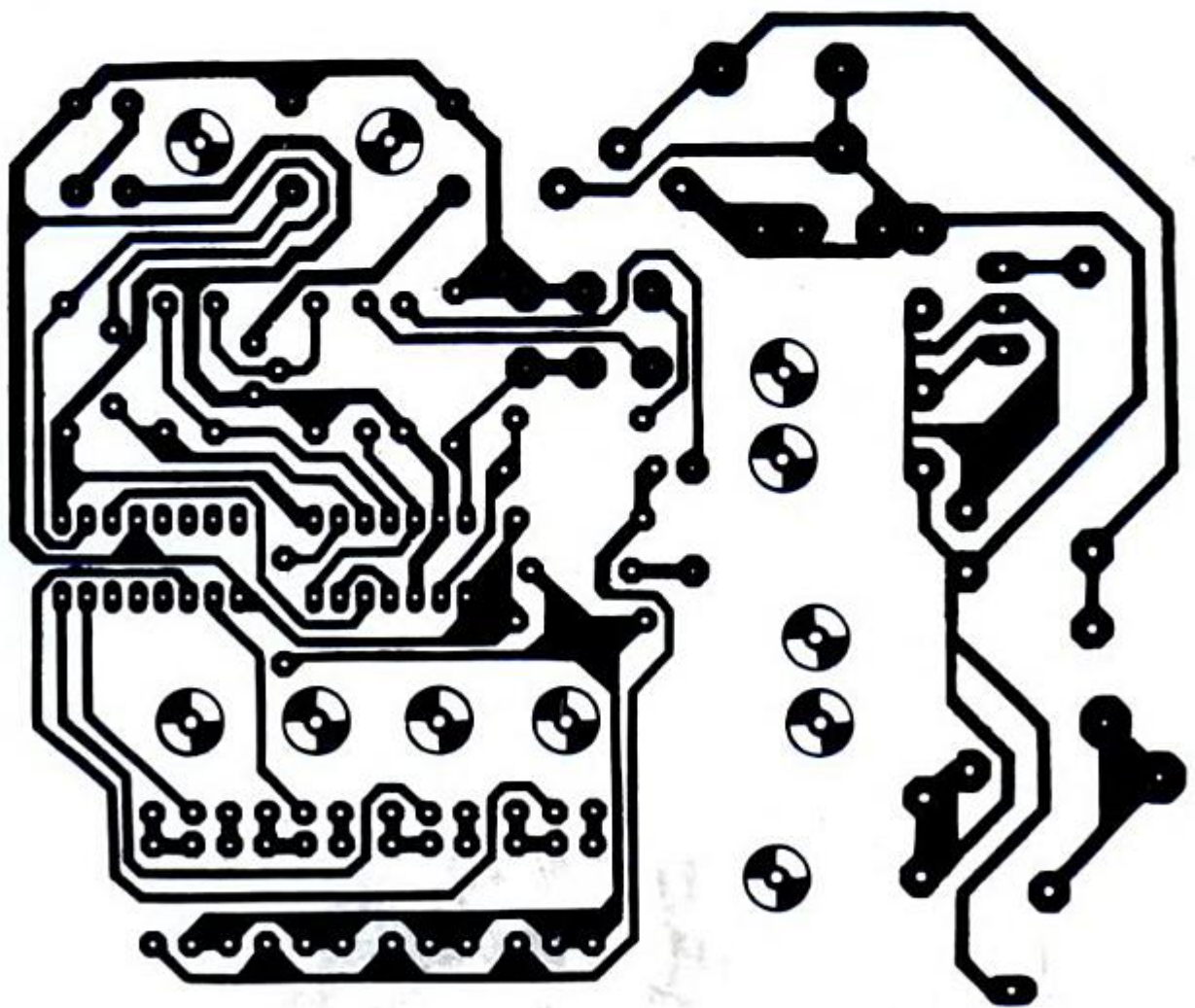


# Vademekum Elektronika

Edisi Kedua



**WASITO S.**

**VADEMEKUM ELEKTRONIKA**

Edisi Kedua

oleh Wasito S.

GM 209 84.006

© Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama

Jl. Palmerah Barat 33-37, Jakarta 10270

Disain sampul dan lay-out oleh Sofnir Ali

Diterbitkan pertama kali oleh

Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama,

anggota IKAPI, Jakarta, April 1984

Hak cipta dilindungi oleh Undang-undang.

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian  
atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

*Cetakan ketujuh: Maret 1994*

*Cetakan kedelapan: Juni 1995 (Edisi Kedua)*

*Cetakan kesembilan: Maret 2001*

*Cetakan kesepuluh: Januari 2004*

*Cetakan kesebelas: Agustus 2006*

ISBN 979-403-006-6

Dicetak oleh Percetakan PT Gramedia, Jakarta

---

Isi di luar tanggung jawab Percetakan

2. Baterai sekunder/aki	29
a. Aki asam-timbel	29
b. Baterai nikel-cadmium (NiCd)	29
c. Mengisi baterai NiCd	30
d. Baterai asam-belerang tersegel	31
3. Pencatu daya	31
a. Pencatu-daya takteregulasi (takdistabilkan)	31
b. Penyearahan paruh-gelombang	32
c. Dioda berderet	33
d. Dioda berjajar	34
e. Penyearahan gelombang penuh	34
f. Penyearahan gelombang penuh dengan jembatan dioda	35
g. Tapis penyearah	36
h. Ordo tapis dan kecuraman tapis	37
4. Penggandaan tegangan	38
5. Pencatu-daya teregulasi (distabilkan)	40
6. Penstabilan tegangan dengan dioda zener	40
7. Dioda2 zener berderet	42
8. Penstabilan tegangan dengan dioda zener dan pengikut emitor	42
9. Penstabilan tegangan yang lebih tinggi dari tegangan zener	44
10. Regulator tegangan 3-terminal bentuk IC	46
11. Menaikkan taraf tegangan yang distabilkan	47
12. Menstabilkan arus	48
13. Menaikkan kapasitas arus dari IC regulator	48
14. Pencatu-daya dengan regulator menswits ( <i>switching regulator</i> )	49
15. Proteksi catuan	50

### **3. PERLAWANAN/KEKALANG DC-AC** 51

3-1. Kelawanan	51
2. Pelawan ( <i>resistor</i> ) dan jenis-jenisnya	51
3. Peristilahan	54
4. Koda warna	56
5. Harga2 standar di pasaran	57
6. Pelawan2 khusus	57
7. Pelawan variabel/Potensiometer	58
a. Pembagi-tegangan variabel	58
b. Reostat	59
8. Thermistor ( <i>THERMal resISTOR</i> )	60
9. Varistor ( <i>VARIabel resISTOR</i> )	60
10. Pelawan berderet/Pembagi tegangan	61
a. <i>R</i> berderet	61
b. Bandingan tegangan-tegangan	62

c. $R$ besar sekali berderet dengan $R$ kecil sekali	63
11. Pelawan berjajar	64
a. Dua $R$ berjajar	64
b. Lebih dari dua $R$ berjajar	65
12. Pembagian arus	66
13. Kaitan antara GEM, $R_{in}$ , dan Tegangan-beban	66
14. Jembatan Wheatstone	67
15. Transformasi delta ( $\Delta$ ) ke bintang ( $Y$ )	68
a. Transformasi dari $T$ ke $\pi$	70
b. Transformasi dari $\pi$ ke $T$	70
16. Daya arus bolak-balik sinus dalam kalang bersifat Ohm	71
17. Asas-asas superposisi	71
a. Kegunaan	71
b. Teorema Thevenin	74
c. Transformasi sumber (Teorema Norton)	75
18. Pelawan dalam kalang frekwensi tinggi	76
19. Pelemah subal ( <i>Pad attenuator</i> )	77
a. Pelemah subal- $T$ melawan ( <i>Resistive T-pad</i> )	77
b. Pelemah subal- $\pi$ melawan ( <i>Resistive <math>\pi</math>-pad</i> )	77
c. Subal $L$ melawan berkerugian kecil, guna penjadohan	78

#### **4. KAPASITAS/KEKALANG ARUS BOLAKBALIK** 79

4-1. Kegunaan kondensator	79
2. Peristilahan	79
3. Jenis-jenis kondensator	80
4. Koda warna	83
5. Kerusakan kondensator	84
a. Cara membentuk-ulang kondensator elektrolit	85
6. Kondensator emping ( <i>chip capacitor</i> )	85
7. Varactor ( <i>Voltage-variable capacitors</i> )	86
a. Parameter varactor	87
8. Jembatan kapasitas	87
9. Konstanta-waktu, $RC$	88
10. Reaktansi kapasitas, $X_C$	90
11. Kondensator berjajar	91
a. Dua kondensator berjajar	91
12. Kondensator berderet	91
a. Dua kondensator berderet	91
13. $RC$ -deret diberi tegangan-bb sinus	92
a. Kondisi $X_C = R$ (dalam hal $f = f_g$ , frekwensi guling)	93
14. Penggunaan notasi $j$	93
15. $RC$ -deret diberi denyut	95

16. RC-deret sebagai pembentuk gelombang	96
a. Integrator	96
b. Diferensiator	97
17. Kekalang terdangeng	98

## **5. KUMPARAN/INDUKTANSI** 100

5-1. Contoh bentuk kumparan	100
2. Sifat2 penting kumparan	101
3. Cara menggulung kumparan	102
4. Memperkirakan induktansi kumparan tanpa-inti	104
5. Konstanta-waktu kumparan, $LR$	104
6. Jenis-jenis inti kumparan	106
7. Mengukur faktor- $Q$	107
8. Jembatan induktansi	107
a. Jembatan Owen	109
9. $LR$ -deret diberi tegangan-bb sinus	109
10. $LRC$ -deret diberi tegangan-bb sinus	110
11. $LRC$ -jajar diberi tegangan-bb sinus	111
12. Mengubah $R$ -deret menjadi $R$ -jajar	112
13. Cara membangun $LC$ -jajar untuk sesuatu frekwensi	113
14. Berbagai kalang $L$ , $C$ , $R$ dalam resonansi	114
15. Jembatan resonansi (jembatan frekwensi)	115
16. $LR$ -deret diberi denyut	116
17. Transformator	117
a. Kerugian2 dalam transformator	117
18. Menderetkan transformator	118
19. Menjajarkan transformator	119
20. Transformasi impedansi	119
21. Proteksi terhadap kilasan jaringan listrik	122
22. Transformator denyut	123
23. Konstruksi transformator	124
24. Tarif daya transformator	126
25. Ototransformator	127
26. Mengubah trafo biasa menjadi ototrafo	128
27. Transformator dalam sistem 3-fasa	128
28. Tiga trafo terpisah untuk operasi 3-fasa	129
29. Transformasi Y-ke-Y	130
30. Transformasi $\Delta$ -ke- $\Delta$	131

## **6. BENTUK-BENTUK GELOMBANG** 132

6-1. Harga saat tegangan-bb sinus	132
-----------------------------------	-----

2. Harga rata-rata (harga searah)	132
3. Faktor bentuk	133
4. Daya dalam kalang AC	133
5. Hasil penyearahan gelombang sinus	134
a. Penyearahan rangkap	134
b. Penyearahan tunggal	134
6. Spektrum frekwensi isyarat	135
a. Gelombang berkala	135
b. Daur aktif ( <i>duty cycle</i> )	136
7. Gelombang simetrik	137
8. Kegunaan gelombang blok	139
a. Rancangan pengukuran pada penguat dengan mengenakan gelombang blok	139
b. Bentuk cacat pada bentuk gelombang	140
9. Gelombang taksimetrik	141
10. Pengaruh komponen DC	142
11. Cara mengenali kesimetrikan gelombang	143
12. Ukur-mengukur dengan alatukur-volt	144
<b>7. LAMBANG2 PERANTI SEMIKONDUKTOR</b>	<b>146</b>
<b>8. DIODA SEMIKONDUKTOR</b>	<b>152</b>
8-1. Konstruksi	152
a. Sifat2	152
2. Karakteristik dioda P-N	153
a. Dioda diberi panjaran maju	153
b. Dioda diberi panjaran terbalik	154
c. Dioda diberi tegangan bolak-balik	154
3. Parameter dioda P-N	154
4. Contoh penerapan dioda	155
a. Pintu ( <i>Gate</i> )	155
b. Sekring ( <i>Pengaman</i> )	156
c. Acuan tegangan/ <i>Regulator tegangan</i>	157
d. Sakelar	157
e. Pensakelaran ( <i>penswitsan</i> ) jajar	158
f. Pensakelaran deret	158
5. Dioda varactor	158
6. Pemangkas ( <i>Clipper</i> )	159
7. Kempaan ( <i>Clamping</i> )	161
8. Detektor/Pencampur	161
a. Detektor puncak ( <i>Peak detector</i> )	161
b. Detektor puncak-puncak	162
c. Pencampur ( <i>Mixer</i> )	162

9. Dioda pembawa panas atau Dioda alangan Schottky ( <i>Hot Carrier Diode, HCD, atau Schottky Barrier Diode</i> )	164
10. Dioda listrik surya	164
a. Peristilahan	165
11. Karakteristik sel surya	166
a. Pengaruh suhu	167
12. Sel surya sebagai sumber daya	167
13. Menaikkan tegangan sel surya	169
14. Mengisi baterai dari sel surya	169
15. Dioda zener	169
a. Contoh penerapan sederhana	171
16. Membangun dioda zener dari transistor	172
17. Menguatkan dioda zener dengan transistor daya	172
a. Penerapan	173
18. Dioda arus-konstan dari JFET	174
19. Dioda terobosan ( <i>Tunnel diode</i> )	175
20. Dioda cahaya, LED	176
a. Karakteristik	176
b. Kegunaan	176
c. Keistimewaan lain	177
d. Cara mengoperasikan LED	177
e. Montase	178
21. Transistor satu-pertemuan ( <i>Unijunction Transistor, UJT</i> )	178

## **9. TRANSISTOR PERTEMUAN (*Junction transistor*)** 180

9-1. Asas kerjanya	180
2. Parameter <sup>2</sup>	181
3. Arti huruf <sup>2</sup> koda transistor	183
4. Transistor sebagai sakelar	184
5. Beban yang bersifat induksi	186
6. Petunjuk untuk merancang sakelar	187
7. Cara <sup>2</sup> memberi panjaran ( <i>biasing</i> )	188
a. Panjaran dengan <i>R</i> -basis ( <i>Base biasing</i> )	188
b. Panjaran dari sebuah sumber	190
c. Panjaran dengan umpanbalik kolektor	190
d. Panjaran lewat emitor	191
e. Panjaran lewat pembagi-tegangan basis	192
8. Kalang ekivalen transistor bagi arus searah	194
a. Arus-kolektor bocoran, $I_{CBO}$ ( <i>Collector cut-off current</i> )	195
9. Kekalang ekivalen dalam rangkaian penguat	196
10. Karakteristik AC transistor (sebagai penguat isyarat kecil berfrekwensi rendah)	199

<b>10. THYRISTOR</b>	<b>201</b>
10-1. Definisi	201
2. Penggolongan	202
3. Karakteristik thyristor sumbat terbalik ( <i>Reverse Blocking Thyristor</i> )	202
a. Kegunaan penyearah terkemudi silikon (SCR)	203
4. Peristilahan	204
5. Penyulutan dengan <i>RC</i> sederhana	207
6. Menyulut SCR dengan denyut negatif	208
7. Borosan daya dalam thyristor	209
8. Osilator relaksasi sebagai peranti penyulut	209
a. Patokan untuk guncangan relaksasi	210
9. Sakelar unilateral silikon ( <i>Silicon Unilateral Switch, SUS</i> )	211
10. Sakelar bilateral silikon ( <i>Silicon Bilateral Switch, SBS</i> )	213
11. Dioda sulut bilateral ( <i>Bilateral Trigger Diode, DIAC</i> )	214
12. Sakelar sulut AC taksimetrik	214
13. Peranti2 sulut lain	215
14. Lampu kilap neon sebagai peranti sulut	216
a. Rangkaian sulut dengan lampu neon	216
15. Transformator denyut	218
a. Menguji transformator denyut	220
16. Metoda penyinkronan	220
17. Menyulut SCR daya dengan rentetan denyut2	222
18. Menyulut dengan PUT ( <i>Programmable Unijunction Transistor</i> )	223
19. Rangkaian penyulut untuk penjungkir	224
a. Gulang-guling ( <i>flip-flop</i> ) dengan PUT	226
20. Penguatan dan pembentukan denyut	226
21. Meluncipkan denyut (Membesarkan $di/dt$ )	228
22. Thyristor berderet	229
23. Proteksi untuk thyristor	230
24. Asas2 pengemudian fasa	231
25. Triac	234
a. Keunggulan triac	234
b. Karakteristik Volt-Ampere AC Triac	235
c. Karakteristik penyulutan pintu	236
26. Pensakelaran statis dengan Triac	237
a. Penyulutan dengan listrik	239
b. Penyulutan dengan dioda sulut	240
<b>11. PENSAKELARAN DENGAN SCR</b>	<b>241</b>
11-1. Sakelar statis DC	241
2. Pensakelaran statis dengan sumber-sulut terpisah	243



<b>14. UMPANBALIK NEGATIF</b>	<b>322</b>
14-1. Tujuan	322
2. Umpanbalik deret-jajar	322
3. Umpanbalik negatif deret-jajar dikenakan kepada op-amp	325
4. Umpanbalik jajar-jajar	326
5. Umpanbalik negatif jajar-jajar dikenakan kepada op-amp	327
6. Umpanbalik negatif deret-deret	328
7. Umpanbalik negatif deret-deret dikenakan kepada op-amp	329
8. Umpanbalik negatif jajar-deret	329
9. Umpanbalik negatif jajar-deret dikenakan kepada op-amp	330
10. Teorema Miller	331
11. Teorema Miller dikenakan kepada op-amp	334
<b>15. PENGUAT OPERASI</b>	
<i>(Operational Amplifier, Op-amp)</i>	<b>336</b>
15-1. Pertelaan	336
2. Penerapan Op-amp	337
3. Gilinciran nol ( <i>Zero offset</i> )	338
4. Peristilahan	339
5. Kompensasi untuk frekwensi tinggi	343
6. Pengaruh variasi suhu	344
7. Teknik proteksi	344
8. Op-amp dalam rangkaian liner	347
9. Asas2 penguat takmenjungkirkan	348
10. Konfigurasi dasar dengan umpanbalik takmenjungkirkan ( <i>Non-inverting feedback</i> )	349
11. Konfigurasi dasar dengan umpanbalik menjungkirkan ( <i>Inverting feedback</i> )	350
12. Penguat diferensial (penguat selisih)	352
13. Penguat instrumentasi	352
14. Rangkaian penjumlah ( <i>Summing circuit</i> )	355
15. Pencampur	356
16. Integrator (menurut Miller)	356
17. Diferensiator	358
18. Op-amp dalam regulator tegangan	360
19. Tapis aktif	361
a. Tapis lulus-bawah ( <i>low-pass filter</i> )	361
b. Tapis lulus-atas ( <i>high-pass filter</i> )	362
c. Tapis lulus-jalur-sempit	362
d. Tapis tinas-jalur jalur-lebar ( <i>Wide-band band-reject filter</i> )	363
20. Tapis T-kembar ( <i>Twin-T filter</i> )	363

21. Op-amp dalam terapan takliner	365
22. Penutup tegangan ( <i>Voltage limiter</i> )	366
23. Op-amp sebagai dioda isyarat-kecil	368
24. Op-amp dengan ikal terbuka/detektor seberangan-nol	368
25. Penanding	369
26. Mencatukan daya kepada Op-amp	370
a. Mencatukan daya secara lumrah	371
b. Mencatu dari satu pencatu-daya	371
c. IC yang punya terminal bumi (Gnd)	372
d. Mencatu IC yang tidak punya terminal bumi	373
27. Konsep bumi semu	374
28. Konvertor tegangan-frekwensi ( <i>Osilator terkemudi tegangan, Voltage Controlled Oscillator</i> )	374
29. Generasi Op-amp	375
a. Generasi ke 1	375
b. Generasi ke 2	376
c. Generasi2 berikutnya	376
30. Pembangkit isyarat dengan Op-amp	377
31. Pembangkit gelombang segitiga	379
32. Pembangkit gelombang gigigergaji	380
33. Penyulut Schmitt ( <i>Schmitt trigger</i> )	380
34. Penggetarganda ekamantap ( <i>Monostable Multivibrator</i> )	381
35. Penguat menyelisihkan-arus/Penguat CD ( <i>Current-Differencing Amplifier</i> )	383
36. Mencatukan daya kepada Op-amp CD	383
37. Penguat CD menjungkirkan	385
38. Penguat CD takmenjungkirkan	386
39. Penguat CD dalam ragam diferensial	387

## 16. JFET 388

16-1. Cara memberi panjaran	388
2. <u>Daerah operasi JFET</u>	389
3. <u>Lengkung transkonduktansi</u>	390
4. Parameter yang banyak dipakai untuk JFET dan MOSFET	392
5. Cara menyetel titik-kerja	393
6. <u>Gambar lengkung panjar-diri (<i>self-bias</i>)</u>	394
7. <u>Panjaran dengan transistor dwikutub</u>	395
8. <u>Panjaran dengan pencatu-daya sumbing (<i>split supply</i>)</u>	396
9. <u>Menguji JFET</u>	397
10. <u>MOSFET (<i>Metal Oxyd Silicon FET</i>) atau IGFET (<i>Insulated Gate FET</i>)</u>	398
11. <u>Kekhususan DMOSFET</u>	399

15. Osilator dengan pintu	432
16. Kristal kwarsa	434
a. Bentuk kristal kwarsa	434
b. Rumah kristal	436
c. Kalang ekivalennya kristal	436
<b>18. PEMODULASIAN AMPLITUDO</b>	<b>438</b>
18-1. Penjumlahan temambah	438
2. Pencampuran frekwensi (pengheterodinan)	439
3. Pencampur dengan transistor	440
4. Pemodulasian	441
5. Bentukgelombang yang termodulasi	443
6. Spektrum AM	444
7. Jalursamping-jalursamping ( <i>sidebands</i> )	446
8. Menentukan derajat-modulasi dengan osiloskop	447
a. Pola derajat modulasi bentuk trapesium	448
<b>19. KOMUNIKASI SUARA (ANALOG)</b>	<b>450</b>
19-1. Mikrofon	450
2. Sifat-sifat mikrofon	450
a. Mikrofon karbon	450
b. Mikrofon piezo-elektrik	451
c. Mikrofon dinamik	451
d. Mikrofon elektret	451
3. Daya keluaran dari mikrofon	451
4. Impedansi mikrofon	452
5. Penguat mikrofon	453
a. Karakteristik penguat	454
6. Pemancaran frekwensi tinggi ( <i>high frequency, hf</i> )	456
a. Pemancaran CW/RTY (Radio/Teleks)	456
7. Keunggulan/kekurangan semikonduktor terhadap tabung hampa	457
8. Pengetokan ( <i>keying</i> )	457
a. Kecepatan ketok ( <i>keying speed</i> )	458
9. Jenis-jenis telegrafi	459
10. Pemancar AM (DSB, SSB)	460
a. Daya pancaran	461
b. Contoh asas pemodulasian DSB	463
c. DSB & SSB	464
11. Modulator jalursamping dengan pembawa tertindas (DSBSC)/Modulator balans	466

a.	Modulator balans dengan dioda	467
b.	Modulator SSB	468
c.	Trimancar SSB ( <i>SSB transceiver</i> )	470
d.	Modulator bentuk-IC	470
e.	Menguji pemancar SSB	470
12.	Pemancaran ISB ( <i>Independent sideband</i> )	472
13.	Penerima-radio super-heterodin	472
a.	Keunggulan sistem heterodin terhadap sistem2 lain	472
14.	Pencampur dengan FET	474
15.	Pencampur dengan dioda	475
16.	Penguat frekwensi-antara	475
a.	Cacat frekwensi	477
17.	Detektor (demodulator)	478
18.	Pengheterodinan dengan IC	479
19.	Pengaturan penguatan secara otomatis ( <i>Automatic Gain Control, AGC</i> )	479
a.	AGC dalam terapan2 lain	482
20.	Pemodulasian frekwensi ( <i>Frequency modulation</i> )	484
a.	Makna	484
b.	Terjadinya isyarat FM	484
c.	Simpangan frekwensi ( <i>Frequency deviation</i> )	485
d.	Indeks modulasi	486
e.	Simpangan maksimum ( <i>Maximum deviation</i> )	486
f.	Lebarjalur	487
g.	Daya isyarat	488
h.	Metoda2 FM	489
i.	Pembangkitan isyarat FM dengan modulator reaktansi	489
j.	Asas FM taklangsung ( <i>Indirect FM</i> )	491
k.	Contoh modulator fasa ( <i>Phase modulator</i> )	492
21.	Penerimaan FM	492
a.	Asas penerima FM	493
b.	Diskriminator frekwensi/fasa	495
c.	Skema diskriminator frekwensi/fasa	496
d.	Detektor bandingan ( <i>ratio detector</i> )	497
e.	Detektor dengan ikal terkunci-fasa ( <i>Phase-locked loop, PLL</i> )	498
22.	Ikal terkunci-fasa ( <i>Phase-locked loop, PLL</i> )	498
a.	Bangunan PLL	500
b.	Jangkah kunci ( <i>lock range</i> )	500
c.	Jangkah tangkap ( <i>capture range</i> )	500
<b>20.</b>	<b>SALURAN TRANSMISI</b>	<b>502</b>
20-1.	Kegunaan	502
2.	Faktor velositas/pendekan	503

3. Kerugian <sup>2</sup> pada saluran transmisi	505
4. Impedansi karakteristik	505
5. Gelombang tegak	505
6. Koefisien pantul	508
7. Redaman	508
8. Kopling antara pemancar dan saluran transmisi	509
9. Pengumpulan antenna dengan metoda ternala ( <i>Tuned method</i> )	510
10. Kopling antara saluran umpan dan antenna	514
a. Umpan kabel pilin	515
b. Jodohan delta	515
c. Jodohan T	518
11. Transformator penjodoh $\frac{1}{4} \lambda$	519
a. Saluran $\frac{1}{4}$ -gelombang	519
b. Jodohan Q	521
c. Jodohan J	522
d. Menyambungkan dua saluran yang impedansinya taksama	523
e. Transformator penurun ( <i>step-down</i> )	523
f. Transformator penaik ( <i>step-up</i> )	524
g. Transformator $\frac{1}{2} \lambda$	525
12. Saluran (kabel) sebagai reaktansi	526
13. Mengopelkan saluran takbalans kepada antenna	530
a. Penjodohan gamma	532
14. Kopling antara saluran transmisi dan penerima	533
15. Penjodohan saluran taksimetrik kepada saluran simetrik	533
16. Mengukur impedansi karakteristik	534
17. Menentukan panjang kabel coax dalam gulungan	535
18. Karakteristik saluran transmisi	536

## **21. ANTENA** 538

21-1. Sistem antenna	538
a. Karakteristik	538
2. Impedansi	539
3. Tebal penghantar	540
4. Lebarjalur	541
5. Kecepatan rambat vs panjang antenna	542
6. Kearahan	543
7. Penguatan antenna	543
8. Pengutuban (Polarisasi)	544
9. Ketimbalbalikan ( <i>Reciprocity</i> )	545
10. Antena kutubdua ( <i>Dipole antenna</i> )	545
a. Bentuk dasar	545

f. V kombinasi	607
g. Menggandakan daya-pancar antena V	607
<u>h. Antena V-dobel</u>	<u>608</u>
<u>i. Antena paruh-intan (<i>Half-rhombic antenna</i>)</u>	<u>608</u>
j. Merancang antena paruh-intan	609
43. Rangkaian redam	611
<u>44. Larik parasit</u>	<u>612</u>
a. Keunggulan/kekurangannya	613
b. Bandingan depan-belakang	614
c. Perlawanan pancaran	615
d. Pola pancaran	617
e. Tanggapan frekwensi	619
<u>45. Larik banyak-parasit (<i>Multiparasitic array</i>)</u>	<u>621</u>
a. Antena Yagi	622
b. Tebal (diameter) unsur <sup>2</sup>	625
c. Menumpuk antena Yagi	626
d. Mengumpani tumpukan Yagi	628
<u>46. Pemantul lebar, takresonan</u>	<u>632</u>
a. Pemantul papan ( <i>Screen reflector</i> ) atau Larik papan-iklan ( <i>Billboard array</i> )	633
b. Pemantul sudut	634
c. Antena parabola	635
<u>47. Antena persegi (<i>Quad antenna</i>)</u>	<u>636</u>
<u>48. Teori sederhana</u>	<u>637</u>
a. Bukaan ( <i>aperture</i> ) antena	638
b. Faktor panjanggelombang	641
49. Contoh <sup>2</sup> konstruksi Yagi	642
<u>50. Menala, menepatkan, mengumpani larik banyak-parasit</u>	<u>645</u>
<u>51. Menindas isyarat yang mengganggu</u>	<u>647</u>
a. Gangguan dari pemancar dalam kanal sama	648
b. Menindas gangguan dari lalu-lintas jalan	649
c. Antena di atas kendaraan	650
<u>52. Perambatan gelombang elektromagnet</u>	<u>651</u>
53. Jangkauan gelombang jarak-pandang	652

## 22. SISTEM ODIO DIGIT 655

<u>22-1. Asas sistem odio digit</u>	<u>655</u>
a. Keunggulan sistem odio digit (terhadap sistem analog)	657
b. Kekurangan sistem odio digit	657
2. Skema dasar sistem odio digit	657
a. Proteksi keliru	661
b. Penjadohan media	662

c. Koreksi sumbu-waktu	662
d. Tapis lulus-bawah	662
3. Pengolahan odio berdigit	662
4. Menurun (mengkopi)	662
5. Memperkuat dan melemahkan	664
a. Rancangan penguat digit	665
6. Penyurutan ( <i>fading</i> )	667
a. Penyurutan dengan konverter A/D	667
b. Penyurutan dengan potensiometer-gesek biner	667
c. Penyurutan dengan penyandi tangkai ( <i>shaft encoder</i> )	671
d. Pasang ( <i>fade in</i> ), surut ( <i>fade out</i> ), surut silang ( <i>cross fade</i> )	672
7. Mencampur	673
8. Menyunting ( <i>Edit</i> )	674
9. Konversi laju cuplik ( <i>sample rate conversion</i> )	675
10. Tapis digit	676
a. Tapis FIR	676
b. Tapis IIR	677
11. Penyangga 3-status ( <i>Tri-state Buffer</i> )	678
a. Penyangga 3-status dua-arah ( <i>Bidirectional Tri-state Buffer</i> )	679
12. Sistem berumbung (Bus)	680

## **23. PERANTI UKUR** 682

23-1. Asas2 alatukur analog	682
2. Instrumen kumparan-putar	682
a. Karakteristik instrumen kumparan-putar	683
3. Mengukur kepekaan instrumen kumparan-putar	683
4. Menentukan perlawanan-dalam, $R_M$	684
5. Alatukur-ma	684
a. Contoh rancangan	685
6. Alatukur-ma elektronik	686
a. Contoh rancangan	686
7. Meningkatkan kepekaan alatukur arus	687
8. Alatukur-volt DC	688
9. Kepekaan alatukur-volt	689
10. Kecermatan ( <i>accuracy</i> )	690
11. Keliru dalam pengukuran tegangan	690
12. Memperbesar perlawanan-dalam alatukur-volt (Alatukur-volt elektronik)	691
13. Alatukur-volt AC	692
14. Alatukur-volt AC elektronik	693
15. Alatukur-ohm	695
a. Alatukur-ohm deret	695

# 1 MATEMATIKA

## 1-1. KEPANGKATAN (Eksponen) dan notasi ilmiah

$10^1 =$	10	$10^{-1} =$	1/10	=	0,1
$10^2 =$	100	$10^{-2} =$	1/100	=	0,01
$10^3 =$	1000	$10^{-3} =$	1/1000	=	0,001
$10^6 =$	1000000	$10^{-6} =$	1/1000000	=	0,000 001

- \* Bilangan eksponen menunjukkan banyaknya nol.
- \* Eksponen negatif berarti: 1 dibagi...

### CONTOH:

2 000	ditulis sebagai:	$2 \times 10^3$
340 000	ditulis sebagai:	$34 \times 10^4$
0,03	ditulis sebagai:	$3 \times 10^{-2}$
0,0025	ditulis sebagai:	$25 \times 10^{-4}$

- \* Prosedur di atas tidak saja berlaku bagi bilangan 10, melainkan juga bagi sebarang bilangan lain, misalnya: 3

$$3^0 = 1$$

$$3^1 = 3$$

$$3^2 = 3 \times 3 = 9$$

$$3^3 = 3 \times 3 \times 3 = 27$$

$$3^{-1} = 1/3$$

$$3^{-2} = \frac{1}{3 \times 3} = \frac{1}{9}$$

$$3^{-3} = \frac{1}{3 \times 3 \times 3} \\ = \frac{1}{27}$$



$$a^p \cdot a^q = a^{p+q}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{a^p}{a^q} &= a^{p-q} \\ &= \frac{1}{a^{q-p}} \end{aligned} \right\} \text{asalkan } a \neq 0$$

$$\left. \begin{aligned} b^{+y} &= \frac{1}{b^{-y}} \\ b^{-y} &= \frac{1}{b^{+y}} \end{aligned} \right\} \text{asalkan } b \neq 0$$

$$a^p \cdot b^p = (a \cdot b)^p$$

$$\frac{a^y}{b^y} = \left(\frac{a}{b}\right)^y \text{ asalkan } b \neq 0$$

$$(a^x)^y = a^{xy}$$

$$a^{1/y} = \sqrt[y]{a}$$

Contoh:  $9^{1/2} = \sqrt{9}$

$$27^{1/3} = \sqrt[3]{27}$$

$$100^{1/5} = \sqrt[5]{100}$$

**Bilangan pangkat 0 sama dengan 1**

$$10^0 = 1$$

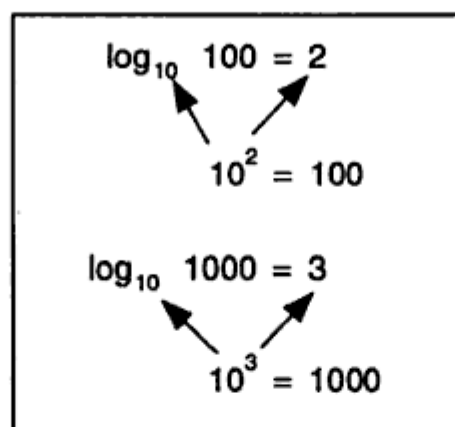
$$3^0 = 1$$

$$27^0 = 1$$

## 1-2. LOGARITMA

- Notasi  $\log_{10} 1000 = 3$   
(kita baca: "Logaritma 1000 untuk bilangan-dasar 10 sama dengan 3").  
Pernyataan itu mengandung arti bahwa  $10^3 = 1000$

$$\log_{10} 100 = 2 \quad \text{sebab:} \quad 10^2 = 100$$



$\log_{10} 2 = 0,3$	mengandung arti bahwa	$10^{0,3} = 2$
$\log_{10} 5 = 0,699$	mengandung arti bahwa	$10^{0,699} = 5$
$\log_{10} 25 = 1,398$	mengandung arti bahwa	$10^{1,398} = 25$

- Logaritma sebarang bilangan untuk bilangan-dasar 10, akan dapat dengan mudah kita temukan dengan menggunakan kalkulator elektronik. (Dulu orang menggunakan "Daftar Logaritma").
- CONTOH: Dengan kalkulator elektronik akan kita temukan:

$$\log_{10} 3 = 0,477$$

$$\log_{10} 27 = 1,431$$

$$\log_{10} 125 = 2,097$$

- Beberapa rumus

$$\log AB = \log A + \log B$$

$$\log \frac{C}{D} = \log C - \log D$$

$$\log A^n = n \cdot \log A$$

$$\log \sqrt[p]{B} = 1/p \cdot \log B$$

$$\log H^{y/z} = y/z \log H$$

$$\log 1 = 0$$

### 1-3. BILANGAN KOMPLEK

\* Bilangan kompleks adalah bilangan yang terdiri dari dua bagian:

- \* bagian nyata, dan
- \* bagian khayal

ditulis sebagai:

$$a + jb \quad \text{dimana } j = \sqrt{-1}$$

↙                      ↘

bagian                      bagian  
nyata                      khayal

- \*  $j$  disebut satuan khayal, dan
- \*  $j$  diperlakukan sebagai variabel
- \*  $j^2 = -1$

CONTOH hitungan:

\* Tambahkan  $2 + j3$  kepada  $5 - j7$

$$\begin{aligned} 2 + j3 + (5 - j7) &= (2 + 5) + j(3 - 7) \\ &= 7 - j4 \end{aligned}$$

\* Kurangkan  $7 - j6$  dari  $3 - j2$

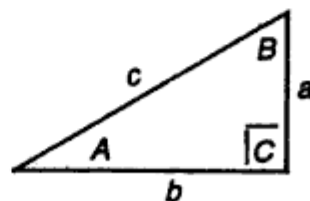
$$\begin{aligned} (3 - j2) - (7 - j6) &= 3 - j2 - 7 + j6 \\ &= -4 + j4 \end{aligned}$$

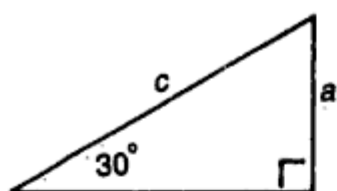
### 1-4. ILMU-UKUR SUDUT

\* sinus  $A = \frac{\text{sisi } a}{\text{sisi } c}$

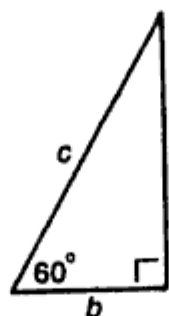
\* cosinus  $A = \frac{\text{sisi } b}{\text{sisi } c}$

\* tangen  $A = \frac{\text{sisi } a}{\text{sisi } b}$

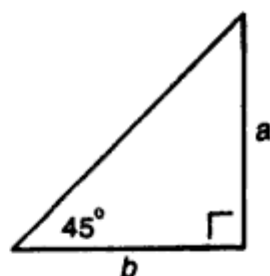




$$\sin 30^\circ = \frac{\text{sisi } a}{\text{sisi } c} = 0,5$$



$$\cos 60^\circ = \frac{\text{sisi } b}{\text{sisi } c} = 0,5$$



$$\tan 45^\circ = \frac{\text{sisi } a}{\text{sisi } b} = 1$$

- \* Dengan menggunakan kalkulator elektronik, kita akan dengan mudah menemukan:

sinus sebarang sudut,  
 cosinus sebarang sudut, ataupun  
 tangen sebarang sudut.

(Dulu orang menggunakan "Daftar fungsi ilmu-ukur sudut").

CONTOH:

$$\sin 30^\circ = 0,5$$

$$\cos 60^\circ = 0,5$$

$$\tan 45^\circ = 1$$

$$\sin 45^\circ = 0,707$$

$$\cos 30^\circ = 0,866$$

$$\tan 60^\circ = 1,732$$

$$\sin 60^\circ = 0,866$$

$$\cos 45^\circ = 0,707$$

$$\tan 30^\circ = 0,577$$

TABEL

Sudut	Sinus	Cosinus	Tangen
0	0	1	0
30°	0,5	0,866	0,577
45°	0,707	0,707	1
60°	0,866	0,5	1,732
90°	1	0	∞

(tangen sudut yang mendekati 90° adalah mendekati "tak-terhingga").

- \*  $\sec A = \frac{1}{\cos A}$

- \* Untuk mendapatkan sudut dalam  $\pi$  rad, cukuplah dengan mengalikan derajat dengan  $\frac{\pi}{180}$

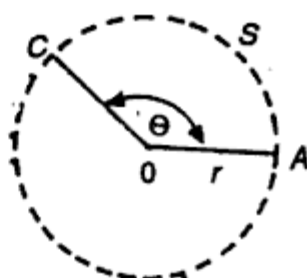
**CONTOH 3:** \*  $135^\circ = \dots \pi$  rad

$$135^\circ = 135 \times \frac{\pi}{180} = \frac{3}{4} \cdot \pi \text{ rad}$$

$$\angle AOC = \theta$$

$$= \frac{\text{busur AC}}{\text{jarijari OA}} = \frac{S}{r}$$

$$S = r \cdot \theta \text{ atau } \theta = \frac{S}{r}$$



**CONTOH 4:** \* jarijari lingkaran  $r = 6$  cm.

Busur  $S = 9$  cm.

Berapa radial sudutnya?  $\rightarrow \theta = \frac{S}{r} = 1,5$  rad

\* Lingkaran berjarijari 5 m.

Berapakah panjang busur yang mencakup sudut sebesar 1,5 rad?

**Jawab:**  $r \cdot \theta \rightarrow S = 5 \times 1,5 = 7,5$  m.

## 1-5. LAMBANG-LAMBANG MATEMATIKA

+	tambah	$\geq$ atau $\geq$	sama dengan atau besar dari
-	kurang	$\leq$ atau $\leq$	sama dengan atau kecil dari
$\pm$	tambah atau kurang, atau kirakira	$\equiv$	identik dengan
$\times$ atau $\cdot$	dikali dengan	$\therefore$	kesimpulan (karena itu)
$:$ atau $\div$	dibagi dengan	$\therefore$	sama dengan
$\propto$	berbanding dengan	$\angle$	sudut
$=$	sama dengan	$\rightarrow$	akibatnya, atau mendekati limit
$\neq$	taksama dengan	$\dots$	dan seterusnya
$\approx$	kirakira sama dengan	$\perp$	tegak lurus terhadap (pada)
$>$	besar dari	$\parallel$	sejajar
$\gg$	jauh besar dari	$\cap$	busur
$<$	kecil dari	$\bigcirc$ atau $\odot$	lingkaran
$\ll$	jauh kecil dari	$\infty$	takberhingga

## 1-6. KONSTANTA MATEMATIKA

$\pi$	3,142	$1/\pi^2$	0,101
$2\pi$	6,238	$\sqrt{\pi}$	1,772
$3\pi$	9,425	$1/(\sqrt{\pi})$	0,564
$4\pi$	12,566	$\sqrt{\pi/2}$	1,253
$5\pi$	15,708	$\sqrt{3/\pi}$	0,977
$\pi/2$	1,571	$\sqrt{4/\pi}$	1,128
$\pi/3$	1,047	$\sqrt[3]{\pi}$	1,465
$\pi/4$	0,785	$1/\sqrt[3]{\pi}$	0,683
$1/\pi$	0,318	$\sqrt[3]{\pi^2}$	2,145
$1/2\pi$	0,159	$\epsilon$	2,718
$3/\pi$	0,955	$\epsilon^2$	7,387
$4/\pi$	1,273	$\sqrt{\epsilon}$	1,649
$\pi^2$	9,880	$\sqrt{2}$	1,414
$\pi^3$	31,006	$\sqrt{3}$	1,732
$(2\pi)^2$	39,478	$\sqrt{5}$	2,236

## 1-7. LAMBANG-LAMBANG KELIPATAN

Exa	-	E	-	$10^{18}$ -kali	desi	-	d	-	$10^{-1}$
Peta	-	P	-	$10^{15}$	senti	-	c	-	$10^{-2}$
Tera	-	$\tau$	-	$10^{12}$	mili	-	m	-	$10^{-3}$
Giga	-	G	-	$10^9$	mikro	-	$\mu$	-	$10^{-6}$
Mega	-	M	-	$10^6$	nano	-	n	-	$10^{-9}$
Kilo	-	K atau k	-	$10^3$	piko	-	p	-	$10^{-12}$
hekto	-	h	-	$10^2$	femto	-	f	-	$10^{-15}$
deka	-	da	-	$10^1$	atto	-	a	-	$10^{-18}$

## 1-8. Satuan Internasional (SI) untuk kelistrikan

Nama	Simbol	Satuan Internasional		Konversi
		Nama	Simbol	
Arus listrik	$I$	ampere	$A$	
Kepadatan arus listrik	$J, (S)$	ampere per meter persegi	$A/m^2$	
Muatan listrik	$Q$	coulomb	$C$	$1C = A \cdot d^*)$
Potensial listrik	$V, \varphi$			$1V = 1W/A$ $1V = 1N \cdot m/C$ $= 1J/C$
Selisih potensial, tegangan listrik	$U, (V)$	volt	$v$	
Gaya Elektro-motor				
Tegangan sumber listrik	$E$			
Daya	$P$	watt	$W$	$1W = 1V \cdot A$ $= 1J/C$
Tenaga (energi)	$W$	joule	$J$	$1J = 1W \cdot d$ $= 1(n \cdot m)$
Impedansi	$Z$	ohm	$\Omega$	$1\Omega = 1V/A$
Perlawanan	$R$			
Reaktansi	$X$			
Admitansi	$Y$	siemens	$S$	$1S = 1A/V = 1/\Omega$ $Y = 1/Z$ $G = 1/R$
Daya-hantar	$G$			
Daya-hantar-jenis ( <i>resistivity</i> )	$\rho$	ohm-meter	$\Omega \cdot m$	
Arus-gaya listrik	$\psi$	coulomb	$C$	
Kuat-medan listrik	$E$	volt per meter	$V/m$	$1V/m = 1N/C$
Kapasitas	$C$	farad	$F$	$1F = 1C/V$ $C = Q/V$
Arus-gaya magnetan	$\Phi$	weber	$Wb$	$1Wb = 1V \cdot d$
Kuat-medan magnet	$H$	ampere per meter	$A/m$	$1A/m = 1N/wb$
Induksi magnetan	$B$	weber per meter persegi	$wb/m^2$ (T)	
Induksidiri	$\angle$	henry	$H$	$1H = 1V \cdot d/A$
Geseran-fasa	$\varphi$	radial	rad	
Bilangan-getar ( <i>frekwensi</i> )	$f, \nu$	hertz	Hz	$1Hz = 1/d$
Kecepatan-sudut		radial per detik	rad/d	$\omega = 2\pi f$

\*) d = detik

## 1-9. Konversi sistem suhu

Dari	dijadikan			
	$^{\circ}\text{C}$ (Celsius)	$\text{K}$ (Kelvin)	$^{\circ}\text{F}$ (Fahrenheit)	$^{\circ}\text{R}$ (Rankine)
$^{\circ}\text{C}$	1	+273,15	$\frac{9 \times ^{\circ}\text{C}}{5} + 32$	$\frac{9 \times ^{\circ}\text{C}}{5} + 491,67$
$\text{K}$	-273,15	1	$\frac{9 \times \text{K}}{5} - 459,67$	$\frac{9 \times \text{K}}{5}$
$^{\circ}\text{F}$	$\frac{5(^{\circ}\text{F}-32)}{9}$	$\frac{5 \times ^{\circ}\text{F}}{9} + 255,38$	1	+459,67
$^{\circ}\text{R}$	$\frac{5 \times ^{\circ}\text{R}}{9} - 273,15$	$\frac{5 \times ^{\circ}\text{R}}{9}$	-459,67	1

CONTOH:  $\bullet$   $100^{\circ}\text{C} = \frac{9 \times 100^{\circ}\text{C}}{5} + 32 = 212^{\circ}\text{F}$

$$212^{\circ}\text{F} = \frac{5 \times (212^{\circ}\text{F} - 32)}{9} = 100^{\circ}\text{C}$$

## 1-10. ABJAD YUNANI

A	-	$\alpha$	-	alpha	N	-	$\nu$	-	nu
B	-	$\beta$	-	beta	$\Xi$	-	$\xi$	-	xi
$\Gamma$	-	$\gamma$	-	gamma	O	-	$\omicron$	-	omikron
$\Delta$	-	$\delta$	-	delta	$\Pi$	-	$\pi$	-	pi
E	-	$\epsilon$	-	epsilon	P	-	$\rho$	-	rho
Z	-	$\zeta$	-	zeta	$\Sigma$	-	$\sigma$	-	sigma
H	-	$\eta$	-	eta	T	-	$\tau$	-	tau
$\Theta$	-	$\theta$	-	theta	$\Upsilon$	-	$\upsilon$	-	upsilon
I	-	$\iota$	-	iota	$\Phi$	-	$\phi$	-	phi
K	-	$\kappa$	-	kappa	X	-	$\chi$	-	chi
$\Lambda$	-	$\lambda$	-	lambda	$\Psi$	-	$\psi$	-	psi
M	-	$\mu$	-	mu	$\Omega$	-	$\omega$	-	omega



## 1-11. BILANGAN DUAAN (Biner)

- \* Bilangan duaan (biner) digunakan terutama dalam komputer digit, juga
  - \* dalam sistem pengolahan digit lain (penguatan, perekaman, pentransferan, dlsb).

### 1-11.a. Mengubah bilangan dasan menjadi bilangan duaan

TABEL 1-1: Tabel untuk mengubah bilangan dasan menjadi duaan dan sebaliknya.

Bilangan dasan	Bilangan duaan						
	$2^6$	$2^5$	$2^4$	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$
	64	32	16	8	4	2	1
0							0
1							1
2						1	0
3						1	1
4					1	0	0
5					1	0	1
6					1	1	0
7					1	1	1
8				1	0	0	0
9				1	0	0	1
10				1	0	1	0
20			1	0	1	0	0
30			1	1	1	1	0
40		1	0	1	0	0	0
45		1	0	1	1	0	1
50		1	1	0	0	1	0
57		1	1	1	0	0	1
65	1	0	0	0	0	0	1

**CONTOH:**

- \* bilangan dasan  $1/2 = 0,5$  adalah ekivalen dengan bilangan duaan  $2^{-1}$  atau  $0,1_2$
- \*  $0,375_{10} = \dots_2$

$$0,375_{10} = 0,25 + 0,125 \rightarrow 0,25_{10} + 0,125_{10} =$$

$$0,01_2 + 0,001_2 = 0,011_2$$

$$\text{Jadi: } 0,375_{10} = 0,011_2$$

**CATATAN:**

- \* Bilangan yang bobotnya kecil dari 1, dinyatakan sebagai pangkat negatifnya bilangan-dasarnya.

**Contoh:**

- \* dasan  $10 = 10^1$        $1/10 = 10^{-1}$        $1/10^3 = 10^{-3}$
- \* dasan  $2 = 2^1$        $1/2 = 2^{-1}$

**1-11.g. SISTEM BILANGAN HEKSA-DASAN**

Dasan	Duaan	Heksa-dasan
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3
4	0100	4
5	0101	5
6	0110	6
7	0111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F

- \* Menjumlahkan bilangan dalam sistem heksa-dasan dilakukan dengan cara sama seperti dalam pekerjaan penjumlahan dalam sistem dasan atau sistem duaan.

### Menjadikan bilangan duaan ke dalam heksa-dasan:

- \* Terlebih dulu bilangan duaan dibagi-bagi dalam kelompok @ 4 bit.
  - \* (Kelompok yang terdiri dari 4 bit disebut tetrada (Ingg: *nibble*))
- \* Pengelompokan dimulai dari angka paling kanan (ke kiri) (untuk bilangan utuh).
- \* Kemudian tiap tetrada dinyatakan dengan satu angka dari sistem heksa-dasan.

#### CONTOH 1:

- \* Nyatakanlah  $100110101000_2$  dengan sandi heksa-dasan.

- \* Jawab:  $100110101000_2$  dikelompok-kelompokkan menjadi

$$1001 \ 1010 \ 1000_2$$

Dari Tabel, notasi itu dapat disandikan menjadi:  $9A8_{16}$ .

$$\text{Jadi: } 100110101000_2 = 9A8_{16}.$$

#### CONTOH 2:

$$* \ 3FA_{16} = \dots_2 \rightarrow 3FA_{16} = 0011 \ 1111 \ 1010_2 = 111111010_2$$

- \* Kalau dalam bilangan duaannya ada koma, maka pengelompokan dimulai dari tanda koma.

#### CONTOH 3:

- \*  $110101101,101_2$  dikelompokkan menjadi:

$$0001 \ 1010 \ 1101 \ , \ 1010 = 1AD,A_{16}$$

- \* Tambahan nol-nol tidak mengubah harga bilangan.

#### CONTOH 4:

$$* \ 1010111100,11011_2 = 0010 \ 1011 \ 1100 \ , \ 1101 \ 1000 = 2BC,D8_{16}$$

## PERHATIKAN:

- \* Dalam peralatan berdigit, bilangan dinyatakan (dan diolah) secara duaan,
  - \* tidak secara heksa-dasan.
- \* Heksa-dasan hanya untuk memendekkan notasi yang panjang-panjang.

## 1-12. NOTASI-E

- \* Notasi-E digunakan untuk menyatakan sesuatu bilangan dalam kepangkatan 10 (dalam sistem dasan), atau dalam kepangkatan 2 (dalam sistem duaan).
- \* Notasi ini sangat cocok untuk menuliskan bilangan sangat besar
- \* maupun bilangan sangat kecil (yang kalau ditulis secara "biasa" akan terdiri dari banyak sekali angka).
- \* Sebutan lain untuk notasi-E adalah:
  - \* notasi bereksponen
  - \* notasi koma mengambang (*floating point-notation*)
  - \* notasi ilmiah:

## CONTOH:

- \* 0,2146E6 dimana E berarti "kali pangkat 10"

$$\text{Jadi: } 0,2146E6 = 0,2146 \times 10^6 = 214600$$

- \* Bilangan itu dapat juga dinyatakan sebagai:

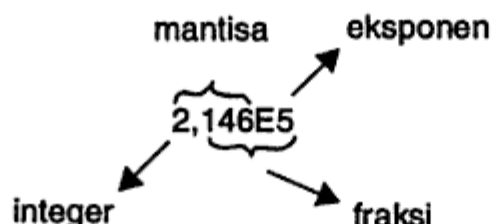
$$2146 \times 10^2 = 2146E2$$

$$214,6 \times 10^3 = 214,6E3$$

$$21,46 \times 10^4 = 21,46E4$$

$$2,146 \times 10^5 = 2,146E5$$

- \* Bagian di depan (kiri) huruf E disebut mantisa.
  - \* Jadi: mantisa adalah bilangan pecahan yang terdiri dari bilangan utuh (*integer*), dan bagian fraksi (di sebelah kanan koma)
  - \* Bagian di belakang (kanan) huruf E, disebut eksponen.



- \* Karena bilangan dasan dapat dinyatakan dalam notasi-E dengan berbagai cara (lihat contoh di atas), maka dalam praktek perlu ada kesepakatan dalam cara-cara penulisannya (misalnya pada penampilan mesin-hitung).
- \* Kesepakatan itu adalah dalam hal:
  - \* banyaknya angka dalam mantisa
  - \* banyaknya angka dalam eksponen
  - \* harga mantisa

#### CONTOH KESEPAKATAN:

- \* Integer dalam mantisa selalulah nol.
- \* fraksi dalam mantisa terdiri dari 6 angka.
- \* kalau mantisanya positif, tanda + boleh ditiadakan.
- \* eksponen terdiri dari tanda + atau tanda -, disusul dengan angka (jadi dalam eksponen positif, tanda + tidak boleh ditiadakan).
- \* harga mantisa harus selalu berada dalam jangkah 0,100000 sd 0,999999.

#### CONTOH 1:

- \* Menurut contoh kesepakatan di atas, bilangan 2136 ditulis dalam notasi-E adalah sbb:

$$2136 = 0,2136 \times 10^4 = \underbrace{0,213600}_{\substack{\text{mantisa} \\ \text{6 angka}}} \times 10^4 = 0,213600 \underbrace{E+04}_{\substack{\times 10^4}}$$

integer  
selalu 0
↓
↓

#### CATATAN:

- \* Kekecualian dalam kesepakatan adalah yang berlaku untuk bilangan 0, sebab harga mantisa tidak dapat berada dalam jangkah 0,100000 sd 0,999999.
- \* Bilangan 0 dalam notasi-E adalah: 0,000000E+00

#### CONTOH 2:

- \* Cara mengolah bilangan negatif:

-625,78 dalam notasi-E adalah .....

$$-625,78 = -0,62578 \times 10^3 = -0,625780 E + 03$$

\* Cara mengolah bilangan yang kecil dari 1:

0,00013 dalam notasi-E adalah .....

$$0,00013 = 0,13 \times 10^{-3} = 0,130000E-03$$

**Mengolah kembali bilangan dari notasi-E menjadi bilangan "biasa":**

**CONTOH 3:**

\*  $0,108200 E-12 = \dots\dots\dots$

$$0,108200 E-12 = 0,1082 \times 10^{12} = 0,0000000000001082$$

\*  $0,988316 E+14 = 0,988316 \times 10^{14}$

$$= 988316 \times 10^8$$

$$= 98831600000000$$

**1-13. FAKTOR KONVERSI BERBAGAI SATUAN**

Mengubah	Menjadi	Kalikanlah dengan
Ampere-jam	Coulomb	3600
centimeter	feet (kaki)	$3,281 \times 10^{-2}$
centimeter	inch	0,3937
centimeter	mil	393,7
centimeter	mile	$6,214 \times 10^{-6}$
centimeter	yard	$1,094 \times 10^{-2}$
centimeter/detik	knot/jam	$1,943 \times 10^{-2}$
centimeter/detik	mile/jam	$2,237 \times 10^{-2}$
centimeter/detik	mile/menit	$3,728 \times 10^{-4}$
centimeter <sup>2</sup>	feet <sup>2</sup>	$1,076 \times 10^{-3}$
centimeter <sup>2</sup>	inch <sup>2</sup>	0,1550
centimeter <sup>2</sup>	meter <sup>2</sup>	0,0001

liter	gallon (cairan)	0,2642
meter	yard	1,094
meter/menit	centimeter/detik	1,667
meter/menit	kilometer/jam	0,06
meter <sup>2</sup>	feet <sup>2</sup>	10,76
meter <sup>2</sup>	inch <sup>2</sup>	1550
meter <sup>2</sup>	kilometer <sup>2</sup>	10 <sup>-6</sup>
meter <sup>2</sup>	mile <sup>2</sup>	3,861 × 10 <sup>-7</sup>
meter <sup>2</sup>	milimeter <sup>2</sup>	10 <sup>6</sup>
meter <sup>2</sup>	yard <sup>2</sup>	1,196
menit (sudut)	derajat	1,667 × 10 <sup>-4</sup>
menit	kwadran	1,852 × 10 <sup>-4</sup>
menit	radial	2,909 × 10 <sup>-4</sup>
		(2π rad = 1 keliling = 360°)
mil	centimeter	2,540 × 10 <sup>-3</sup>
mil	feet	8,333 × 10 <sup>-5</sup>
mil	inch	0,001
mil	milimeter	2,540 × 10 <sup>-2</sup>
mil	yard	2,778 × 10 <sup>-5</sup>
radial	derajat	57,30
radial	derajat, menit, detik	57°, 17', 44,8"
ton (long)	gram	1,016 × 10 <sup>6</sup>
ton	kilogram	1016
ton	ton (metrik)	1,016
ton	ton (short)	1,120
ton (metrik)	gram	10 <sup>6</sup>
ton	kilogram	1000
ton	ton (long)	0,9842
ton	ton (short)	1,102

ton (short)	kilogram	907,2
ton	ton (long)	0,8929
ton	ton (metrik)	0,9072
watt	dayakuda	0,0013410
yard	centimeter	91,44
yard	feet	3
yard	inch	36
yard	kilometer	$9,144 \times 10^{-4}$
yard	meter	0,9144
yard	mile	$5,682 \times 10^{-4}$
yard	mile (laut)	$4,934 \times 10^{-4}$
yard	milimeter	914,4
yard	mil	$3,6 \times 10^4$
yard <sup>2</sup>	centimeter <sup>2</sup>	8361
yard <sup>2</sup>	feet <sup>2</sup>	9
yard <sup>2</sup>	inch <sup>2</sup>	1296
yard <sup>2</sup>	meter <sup>2</sup>	0,8361
yard <sup>2</sup>	mile <sup>2</sup>	$3,228 \times 10^{-7}$
yard <sup>2</sup>	milimeter <sup>2</sup>	$8,361 \times 10^{-5}$
yard <sup>3</sup>	liter	28,316

## 1-14. ANGKA ARAB DAN ROMAWI

0		8	VIII atau IIX
1	I	9	IX atau VIII
2	II	10	X
3	III	11	XI
4	IV atau IIII	12	XII
5	V	13	XIII atau XIIV
6	VI	14	XIV atau XIII
7	VII	15	XV



16	XVI
17	XVII
18	XVIII
19	XIX
20	XX
25	XXV
29	XXIX
30	XXX
35	XXXV
39	XXXIX
40	XL
45	XLV
49	XLIX
50	L
55	LV
59	LIX
60	LX
65	LXV
70	LXX
75	LXXV
79	LXXIX
80	LXXX

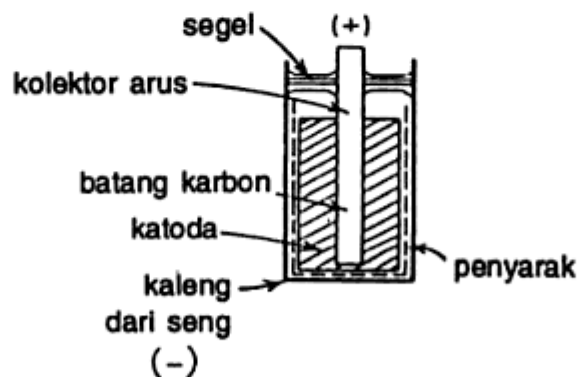
89	LXXIX
90	XC
95	XCV
99	XCIX
100	C
200	CC
300	CCC
400	CD
500	D
600	DC
700	DCC
800	DCCC
900	CM
1000	M
1500	MD
1871	MDCCCLXXI
1934	MCMXXXIV
2000	MM
3000	MMM
4000	MMMM
4500	MMMMD
100000	$\overline{\text{M}}$

# 2 BATERAI/PENCATU DAYA

## 2-1. BATERAI PRIMER

- Baterai menyimpan tenaga kimia (bukan elektrik), dan dapat mengadakan reaksi antar bahan2 kimia di dalamnya dengan secara sedemikian hingga menimbulkan aliran elektron dalam kalang luarnya.
- Tiga komponen utama dalam baterai: anoda  
katoda  
elektrolit
- Anoda dan katoda merupakan elektroda2; terdiri dari ramuan kimiawi yang akan bereaksi hingga menimbulkan aliran elektron.
- Anoda mengeluarkan elektron2
- Katoda menyerap elektron2 arus.
- Elektrolit berupa cairan, lazimnya larutan basah yang dibuat menghantar oleh berlarutnya sesuatu asam, basa atau garam.
- Elektrolit menutup jalanan antara anoda dan katoda.

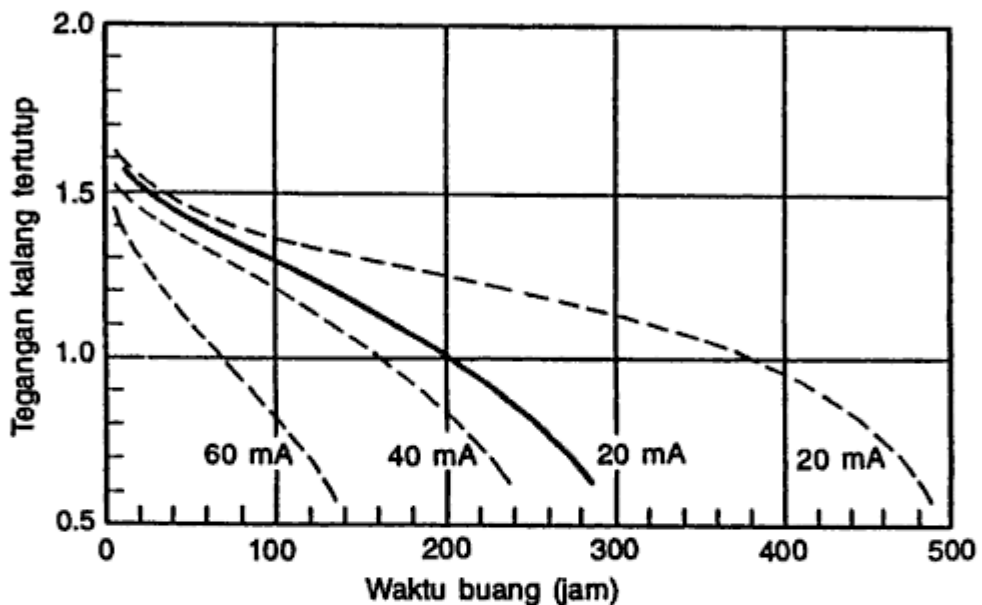
Selama baterai mengeluarkan arus



- Sel yang banyak dipakai:  
Sel LeClanche, dikenal sebagai sel seng-karbon, juga sebagai "sel kering" (walaupun sebenarnya terdiri dari cairan yang diisapkan pada bahan pengisap).
- Tiga bentuk standar: bulat, pipih, krupuk (*wafer*).

Tabel 2-1: Karakteristik beberapa sel primer

Tipe	Tegangan kalang-terbuka, V	Tegangan kerja rata-rata, V
LeClanche	1,50 – 1,65	1,25
Alkalin	1,52	1,20
Merkuri	1,35 – 1,40	1,25
Magnesium kering	1,90 – 1,95	1,50



- \* Karakteristik pembuangan sel kering LeClanche, tipe-D.  
 garis utuh = pembuangan terus-menerus.  
 garis putus-putus = pembuangan terputus-putus, 4 jam/hari, bertarif tinggi dan rendah.

Tipe D = diameter 3,18 cm; tinggi 5,72 cm.

### 2-1.a. Baterai Alkalin

- \* Bentuknya mirip sel LeClanche.
- \* Tidak bocor cairannya selama penyimpanan (kalengnya tersegel).
- \* Dapat disimpan dalam suhu lebih tinggi ketimbang sel LeClanche, dapat sampai 130 °F;  
 Jangan terlampaui lama menyimpannya di atas suhu 130 °F.
- \* Banyak dipakai untuk keperluan berdaya tinggi, misalnya dalam radio tentengan, alat cukur elektrik, perkakas hobby, dlsb.

## 2.2. BATERAI SEKUNDER/AKI

- \* Keunggulan terhadap baterai primer:
  - \* Mampu mengeluarkan 1000-kali 0,5 A.jam, sementara baterai primer dipakai hanya sekali, 0,5 A.jam.
  - \* Aki tidak bocor,
  - \* perlawanan-dalamnya kecil,
  - \* tegangan konstan selama pemakaian.

### 2-2.a. Aki Asam-timbel

- \* Paling banyak digunakan: dalam instalasi listrik otomobil, terapan2 komersial, daya siaga (telepon, industri, rumahsakit, penerangan darurat, dlsb); TV tentengan, perkakas elektrik, sistem kendali, dlsb.
- \* Dapat diperoleh dalam berbagai ukuran dan bentuk sesuai keperluan, dalam hal jangkah kapasitas dan taraf daya.
- \* Ada satuan yang terdiri dari satu sel (2V), 3 sel (6V), 6 sel (12V).
- \* Aturan umum: Baterai akan menghasilkan kapasitasnya yang terbesar kalau membuang dalam taraf rendah2. Untuk aki asam-timbel, ini adalah 20 jam (= aki menjadi kosong dalam 20 jam).

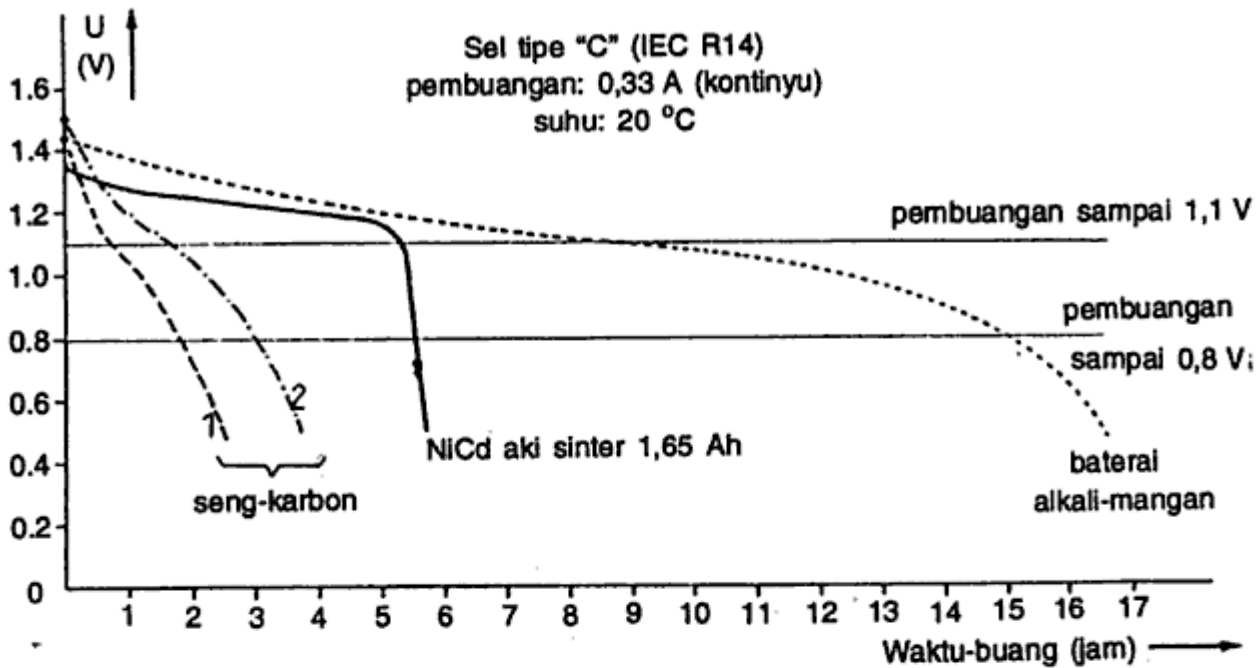
CONTOH: Kapasitas nominal sebuah aki ada 10 Ah (ampere-jam).

Kalau baterai membuang dalam laju 0,5 A maka pembuangannya adalah "20 jam".

- \* Pabrik2 kenamaan menyatakan kapasitas baterai dalam laju "20-h" (*hour*) dalam suhu lingkungan 78 °F.
- \* Tidak tahan dalam simpanan suhu tinggi (di atas 130 °F).
- \* Tahan dalam simpanan suhu sangat rendah, sambil mengeluarkan daya besar pun.

### 2-2.b. Baterai Nikel-Cadmium (NiCd)

- \* Keunggulan dalam kegunaan terhadap baterai standar dikemukakan dalam gambar halaman berikut yang melukiskan:
- \* Tegangan nominal 1,5 V tiap sel.
- \* Kalau dipakai dengan hati-hati, mampu sampai 500 daur (atau lebih) pengisian dan pembuangan.  
(Sel tipe alkalin hanya sampai kirakira 50 kali).
- \* Supaya tahan lama, jangan sampai kosong sama sekali.
  - \* Jangan sampai merosot kurang dari 1 V tiap sel.



- \* Tingkah pembuangan baterai standar dan dari NiCd, dengan beban terus-menerus, dan arus agak besar.
- 1 - baterai standar; 2 - baterai tugas-berat, dua-duanya dari seng-karbon.

### 2-2.c. Mengisi baterai NiCd

- \* Isilah dengan arus cukup konstan.
- \* Jangan sekali-kali menjajarkan aki NiCd, juga selama pengisian.
- \* Tiap aki diisi lewat pelawan deretan sendiri, jadi dengan arus pengisian sendiri-sendiri.
- \* Boleh dideretan (meskipun tidak sama kosongnya), asalkan arus pengisiannya benar.
- \* Arus pengisian baku adalah 10% dari kapasitas nominal.  
(Aki *penlight* 500 mah memerlukan 50 ma).
- \* Dengan arus pengisian baku, waktu pengisian adalah 14 jam.
- \* Lebih dari 14 jam, aki terisi-lebih, namun tidak akan rusak asalkan arus pengisian tetap baku.
- \* Hindarkan pengisian-lebih dengan arus besar dalam suhu rendah.
- \* Aki (juga baterai) dapat membuang meskipun tidak dipakai; Hal ini tidak merugikan pada aki NiCd, asalkan disimpan dalam tempat dingin.
- \* Aki NiCd modern boleh disimpan dalam keadaan kosong.

#### JANGAN:

- \* membiarkan aki kosong tetap bekerja (dibebani)
- \* menderetkan aki dengan lain2 kapasitas selama pembuangan (dibebani).
- \* menderetkan aki dengan baterai biasa.

- \* menjajarkan aki.
- \* menyambungkan aki dengan polaritas keliru.
- \* menghubungkan singkat aki.
- \* menyolder pada aki (terkecuali kalau diberi lidah solderan).
- \* aki baru supaya ditambah dulu isinya, sebelum dipakai.
- \* membuka aki, dan membuangnya dalam api.
- \* membuang aki di sebarang tempat.

### 2-2.d. Baterai asam-belerang tersegel

- \* Dapat dipakai dalam sebarang posisi, juga boleh terjungkir.
- \* Tegangan pengisian harus 2,3 V tiap sel
  - \* (2,45 V untuk pengisian cepat).
 atau:
  - \* 6,9 V untuk baterai 6 V;
  - \* 13,8 V untuk baterai 12 V.
- \* Arus pengisian tidak perlu terbatas antara 0,1 .... 1 C (*Capacity* dalam A/jam, bergantung pabrik).
- \* Baterai sudah terisi kalau arus pengisian sudah merosot sampai 1% dari kapasitاسnya.
  - \* Ada pabrik yang menganjurkan pengisian baterai dalam posisi horisontal.
- \* Jangan menggunakan pengisi untuk baterai NiCd!

### 2-3. PENCATU DAYA

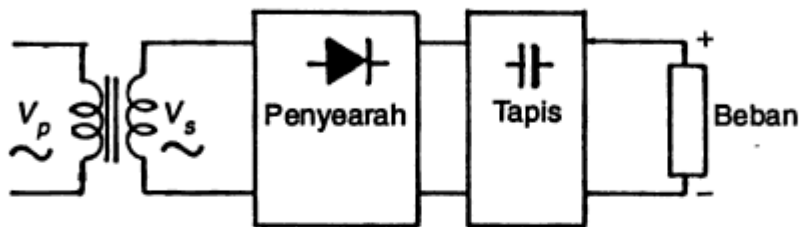
- \* Mengubah daya masukan ac menjadi daya keluaran dc.
- \* Tegangan keluaran dapat berubah oleh perubahan:
  - \* tegangan saluran ac
  - \* arus beban
  - \* derajat pentapisan.
- \* Parameter2 yang menentukan kelaikan adalah:
  - \* Kerut – Komponen ac di tegangan keluaran yang ditumpangkan pada komponen dc.
  - \* Regulasi saluran – Perubahan harga ajeg (*steady state*) pada tegangan keluaran yang menyertai ubahan di tegangan saluran, sementara kondisi lain konstan.
  - \* Regulasi beban – Perubahan harga ajeg pada tegangan keluaran yang menyertai perubahan dalam arus beban, sementara kondisi lain konstan.

#### 2-3.a. Pencatu-daya takteregulasi (takdistabilkan)

- \* Digunakan kalau variasi tegangan keluaran tidak kritik.

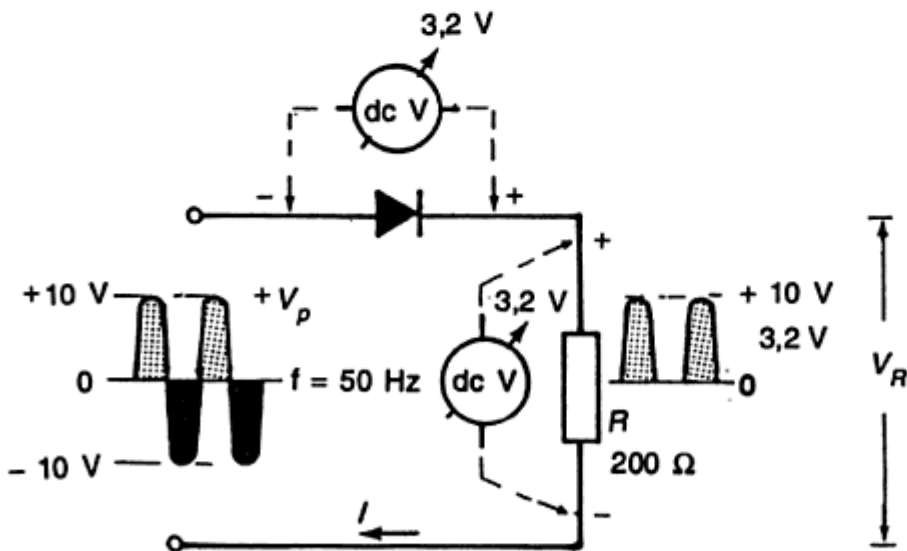
Contoh penerapan:

- \* untuk mencatu penerima radio, TV.
- \* mainan (model kereta-api)
- \* pengisi baterai.
- \* Murah dan sederhana.
- \* Yang banyak digunakan adalah jenis:
  - \* penyearahan paruh-gelombang (atau penyearahan tunggal);
  - \* penyearahan gelombang penuh (atau penyearahan rangkap);
  - \* jembatan gelombang penuh;
  - \* pengganda tegangan.



- \* Asas pencatu-daya takteregulasi (takdistabilkan).
- \* Dapat menerapkan penyearahan paruh-gelombang, penyearahan gelombang penuh, atau jembatan penyearah.
- \* Dalam skema sederhana, tapis tidak ada.

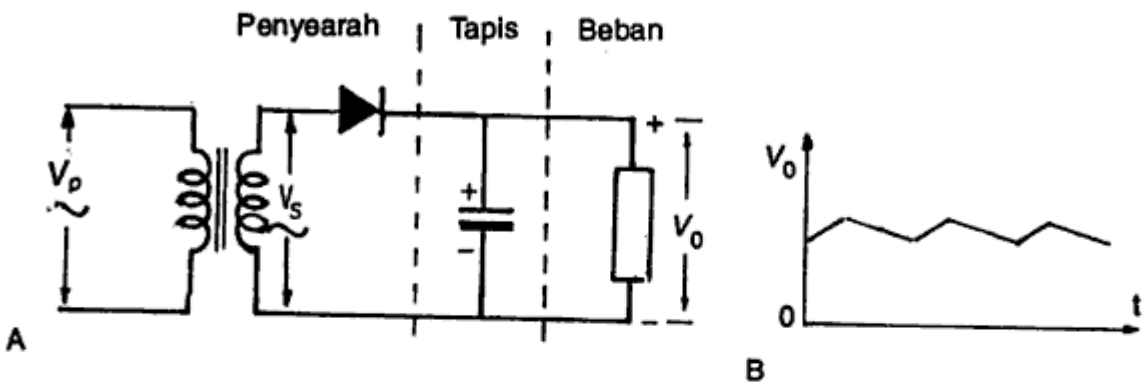
### 2-3.b. Penyearahan paruh-gelombang



\* 
$$I_{\text{maks}} = \frac{V_{R\text{-maks}}}{R} \quad \left( = \frac{10}{200} = 50 \text{ ma} \right)$$

- $V_R = \frac{V_p}{\pi}$  ( =  $0,32 \cdot V_p = 3,2$  volt )

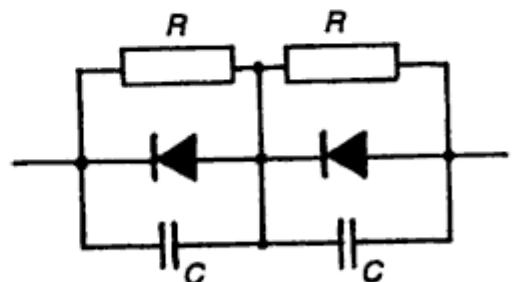
- Frekwensi keluaran = frekwensi masukan (= 50 Hz)
- Tegangan-terbalik puncak pada dioda =  $-V_p$  (= -10 Volt)
- Tegangan2 pada dioda dan pada  $R$  diukur dengan alatukur-Volt-dc. Alatukur menunjukkan harga searah (komponen-dc) denyut2.
- Terukur:  $-V_D = V_R$



- Skema lengkap pencatu-daya dengan penyearahan paruh-gelombang dengan dilengkapi kondensator tapis.
- Pada tiap denyut positif (hasil penyearahan dioda), kondensator diisi muatan, kemudian membuang muatannya ke beban.
- Penyurutan tegangan pada kondensator,  $V_C$ , bergantung pada kapasitas  $C$  dan besar beban (Ohm).
- Kian besar beban, tegangan keluaran,  $V_o$ , kian konstan. (Kerut-kerut tegangan kian kecil).
- Kian besar  $C$ , kian baik penyearahan (mengecilkan dengung atau kerut).
  - Petunjuk praktek: tentukan saja  $C$  paling besar.
- Frekwensi dengung = 50 hertz.

### 2-3.c. Dioda berderet

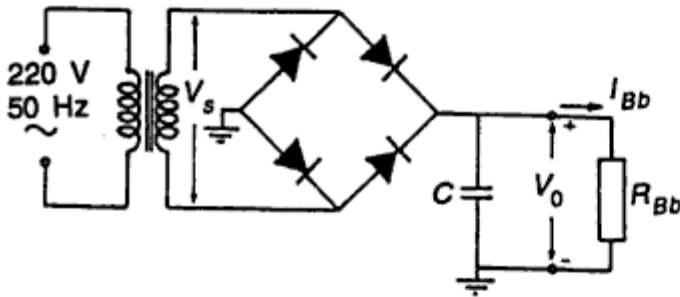
- Kalau tegangan terbalik maksimum (*Peak Inverse Voltage, PIV*) dioda kurang tinggi untuk tegangan yang akan dikenakan, maka dioda2 dapat dideretkan.



CONTOH: Dua dioda dengan PIV 500 volt yang dideretkan akan mampu terhadap PIV 1000 volt.

- Pada tiap dioda perlu diijarkan perlawanan guna menyamakan tegangan terbalik maksimumnya (juga meskipun digunakan dua dioda sama tipe).





### Pedomam rancangan praktek

- \* Tegangan-keluaran searah,  $V_0$ :

$$V_0 = 1,3 \cdot V_s$$

- \* Tegangan-kerja kondensator, WV:

$$WV > 1,3 \cdot V_0$$

- \* Kapasitas C:

$$C = \frac{200\,000}{R_{Bb}} \times \text{tegangan-kerut-maks}$$

- \* Trafo:

tarif daya, VA:

$$VA > 1,3 \times \text{daya-rata keluaran}$$

tegangan sekunder,  $V_s$ :

$$V_s = V_0 / 1,3$$

- \* Daya searah keluaran

$$= V_0 \cdot I_{Bb}$$

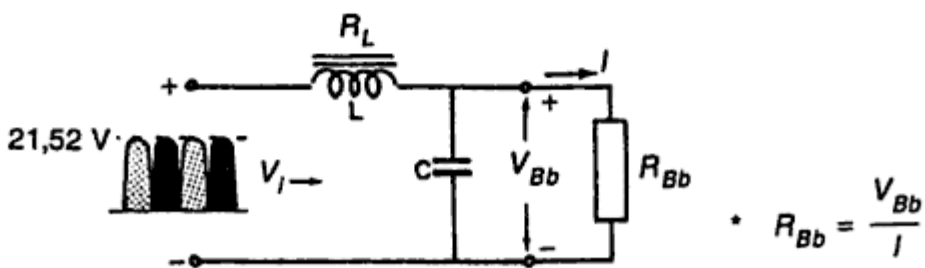
- \* Perlawanan-dalam pencatu-daya

$$= \frac{GEM - V_{Bb}}{I_{Bb}}$$

- \* Dioda:

tegangan-terbalik puncak =  $2 \times V_0$  arus maju yang dibolehkan =  $2 \cdot I_{Bb}$

### 2-3.g. Tapis penyearah



$$R_{Bb} = \frac{V_{Bb}}{I}$$

$$V_{Bb} = \frac{R_{Bb}}{R_L + R_{Bb}} \times V_i$$

di mana:  $R_{Bb} = R$ -beban

$R_i$  = perlawanan ohm kumparan

$V_i$  = tegangan hasil penyearah

- \* Keterangan: Untuk arus-searah  $R_L$  dan  $R_{Bb}$  merupakan pembagi-tegangan.

Lazimnya berlaku  $R_L \ll R_{Bb}$ , hingga  $V_{Bb} = V_i$

## Pedoman rancangan praktek

- \*  $X_L > X_C$
- \* Frekwensi-diri LC harus kecil terhadap frekwensi yang hendak ditindas (< 50 Hz pada penyearahan tunggal), (< 100 Hz pada penyearahan rangkap).
- \* Inti kumparan perlu punya celah udara, agar tidak terjadi penjenuhan oleh arus dc.

## 2-3.h. Ordo tapis dan kecuraman tapis

- \* Untuk tapis L-C di gambar di atas berlaku:

$$\frac{V_{kel}}{V_{msk}} = \frac{V_{Bb}}{V_i} = \frac{1}{1 - 4\pi^2 f^2 LC}$$

- \* Ordo tapis adalah sama dengan bilangan kepangkatan yang dikenakan kepada besaran frekwensi (f).
  - \* Untuk tapis di atas, dalam rumus terdapat f pangkat 2. Berarti bahwa:
  - \* Tapis adalah dari ordo ke-dua.
- \* Dalam praktek, ordo tapis berkoresponden pula dengan banyaknya kumparan dan kondensator yang digunakan.
 

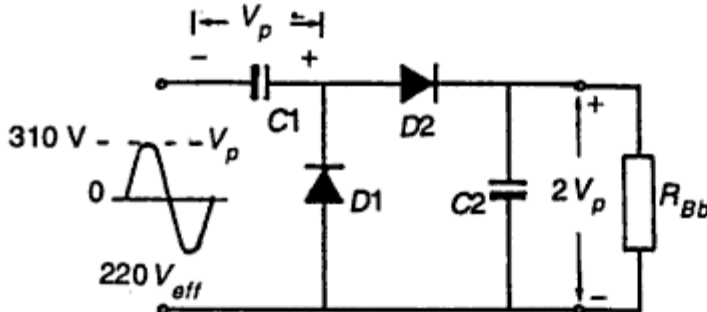
Contoh: \* Tapis menggunakan 5 kumparan dan kondensator.  
Maka tapis itu adalah dari ordo ke lima.
- \* Dalam praktek ternyata pula bahwa tiap kumparan atau kondensator menimbulkan pelemahan 6 db/oktaf.
  - \* Dengan demikian tapis ordo ke lima (yang memiliki 5 kumparan dan kondensator) memiliki kecuraman:  $4 \times 6 = 24$  db/oktaf.
  - \* Hal kecuraman tapis, harap lihat Par 15-19.a.

## 2-4. PENGGANDAAN TEGANGAN

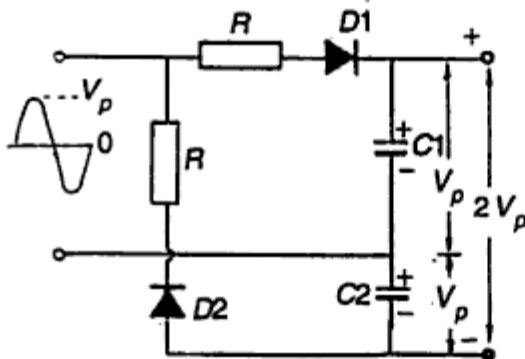
- \* Pengganda tegangan (*Voltage multiplier*) adalah dua (atau lebih) penyearah puncak (*peak rectifier*) yang menjangkitkan tegangan searah setinggi kelipatan harga puncak tegangan bolak-balik yang dimasukkan ( $2 \cdot V_p$ ,  $3 \cdot V_p$ ,  $4 \cdot V_p$ , dst).

### KEGUNAAN:

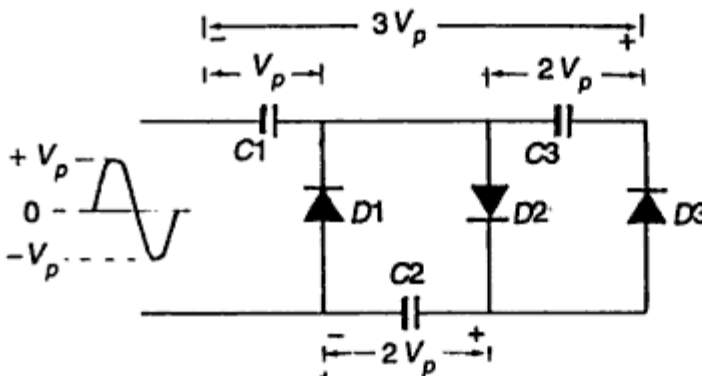
- \* Guna mencatu daya kepada peralatan yang memerlukan tegangan searah tinggi, tetapi arus kecil, misalnya: tabung sinar-katoda dalam osiloskop, penerima TV, dan penampil komputer.



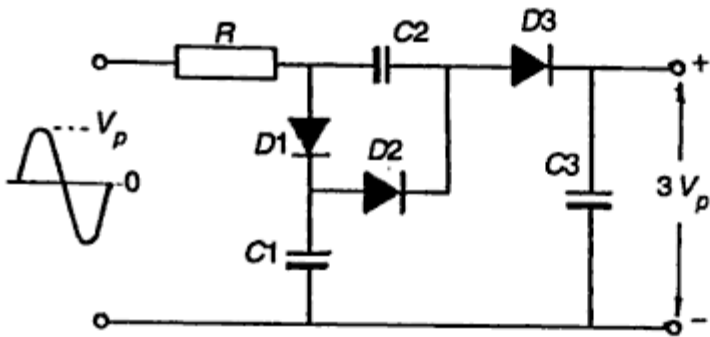
- \* Pendobel tegangan paruh-gelombang.
- \* Terdiri atas dua detektor puncak:  $C1 - D1$  dan  $C2 - D2$ .
- \* Tegangan keluaran (searah) ada setinggi  $2V_p$ .
- \* Juga dapat dipakai sebagai detektor puncak-puncak.



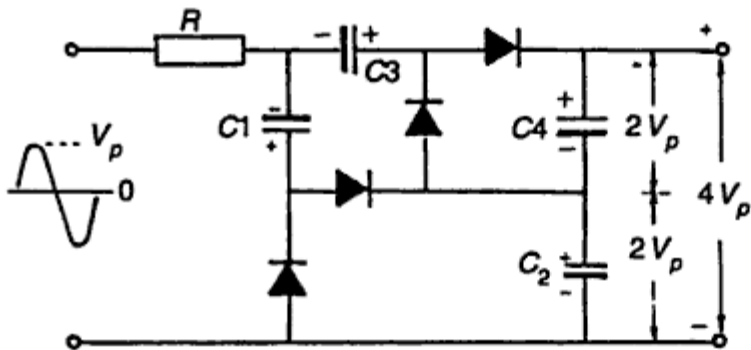
- \* Pendobel tegangan gelombang-penuh (*full-wave voltage doubler*).



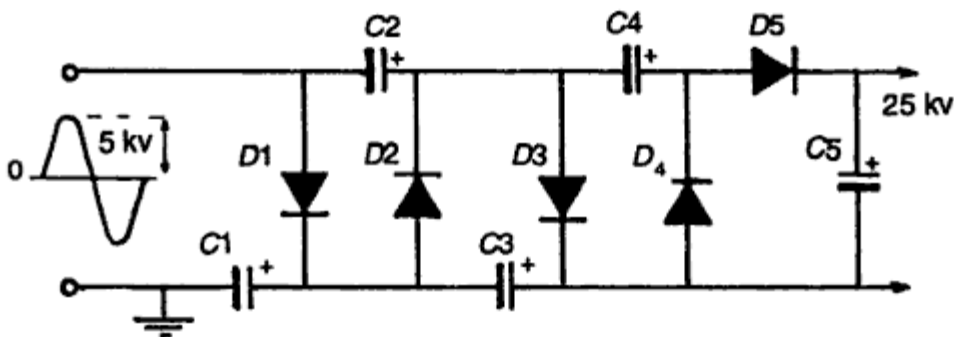
- \* Pengganda-tiga tegangan paruh-gelombang
  - \* Terdiri atas 3 detektor puncak:  $C1 - D1$ ,  $C2 - D2$ , dan  $C3 - D3$ .
  - \* Tegangan keluaran searah adalah  $3V_p$



- \* Bentuk lain pengganda-tiga tegangan.
  - \* Persyaratan tarif tegangan kondensator:
    - \*  $C1 > V_p$   $C2 > 2V_p$   $C3 > 3V_p$

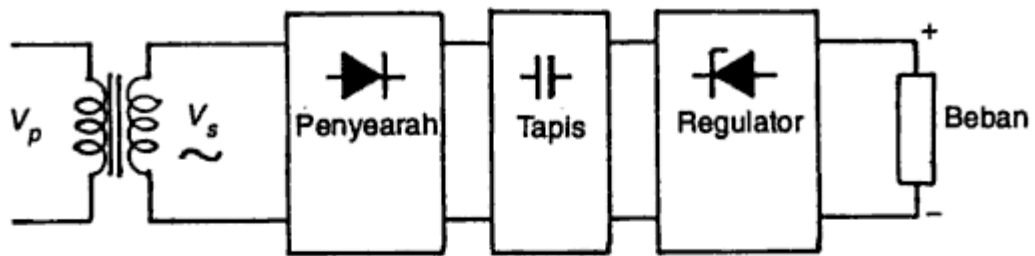


- \* Pencatur-ganda tegangan (*voltage quadrupler*).
  - \* Tarif tegangan kondensator2:
    - \*  $C1 > V_p$   $C2 > 2V_p$   $C3 > 2V_p$   $C4 > 2V_p$



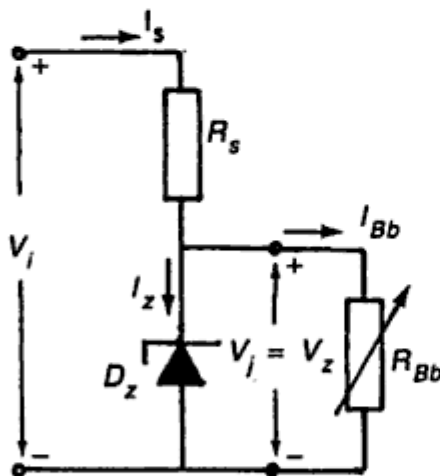
- \* Pemanca-ganda tegangan (*five-times voltage multiplier*).
  - \* Pendobel paruh-gelombang dikaskadakan untuk mendapatkan tegangan keluaran yang 5-kali tegangan masukan.
  - \* Dioda2 adalah dari jenis tegangan-tinggi.

## 2-5. PENCATU-DAYA TEREGULASI (DISTABILKAN)

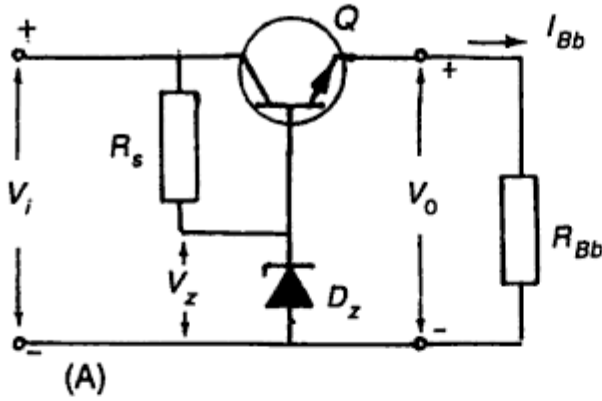


- \* Asas pencatu-daya teregulasi.
- \* Pencatu-daya semacam ini dinamai pencatu-daya liner, sebab:
  - \* kalau tegangan masukan naik, naik pulalah daya masukan.
- \* Borosan daya,  $P_D$ , dalam pencatu-daya adalah sama dengan:
 
$$P_D = P_{msk} - P_{kel}$$
- \* Karena  $P_{kel} = \text{konstan}$ , maka kalau tegangan masukan naik, terjadilah pemborosan daya yang besar di dalam pencatu-daya, dan
  - \* dayaguna pencatu-daya merosot.

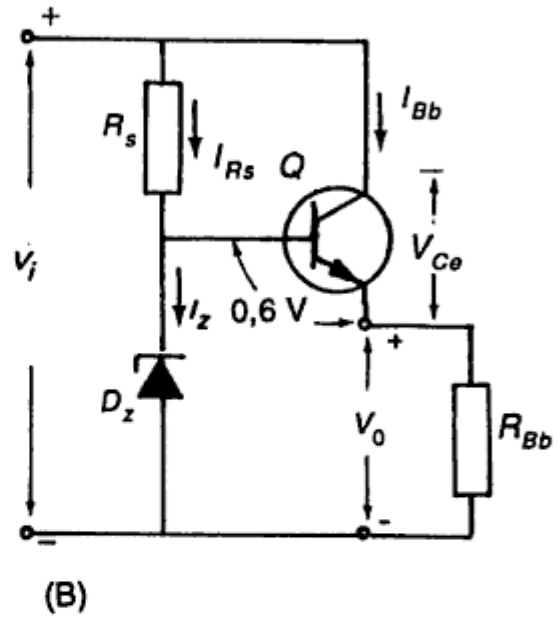
## 2-6. PENSTABILAN TEGANGAN DENGAN DIODA ZENER



- \* Arus pada  $R_s$ :  $I_s = \frac{V_i - V_z}{R_s}$
- \*  $I_z = I_s - I_{Bb}$
- \* Tegangan-beban:  $V_j = V_z$
- \* Arus-beban:  $I_{Bb} = \frac{V_z}{R_{Bb}}$



- \*  $V_{CE} = V_i - V_o$
- \* Disipasi-kolektor =  $\frac{(V_i - V_o)}{I_{Bb}}$
- \*  $\Delta I_z = \frac{-\Delta I_{Bb}}{h_{FE}}$



### Pedoman rancangan praktek

- \* Tegangan keluaran,  $V_o$ 
  - =  $V_z - 0,6 V$  (transistor silikon)
  - =  $V_z - 0,2 V$  (transistor germanium)
- \*  $V_i$  minimum =  $(1 \dots 2 V) + V_z$
- \*  $R_s = \frac{V_{i-min} - V_z}{0,5 \cdot I_{Bb-maks}}$
- \* Arus pada  $R_s$ :
  - =  $5\% \cdot I_{Bb}$  (dengan  $V_i$  minimum)
- \* Arus maks pada  $R_s$ :
 
$$\approx \frac{V_{i-maks} - V_z}{R_s}$$

- Daya pada  $R_s$  yang dibolehkan:

$$= (I_{R_s - maks})^2 \cdot R_s$$

- Dioda zener:

daya yang dibolehkan  $\approx 0,1 \times$  daya-total di keluaran

arus yang dibolehkan = arus maks pada  $R_s$

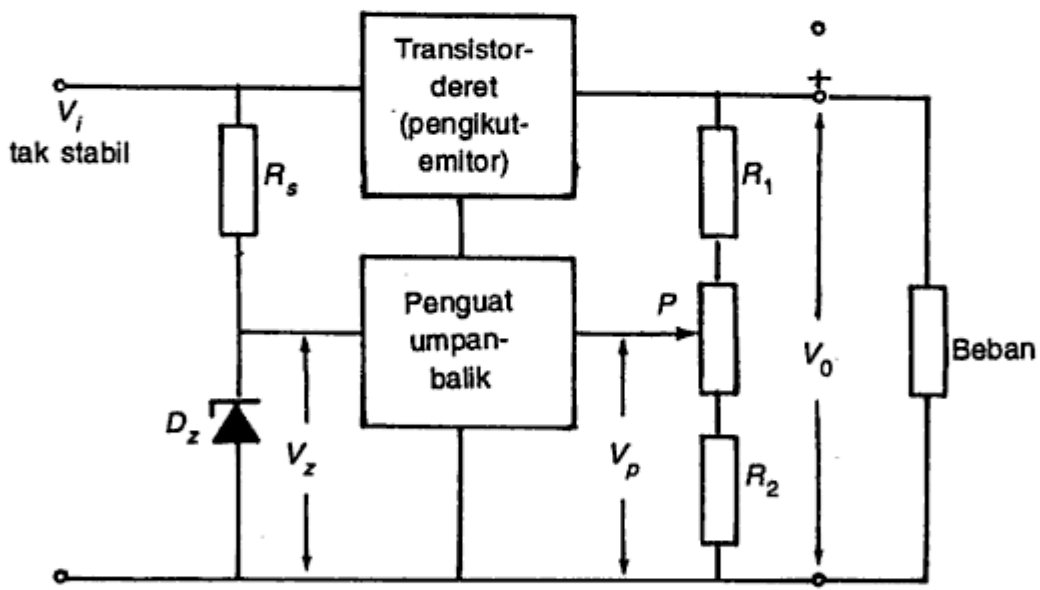
- Transistor  $Q$ :

Tarif daya, tegangan, dan arus menentukan karakteristik seluruh rangkaian beserta penerapannya.

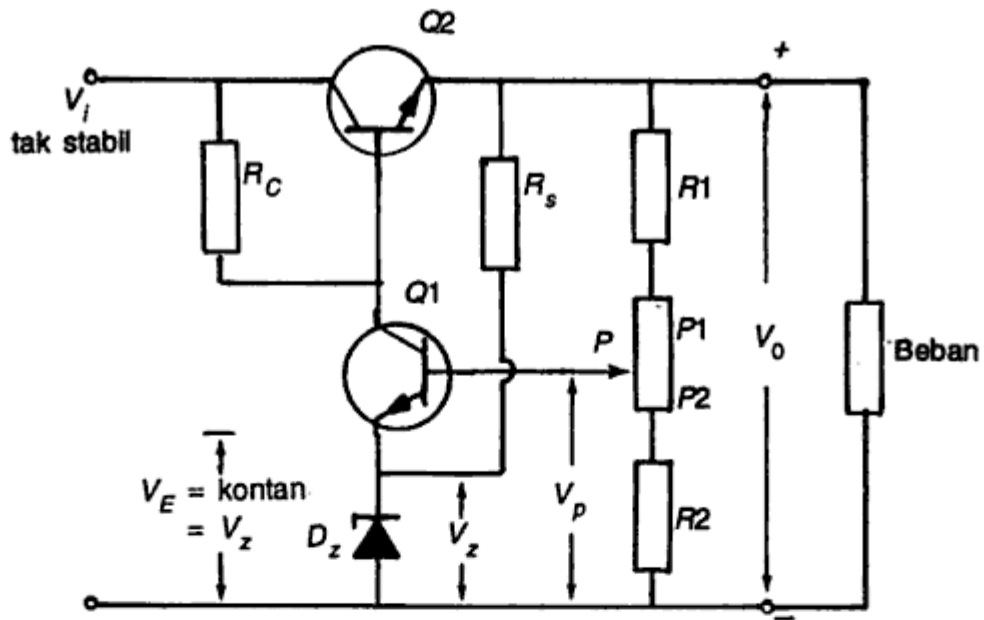
Jadi: batas kegunaan tergantung kepada tarif2 yang berlaku bagi transistor.

## 2-9. PENSTABILAN TEGANGAN YANG LEBIH TINGGI DARI TEGANGAN ZENER

- Dengan menerapkan penguat yang diterapi umpanbalik negatif, akan dapat diperoleh tegangan-keluaran stabil, yang melebihi tegangan dadal dioda zener.
- Keunggulan tambahan: (a) tegangan-keluaran dapat disetel-setel  
(b) pekerjaan stabilisasi lebih sempurna



- Asas2 penstabilan tegangan dengan menerapkan penguat umpanbalik.
- Penguatnya perlu mempunyai penguatan yang besar (*high gain*).
- Lihat skema di bawah:
- Potensiometer  $P$  menentukan tegangan-basis  $Q_1$ , jadi menentukan arus-kolektor  $Q_1$
- Tegangan-emitor  $Q_1$  distabilkan oleh dioda zener, dan ada setinggi  $V_E = V_Z$



- \* Rangkaian dasar stabilisasi dengan penguat umpanbalik ( $Q_1$ )
- \* Kalau tegangan-keluaran,  $V_0$  cenderung turun, basis  $Q_1$  menjadi kurang positif terhadap emitor. Karena itu  $Q_1$  kurang hantarannya.
- \*  $Q_1$  mengatur2 kondisi kerja  $Q_2$ , berarti: mengatur harga perlawanan  $Q_2$ .
- \* Kalau  $V_0$  cenderung turun, perlawanan  $Q_2$  turun pula (= tegangan pada  $Q_2$  turun), sehingga  $V_0$  tetap bertahan (tidak jadi turun).

### Contoh hitungan:

Diketahui:

Tegangan-zener,  $V_Z = 6$  Volt;  $(R_1 + P_1) = 10K$ ;  $(P_2 + R_2) = 5K$ .

Berapakah tinggi  $V_0$ ?

### Cara menghitung:

- \* Karena penguat mempunyai penguatan besar, ia menarik arus-basis hanya kecil yang dapat diabaikan.
- \* Karena itu  $R_1$ - $P_1$ - $R_2$  merupakan pembagi-tegangan, dan berlakulah:

$$* V_P = \frac{P_2 + R_2}{R_1 + P_1 + R_2} \times V_0$$

$$\text{atau: } * V_0 = \frac{R_1 + P_1 + R_2}{P_2 + R_2} \times V_P$$

- \* Dalam kondisi setimbang berlaku:  $V_Z = V_P = 6$  Volt
- \* Maka tegangan-keluaran,  $V_0$ , akan setinggi:



$$V_0 = \frac{R_1 + P_{1-2} + R_2}{P_2 + R_2} \times V_z$$

$$= \frac{15}{5} \times 6 \text{ V} = 18 \text{ Volt}$$

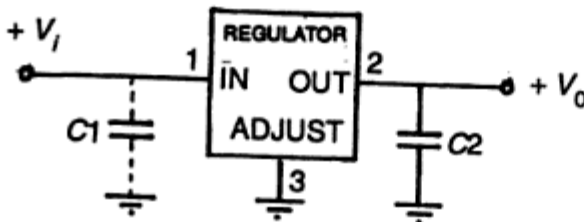
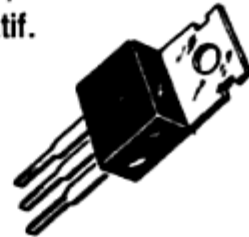
- \* Q1 harus diperhitungkan untuk tegangan maksimum yang berasal dari penyearah, ( $V_i$ ), dan pula:
- \* Diperhitungkan untuk arus-beban maksimum yang mungkin ada.

Dari persamaan2 dalam CONTOH HITUNGAN di atas dapat disimpulkan bahwa:

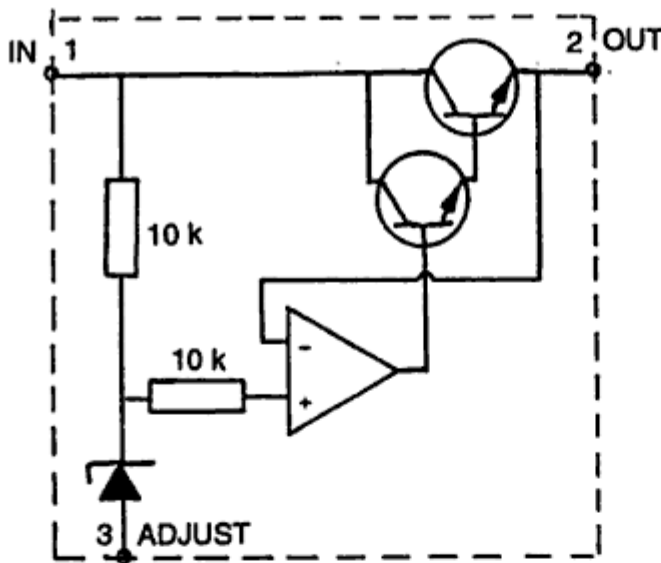
- \* Dengan potensiometer pada posisi maksimum, maka  $V_0 = \text{minimum}$ ;
- \* Dengan potensiometer pada minimum, maka  $V_0$  menjadi maksimum.
- \* Guna keperluan arus-beban yang besar2, Q2 dapat ditukar dengan 2 transistor dalam pasangan Darlington.
- \* Dalam rangkaian yang lebih rumit (industri), Q1 dapat berupa penguat diferensial.

## 2-10. REGULATOR TEGANGAN 3-TERMINAL BENTUK IC

- \* Ada tipe positif untuk meregulasi tegangan positif,
- \* ada tipe negatif untuk meregulasi tegangan negatif.

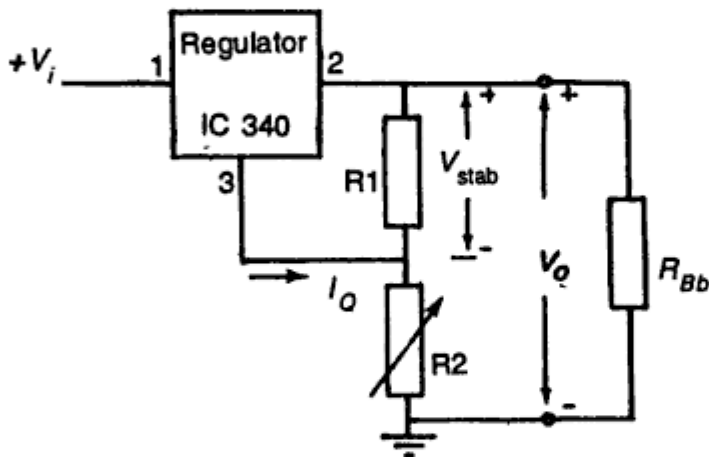


- \* Penstabilan tegangan
  - \*  $C1 = 0,1 \dots 1 \text{ mf}$  (pencegah osilasi)
  - \*  $C2 = 1 \text{ mf}$  (memperbaiki tanggapan kilasan)
- \* Penerapan IC mengharuskan  $V_i > V_0$ .
- \* Dalam praktek, minimum,  $V_i \approx V_0 + 3 \text{ Volt}$
- \* Agar dapat menerapkan  $V_i \approx V_0$  perlu menggunakan komponen2 lepasan, yaitu:
  - \* transistor dalam konfigurasi tunggal-emitor, dimana  $V_0 < V_i$  hanya kalau transistornya jenuh.



- \* Isiperut emping regulator tegangan 3-terminal

## 2-11. MENAIKKAN TARAF TEGANGAN YANG DISTABILKAN



- \* Arus konstan mengalir lewat  $R1$  sebesar:

$$I_1 = \frac{V_{stab}}{R1} \quad V_{stab} \text{ adalah tegangan yang distabilkan atau tegangan yang dijadikan acuan (reference voltage).}$$

- \* Arus tsb ditambah arus keliru,  $I_o$ , mengalir lewat  $R2$  dan menghasilkan:

$$\begin{aligned} V_o &= V_{stab} + \left( I_o + \frac{V_{stab}}{R1} \right) \cdot R2 \\ &= V_{stab} \left( \frac{1 + R2}{R1} \right) + I_o \cdot R2 \end{aligned}$$

- \* Dengan harga  $V_i$  tertentu dapat diperoleh berbagai harga  $V_o$  dengan mengubah-ubah perbandingan  $R2 : R1$ .

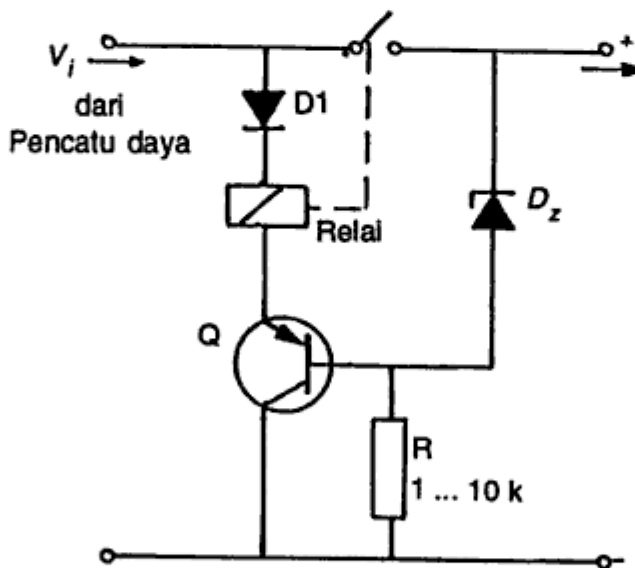
- A \* Rangkaian regulator menswits (*switching regulator*).
- \* Transistor tidak menghantar secara malar, melainkan hanya meng-on-off, hingga tidak ada masalah pemborosan daya.
- B \* Tegangan emitor dan tegangan kerut di keluaran.
- \*  $L$  dan  $C$  merupakan tapis perata yang menghasilkan  $V_0$ .
- C \* Tegangan acuan di masukan Op-amp.
- \* Karena transistor hanya meng-on-off, maka dayaguna regulator adalah tinggi.

$$* V_0 = \frac{E \cdot t_{on}}{t_{on} + t_{off}}$$

- \* Kalau perioda ( $t_{on} + t_{off}$ ) konstan, peregulasian dapat diperoleh dengan mengubah lamanya  $t_{on}$ .

## 2-15. PROTEKSI CATUAN

- \* Rangkaian proteksi (terhadap pertukaran polaritas catuan) yang menerapkan dioda menimbulkan perosotan tegangan, kalau arusnya besar.
- \* Pilihan dioda yang cocok merupakan masalah juga.
- \* Rangkaian proteksi berikut memecahkan masalah tersebut:



- \* Rangkaian proteksi yang tanpa kerugian.
- \* Tegangan kumparan relai boleh kecil dari  $V_i$ , sebab relai diaktifkan hanya dalam beberapa milidetik,
- \* kemudian relai mendapat tegangan yang tepat lewat  $Q$  dan  $D_1$ .
- \* Dioda zener  $D_z$  supaya berdimensi sedemikian agar relai bekerja terpercaya, dengan arus zener minimum yang disadap dari pencatu daya.
- \* (Mengingat tegangan genggam relai biasanya lebih kecil dari tegangan penggiatnya).

# 3 PERLAWANAN/KEKALANG DC - AC

## 3-1. KELAWANAN

- Perlawanan sesuatu bahan diketemukan dengan rumus:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A}$$

di mana  $\rho$  = kelawanan, lihat Tabel di bawah  
 $L$  = panjang penghantar dalam meter  
 $A$  = penampang penghantar dalam  $\text{mm}^2$

CONTOH HITUNGAN:

Penghantar kawat seng sepanjang 1,2 km, bergaristengah 2 mm memiliki perlawanan:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A} = \frac{0,0575 \times 1200}{3,14} = 22 \text{ ohm.}$$

Tabel 3-1: Kelawanan (*resistivity*),  $\rho$  ( $\Omega \cdot \text{cm}$ ) pada 20 °C

Konstantan	0,2	Tembaga	0,172
Nikelin	0,44	Seng	0,0575
Merkuri	0,958	Timah	0,445
Besi	0,1	Perak	0,026
Timbel	0,208	Aluminium	0,016

## 3-2. PELAWAN (Resistor) dan jenis-jenisnya

- Ada yang harga-mati, ada yang dapat-diubah (variabel).
- Yang harga-mati terdapat dalam empat jenis utama:
  - Campuran karbon
  - Selaput logam (*metal film*)

- \* Selaput karbon
- \* Lilitan kawat
- \* Pelawan diklas-klaskan juga menurut toleransinya:
  - \* Keperluan umum: toleransi 5% atau lebih.
  - \* Setengah-presisi: toleransi antara 1 ... 5%.
  - \* Presisi: toleransi antara 0,5 .... 1%.
  - \* Ultra-presisi: toleransi kurang dari 0,5%.

- \* **Campuran karbon**

- \* Paling banyak dipakai (untuk keperluan umum)
- \* Ada seharga  $1 \Omega$  ....  $100 M\Omega$
- \* Tarif daya antara  $1/8$  ... 2 watt.
- \* Perubahan harga oleh umur dapat mencapai 5 persen, perubahan harga oleh solderan 2 persen, dan oleh panas uap 15 persen.
- \* Jenis pelawan ini adalah paling tidak stabil dari antara jenis2 pelawan lainnya. Cukup stabil antara suhu  $0^\circ$  ....  $60^\circ c$  (harga perlawanannya naik atau turun di atas dan di bawah batas suhu itu).
- \* Tidak berinduksi
- \* Toleransi besar
- \* Berdesah
- \* Jauhkan dari sumber bahang supaya awet, dan supaya variasi perlawanannya seminim mungkin.



- \* **Selaput karbon (*carbon film*)**

- \* Untuk keperluan umum yang lebih presisi.
- \* Terbuat dari selaput karbon yang diendapkan pada lapik keramik.
- \* Harga2 antara  $10 \Omega$  ...  $10 M\Omega$ , dengan toleransi 5 persen atau lebih.
- \* Tarif daya sampai 2 watt.
- \* Tidak sestabil pelawan selaput logam (*metal film*).
- \* Tidak berinduksi.
- \* Sangat berguna karena koefesien-suhu yang negatif,
- \* Banyak digunakan dalam kalang kompensasi.

- \* **Selaput logam (*metal film*)**

- \* **Selaput tipis (*thin film*)**

- \* Terbuat dari selaput nikel atau kromium diendapkan pada lapik keramik.
- \* Harga sangat stabil, antara  $10 \Omega$  ...  $1 M\Omega$
- \* Toleransi kurang dari 0,5 persen.
- \* Tidak berinduksi.

- \* Desah kecil.
- \* Tidak terdapat di atas tarif 5 watt.

\* **Oksida timah**

- \* Oksida timah diendapkan pada lapik keramik.
- \* Harga beberapa ohm hingga 2,5 M $\Omega$
- \* Tarif daya sampai 2 watt.
- \* Toleransi kurang dari 1 persen.
- \* Stabilitas baik; karenanya cocok untuk keperluan semipresisi.

\* **Lapis logam**

- \* Campuran serbuk gelas dan butir2 halus logam (paladium dan perak) diendapkan pada lapik keramik.
- \* Harga antara beberapa ohm hingga 1,5 M $\Omega$
- \* Tarif daya sampai 5 watt.
- \* Stabilitas baik.

\* **Cermet**

- \* Harga antara 10  $\Omega$  ... 10 M $\Omega$
- \* Toleransi 1 persen.
- \* Tarif daya sampai 3 watt.
- \* Stabilitas baik.
- \* **Selaput bongkahan (*bulk film*):**
- \* Selaput logam dietsakan pada lapik gelas.
- \* Harga antara 30  $\Omega$  ... 600 k $\Omega$
- \* Toleransi 0,005 persen.
- \* Tarif daya sampai 1 watt
- \* Desah sangat kecil
- \* Stabilitas baik.



\* **Lilitan kawat**

- \* Dililitkan pada gelondong keramik atau material lain.
- \* Kawatnya dari campuran aluminium-kromium-nikel atau campuran aluminium-kromium-besi (nikrom).
- \* Karena bentuk lilitan, pelawan ada induksi dan juga kapasitas.
- \* Untuk meniadakan induksi, kontruksi ada yang bentuk gulungan bifiler.
- \* Pelawan yang presisi dapat diperoleh dengan harga 0,22  $\Omega$  .... 10 M $\Omega$  dengan toleransi kurang dari 5 persen, dan tarif daya 2 watt.
- \* Stabilitas baik.

\* **Konstruksi untuk daya besar sampai 1500 watt**

- \* Harga kurang dari 1  $\Omega$  .... 1 M $\Omega$  atau lebih.
  - \* Toleransi  $\pm 5$  ....  $\pm 20$  persen.

- \* Untuk membesarkan tarif watt, ada yang ditaruh dalam rumah dari logam (aluminium).
- \* Rumah itu perlu dipasang pada sasis logam atau benaman bahang.
- \* **Harga "ohm" pelawan sering dikodakan menurut BS 1852:**
  - \* Tidak dipakai tanda koma.
  - \* Harga dalam ohm dinyatakan dengan R;
  - \* Harga dalam kilohm dinyatakan dengan K;
  - \* Harga dalam megohm dinyatakan dengan M.

**CONTOH:** 0R5 = 0,5 ohm  
 2M2 = 2,2 Mohm  
 1K5 = 1,5 Kohm

### 3-3. PERISTILAHAN

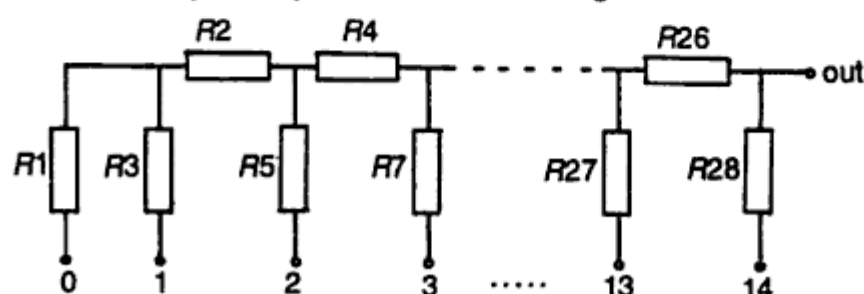
- \* **Perlawanan (*reistance*)** – Harga perlawanan dalam ohm ( $\Omega$ ), kilohm ( $k\Omega$ ), atau megohm ( $M\Omega$ ); lazimnya pada suhu ruang  $25^\circ\text{C}$ .
- \* **Koefesien Suhu Perlawanan (*Temperature Coefficient of Resistance, TCR* atau *Tempco*)** – Ubahan harga perlawanan bersama suhu, dinyatakan dalam  $\text{ppm}/^\circ\text{C}$  (*parts per million per  $^\circ\text{C}$* ); dapat positif, dapat negatif.
- \* **Longgaran (*toleransi*)** – Simpangan maksimum dari harga nominal; dinyatakan dalam persen.
- \* **Tarif daya (*power rating*)** – Daya terus-menerus maksimum, dalam watt, yang dapat diboroskan dalam suhu  $70^\circ\text{C}$ . Di atas suhu ini tarif daya menurun.
- \* **Tegangan kerja malar ditarifkan (*Rated Continuous Working Voltage, RCWV*)** - tegangan maksimum yang dapat dikenakan dengan aman; dinyatakan dalam volt.
- \* **Perlawanan kritik** – Harga perlawanan dimana tegangan maksimum dan tarif daya maksimum timbul bersamaan; dinyatakan dalam ohm.
- \* **Efek frekwensi** – Oleh adanya induksi dan kapasitas, besar perlawanan bergantung pada frekwensi arus. Harga perlawanan akan berlainan bagi arus searah, arus berfrekwensi rendah, dan berfrekwensi tinggi.
- \* **Hanyutan (*drift*)** atau **Stabilitas waktu (*time stability*)** – Ubahan perlawanan selama waktu pemakaian tertentu, misalnya 1000 jam. Pelawan harga-tinggi condong lebih besar hanyutannya ketimbang pelawan harga-rendah.  
 Lazimnya hanyutan jangka-pendek lebih menonjol ketimbang hanyutan jangka-panjang.
- \* **Desah** – Ditimbulkan oleh gerak acak elektron-elektron dalam material pelawan. Dapat diukur sebagai tegangan dengan dinyatakan dalam volt.

### 3-5. HARGA2 STANDAR DI PASARAN:

1	10	100	1k	10k	100K	1M	10M
1,2	12	120	1K2	12K	120K	1M2	12M
1,5	15	150	1K5	15K	150K	1M5	15M
1,8	18	180	1K8	18K	180K	1M8	18M
2,2	22	220	2K2	22K	220K	2M2	22M
2,7	27	270	2K7	27K	270K	2M7	
3,3	33	330	3K3	33K	330K	3M3	
3,9	39	390	3K9	39K	390K	3M9	
0,47	4,7	47	4K7	47K	470K	4M7	
0,56	5,6	56	5K6	56K	560K	5M6	
0,68	6,8	68	6K8	68K	680K	6M8	
0,82	8,2	82	8K2	82K	820K	8M2	

### 3-6. PELAWAN2 KHUSUS

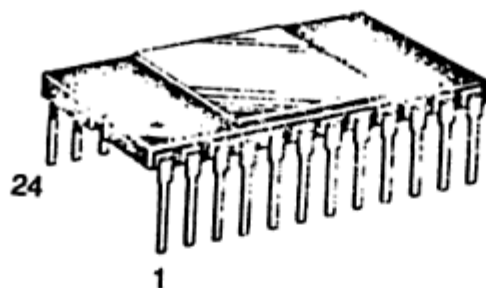
- \* Pelawan untuk tegangan-tinggi:
  - \* Ada yang dapat dipakai pada tegangan setinggi 40 000 Volt.
  - \* Terbuat dari elemen selaput karbon yang berada dalam kapsul gelas vakum.
 CONTOH penerapan: dalam TV.
- \* Pelawan Megohm-tinggi:
  - \* Dapat mencapai  $10^6$  Mohm.
  - \* Terbuat dari elemen gelas semikonduktor.
 CONTOH penerapan: dalam kekalang FET, detektor radiasi, elektro-meter.
- \* Jaringan DIL (*Dual in Line*).
  - \* Kemasan perumahan dalam bentuk DIL, dengan pena sebanyak 14 atau 16.
 CONTOH penerapan: dalam kekalang IC.



$R1, R5, R7, R9 \dots R28$ , masing-masing =  $2 \cdot R$

$R2, R4, R6, R8 \dots R26$ , masing-masing =  $R$



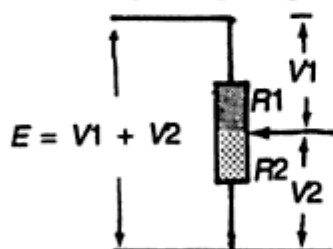


- \* Jaringan pelawan2 dalam kemasan DIL (*Dual in Line*)
- \* Kerusakan:
  - \* Harga perlawanan naik (kebanyakan putus);
  - \* bocor;
  - \* bahang yang terlampau besar dapat mengubah harga perlawanan;
  - \* bocor akan merupakan masalah hanya pada perlawanan harga tinggi (100 kohm atau lebih);
  - \* arus bocoran dapat mengalir lewat kotoran (debu) di luar badan pelawan.

### 3-7. PELAWAN VARIABEL/POTENSIOMETER

- \* Ada 3 jenis: lilitan tunggal  
lilitan ganda  
trimpot
- \* Membangkitkan desah, terutama dalam kalang arus searah.

#### 3-7.a. Pembagi-tegangan variabel

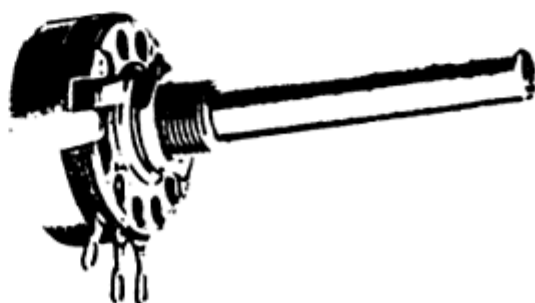
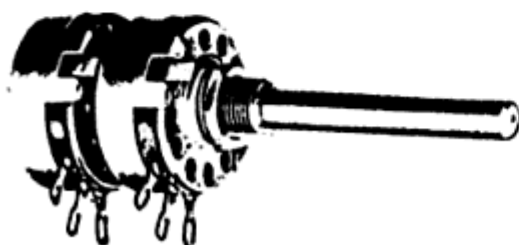


- \* Kalau  $R2$  takdibebani, berlaku:

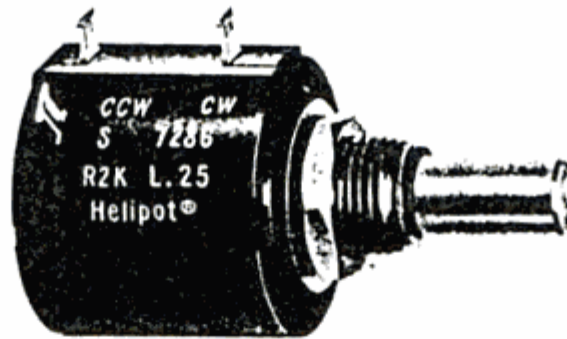
$$V2 = \frac{R2}{R1 + R2} \times E$$

- \* Kalau  $R2$  dibebani, kita terapkan teorema Thevenin.

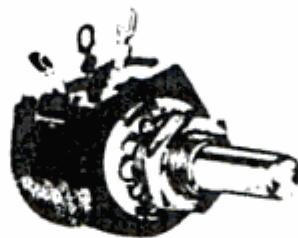
- \* Cara memperoleh  $V2$  yang variabel.
- \* Sumber  $E$  tak akan pernah terhubung-singkat meskipun  $V2$  dibikin 0.



- \* Potensiometer lilitan tunggal



- \* Potensiometer lilitan ganda
- \* Unsur perlawanan dari karbon.
- \* Paling banyak dipakai, misalnya sebagai pengatur volume, bas, trebel dalam penguat, pengatur cerah dan kontras dalam penerima TV.
- \* Potensiometer lilitan ganda digunakan dimana diperlukan setelan teliti pada harga perlawanan, misalnya dalam komputer analog.
- \* Dapat diperoleh dengan harga antara  $50 \Omega$  ...  $5 M\Omega$  dengan toleransi  $\pm 10$  ...  $20\%$ , tarif daya 2 dan 3 watt.



- \* Potensiometer lilitan-kawat
- \* Kawat dililitkan pada kartu dari plastik, fenolik, atau bahan lain.
- \* Yang berperlawanan rendah menggunakan kawat dari lakur tembaga; yang berperlawanan tinggi menggunakan kawat nikel-kromium.
- \* Mampu dioperasikan dalam suhu setinggi  $150^\circ\text{C}$ , dengan tarif daya tinggi.
- \* Berinduksi dan berkapasitansi yang dapat menimbulkan masalah dalam kekalang berfrekwensi tinggi.



- \* Trimpot:
  - \* Satu kali saja disetel dengan obeng dan selanjutnya tak dikutik-kutik lagi.
  - \* Dengan harga dari beberapa ohm hingga  $5 M\Omega$  toleransi  $10\%$ , daya 1 W.

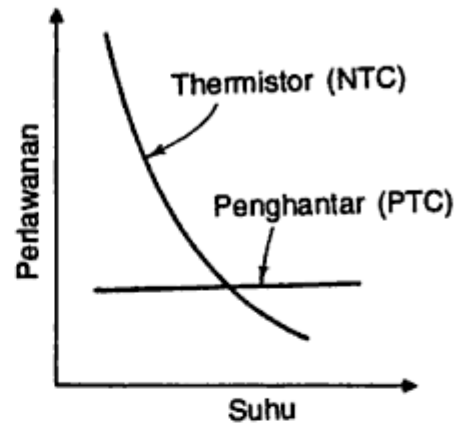
### 3-7.b. Reostat

- \* Terdiri dari pilihan kawat; mampu memboroskan daya 5 watt atau lebih.
- \* Digunakan dalam terapan daya tinggi, misalnya dalam peranti las, tungku, tegangan tabung sinar-x, pengatur kecepatan motor.

### 3-8. THERMISTOR (*THERMAL resISTOR*)



\* lambang termistor

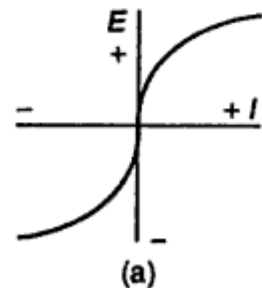


\* Variasi perlawanan bersama suhu.

- \* Pelawan takliner, terbuat dari bahan setengahpenghantar yang sangat peka terhadap ubahan suhu.
- \* Dapat memiliki koefisien suhu positif (PTC) atau negatif (NTC).
- \* Banyak kegunaannya, misalnya dalam pengukuran dan pengendalian suhu, tundaan waktu, kompensasi suhu, indikator taraf cairan.
- \* Dapat berbentuk manik, piringan, cincin, dan kemasan berbaut.
- \* Tiga parameter dalam karakteristik, yang dimanfaatkan adalah:
  - \* tetapan waktu
  - \* tetapan borosan (disipasi)
  - \* bandingan perlawanan
- \* Tetapan waktu termistor adalah: waktu untuk berubah perlawanan dengan 63% dari harga awalnya, pada borosan daya-nol. Harga lumrah adalah 1 ... 50 detik.
- \* Tetapan borosan adalah: daya yang diperlukan untuk menaikkan suhu termistor  $1^{\circ}\text{C}$ , dinyatakan dalam "miliwatt per  $^{\circ}\text{C}$ ". Harga lumrah adalah 1 ... 10  $\text{mW}/^{\circ}\text{C}$ .
- \* Bandingan perlawanan adalah: perbandingan perlawanan pada  $25^{\circ}\text{C}$  terhadap  $125^{\circ}\text{C}$ . Jangkahnya adalah kirakira 3 hingga 60.

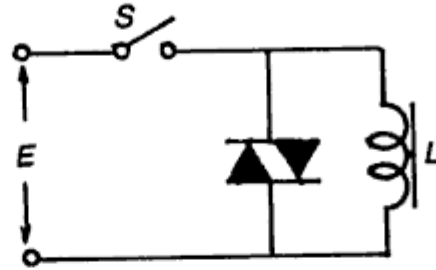
### 3-9. VARISTOR (*VARIABLE resISTOR*)

- \* Pelawan takliner, terbuat dari karbida-silikon.
- \* Harga perlawanannya bergantung pada tegangan yang dikenakan (pelawan peka-tegangan).
- \* Arus berpadanan dengan tegangan menurut  $E^n$ , dimana  $n$  ada di antara 2 ...6.



- \* Mampu bertahan terhadap tegangan sampai 10 000 V.
- \* Berbentuk piringan, batang, atau cincin.
- \* Penerapan: a.l. dalam kalang proteksi terhadap sentakan tegangan, dan dalam pembangkitkan bentukgelombang taksinus.

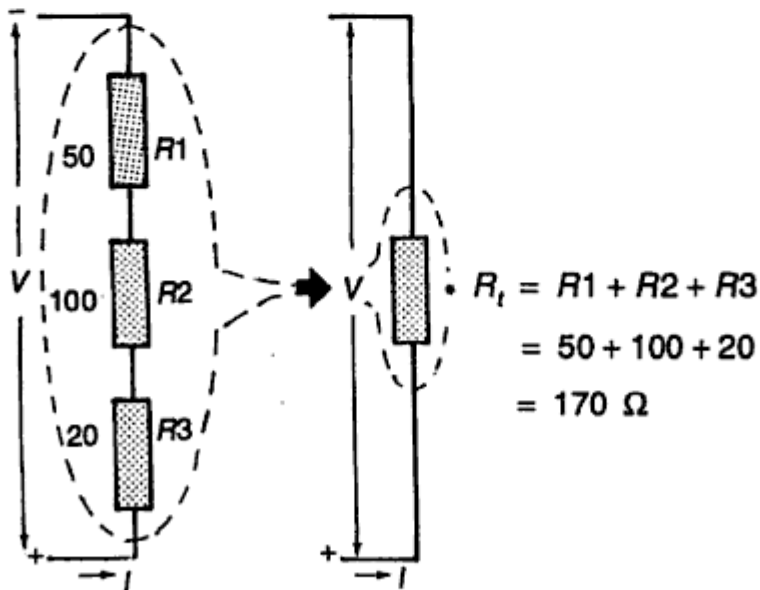
**Contoh terapan**

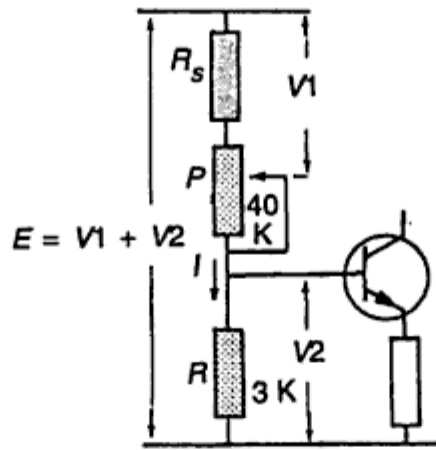


- \* Kalang proteksi sederhana terhadap sentakan dengan menggunakan varistor.
- \* Tanpa varistor: kalau sakelar dibuka, tenaga tinggi dalam medan magnet menjangkitkan tegangan yang dapat merusak kumparan L.
- \* Dengan varistor: tegangan tinggi tersebut menjangkitkan arus lewat varistor. Perlawanan varistor merosot, dan tenaga medan magnet diboroskan dalam varistor, tidak dalam kumparan.

**3-10. PELAWAN BERDERET/PEMBAGI TEGANGAN**

**3-10.a. R berderet**

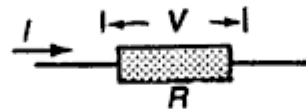




\*  $V_2$  yang variabel

- \* Tetapi  $I$  besar berarti pemborosan daya besar.
- \* Perlu kompromi antara  $I$  dan kestabilan  $V_2$  yang diinginkan.

## HUKUM OHM



\*  $V = I \times R$

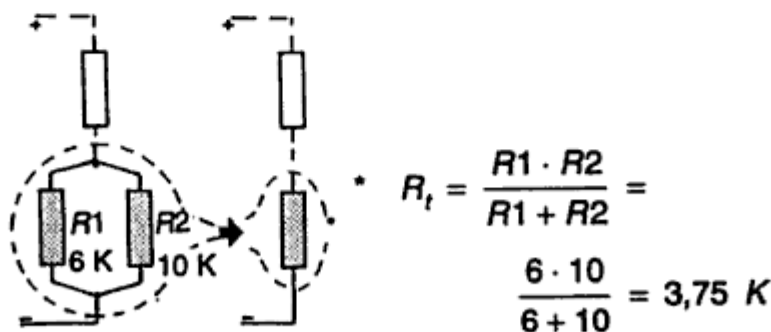
\*  $I = \frac{V}{R}$

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

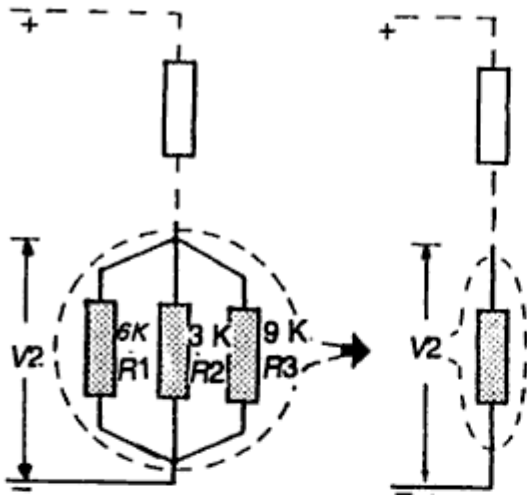
Volt	=	Amp	×	Ohm
Volt	=	ma	×	Kohm
Volt	=	$\mu\text{a}$	×	Mohm
KV	=	Amp	×	Kohm
KV	=	ma	×	Mohm
mV	=	ma	×	Ohm
mV	=	$\mu\text{a}$	×	Kohm

## 3-11. PELAWAN BERJAJAR

### 3-11.a. Dua $R$ berjajar

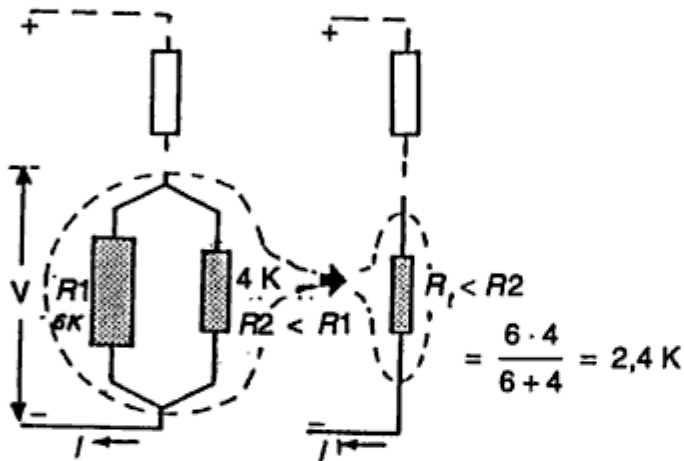


### 3-11.b. Lebih dari dua $R$ berjajar



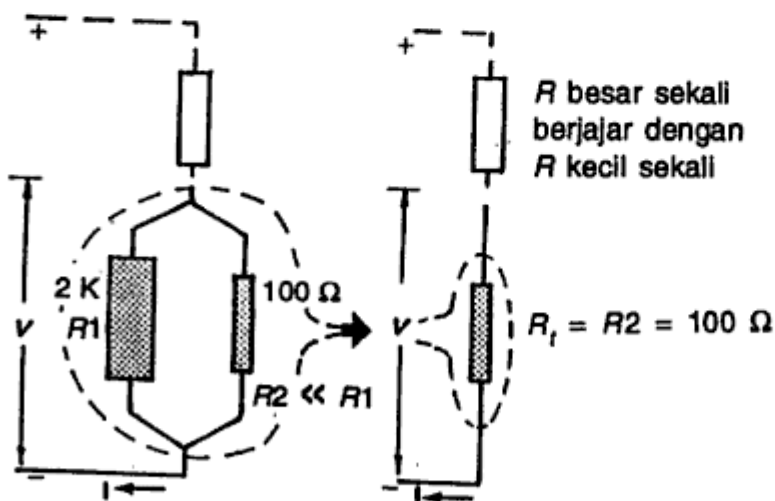
\*  $G_t =$   
 $1/R_t = 1/6 + 1/3 + 1/9$   
 $= 3/18 + 6/18 + 2/18$   
 $= 11/18 \text{ (mho)}$   
 $R_t = \frac{18}{11} = 1,64 \text{ K}$

\*  $R_t$  pasti kecil dari  $R$  yang terkecil



$R_t < R_2$   
 $= \frac{6 \cdot 4}{6 + 4} = 2,4 \text{ K}$

\*  $R_1$  dan juga  $R_2$  berpengaruh kepada  $V$  maupun kepada  $I$

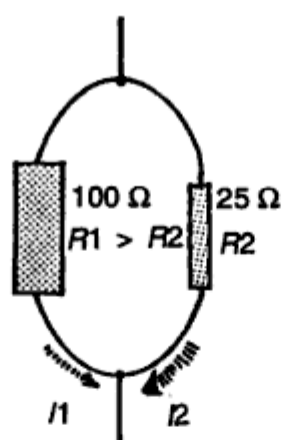


$R$  besar sekali  
berjajar dengan  
 $R$  kecil sekali

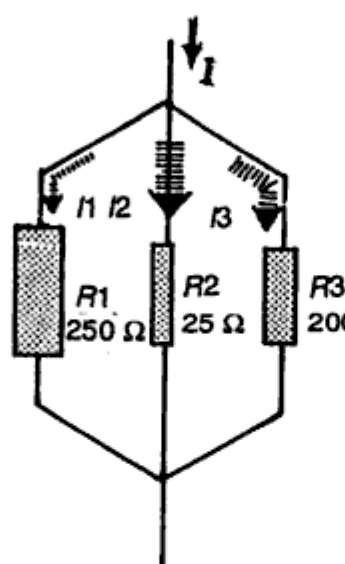
$R_t = R_2 = 100 \Omega$

\*  $V$  dan  $I$  ditentukan oleh  $R$  terkecil ( $R_2$ )

### 3-12. PEMBAGIAN ARUS

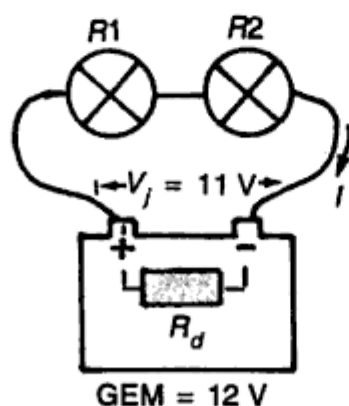


- \*  $I_1 : I_2 = R_2 : R_1$   
 $= 25 : 100$   
 $= 1 : 4$

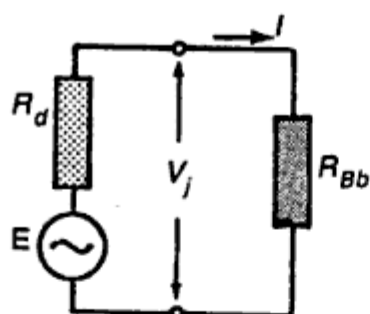


- \*  $I_1 : I_2 : I_3 =$   
 $1/R_1 : 1/R_2 : 1/R_3$   
 $= 1/250 : 1/25 : 1/200$
- \*  $I = I_1 + I_2 + I_3$  (hukum Kirchoff untuk arus)

### 3-13. KAITAN ANTARA GEM, $R_d$ , DAN TEGANGAN-BEBAN



- \*  $I = \frac{GEM}{R_d + R_1 + R_2}$
- \*  $V_j = GEM \cdot I \cdot (R_1 + R_2)$
- \*  $V_j = V_{R_1} + V_{R_2}$



Kaitan antara  $E$ ,  $R_d$ , dan  $V_j$ :

$$\begin{aligned}
 * I &= \frac{V_j}{R_{Bb}} \\
 &= \frac{E}{R_d + R_{Bb}} \\
 * V_j &= E - I \cdot R_d \\
 * E &= I \cdot R_d + I \cdot R_{Bb}
 \end{aligned}$$

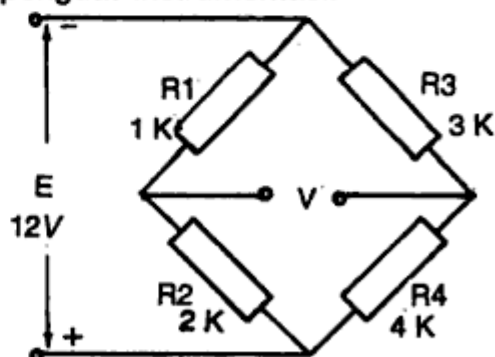
- \* Dalam praktek,  $E$  dapat berujud sumber isyarat,  $R_{Bb}$  = perlawanan masukan penguat yang dimasuki isyarat.
  - \*  $E$  berupa penguat,  $R_{Bb}$  berupa perlawanan-masukan penguat berikutnya.
  - \*  $E$  berupa penguat,  $R_{Bb}$  berupa penguat suara.
  - \*  $E$  berupa penguat,  $R_{Bb}$  berupa antena-pancar
  - \* dlsb, dlsb
  - \* Bila diperlukan daya yang maksimum pada beban, perlu berlaku:  $R_{Bb} = R_d$ .
- \* Bila  $R_d \gg R_{Bb}$ , maka tegangan pada beban adalah konstan, berapa pun harga  $R_{Bb}$ .
  - \* Dalam hal ini sumber merupakan sumber-tegangan konstan.
- \* Dalam hal  $R_d \ll R_{Bb}$ , maka arus adalah konstan, berapa pun harga beban,  $R_{Bb}$ .
  - \* Dalam hal ini sumber merupakan sumber-arus konstan.

### 3-14. JEMBATAN WHEATSTONE

- \* Guna mengubah variasi2 kecil dalam perlawanan menjadi variasi2 tegangan.
- \* Variasi2 tegangan  $V$  diumpangkan kepada penguat instrumentasi.

Tegangan  $V$  adalah:

$$\begin{aligned}
 * V &= \frac{(R_2 \cdot R_3 - R_1 R_4)}{(R_1 + R_2) \cdot (R_3 + R_4)} \times E \\
 &= \frac{6-4}{3 \cdot 7} \times 12V = 1,14V
 \end{aligned}$$



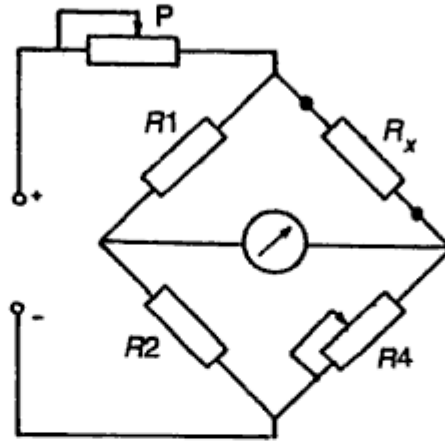
- \* Dalam hal  $R_2 \cdot R_3 = R_1 \cdot R_4$ , maka:  $V = 0$  (jembatan bersetimbang)



- \* Jembatan akan paling peka kalau dipilih harga  $R1 = R2$ .  
(Peka artinya: ubahan kecil dalam salah satu harga  $R$  akan membangkitkan ubahan  $V$  relatif besar).

Contoh terapan: sebagai thermometer, penguat-intensitas cahaya, indikator desakan, dlsb, dlsb.

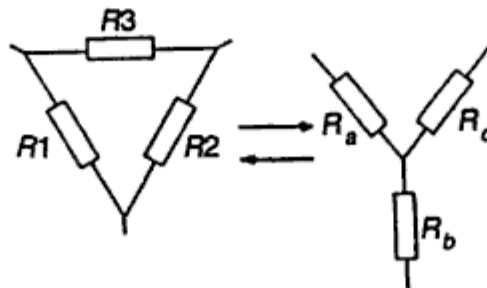
- \* Sebagai thermometer, salah satu pelawan di dalam jembatan ditukar dengan thermistor. Thermistor ini akan mengindera perubahan2 suhu.  
(Perubahan suhu akan mengubah harga perlawanan thermistor, dan perubahan perlawanan ini berakibat perubahan tegangan  $V$ . Perubahan tegangan  $V$  dapat ditampilkan oleh alatukur yang ditera dalam derajat Celsius).



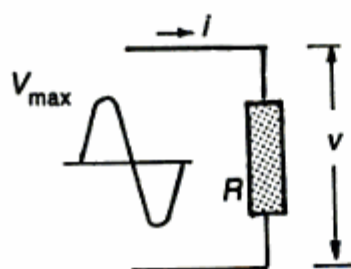
- \* Jembatan Wheatstone guna mengukur perlawanan.
  - \*  $R1$  dan  $R2$  diketahui harganya dengan cermat.
  - \*  $R4$  yang variabel memiliki skala untuk dengan langsung membaca harga  $R_x$  yang sedang diukur.
  - \*  $P$  mengatur kuat arus dalam jembatan.
  - \* Sumber arus dapat  $ac$  ataupun  $dc$ .
- \* Minimkan dulu arus dengan  $P$  sebelum  $R_x$  (yang tidak diketahui harganya) ditaruh di antara terminal-terminalnya, untuk mencegah arus yang terlampau besar merusakkan galvanometer (indikator).
- \* Dalam kondisi bersetimbang itu, berlaku:

$$R_x = \frac{R1 \cdot R4}{R2}$$

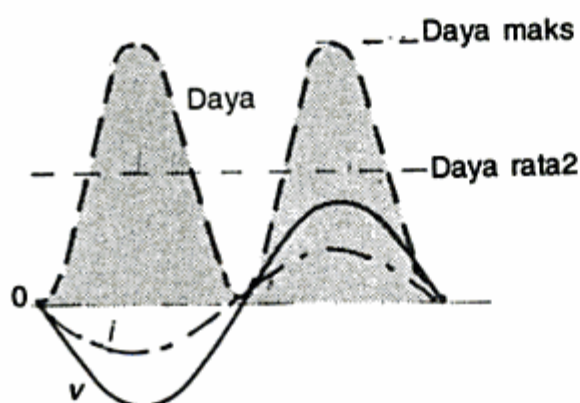
### 3-15. TRANSFORMASI DELTA ( $\Delta$ ) KE BINTANG (Y)



### 3-16. DAYA ARUS BOLAKBALIK SINUS DALAM KALANG BERSIFAT OHM



- \*  $W = i_{ef} \cdot V_{ef}$
- \*  $W = \bar{i}^2 \cdot R$
- \*  $W = 1/2 i_{maks} \cdot V_{maks}$
- \*  $W = 1/2 i_{maks}^2 \cdot R$



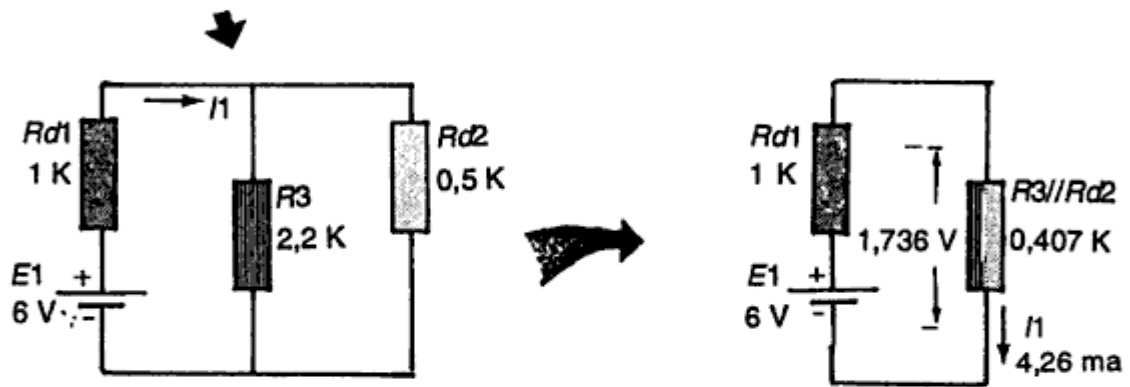
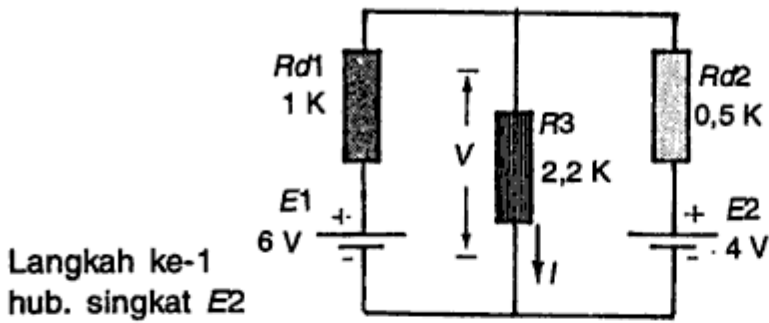
- \* Daya ( $P$ ) pada setiap saat, selalu positif.
- \* Daya rata2 adalah  $1/2$  daya maksimum.
- \* Tenaga (energi) total yang terjangkau adalah:  
Tenaga = daya  $\times$  waktu (joule, atau watt-detik) (kilowatt-jam).

### 3-17. ASAS-ASAS SUPERPOSISI

#### 3-17.a. Kegunaan

- \* Berguna untuk menemukan tegangan (dan arus) yang ada pada sebuah pelawan,  $R$ , apabila dalam kalang ada lebih dari satu sumber-arus.
- \* Berlaku hanya untuk jaringan liner.

Keterangan: \* Jaringan liner adalah jaringan yang mengandung perlawanan ohm (bukan reaktansi), dan dimana sumber mengeluarkan tegangan yang konstan, dan perlawanan-dalam sumber itu pun konstan.



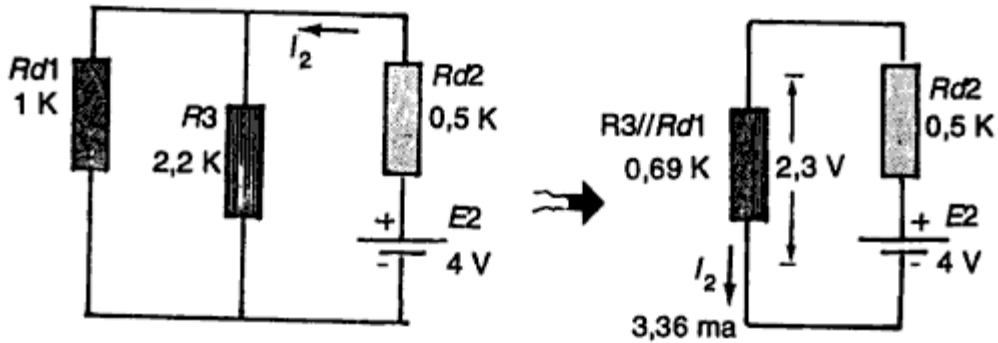
- \* Tegangan pada  $R_3$  yang dijangkitkan oleh  $E_1 =$

$$V_1 = \frac{0,407}{1 + 0,407} \times 6V = 1,736V$$

- \* Arus pada  $R_3$  yang dijangkitkan oleh  $E_1:$

$$i_1 = \frac{6V}{1 + 0,407K} = 4,26ma$$

Langkah ke-2  
 hub. singkat  $E1$



\* Tegangan pada  $R3$  yang dijangkitkan oleh  $E2$ :

$$V_2 = \frac{0,69}{0,69 + 0,5} \times 4V = 2,3V$$

\* Arus pada  $R3$  yang dijangkitkan oleh  $E2$ :

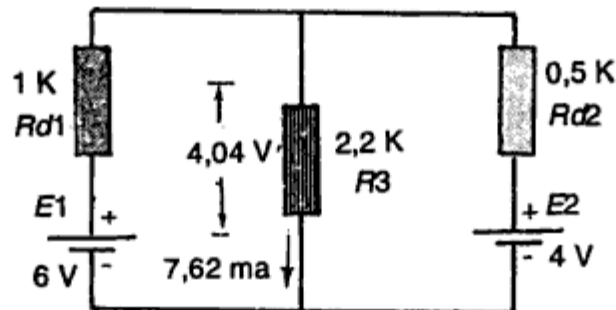
$$I_2 = \frac{4V}{0,5 + 0,69K} = 3,36ma$$

\* **KESIMPULAN:** \* Tegangan pada  $R3$  (dijangkitkan oleh  $E1$  dan  $E2$ ):

$$V = V_1 + V_2 = 1,736V + 2,3V = 4,04V$$

\* Arus pada  $R3$  (dijangkitkan oleh  $E1$  dan  $E2$ ):

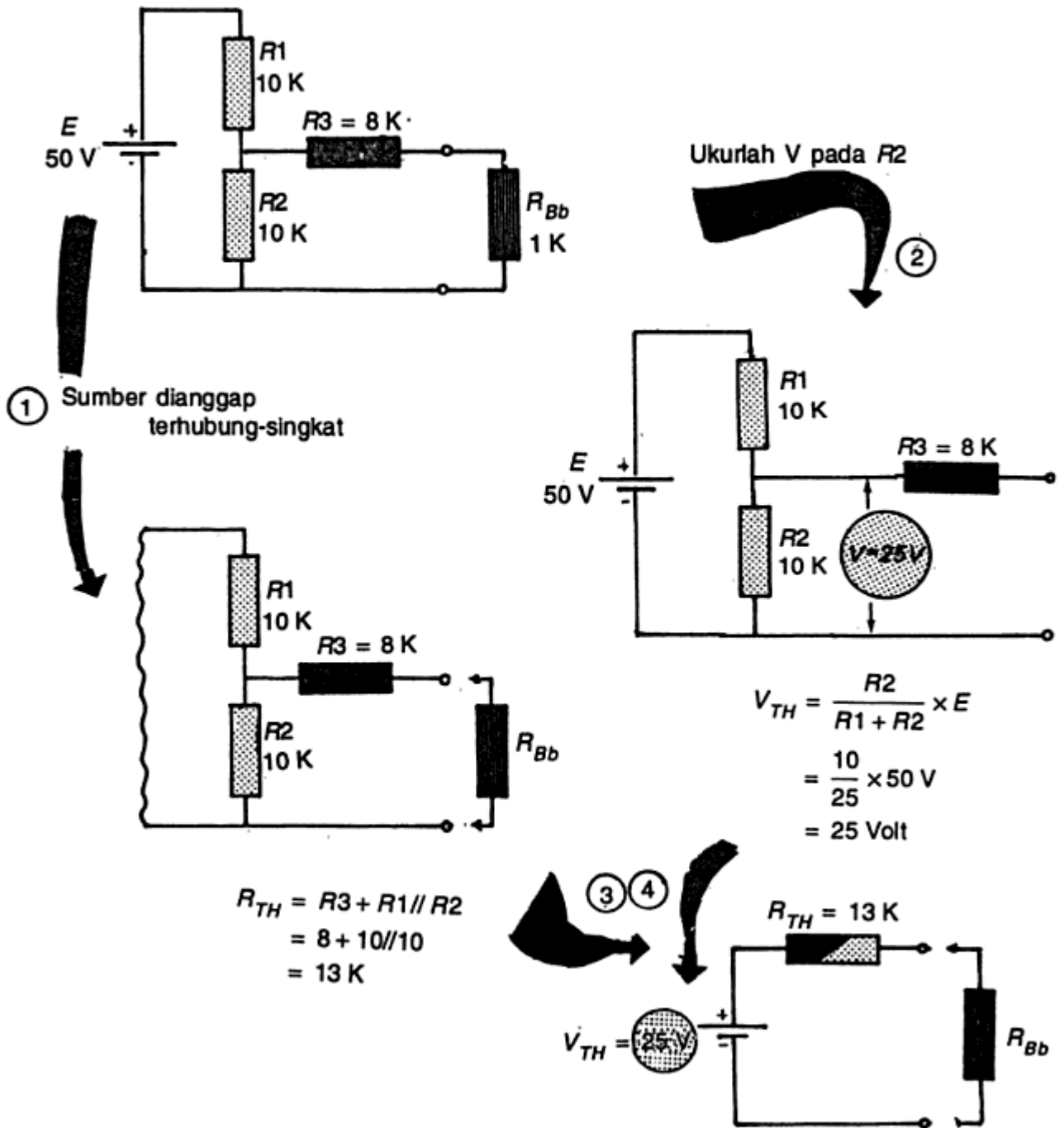
$$I = I_1 + I_2 = 4,26 + 3,36ma = 7,62ma$$



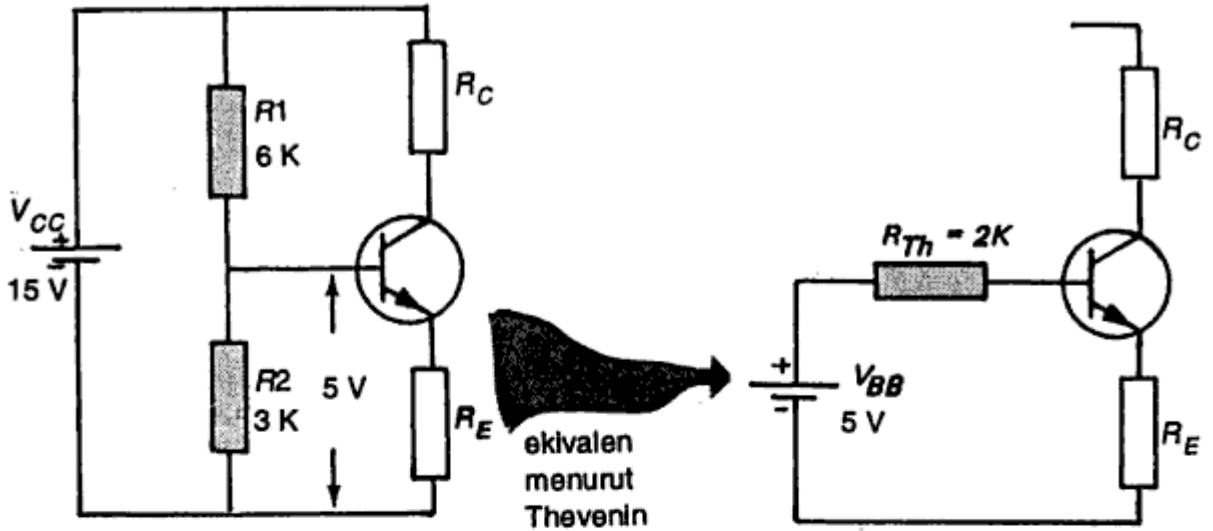
### 3-17.b. Teorema Thevenin

Teorema Thevenin menyatakan:

- \* Kalang linear yang mengandung sumber dc, bagaimana pun kompleks, dapat ditukar dengan kalang setara yang lugas, mengandung sebuah sumber tegangan  $V_{TH}$  yang berderet dengan sebuah perlawanan  $R_{TH}$ .



**Contoh penerapan**

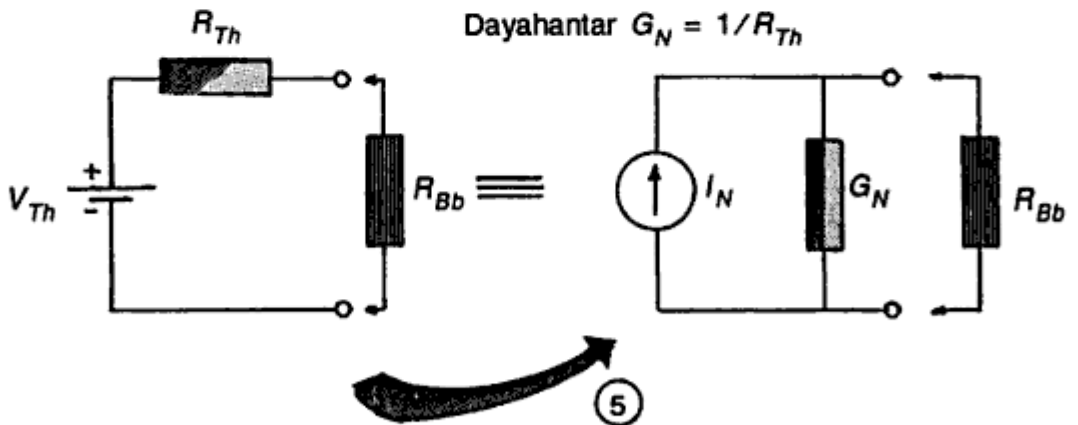


$$V_{R2} = \frac{3}{3+6} \times 15V = 5V$$

$$R_{Th} = R1/R2 = 6/3 = 2K$$

**3-17.c. Transformasi sumber (Teorema Norton)**

- \* Sumber tegangan  $V_{Th}$  yang berderet dengan perlawanan  $R_{Th}$  tersebut (hasil langkah 3 dan 4 dalam Par 3-17.b.) dapat ditukar dengan sumber arus  $I_N$  yang dijajari dayahantar  $G_N = 1/R_{Th}$  menjadi berikut:



- \*  $V_{Th} = R_{Th} \cdot I_N$

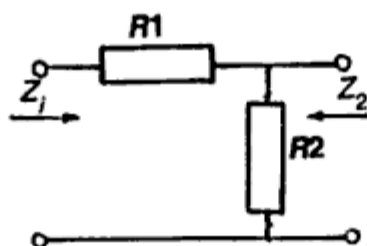
dimana:

- \*  $I_N = G_N \cdot V_{Th}$

$$\bullet R3 = \frac{P-1}{2} \sqrt{\frac{Z_i \cdot Z_0}{P}} \quad \bullet \frac{1}{R1} = \frac{1}{Z_i} \left( \frac{P+1}{P-1} \right) - \frac{1}{R3}$$

$$\bullet \frac{1}{R2} = \frac{1}{Z_0} \left( \frac{P+1}{P-1} \right) - R3$$

**3-19.c. Subal-L melawan berkerugian kecil, guna penjo-dohan**



- Subal L guna menjodohkan  $Z1$  dengan  $Z2$
- $Z1$  dan  $Z2$  adalah dua impedansi yang berlainan.
- Agar dapat dijodohkan, haruslah berlaku  $Z1 > Z2$

$$\bullet R1 = Z1 \sqrt{1 - \frac{Z2}{Z1}} \quad \bullet R3 = \frac{Z2}{\sqrt{1 - \frac{Z2}{Z1}}}$$

# 4 KAPASITAS/ KEKALANG ARUS BOLAK BALIK

## 4-1. KEGUNAAN KONDENSATOR

- \* Menyimpan tenaga listrik (dalam dielektrikanya).  
CONTOH penerapan: menyimpan tenaga dalam lampu kilat.
- \* Menahan arus searah.
- \* Meluluskan (atau bahkan menghubungsingkat) arusbolakbalik.
- \* Penapisan.
- \* Penalaan (*tuning*)
- \* Penggandengan isyarat dari satu kalang ke kalang lain.
- \* Penjangkitan gelombang taksinus (misalnya bentuk-gigigergaji).
  
- \* Suatu kondensator khusus adalah "kapasitas liar" yang tidak diinginkan namun yang dalam praktek tidak dapat dihindarkan; terdapat misalnya antara:
  - \* penghantar2 yang saling berdekatan
  - \* badan2 komponen yang saling berdekatan
  - \* lilitan2 kawat dalam kumparan
  - \* elektroda-elektroda dalam dioda, transistor, tabung elektron
- \* Kapasitas liar hanya kecil saja (beberapa pikofarad), dan tidak berpengaruh dalam teknik frekwensi-rendah. Namun dalam teknik frekwensi-tinggi kapasitas liar itu perlu diperhitungkan.

## 4-2. PERISTILAHAN

- \* **Kapasitas** (atau kapasitansi) – Satuan dasar untuk kapasitas adalah farad. Dalam praktek digunakan mikrofard ( $= 10^{-6}$  farad), nanofard ( $= 10^{-9}$  farad), dan pikofard ( $= 10^{-12}$  farad).
- \* **Suhu lingkungan** – Harga kapasitas yang sebenarnya ditentukan oleh suhu lingkungan. Dalam praktek, sebagai patokan penentuan harga kapasitas adalah suhu ruang  $25^{\circ}\text{C}$ .
- \* **Longgaran** (toleransi) – Perubahan kapasitas dalam persen dari harga kapasitas dalam suhu  $25^{\circ}\text{C}$ .



- \* **Koefisien suhu** – Ubahan kapasitas bersama ubahan suhu per °C. Lazimnya dinyatakan dalam ppm/°C (*parts per million per °C*). Koefisien suhu dapat berharga positif (PTC), dapat negatif (NTC). NPO menyatakan kondensator dengan koefisien suhu nol.
- \* **Tegangan kerja** – Tegangan yang dapat dikenakan pada kondensator untuk operasi terus-menerus. Tarif tegangan ini perlu dinyatakan untuk dc atautkah ac.
- \* **Tegangan dadal** (*breakdown voltage*) – Tegangan maksimum pada kondensator yang merusak dielektriknya. Juga disebut **tegangan sentak** (*surge voltage*) atau **tegangan uji** (*test voltage*)
- \* **Bocoran dc** – Menyatakan arus searah kecil yang mengalir dalam kondensator kalau sedang dikenai tegangan seharga tertentu. (Kondensator yang bermuatan tidak akan menyimpan muatannya untuk selama-lamanya, sebab muatan membocor lewat dielektriknya).
- \* **Perlawanan sekatan** (isolasi) – Ini adalah perlawanannya dielektrika. Kian besar perlawanan, kian kecil arus bocoran. Perlawanan sekatan mengecil kalau suhu naik.
- \* **Faktor daya** – Faktor daya (*power factor, PF*) adalah perbandingan antara (1) tenaga yang terbuang, dan (2) tenaga yang tersimpan dalam kondensator.  
**CONTOH:** PF = 2 persen. Berarti bahwa 98 persen dari tenaga yang dikenakan dapat dimanfaatkan, sedangkan yang 2 persen terbuang sebagai bahang.  
 Faktor daya bergantung pada suhu; harganya naik pula bersama kenaikan frekwensi.

### 4-3. JENIS-JENIS KONDENSATOR

- \* Banyak sekali jenis dielektrika yang digunakan dalam konstruksi kondensator.
  - \* Namun kondensator dapat dikelompokkan dalam 4 golongan:
    - \* kondensator harga-mati (*fixed*)
    - \* dapat-diubah (*variabel*)
    - \* emping (*chip*)
    - \* varactor (*voltage-variable capacitor*)
- \* **Kondensator mika**
  - \* Tidak berkutub.
  - \* Baik untuk frekwensi rendah maupun tinggi.
  - \* Sangat stabil terhadap suhu, waktu, dan tekanan fisik.
  - \* Harga antara 1 pf ... 0,1μ, dengan toleransi ± 1% ... ± 20%;
    - \* Tegangan kerja lumrah 350 V.
  - \* **Kondensator mika perak** lebih stabil lagi;

- \* Jangan digunakan pada tegangan dc, suhu, dan kelembaban lebih tinggi, karena akan merosot mutunya.
  - \* Dalam montase, jangan terlampaui kuat menekan, sebab dapat patah.
- \* Kondensator kertas**
- \* Murah.
  - \* Kapasitas antara 500 pf ... 50  $\mu$ f
  - \* Ada yang untuk tegangan tinggi, tetapi bocornya besar, dan toleransi tidak lebih dari 10 ... 20%.
  - \* Tidak berkutub.
    - \* Kalau ada tanda bintik berwarna di salah satu terminalnya, terminal ini perlu dihubungkan ke bumi atau ke potensial paling rendah.
- \* Kondensator selaput plastik (*polystyrene, polyethelyne* atau *Mylar*)**
- \* Lebih mahal dari kondensator kertas, tetapi
    - \* lebih mantap
    - \* bocornya lebih kecil (meskipun dalam suhu tinggi).
    - \* koefisien suhu lebih kecil,
    - \* lebih stabil.
  - \* Tidak berkutub.
    - \* **Kondensator sintetis berlogam (MK)** dapat pulih sendiri sesudah dadal.
    - \* **Polystyrol (MKS) dan polypropylin (MKP):**
      - \* sangat cocok untuk kekalang resonan, tapis, dan terapan lain yang perlu persyaratan tinggi dalam stabilitas, dan faktor rugi kecil.
    - \* **Polyester (MKT) dan polykarbonat (MKC)**
      - \* Banyak dipakai sebagai tapis, dan penggandeng (kopling).
      - \* Sangat cocok untuk rangkaian penentu saat (multivibrator, osilator RC).
      - \* Faktor ruginya lebih besar ketimbang kondensator MKS dan MKP.
- \* Kondensator elektrolit**
- \* Berinduksi (karena terbuat dari gulungan kertas aluminium).
  - \* Digunakan terutama dalam frekwensi rendah (pencatu daya dan penguat odio).
  - \* Besar bocornya
  - \* Kapasitas antara 1 ... 500 000  $\mu$ f.
  - \* **JANGAN** dioperasikan jauh di bawah tegangan kerja, sebab akan tidak terbentuk elektrolitnya.
  - \* **Kondensator elektrolit tantalum** adalah lebih baik dari yang aluminium,

- \* Lebih kecil, ringan, dan lebih stabil.
- \* Induktansi dan bocornya lebih kecil.
- \* Tegangan kerjanya lebih kecil.

**Tabel 4-1: Karakteristik beberapa kondensator yang banyak dipakai**

Jenis	Kapasitas	Tegangan kerja maksimum, V	Suhu operasi maksimum, °C	Toleransi	Perlawanan isolasi, MΩ
Mika	1 pf – 0,1 μf	50 000	150	± 0,25 ... ± 5	> 100 000
Mika perak	1 pf – 0,1 μf	75 000	125	± 1 ... ± 20	1000
Kertas	500 pf – 50 μf	100 000	125	± 1 ... ± 20	100
Polystirin	500 pf – 10 μf	1 000	85	± 0,5	10 000
Polykarbonat	0,001 – 1 μf	600	140	± 1	10 000
Polyester	5000 pf – 10 μf	600	125	± 10	10 000
Keramik:					
k rendah	1 pf – 0,001 μf	6 000	125	± 5 ... ± 20	1 000
k tinggi	100 pf – 2,2 μf	100	85	± 100 ... -20	100
Gelas	10 pf – 0,15 μf	6 000	125	± 1 ... ± 20	> 100 000
Hampa	1 – 5 000 μf	60 000	85	± 5	> 100 000
Elektrolit:					
Aluminium	1 μf – 1F	700	85	± 100 ... -20	< 1
Tantalum	0,001 – 1 000 μf	100	125	± 5 ... ± 20	> 1

Keterangan: k - konstanta-dielektrika relatif.

**Tabel 4-2: Tetapan dielektrika (k) beberapa bahan**

hampa	1
udara	1,006
air suling	78
kaca jendela	6
porcelain	6,5
kayu	5,5
teflon	2
polistirin	2,5
kertas	4
mika	5
oksida aluminium	7
oksida tantalum	25
keramik (k rendah)	10
keramik (k tinggi)	100 – 10000

- \* dioperasikan dengan tegangan kerja terlampau rendah, dalam waktu lama.
- \* Kondensator itu dapat "dibentuk-ulang" dengan memberi tegangan kerja yang benar, dan kuat-arus 10 ma, untuk beberapa lama.

**4-5.a. Cara membentuk-ulang kondensator elektrolit**

1. Kenakan tegangan catu dc kepada kondensator, setinggi tegangan kerja. Arus diatur (dengan pelawan variabel yang dideretkan) supaya 10 ma.
2. Ukur tegangan pada terminal2 kondensator. Tegangan ini mula-mula kecil.
3. Tegangan pun membesar, sampai alatukur-volt akhirnya menunjukkan harga tegangan-catu sepenuhnya.
4. Proses dapat berjalan beberapa hari.
5. Kalau alatukur-volt tidak dapat mencapai harga tegangan-catu, kondensator tidak akan dapat dipakai lagi.

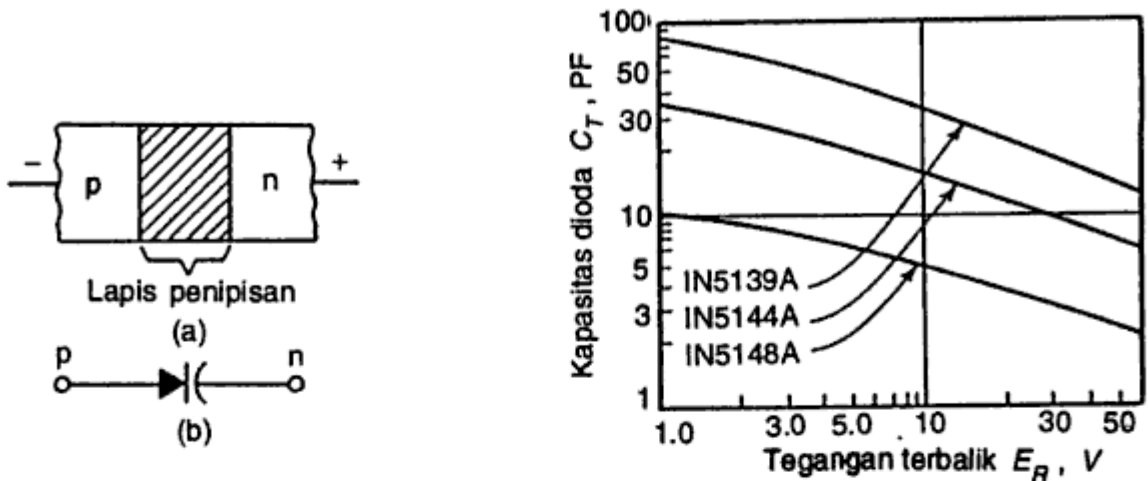
**4-6. KONDENSATOR EMPING (*Chip capacitors*)**

- \* Kebanyakan tidak lebih besar dari pentol korek-api.
- \* Harga dari beberapa pf sampai 100 µf, untuk kekalang renik (mikro).
- \* Emping tantalum dan keramik banyak dipakai karena ukuran yang lebih kecil.
- \* Emping porselin dipakai dalam kekalang gelombang mikro.
- \* Dapat beroperasi dalam suhu - 55 ... + 125 °C.
- \* Dapat diperoleh yang sampai kirakira 0,047 µf dengan koefisien suhu nol.
- \* Hal harga: emping tantalum paling murah; emping porselin paling mahal.

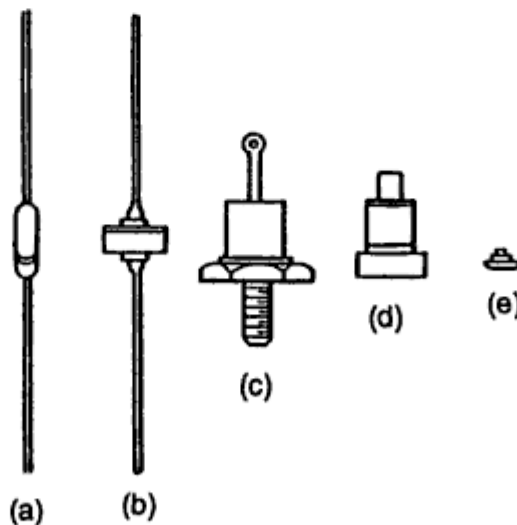
**Tabel 4-5: karakteristik kondensator emping**

Jenis	Kapasitas	Toleransi	Tegangan kerja maks V	Perlawanan sekatan MΩ
Keramik	10 pf – 3,5 µf	± 1 ... ± 20	200	1000
Tantalum	100 pf – 100µf	± 5 ... ± 20	50	1500
Porselin	1 – 330 pf	± 1 ... ± 10	50	100 000

## 4-7. VARACTOR (*Voltage-variable capacitors*)



- \* Variasi kapasitas varactor bersama tegangan acuan.
- \* Varactor terjadi dengan jalan memberikan tegangan panjar terbalik kepada dioda pertemuan p-n.
  - \* Lapis penipisan merupakan dielektrika;
  - \* Lebar lapisan ditentukan oleh tegangan terbalik yang dikenakan.
- \* Untuk terapan frekwensi rendah, dapat diperoleh kapasitas dioda setinggi 2000 pf.
- \* Untuk gelombang-mikro dapat diperoleh kapasitas maksimum hanya 0,4 pf.
- \* Banyak sekali terapan:
  - \* kemudi frekwensi
  - \* pengganda frekwensi daya-tinggi
  - \* penala TV
- \* Mampu menangani daya RF antara 100 mW sampai beberapa ratus watt.



- \* Berbagai bentuk varactor: (a) untuk keperluan umum; (b) kapasitas tinggi; (c) daya; (d) daya UHF; (e) gelombang mikro.

### 4-7.a. Parameter varactor

- \* **Kapasitas total dioda ( $C_T$ )** – Jumlahan kapasitas pertemuan dan kapasitas wadah. Lazimnya ditentukan pada tegangan terbalik  $E_R = -4$  V atau  $-6$  V. Parameter ini menentukan frekwensi khusus yang dapat dikenakan kepada varactor. (Lihat gambar karakteristik  $C_T - E_R$  di atas).
- \* **Perlawanan deretan ( $R_s$ )** – Perlawanan yang berderet dengan pertemuan dioda. Harganya berbanding berbalikan dengan tegangan.
- \* **Faktor kualitas ( $Q$ )** –

$$Q = \frac{0,159}{f \cdot R_s \cdot C_T} \quad \begin{array}{l} \text{dimana } R_s \text{ dalam ohm} \\ f \text{ dalam hertz} \\ C_T \text{ dalam farad} \end{array}$$

Kalau tegangan terbalik dibesarkan,  $R_s$  turun,  $C_T$  turun,  $Q$  naik.

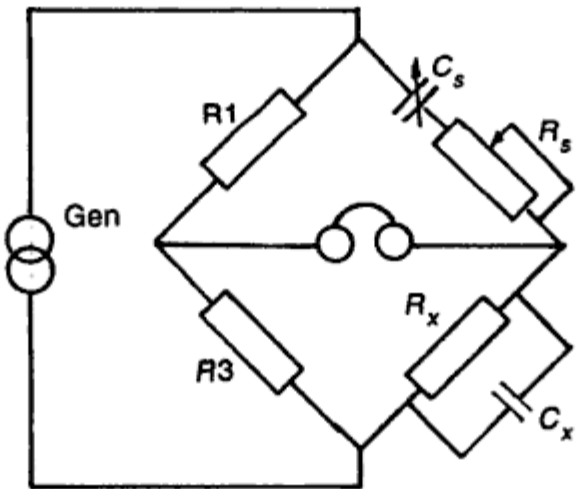
- \* **Frekwensi pancung ( $f_{co}$ )** – Frekwensi dimana berlaku:  $Q = 1$ .
- \* **Dayaguna konversi ( $\eta$ )** – Ini menentukan kelaikan varactor kalau digunakan sebagai pengganda frekwensi.

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} \cdot 100\% \quad \begin{array}{l} \text{dimana } P_o = \text{daya keluaran} \\ P_i = \text{daya masukan} \end{array}$$

**CONTOH:** Sebuah pengganda frekwensi dimasuki frekwensi 50 Mhz dengan daya RF 52,5 watt. Frekwensi keluaran adalah 150 Mhz berdaya RF 45 watt. Maka dayaguna pengganda adalah:

$$\eta = \frac{45}{52,5} \cdot 100\% = 85,7\%$$

### 4-8. JEMBATAN KAPASITAS



Jembatan Wien

- Jembatan Wien mengukur kapasitas dengan cermat
  - berdasarkan perlawanan dan frekwensi.
- Dalam kondisi bersetimbang berlaku:

$$C_x \text{ (kapasitas yang diukur)} = \frac{1}{(2\pi f)^2 R_s \cdot R_x \cdot C_s}$$

- Ada kalanya lebih berguna persamaan:

$$C_x = \left( \frac{R3}{R1} - \frac{R_s}{R_x} \right)$$

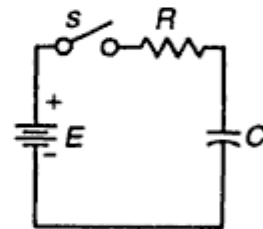
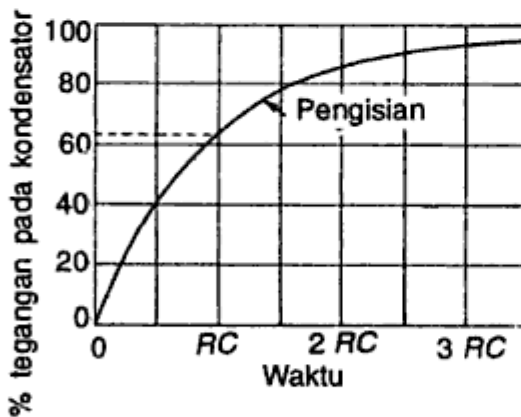
- Untuk pengukuran frekwensi:

- kalau  $C_x = C_s$  ;  $R_x = R_s$  dan  $R1 = 2 \cdot R3$

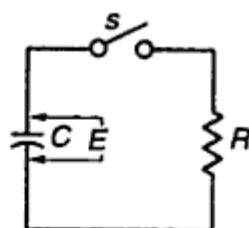
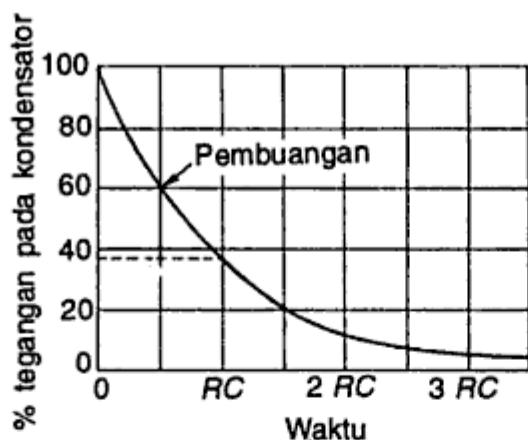
berlakulah:  $f = \frac{1}{2\pi C_s \cdot R_s}$

#### 4-9. KONSTANTA-WAKTU, RC

- Kalau kondensator dihubungkan kepada sumber arus-searah, maka ia tidak seketika penuh muatan.
- Jalannya arus pengisian-muatan bertingkah seperti dalam gambar berikut:



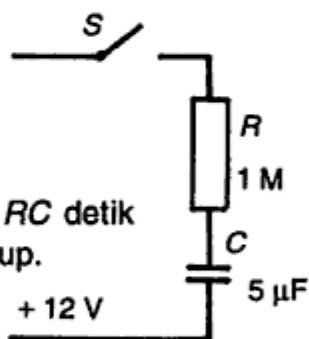
- Setelah  $0,7 \cdot RC$  detik kondensator terisi 50%;
- Setelah  $1 \cdot RC$  detik kondensator terisi 63%;
- Setelah  $5 \cdot RC$  detik kondensator terisi 99,7% yang dalam praktek sudah boleh dianggap sebagai terisi 100%.
- Kalau kondensator yang bermuatan penuh membuang-muatan lewat  $R$ , maka ia tidak akan seketika menjadi netral ("kosong").
- Jalannya arus buangan dikemukakan dalam gambar berikut:



- Setelah  $5 \cdot RC$  detik barulah kondensator terbuang habis muatannya.
- Konstanta waktu berperan penting dalam berbagai peranti seperti:
  - \* sakelar (kunci) elektronik
  - \* kalang penyaat (*timing*) dan kemudi
  - \* pembentuk gelombang
  - \* pengatur penguatan otomatis
  - \* pemangkas desah (*noise limiter*).

### Contoh hitungan

- Konstanta waktu,  $RC = 1 \cdot 10^6 \times 5 \cdot 10^{-6} = 5$  detik



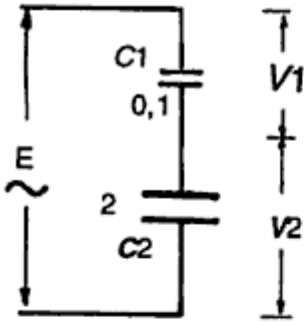
- Kondensator akan terisi-muatan penuh, setelah  $5 \cdot RC$  detik atau:  $5 \times 5$  det. = 25 detik, setelah sakelar  $S$  ditutup.

- konstan waktu:  $R \cdot C$   
                   ohm farad

R	C	Waktu
KΩ	μF	mdet.
KΩ	nF	μdet.
MΩ	μF	det.
MΩ	nF	mdet.

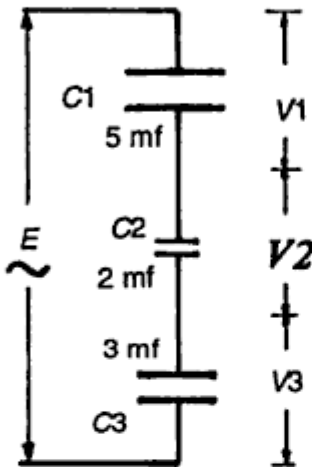


**Pembagian tegangan:**



$$\begin{aligned}
 * \quad V_1 : V_2 &= X_{C1} : X_{C2} \\
 &= C_2 : C_1 \\
 &= 2 : 0,1 \\
 &= 20 : 1
 \end{aligned}$$

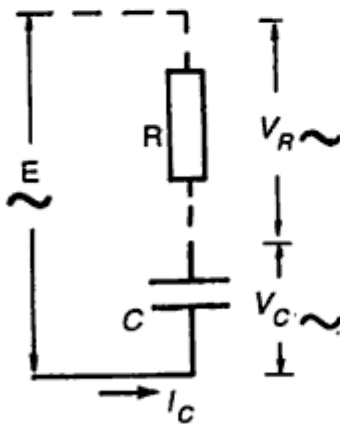
\* Pada kapasitas terbesar terdapat tegangan yang terkecil.



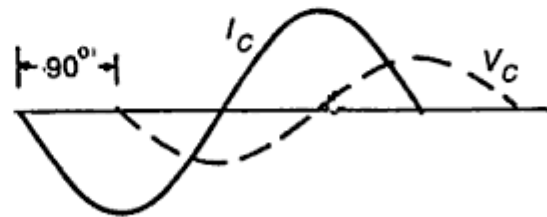
$$\begin{aligned}
 * \quad V_1 : V_2 : V_3 &= \\
 &= \frac{1}{C_1} : \frac{1}{C_2} : \frac{1}{C_3} \\
 &= \frac{1}{5} : \frac{1}{2} : \frac{1}{3} \\
 &= 6 : 15 : 10
 \end{aligned}$$

\* Pada kapasitas terbesar terdapat tegangan terkecil.

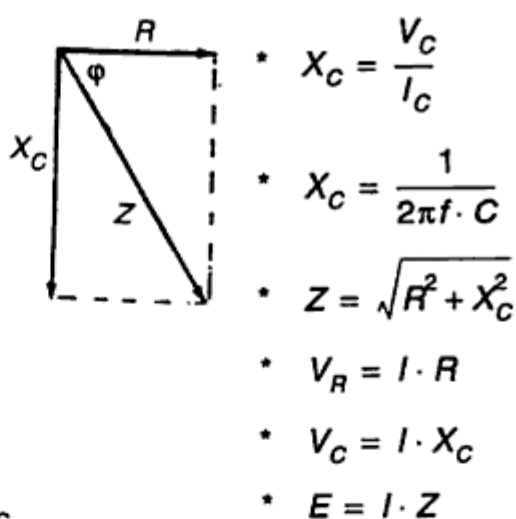
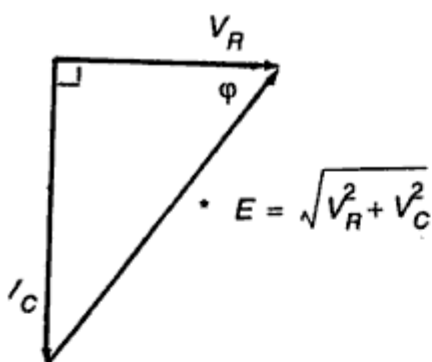
**4-13. RC-DERET DIBERI TEGANGAN-BB SINUS**



$$* \quad V_R : V_C = R : X_C$$

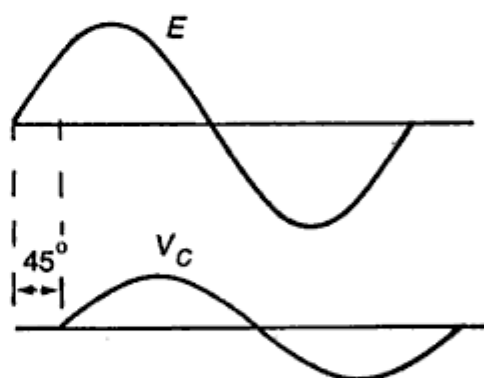
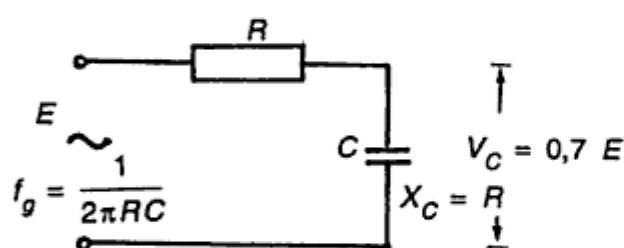


- \*  $E$  bentuk sinus
- \*  $V_R$  bentuk sinus
- \*  $V_C$  bentuk sinus
- \*  $I_C$  mendahului  $V_C$  dengan  $90^\circ$



- \*  $I$  sefasa dengan  $V_R$
- \*  $I$  berselisih-fasa  $90^\circ$  terhadap  $V_C$
- \*  $V_R$  berselisih-fasa  $90^\circ$  terhadap  $V_C$
- \* Untuk satu frekwensi tertentu akan berlaku:  $X_C = R$
- \* Frekwensi dimana berlaku  $X_C = R$  disebut frekwensi guling (*turn-over frequency*),  $f_g$

#### 4-13.a. Kondisi $X_C = R$ (dalam hal $f = f_g$ , frekwensi gu-ling)

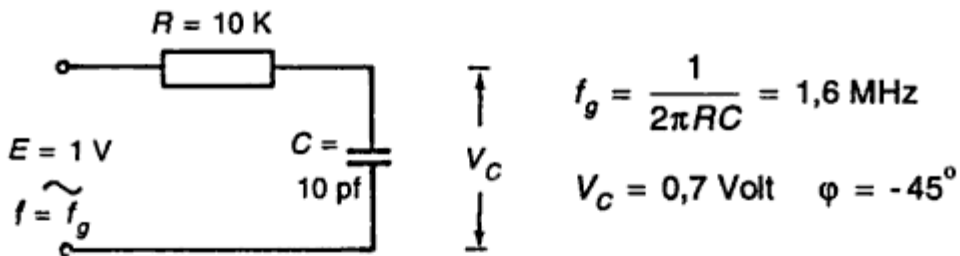


- \*  $V_C$  tertinggal  $45^\circ$  dari  $E$

- \* Penguatan tegangan ( $A$ ), yaitu perbandingan  $\frac{V_C}{E}$ :

Pada frek	=	$0,1 \times f_g$	$\rightarrow$	$A$	=	0 db
	=	$f_g$		$A$	=	-3 db
	=	$10 \times f_g$		$A$	=	-20 db
	=	$100 \cdot f_g$		$A$	=	-40 db
	=	$1000 \cdot f_g$		$A$	=	-60 db

### Contoh



Untuk  $f = 0,1 \times f_g = 160 \text{ KHz}$ :  $\rightarrow V_C = E = 1 \text{ V}$   
 $\phi = 0^\circ$

Untuk  $f' = 10 \times f_g = 16 \text{ MHz}$ :  $\rightarrow V_C = 0,1 \text{ V}$ ;  
 $\phi = -90^\circ$

### Catatan:

- \* Sebutan lain untuk frekwensi guling (*turn-over frequency*): *critical frequency, break frequency, cut-off frequency, corner frequency*
- \* Contoh penerapan:  $E = \text{Sumber} = \text{Penguat}$

## 4-14. PENGGUNAAN NOTASI $j$

- \*  $+j$  berarti: putaran vektor sejauh  $90^\circ$  ke arah positif.
- \*  $-j$  berarti: putaran vektor sejauh  $90^\circ$  ke arah negatif.
- \* Dalam mengerjakan hitungan2 vektor, penerapan notasi  $j$  akan sangat menyederhanakan.

### Contoh

Diketahui:  $R = 100 \text{ ohm}$  berderet dengan  $C = 10 \text{ }\mu\text{f}$  berada dalam kalang dengan frekwensi  $f = 1000 \text{ Hz}$

Maka berlakulah:

$$X_C = \frac{1}{2\pi f \cdot C}$$
$$= \frac{1}{2\pi \cdot 1000 \times 10^{-6}} = 15,9 \text{ }\Omega$$

$$Z = R - j \left[ \frac{1}{2\pi f \cdot C} \right]$$

\*  $Z = 100 - j 15,9$

Notasi ini dengan seketika menyatakan bahwa  $100 \text{ }\Omega$  berderet dengan reaktansi negatif  $15,9 \text{ }\Omega$