BAB II

TEORI DASAR

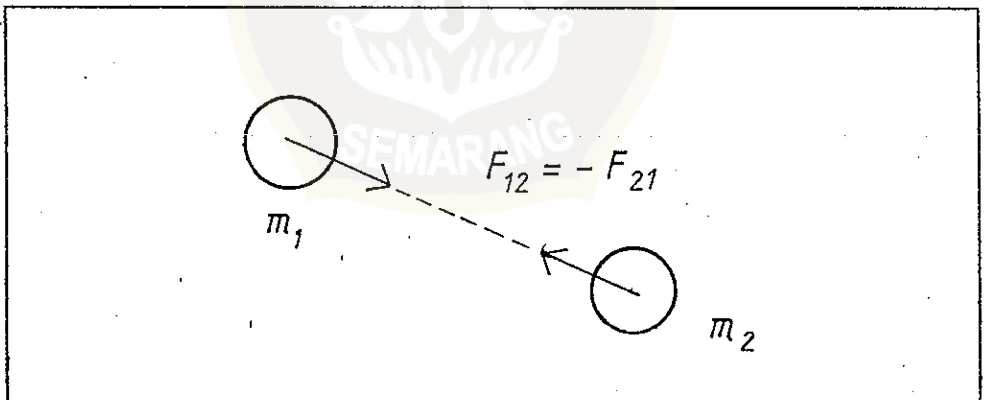
2.1 TEORI GRAVITASI

2.1.1 GRAVITASI UMUM (UNIVERSAL)

Gaya diantara sembarang dua partikel bermassa m_1 dan m_2 yang dipisahkan oleh jarak r adalah tarikan yang bekerja sepanjang garis yang menghubungkan partikel-partikel tersebut dan yang besarnya adalah :

$$F = G \frac{m_1 \; m_2}{r^2} \qquad (2.1)$$

dimana G adalah konstanta universal yang mempunyai nilai sama untuk semua pasangan partikel yang harganya didapat dari eksperimen sebesar = $6{,}6720.10^{-11}$ Nm^2 / Kg^2 dengan ketelitian sampai $0{,}0006.\ 10^{-11}$ Nm^2 / Kg^2 .



Gambar 2.1 :
Gaya gravitasi yang ber-aksi pada dua benda akan membentuk pasangan gaya aksi reaksi.

Konstanta gravitasi umum G tidak sama dengan percepatan gravitasi (g) yang berasal dari tarikan bumi pada suatu benda. Dimensi G adalah L^3 / MT^2, merupakan besaran skalar sedangkan percepatan gravitasi (g) berdimensi L / T^2 adalah besaran vektor dan bukan konstanta.

2.1.2 PERCEPATAN GRAVITASI (g)

Berat suatu benda adalah gaya yang dialaminya karena gaya tarik gravitasi bumi. Berat benda menyebabkan benda dipercepat kebawah dengan percepatan gravitasi g.

$$F = W$$

$$G.M\,m / R^2 = m\,g_o$$

$$g_o = G\,M / R^2 = 9{,}806\ m/s^2 \qquad (2.2)$$

g_o = percepatan yang ditimbulkan oleh gravitasi di permukaan bumi.

G = konstanta gravitasi bumi

R = Jari-jari bumi.

Pada $r = R + h$, h = ketinggian dari permukaan bumi

$$g = G\,M / r^2$$

$$g = G.M / (R + h)^2 \qquad (2.3)$$

Persamaan (2.2) dan (2.3)

$$G\,M \longrightarrow g_o\,R^2 = g\,.\,(R + h)^2$$

$$g = g_o .\, R^2 / (R + h)^2$$

$$g = g_o\,(1 + h/R)^{-2} \qquad (2.4)$$

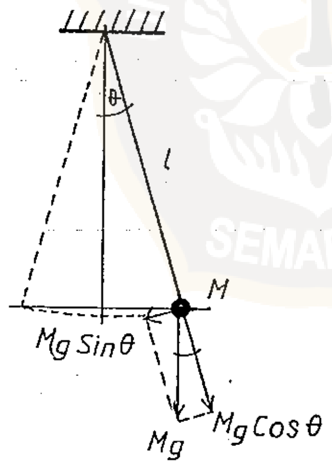
Untuk $h \ll R$, $g = g_o .\,(1 - 2h/R)$ (2.5)

2.1.2.1. BANDUL MATEMATIS

Gambar 2.2 memperlihatkan bandul bermassa m digantung pada tali panjang l membentuk sudut θ dengan vertikal.

Gaya-gaya yang bekerja pada m adalah :

1. Tegangan Tali T
2. Gaya gravitasi
   2.1. Komponen Radial = m g Cos θ memberi sumbangan pada gaya sentripetal yang dibutuhkan agar bandul tetap berayun pada busur lingkaran.
   2.2. Komponen Tangensial =(-)mg sin θ sebagai gaya pemulih yang bekerja pada m untuk mengembalikan ke titik setimbang (berlawanan arah dengan simpangannya)



Gambar 2.2
Gaya-gaya yang bekerja pada bandul ayunan

Persamaan Gaya :

$$F \simeq -\sin\theta \qquad (2.6)$$

$$F = -mg\sin\theta$$

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -mg\sin\theta$$

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -mg\frac{x}{l}$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{g}{l} = 0 \qquad (2.7)$$

Persamaan (2.7) analog dengan persamaan Getaran Harmonis sederhana.

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0$$

berarti didapatkan ...... $\omega^2 = (\frac{2\pi}{T})^2 = \frac{g}{l}$ (2.8)

Dari persamaan (2.8) didapat ayunan (T) :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} + C \quad ^{3)}$$

Ternyata periode ayunan tidak tergantung pada massa partikel (bandul) , karena jika m kecil maka kecepatan ayunan v juga kecil, dan jika m besar maka kecepatan ayunan v juga besar, jadi periode T selalu tetap.

Dari persamaan (2.5) dapat diketahui bahwa pengukuran g adalah sumber pokok informasi mengenai bentuk bumi . Hal ini dapat dilakukan secara sederhana dengan mengunakan bandul ayunan dimana besaran yang diukur, berdasarkan persamaan (2.9) adalah :

1. Panjang tali (l)
2. Periode getaran ayunan (T)

2.1.2.2. BANDUL FISIS

Bandul fisis adalah sembarang (bentuk) benda tegar digantungkan sehingga benda berayun dalam bidang vertikal terhadap sumbu melalui benda tersebut.

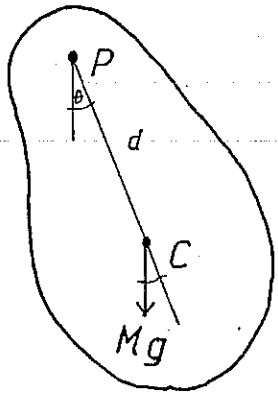
Hal tersebut merupakan perluasan bandul sederhana yang hanya terdiri dari tali yang tidak bermassa yang digantungi sebuah partikel tunggal. Pada kenyataannya semua bandul berayun yang ada adalah bandul fisis.

---

[3] *Persamaan umum periode :*

$$T = 2\pi\sqrt{l/g}\left(1 + \frac{1}{2^2}\sin^2\frac{\theta}{2} + \frac{1}{2^2}\frac{3^2}{4^2}\sin^4\frac{\theta}{2} + \ldots\right)$$

Tinjau : Bandul berupa lempeng pipih dan sumbu osilasi tegak lurus pada bidang benda (gesekan diabaikan).



Gambar 2.3 :
Bandul pipih dgn pusat massa C dipasang di P (sembarang) dan disimpangan dgn sudut θ dari posisi saat C digantung langsung dibawah P.

Persamaan Gaya :

Torka pemulih dalam keadaan simpangan sudut θ

$$\tau = -Mg\,d\sin\theta \qquad (2.10)$$

$$I\,\alpha = -Mg\,d\,\theta$$

$$I\frac{d^2\theta}{dt^2} = -K\,\theta$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{K}{I}\,\theta = 0 \qquad (2.11)$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{K}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgd}} \qquad (2.12)$$

T = Periode bandul fisis yang berosilasi dengan amplitudo kecil

I = Kelembaman rotasi benda

K = Momen gaya

2.1.2.3. HUBUNGAN BANDUL MATEMATIS DAN BANDUL FISIS

Dari persamaan (2.12) sebagai hal khusus, tinjau sebuah titik massa m yang digantungkan diujung tali tanpa berat yang panjangnya l.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mg\,d}} \qquad I = m_i\, l^2$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m_i\, l^2}{mg\,d}} \qquad m = m_i \quad 4)$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \qquad d = l$$

T adalah periode bandul sederhana.

Bandul fisis sering dipakai untuk menentukan g yang cukup teliti, tetapi sangat sulit dilakukan berhubungan dengan gesekan yang terjadi pada pasak jika tidak diabaikan.

---

4) *Massa inersia (m_i) identik dengan massa gravitasi (m). Hal ini telah dibuktikan oleh Newton melalui eksperimen yang menguji langsung ekvivalensi antara massa inersia dan massa gravitasi. Newton membuat pemberat bandul berbentuk kulit tipis (shell) kosong yang diisi dengan zat-zat yang berbeda tetapi beratnya sama . Ternyata didapat periode bandul yang sama, yaitu $T = 2\pi\sqrt{l/g}$*

2.2. TEORI REDAMAN GERAK HARMONIS AYUNAN BANDUL

2.2.1. OSILASI ALAMI

Pada pembahasan terdahulu, dianggap tidak ada gaya gesekan yang bekerja pada ayunan. Tetapi pada kenyataannya, amplitudo ayunan semakin berkurang sampai akhirnya menjadi nol, karena ada gesekan yang besarnya sebanding dengan kecepatan dan berlawanan arah dengan geraknya . Dikatakan bahwa geraknya teredam oleh gesekan dan disebut gerak harmonis teredam.

Persamaan gaya :

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{f}{m}\frac{dx}{dt} + \frac{\mu x}{m} = 0 \qquad (2.13)$$

$f \dfrac{dx}{dt}$ = gaya redaman dengan faktor gesekan (f)

$\mu\, x$ = gaya pemulih

$$x = A \cos \beta\, t = a_o e^{-\alpha t} \cos \beta\, t \qquad (2.14a)$$

$$\dot{x} = - a_o e^{-\alpha t}(\alpha \cos \beta t + \beta \sin \beta t) \qquad (2.14b)$$

$$\ddot{x} = a_o e^{-\alpha t}((\alpha^2-\beta^2)\cos \beta t + 2\alpha\beta \sin \beta t) \qquad (2.14c)$$

Persamaan (2.14 a,b,c) disubtitusikan kepersamaan (2.13)

$$a_o e^{-\alpha t}((\alpha^2-\beta^2) \cos \beta t + 2\alpha\beta \sin \beta t) - a_o e^{-\alpha t} . \frac{f}{m}$$

$$(\alpha \cos \beta t + \beta \sin \beta t) + a_o e^{-\alpha t} . \frac{\mu}{m} \cos \beta t = 0$$

$$(\alpha^2-\beta^2 - \frac{f}{m}\alpha + \frac{\mu}{m})\cos \beta t + (2\alpha\beta - \frac{f}{m}\beta)\sin \beta t = 0 \qquad (2.15)$$

(i) : $2\alpha\beta - \dfrac{f}{m}\beta = 0$

$$\alpha = \frac{f}{2m} = k \qquad (2.15a)$$

(ii) :

$$\alpha^2 - \beta^2 - \frac{f}{m}\alpha + \frac{\mu}{m} = 0$$

$$\beta^2 = \frac{\mu}{m} + \alpha^2 - \frac{f}{m}\alpha$$

$$\beta^2 = \frac{\mu}{m} + k^2 - 2k^2$$

$$\beta^2 = \omega^2 - k^2$$

k = koefisien redaman

f = koefisien redaman

ω = frekuensi getaran

ω_D = frekuensi getaran dengan redaman.

$$\beta = \omega_D = \sqrt{\omega^2 - k^2} \qquad (2.15b)$$

Solusi

$$X = A\, e^{-(f/2m)t} \cos \omega_D\, t \qquad (2.16)$$

$$\omega_D = \sqrt{\omega^2 - k^2} = \sqrt{\frac{\mu}{m} - \left(\frac{f}{2m}\right)^2} \qquad (2.17a)$$

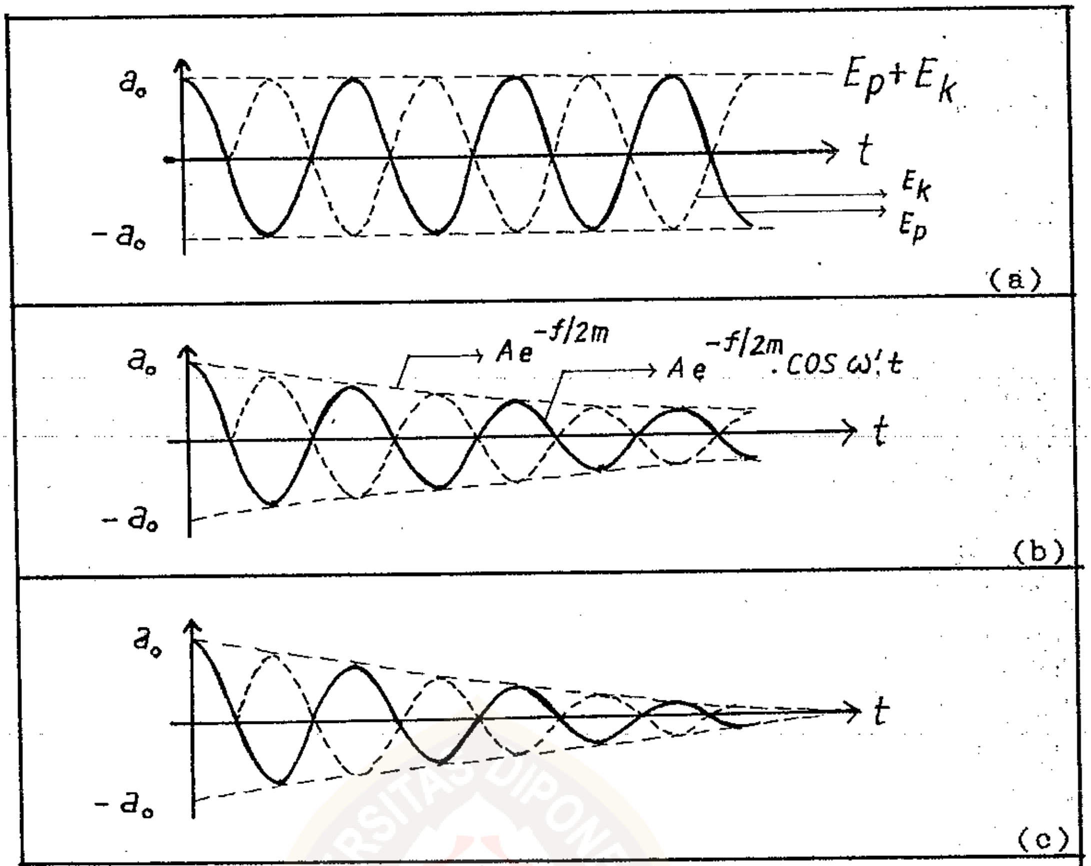
(1) Jika ada gesekan, $\omega_D < \omega$ maka periodenya lebih panjang, karena gesekan memperlambat gerakan dan amplitudo semakin kecil.

Selang waktu τ (dari t = 0) sampai A tinggal $\frac{1}{e}$ dari harga semula disebut *umur osilasi rata-rata*,

$$\tau = \frac{2m}{f} \qquad (2.17b)$$

(2) Jika gesekan sangat besar maka geraknya bukan periodik , karena benda akan langsung ke posisi seimbang saat dilepaskan dari simpangan awal A dan persamaan (2.16) tidak berlaku lagi sebagai pemecahan persamaan geraknya.

(3) Jika tidak ada gesekan, f = 0 maka A berharga konstan selama geraknya.



Gambar 2.4 : a. Getaran Harmonis ideal
b. Getaran dengan redaman kecil
c. Getaran dengan redaman besar

2.2.2. OSILASI PAKSAAN

Sejauh ini yang telah dibahas adalah ayunan secara alami, yaitu osilasi yang terjadi jika benda disimpangkan dan dilepaskan. Frekuensi alami (natural frequency) tanpa gesekan $\omega = 2\pi \nu = \sqrt{g/l}$.

Jika ada gesekan kecil , $\omega_D = 2\pi \nu_D = \sqrt{\frac{\mu}{m} - (\frac{f}{2m})^2}$

Keadaanya menjadi lain jika bandul dikenai langsung gaya eksternal yang berosilasi. Osilasi yang terjadi disebut osilasi paksaan (forced oscilation) dimana frekuensi osilasi yang dipaksa ini sama dengan frekuensi gaya luarnya dan bukan frekuensi alami benda, tetapi tanggapan (respon) benda bergantung pada hubungan antara frekuensi alami dan frekuensi paksaannya .

Persamaan gaya :

$$m\frac{d^2x}{dt^2} + f\frac{dx}{dt} + \mu x = F_m \cos \omega'' t \qquad (2.18)$$

$F_m \cos \omega'' t$ = Gaya eksternal

F_m = harga maksimum gaya eksternal

$\omega_F = 2\pi\, \nu_F$ = frekuensi sudut osilasi paksa

Solusi :

$$X = A \sin(\omega_F t + \phi) = \frac{F_m}{G} \sin(\omega_F t + \phi) \qquad (2.19)$$

$$G = \sqrt{m^2(\omega_F^2 - \omega^2)^2 + f^2\omega_F^2} \qquad (2.20a)$$

$$\phi = \cos^{-1}\frac{f\omega_F}{G} \qquad (2.20b)$$

(1) Jika tidak ada redaman $f = 0$, $G = m(\omega_F^2 - \omega^2)$, untuk

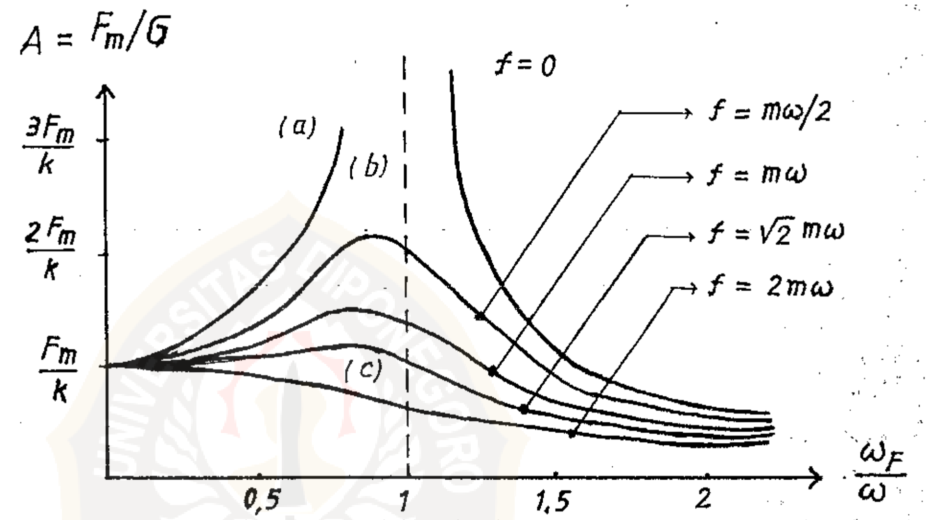
a. $\omega_F > \omega$, $G >$ maka Amplitudo $(F_m / G) <$

b. $\omega_F = \omega$, $G \longrightarrow 0$, $F_m / G \longrightarrow \sim$ karena tenaga dimasukan kedalam sistem terus menerus tanpa ada yang didisipasikan (hilang). Tetapi pada kenyataannya selalu ada redaman sehingga walaupun amplitudo besar, tetap terbatas.

(2) Jika ada redaman f tidak sama dengan 0, maka akan terdapat harga karasteristik dimana ω_F (frekuensi resonansi) memberi amplitudo osilasi maksimum, sehingga keadaan demikian disebut *RESONANSI*.

2.2.3 HUBUNGAN OSILASI ALAMI DAN OSILASI PAKSA

Makin kecil redaman pada ayunan bandul, makin dekat frekuensi resonansinya dengan frekuensi alami tak teredam ω . Maka untuk redaman kecil, frekuensi alami tak teredam ω dapat diambil sama dengan frekuensi alami teredam ω ' (bukan ω_F) dengan kesalahan kecil



Gambar 2.5 :
Frekuensi Amplitudo terpaksa sebagai fungsi perbanding-an frekuensi pemacu ω_F terhadap frekuensi alami tidak teredam

(a) f = o, tanpa redaman, A ⟶ ∞ pada ω_F = ω

(b)(c) Amplitudo getaran terpaksa jk redaman bertambah

2.3. TEORI PERSAMAAN ENERGI KOMPENSASI

2.3.1. ENERGI MEKANIS SISTEM BANDUL AYUNAN

$$X = A \cos \beta t = a_o e^{-kt} \cos \beta t$$

$$\dot{X} = -a_o e^{-kt} (k \cos \beta t + \beta \sin \beta t)$$

$$\dot{X}^2 = a_o^2 e^{-kt} (\beta^2 + (k^2 - \beta^2) \cos^2 \beta t + 2k\beta \sin \beta t \cos \beta t)$$

$$E_k = \tfrac{1}{2} m \dot{X}^2 \qquad (2.21)$$

$$= \tfrac{1}{2} m a_o^2 e^{-kt} (\beta^2 + (k^2 - \beta^2) \cos^2 \beta t + 2k\beta \sin \beta t \cos \beta t)$$

$$E_p = \tfrac{1}{2} \mu X^2$$

$$= \tfrac{1}{2} \mu a_o^2 e^{-2kt} \cos^2 \beta t$$

$$= \tfrac{1}{2} m (\beta^2 + k^2) a_o^2 e^{-2kt} \cos^2 \beta t \qquad (2.22)$$

untuk k sangat kecil $\longrightarrow$ Ø

$$X = A \cos \beta t = a_o \cos \omega t$$

$$\dot{X} = -\omega a_o \sin \omega t$$

$$\dot{x}^2 = \omega^2 a_o^2 \sin^2 \omega t$$

$$E_k = \tfrac{1}{2} m \omega^2 a_o^2 \sin^2 \omega t \qquad (2.23)$$

$$E_p = \tfrac{1}{2} m \omega^2 a_o^2 \cos^2 \omega t \qquad (2.24)$$

$$E_M = E_p + E_k$$

$$= \tfrac{1}{2} m \omega^2 a_o^2 \qquad (2.25)$$

catatan : dari persamaan (2.15b)

$$\mu / m = \omega^2 = \omega_D^2 + k^2$$

$$\mu = m (\omega_D^2 + k^2)$$

untuk k $\longrightarrow$ Ø

$$\mu = m \omega^2 = m \omega_D^2 , \quad \text{berarti } \omega = \omega_D$$

2.3.1. ENERGI MAGNET SISTEM KUMPARAN

(1) INDUKTANSI DIRI (L)

$$N\,\Phi \sim I$$

$$N\,\Phi = L\,I \qquad (2.26)$$

$$\Phi = L\,I / N \qquad (2.27a)$$

$$d\Phi = L\,dI / N \qquad (2.27b)$$

HUKUM FARADAY :

$$\varepsilon = -N\,d\Phi / dt = -L\,dI / dt \qquad (2.28)$$

$$W_L = -\int \varepsilon\,dq$$

$$= -\int (-L\,dI / dt)\,I\,dt$$

$$= L \int I\,dI$$

$$= \tfrac{1}{2}\,L\,I^2 \quad \text{(Joule)} \qquad (2.29)$$

dari (2.27a) : $\Phi = B\,A$ (2.30a)

$$B = \mu\,N.I / r \qquad (2.30b)$$

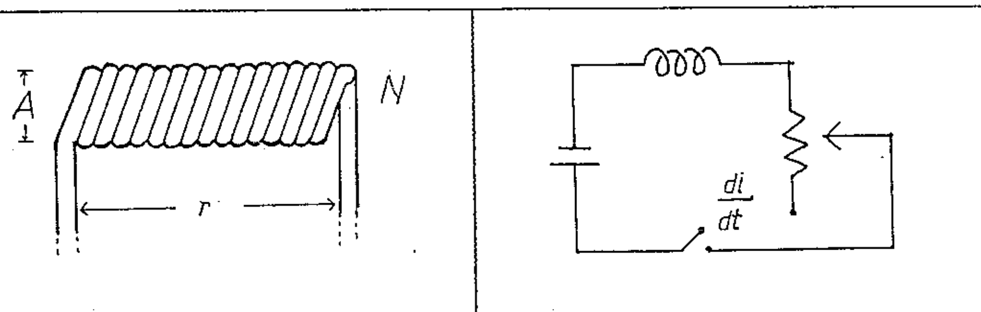
Persamaan (2.30a dan 2.30b) disubtitusikan ke (2.27 a)

didapat $L = N\,\Phi / I = N^2\,\mu.A / r$ (2.31)

Persamaaan (2.31) disubtitusikan kepersamaan (2.29)

$$W_L = \tfrac{1}{2}\,N^2\,\mu\,A\,I^2 / r \qquad (2.32)$$

W adalah energi yang dilakukan untuk melawan GGL agar terjadi arus dalam induktor, dimana kerja ini disimpan sebagai potensial magnetik.



Gambar 2.6a: Selenoida | Gambar 2.6b : Induktansi

(2) INDUKTASI BERSAMA (M)

$$N_2\ \Phi_{12} \sim I_1$$

$$N_2\ \Phi_{12} = M_{12}\ I_1 \qquad (2.33)$$

$$\Phi_{12} = M_{12}\ I_1 / N_2 \qquad (2.34a)$$

$$d\Phi_{12} = M_{12}\ dI_1 / N_2 \qquad (2.34b)$$

Analog persamaan diatas :

$$N_1\ \Phi_{21} = M_{21}\ I_2 \qquad (2.35)$$

$$\Phi_{21} = M_{21}\ I_2 \qquad (2.36a)$$

$$d\Phi_{21} = M_{21}\ dI_2 / N_1 \qquad (2.36b)$$

Jika kedua kumparan saling dipertukarkan, dimana $M_{12} = M_{21}$ maka kedua kumparan akan memiliki satu induktansi bersama M. Untuk I_1 dan I_2 yang berubah terhadap waktu, maka GGL terimbas pada tiap-tiap kumparan merupakan penjumlahan dari :

1. GGL akibat perubahan arus masing-masing dan
2. GGL akibat perubahan arus didekatnya.

$$\varepsilon_1 = -L_1\ dI_1/dt - M\ dI_2/dt$$

$$= -(N_1\ \Phi_1/I_1)\ dI_1/dt - (N_2\Phi_{12}/I_1)dI_2/dt$$

$$= -(N_1^2\mu\ A_1/r_1)\ dI_1/dt - (N_2^2\mu A_2/r_2)dI_2/dt \qquad (2.37)$$

$$\varepsilon_2 = -L_2\ dI_2/dt - M\ dI_1/dt$$

$$= -(N_2\Phi_2/I_2)\ dI_2/dt - (N_1\Phi_{21}/I_2)dI_1/dt$$

$$= -(N_2^2\mu\ A_2/r_2)dI_2/dt - (N_1^2\mu\ A_1/r_1)dI_1/dt \qquad (2.38)$$

Terbukti bahwa $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon$ (2.39)

$$W_M = -\int \varepsilon\ I_1 dt - \int \varepsilon\ I_2 dt$$

$$= (N_1^2\mu\ A_1/r_1) \int I_1 dI_1 + (N_2^2\mu\ A_2/r_2) \int I_2 dI_2$$

$$= (N_1^2\mu\ A_1/r_1)\ \tfrac{1}{2}\ I_1^2 + (N_2^2\mu\ A_2/r_2)\ \tfrac{1}{2}\ I_2^2 \qquad (2.40)$$

Untuk $N_1 = N_2 = N$, $A_1 = A_2 = A$, $r_1 = r_2 = r$, $I_1 = I_2 = I$, maka didapat energi magnet untuk induktansi bersama adalah :

$$W_M = (N^2\mu\ A/r)\ \tfrac{1}{2}\ I^2 + (N^2\mu\ A/r)\ \tfrac{1}{2}\ I^2$$

$$= N^2\ \mu\ A\ I^2/r \qquad (2.41)$$

ternyata $W_M = 2\ W_L$ (2.42)

W_M = Energi magnet induktansi bersama

W_L = Energi magnet induktansi diri

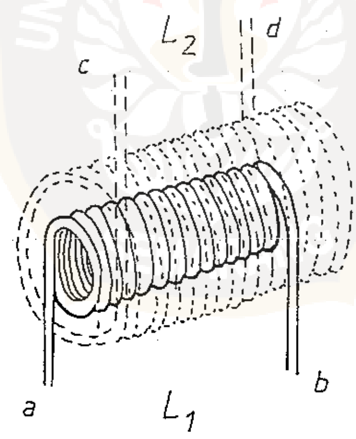
N = Jumlah lilitan

μ = Konstanta permeabilitas

A = Luas penampang kumparan

r = Panjang kumparan

I = Kuat arus (Ampere)



Gambar 2.7 : Induktansi bersama sesumbu

2.3.3. DIAGRAM BLOK HUBUNGAN SISTEM AYUNAN, KUMPARAN, DAN RANGKAIAN ELEKTRONIKA

Recalling :

(1) $E_M = \frac{1}{2} m \omega^2 a_o^2$ untuk ayunan tidak teredam

(2) $E_{MD} = \frac{1}{2} m \omega_D^2 a_o^2$ untuk ayunan dengan redaman

(3) $\omega^2 = g / l$

(4) $\omega_D^2 = \omega^2 - k^2$

(5) $W = N_1^2 \mu A_1 / r_1 \frac{1}{2} I_1^2 + N_2^2 \mu A_2 / r_2 \frac{1}{2} I_2^2$

$W = N^2 \mu A / r I^2$, untuk $N_1 = N_2$, $I_1 = I_2$, $A_1 = A_2$, $r_1 = r_2$

W adalah energi magnetik pada kumparan

Persamaan Energi kompensasi :

$$E_M = W$$

$$\frac{1}{2} m \omega^2 a_o^2 = N^2 \mu A / r I^2$$

$$\omega^2 = (N^2 I^2 / a_o)(2\mu A / mr)$$

$$\omega = (N I / a_o) \sqrt{2\mu A / mr} \qquad (2.43)$$

Karena $\omega = 2\pi / T$, maka :

$$T = (2\pi a_o / N I) \sqrt{mr / 2\mu A} \qquad (2.44)$$

Dari persamaan ini dapat diketahui hubungan aksi-reaksi antara sistem-sistem berikut ini, yaitu :

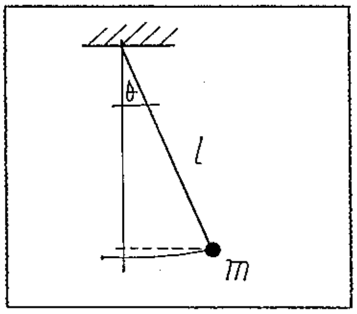
1. Sistem bandul ayunan
2. Sistem kumparan (induktansi bersama)
3. Sistem elektronik (multivibrator)

Harga percepatan gravitasi (g) dapat ditentukan dengan mengukur periode ayunan T (dengan stop watch) dimana harga T yang dicatat tergantung pada parameter parameter berikut ini :

1. Dari sistem bandul ayunan :

1.1 Amplitudo awal (a_o)

$$\frac{a_o}{2\pi l} = \frac{\theta}{360}$$



$$a_o = 2\pi l\ \theta\ /\ 360 \qquad (2.45)$$

1.2 Massa benda (m)

Benda harus dapat ditolak oleh magnet, berarti mempunyai kutub yang berlawanan dengan kutub medan magnet yang dibangkitkan oleh kumparan.

2. Dari Sistem kumparan (induktansi bersama)

2.1. Banyaknya lilitan (N) dimana $N_1 = N_2$

2.2. Penampang kumparan

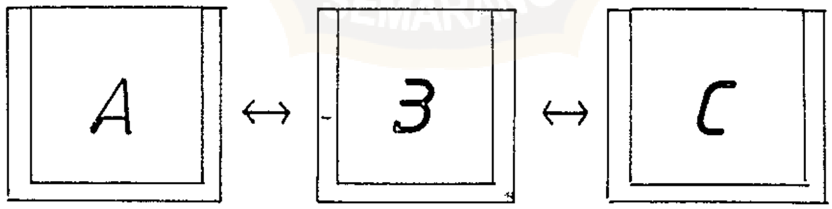
2.3. Panjang kumparan

2.4. Konstanta Permeabilitas (μ)

3. Dari Sistem Elektronika (multivibrator)

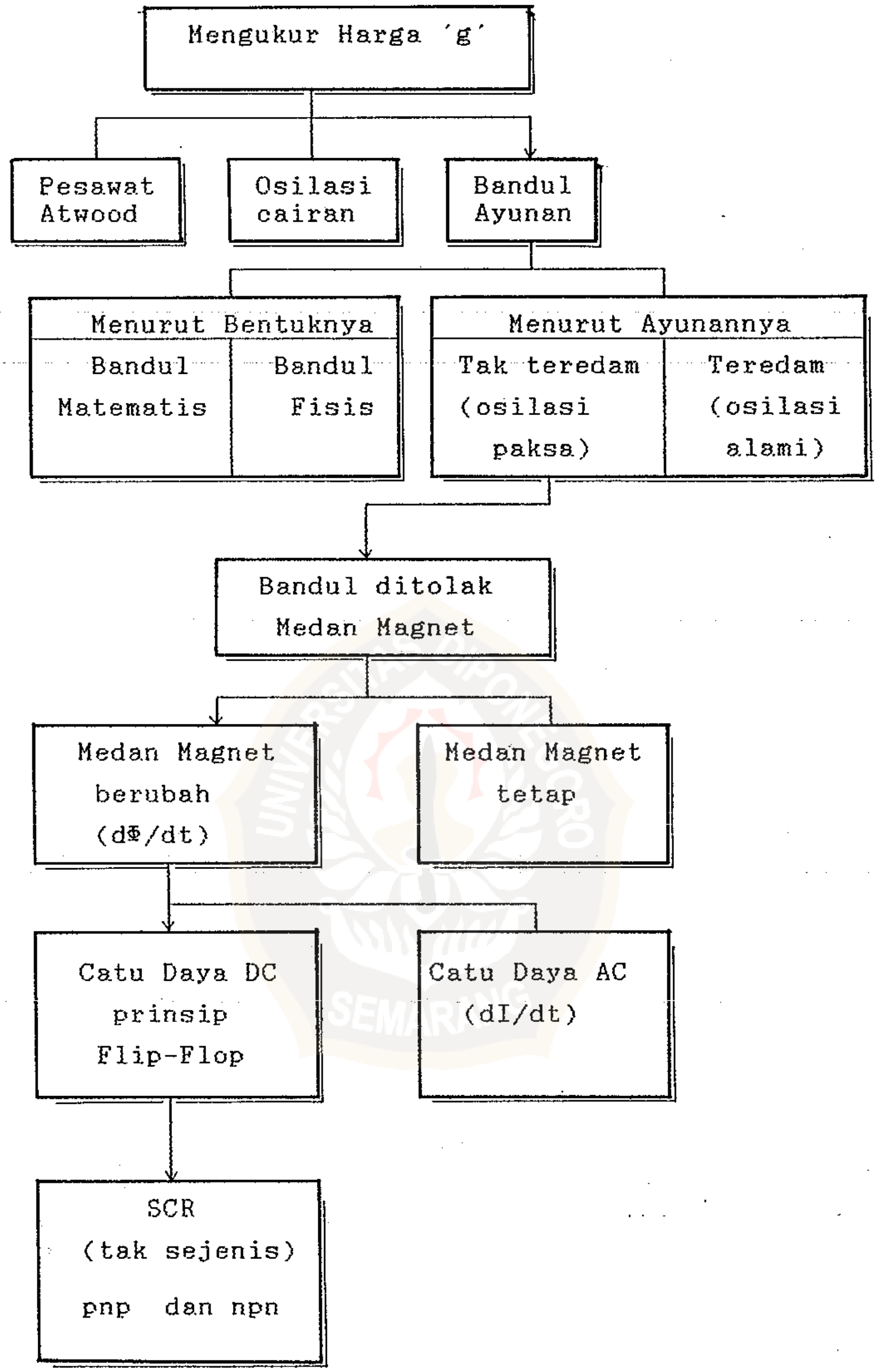
3.1. Besarnya arus dari catu daya DC (I Ampere)

Gambar 2.8 : DIAGRAM BLOCK



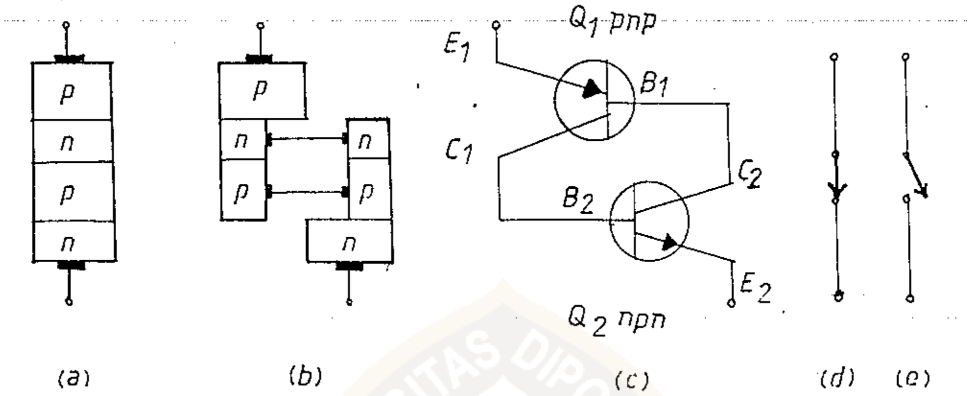
(A) Ayunan (B) Kumparan (C) Rangkaian Elektronika

2.4. DIAGRAM ALUR KERJA (GAGASAN)



2.5. TEORI DAN MODEL RANCANGAN ELEKTRONIKA

Thyristor (bahasa Yunani = 'pintu') adalah bahan Semikunduktor 4 lapis yang mengunakan umpan balik dalam (internal) untuk mendapatkan perilaku penahanan (penguncian / latching).



Gambar 2.9 : Thyristor

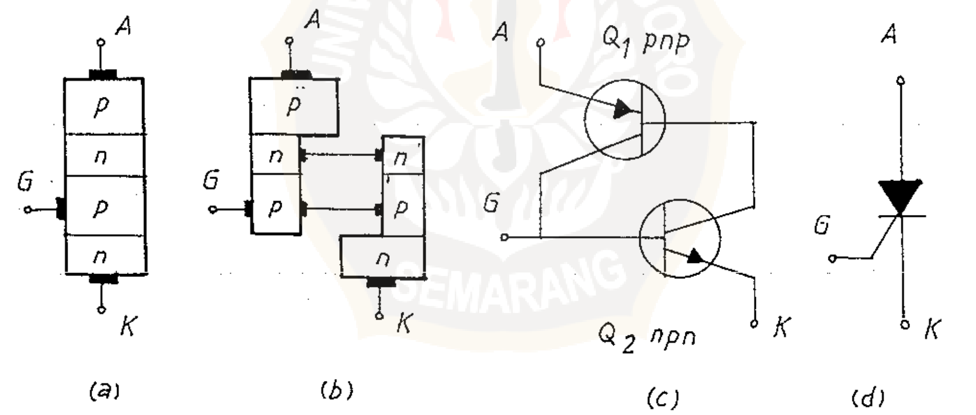
Dari Gambar (2.9c) dapat diketahui bahwa C_1 menjalankan B_2 dan C_2 menjalankan B_1 .Hubungan demikian ini menghasilakan umpan balik positif yang disebut *REGENERASI*.

Perubahan arus disembarang titik dalam simpal tersebut akan diperkuat dan dikembalikan ketitik awal dengan fasa sama. Misal, B_2 naik maka arus C_2 juga naik akibatnya arus C_1 naik dan arus B_2 semakin besar.Kenaikan arus yang berkesinambungan ini akan berlangsung terus sampai kedua Transistor menjadi *jenuh*. Pada saat tersebut, Thyristor berlaku sebagai *saklar tertutup* (Gambar 2.9d)

Sebaliknya jika ada suatu yang menyebabkan arus B_2 turun, maka arus C_2 juga turun, arus C_1 turun akibatnya arus B_2 menjadi semakin kecil, sampai kedua Transistor menjadi terputus dan berlaku sebagai *saklar terbuka* (Gambar 2.9e)

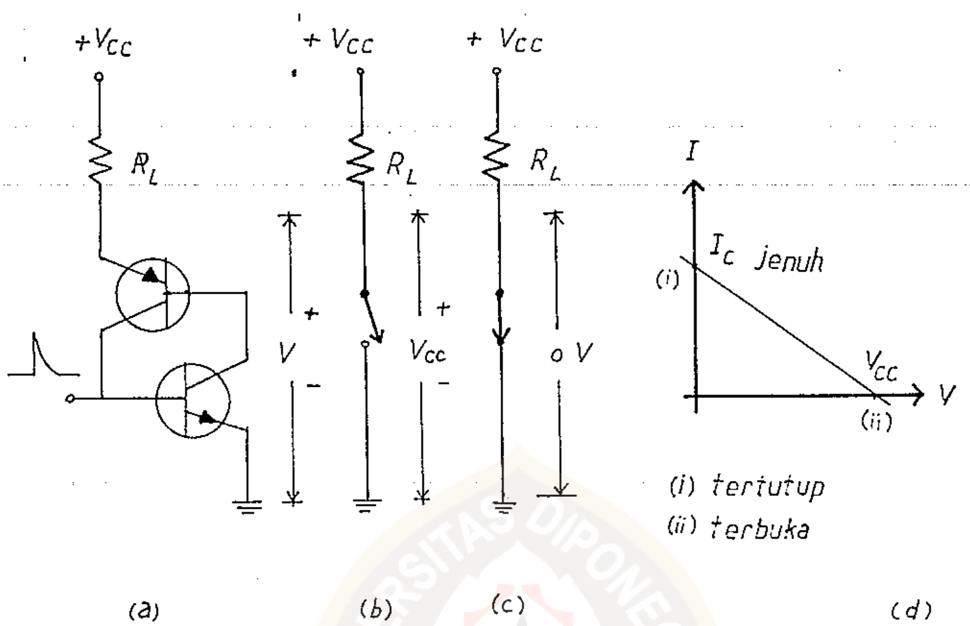
Thyristor dapat berada pada salah satu dari dua keadaan itu. Jika sedang tertutup, akan tetap tertutup sampai ada suatu yang menyebabkan arusnya turun. Tapi jika sedang terbuka, akan tetap terbuka (tak ada arus) sampai ada suatu yang menyebabkan arusnya naik.

Salah satu jenis Thyristor adalah SCR (Sillicon Controlled Rectifier) yang mempunyai terminal tambahan di B_2sebagai masukan pemicu yang disebut *GERBANG (gate)*.



Gambar 2.10 : Silicon Controlled Rictifier (SCR)

Untuk memicu SCR digunakan tegangan pemicu (0,7 v) dan arus picu (10 mA) sebagai harga masukan minimum. SCR akan tetap terbuka sampai ada *sinyal pemicu* yang menjalankan gerbangnya. Pada saat itu SCR akan tetap terbuka meskipun sinyal pemicunya telah hilang. Untuk membukanya adalah mengeluarkan dari keadaan jenuh tersebut dengan mengecilkan arus (low current dropout).



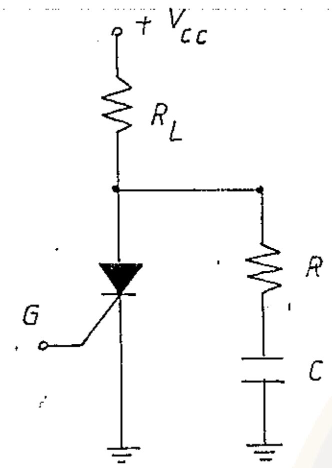
Gambar 2.11 :

(a) Pemicu tegangan maju akan menutup penahan
(b) Tegangan catu terdapat pada penahan yang terbuka
(c) Tegangan nol terdapat pada penahan tertutup
(d) Garis beban

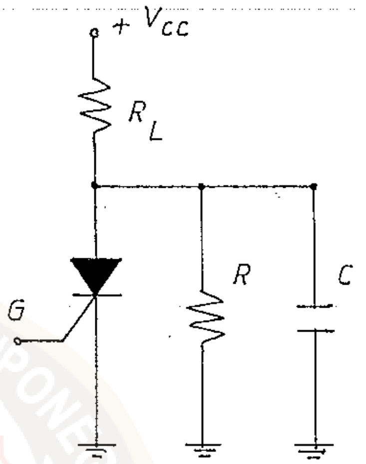
Karena dalam SCR terdapat kapasitansi persambungan, maka SCR dapat juga dipicu oleh perubahan tegangan catu yang amat cepat. Jadi jika laju kenaikan dari tegangan maju cukup tinggi (bisa juga tegangan AC), maka arus pengisian kapasitif dapat memulai proses regenerasi.

Untuk menghindari pemicuan SCR yang tidak diinginkan, maka laju perubahan pada anoda tidak boleh melebihi laju kenaikan tegangan kritis.

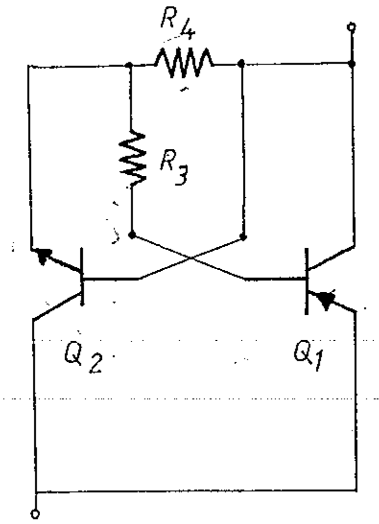
Transien-transien swicing merupakan penyebab utama yang sering melampaui laju kenaikan tegangan kritis. Untuk itu diperlukan penangkal RC (RC snubber) dimana laju kenaikan tegangan anoda akan tergantung pada resistansi beban dan harga RC (gambar 2.12).



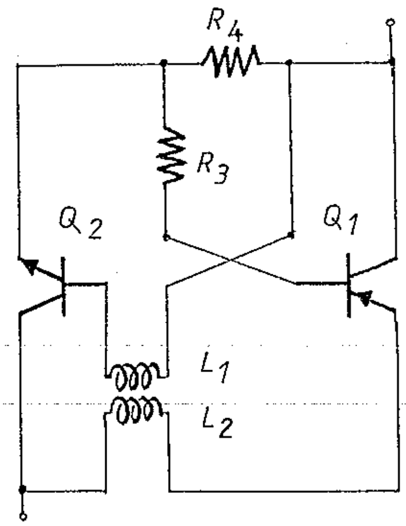
Gambar 2.12a
Penangkal RC untuk melindungi SCR



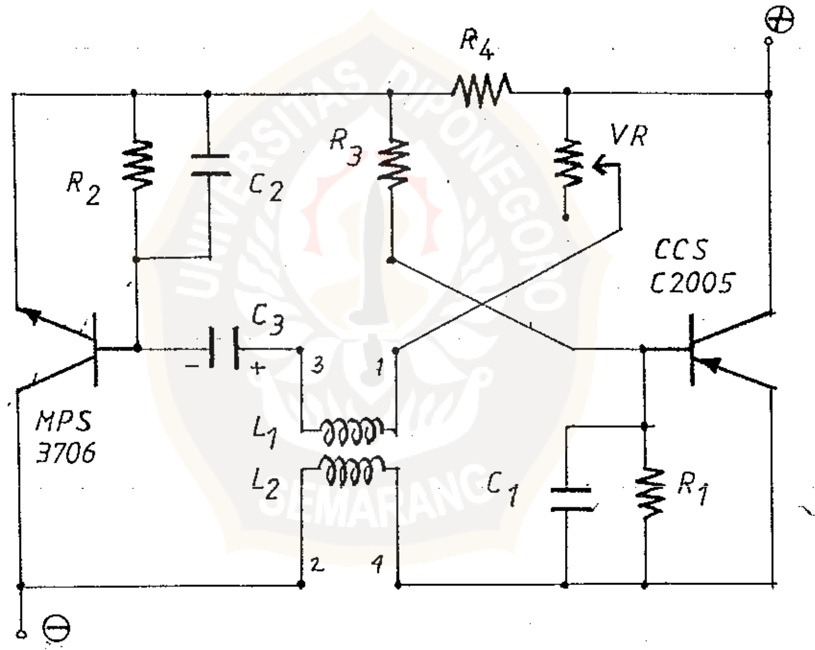
Gambar 2.12b
Penangkal RC Pararel



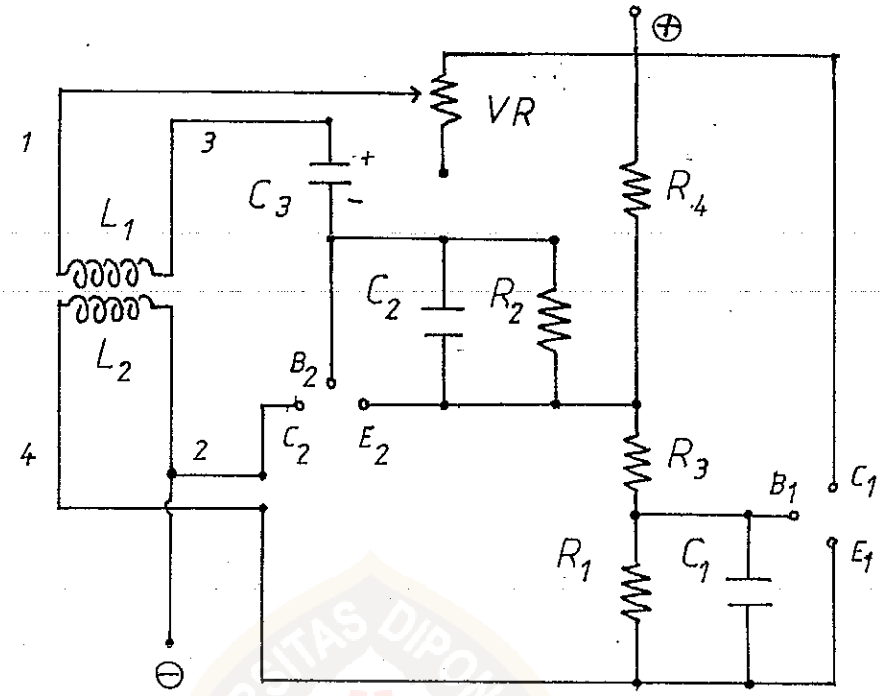
Gbr.2.13a : Multivibrator



Gambar 2.13b

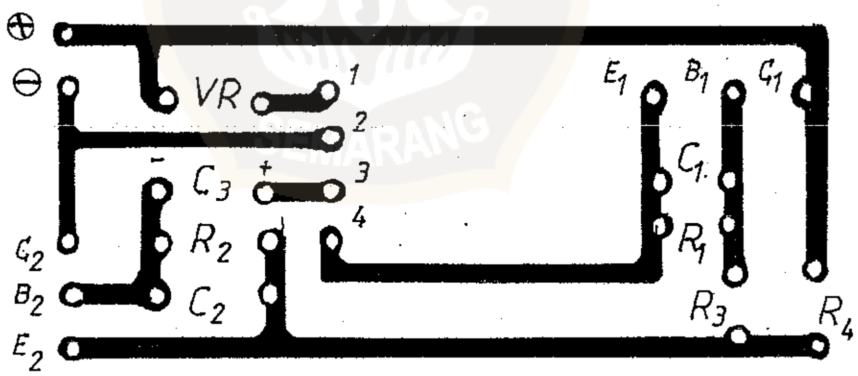


Gambar 2.13c



Gambar 2.13d

Gambar 2.13e



R_1 = 1 M
R_2 = 1 M
R_3 = 47 K
R_4 = 22 K

C_1 = 104 5v
C_2 = 104 5v
C_3 = 47μ 16v
L_1 = L_2 = 1 K

Tr_1 = CCSC 2005 pnp
Tr_2 = MPS 3706 npn
V = 1,5 v
VR = 1 K

CARA KERJA PIRANTI ELEKTRONIKA

Pada dasarnya adalah flip-flop, tetapi memakai 2 (dua) Transistor yang tidak sejenis yaitu Tr_1 pnp CCSC2005 dan Tr_2 npn MPS 3706.

Kedua Transistor ini menghasilkan perubahan arus (di/dt) sehingga dalam kumparan akan timbul GGL induksi bersama yang menyebabkan perubahan mmedan magnet yang akan menolak bola magnet sehingga berayun. (ingat , mula-mula saat rangkain ON bola magnet diberi ayunan awal)

Saat bola magnet berayun menjauh, medan magnet kumparan menjadi runtuh karena kedua Transistor dalam keadaan jenuh, sehingga tidak ada perubahan arus (OFF).

Sampai kemudian bola magnet mendekat (melintas kumparan) maka medan magnet dari bola akan menimbulkan perubahan medan pada kumparan dan menyebabkan perubahan arus yang dapat memicu Transistor menjadi ON, dan bola magnet ditolak kembali . Demikian seterusnya, maka didapat bola yang terus berayun dengan lintasan tetap sampai baterai menjadi habis.

Berarti untuk mengukur percepatan gravitasi akan didapat hasil yang lebih tepat jika dibandingkan dengan ayunan newton biasa (teredam) kareana untuk 10 ayunan , lintasan bola magnet adalah tetap (tidak teredam), jadi dapat dikatakan keadaan ideal dari ayunan bandul telah tercapai.