D
9.	B	29.	C	49.	C	69.	C
10.	B	30.	B	50.	D	70.	B
11.	D	31.	D	51.	D	71.	C
12.	C	32.	B	52.	B	72.	A
13.	B	33.	C	53.	B	73.	C
14.	D	34.	D	54.	C	74.	D
15.	C	35.	A	55.	A	75.	D
16.	A	36.	D	56.	C	76.	B
17.	A	37.	C	57.	C	77.	C
18.	C	38.	B	58.	C	78.	A
19.	D	39.	B	59.	C	79.	C
20.	A	40.	B	60.	D	80.	A

# Dasar Perhitungan Instalasi Listrik

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

## BIO DATA PENULIS



Penulis memiliki berbagai disiplin ilmu yang diperoleh dari Universitas (UNDIP) Semarang dan dari Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga (UKSW) Diponegoro 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. 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

ISBN 978-623-5734-02-6 (PDF)

