

BAB II

DASAR TEORI

II.1. TEORI TRANSISI RADIATIF

Pada dasarnya terjadinya laser didasari dengan adanya fenomena yang tampak ketika gelombang elektromagnetik berinteraksi dengan atom-atom materi. Interaksi tersebut baru akan menghasilkan laser apabila dalam sistem terjadi kebalikan populasi antara tingkat tenaga dasar ke tenaga yang lebih tinggi.

Interaksi gelombang elektromagnetik dengan atom-atom materi memunculkan adanya fenomena proses transisi radiatif. Pada proses ini pada dasarnya terdiri dari dua transisi pokok yaitu transisi radiasi terimbas (*induced*) atau terangsang (*stimulated*) dan transisi radiasi spontan. Proses jenis pertama dapat berlangsung sebagai proses absorpsi maupun proses pancaran terangsang, ini hanya akan dapat terjadi karena kehadiran medan radiasi dari luar. Proses jenis kedua yang umumnya dalam bentuk pancaran spontan dapat berlangsung tanpa adanya medan radiasi dari luar.

Untuk memudahkan pembahasan tentang proses pancaran dan penyerapan ditinjau sebuah atom materi dengan dua

tingkat tenaga E_2 dan E_1 dimana ($E_2 > E_1$) dan dapat

$[2>$ ————— E_2

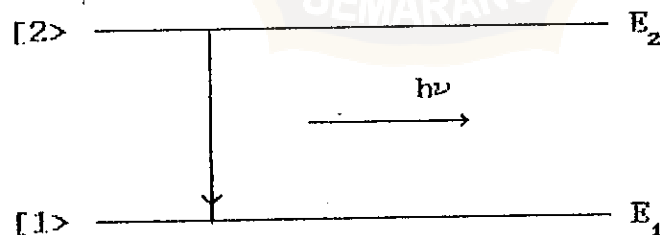
$[1>$ ————— E_1

Gambar 2.1 Dua tingkat tenaga E_2 dan E_1

terlihat pada gambar (2.1). Berikut ini akan dibahas lebih rinci dari proses pancaran spontan, pancaran terangsang dan proses absorpsi.

II.1.1 Pancaran Spontan

Proses pancaran spontan dapat ditunjukkan pada gambar (2.2)



Gambar 2.2 Pancaran spontan

Ditinjau dari suatu atom materi dengan tingkat tenaga yang mempunyai tenaga E_1 dan E_2 dengan $E_2 > E_1$.

Diandaikan bahwa atom atau molekul mula-mula berada di tingkat tenaga $[2\rangle$. Karena $E_2 > E_1$, maka atom akan cenderung meluruh ke tingkat tenaga $[1\rangle$. Disini perbedaan tenaga ($E_2 - E_1$) akan dilepaskan oleh atom dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Proses ini disebut pancaran spontan (*spontaneous emission*). Besarnya frekuensi gelombang pancaran. (Beiser, A, 1991).

$$\nu = \frac{E_2 - E_1}{h} \quad (2.1)$$

dengan h : Konstanta Planck.

$$: 6,626 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

Misalkan pada waktu t detik dan N_2 jumlah atom tiap satuan volume ditingkat tenaga $[2\rangle$. Besar kecepatan peluruhan yang menghasilkan pancaran spontan. (Demtroder, W, 1996).

$$\left[\frac{dN_2}{dt} \right]_{sp} = - A_{21} \cdot N_2 \quad (2.2)$$

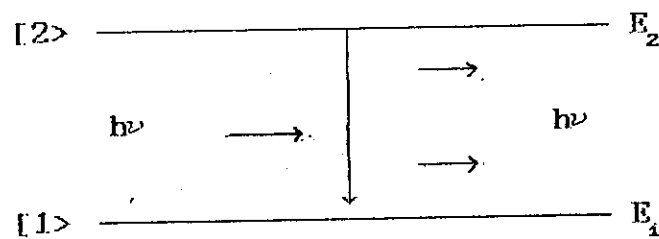
dengan A_{21} : kebolehjadian pancaran spontan.

$$\tau_{sp} = \frac{1}{A_{21}}$$

: umur pancaran spontan.

II.1.2. Pancaran Terangsang

Proses pancaran terangsang dapat ditunjukkan pada gambar (2.3)



Gambar 2.3 Pancaran terangsang

Mula-mula atom berada pada tingkat tenaga $|2\rangle$. Jika gelombang elektromagnetik dengan frekuensi ν menumbuk atom materi. Atom yang mempunyai frekuensi sama dengan frekuensi panjang gelombang datang, kemungkinan akan melakukan transisi dari tingkat tenaga $|2\rangle$ ke tingkat tenaga $|1\rangle$. Perbedaan tenaga ($E_2 - E_1$) yang dilepas dalam gelombang elektromagnetik tersebut. Proses ini disebut proses pancaran terangsang (*stimulated emission*).

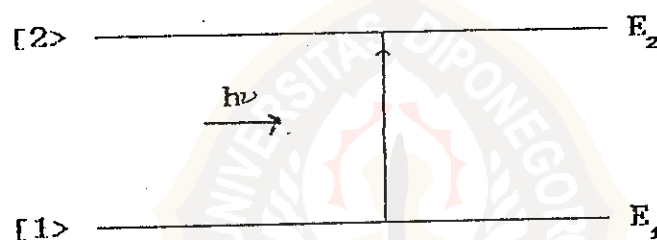
Kecepatan peluruhan atom pada proses pancaran terangsang menurut persamaan (2.3) :

$$\left[\frac{dN_2}{dt} \right]_{st} = - B_{21} \cdot N_2 \quad (2.3)$$

Besar nilai kebolehjadian terjadinya pancaran terangsang tidak hanya bergantung dari pancaran tersebut tetapi juga tergantung dari intensitas gelombang elektromagnetik yang datang.

II.1.3. Absorpsi

Proses terjadinya absorpsi gelombang elektromagnetik oleh atom materi ditunjukkan pada gambar (2.4)



Gambar 2.4 Absorpsi

Mula-mula atom materi berada pada tingkat tenaga dasar $[1\rangle$. Jika gelombang elektromagnetik dengan frekuensi ν mengenai atom, maka ada kemungkinan atom tersebut berpindah dari tingkat tenaga $[1\rangle$ ke tingkat tenaga $[2\rangle$. Perbedaan tenaga ($E_2 - E_1$) yang diperlukan oleh atom untuk melakukan pancaran dari tingkat tenaga $[1\rangle$ ke tingkat tenaga $[2\rangle$ didapatkan dari tenaga gelombang datang. Proses tersebut disebut proses absorpsi.

Kecepatan absorpsi atom besarnya :

$$\left[\frac{dN_1}{dt} \right]_{ab} = - B_{12} \cdot N_1 \cdot F$$

$$= - \delta_{12} \cdot F \cdot N_1 \quad (2.4)$$

dengan N_1 = jumlah atom yang berada ditingkat tenaga [1]

$$B_{12} = \delta_{12} \cdot F$$

δ_{12} =ampang lintang absorpsi

F = fluks gelombang elektromagnetik datang

II.2. PEMBALIKAN POPULASI

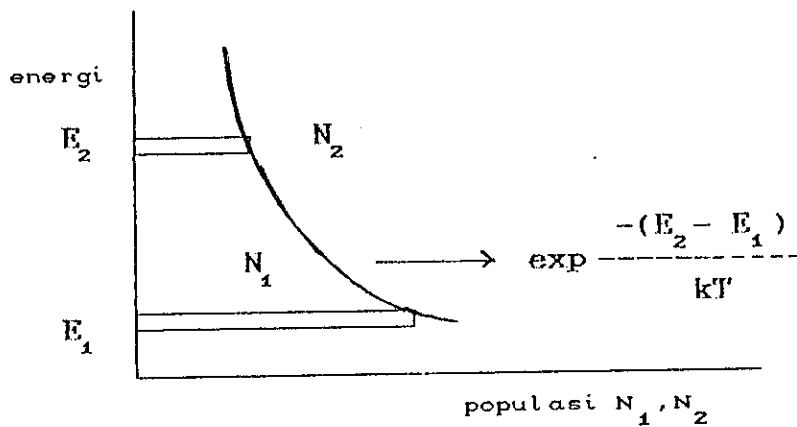
Bila sekumpulan atom dalam keadaan kesetimbangan termal pada suhu temperatur T berada pada dua tingkat tenaga E_1 dan E_2 , jumlah atom pada masing-masing tingkat oleh Boltzmann dirumuskan dalam suatu persamaan (2.5) yaitu

$$\frac{N_1}{N_2} = \exp. \frac{-(E_2 - E_1)}{kT} \quad (2.5)$$

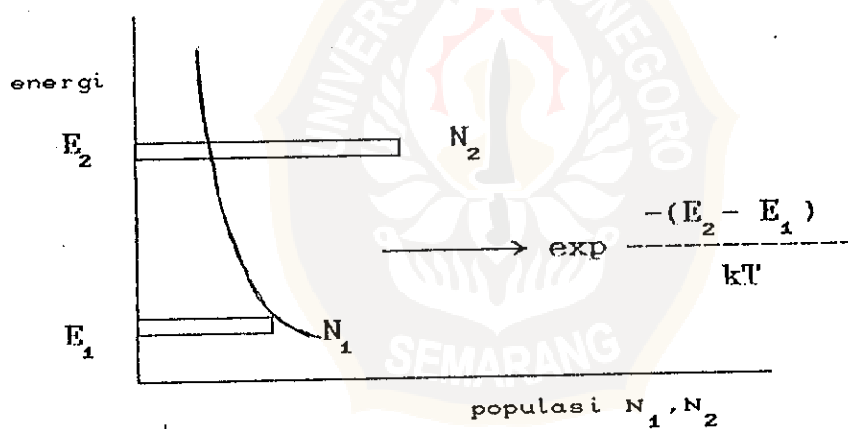
dengan N_1 dan N_2 : jumlah atom yang berada pada tingkat tenaga E_1 dan E_2 .

k : tetapan Boltzmann.

$$: 1,38 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}.$$



Gambar 2.5 Populasi relatif antara dua tingkat tenaga seperti dalam persamaan Boltzman pada kesetimbangan termal.



Gambar 2.6 Pembalikan populasi

Jumlah atom pada kesetimbangan termal, tingkat $[1>$ selalu mempunyai atom yang lebih banyak dari pada tingkat $[2>$, oleh karena itu perbedaan populasi $(N_1 - N_2)$ selalu positif (gambar 2.5) dan terjadilah absorpsi.

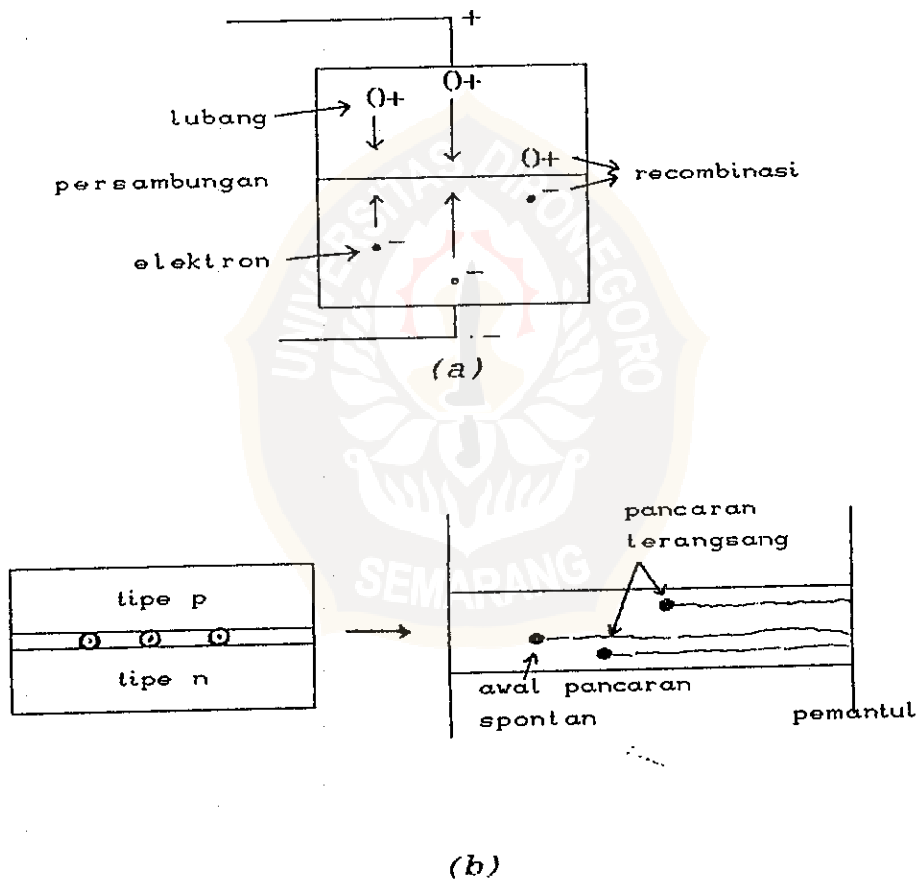
Apabila tingkat tenaga atas mempunyai atom yang lebih banyak dari pada tingkat tenaga bawah (gambar 2.6), sehingga perbedaan populasi menjadi negatif, maka terjadi peristiwa kebalikan absorpsi yaitu pancaran terangsang.

Untuk memperoleh keadaan dimana tingkat tenaga atas mempunyai atom yang lebih banyak dari pada tingkat tenaga bawah (gambar 2.6), yakni $N_2 > N_1$, maka $E_2 > E_1$. Keadaan ini disebut keadaan pembalikan populasi. Keadaan dimana populasi kedua tingkat tenaga sama disebut "ambang pembalikan" (*inversion threshold*). Agar terjadi pembalikan populasi maka harus diberi tenaga dari luar, energi ini disebut energi pemompaan.

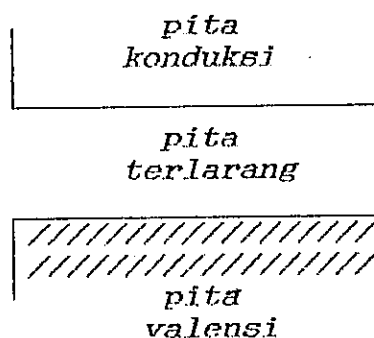
II.3. LASER SEMIKONDUKTOR

Kristal laser semikonduktor terbuat dari sebagian jenis -p dan sebagian dengan jenis -n. Daerah perpindahan dinamakan persambungan p-n (*p-n junction*). Jika daerah -p dari kristal dicatu positif, lubang disuntikkan dari daerah -p ke dalam daerah -n dan elektron dari daerah -n ke dalam daerah -p. Pembawa asing tidak dapat hidup lama jika lubang telah disuntikkan. Lubang segera akan menggabung lagi (rekombinasi) dengan pembawa berlawanan muatan dan dalam proses mengeluarkan energi berlebihan

untuk panas atau cahaya. Jika energi rekombinasi keluar mempunyai bentuk panas, seperti pada bahan silikon dan germanium, bahan-bahan tersebut tidak bermanfaat untuk terjadinya laser. Dalam arsenida galium banyak energi yang dipancarkan berbentuk cahaya dan oleh sebab inilah campuran ini secara ekstensif digunakan dalam laser semikonduktor.



Gambar 2.7 Operasi dari laser semikonduktor
 (a) Bias maju dari aliran arus dan rekombinasi
 (b) Pancaran terangsang



Gambar 2.8 Struktur tingkat energi dalam semikonduktor

Jadi, jika arus dilewatkan melalui persambungan p-n dari kristal yang disiapkan untuk spesifikasi tertentu, persambungan p-n tersebut akan memancarkan radiasi. Jika cahaya dengan panjang gelombang yang cocok melewati semikonduktor maka kemungkinan besar akan diserap dan melewati energinya ke salah satu elektron dalam pita valensi, yang kemudian dinaikkan ke salah satu keadaan dari pita konduksi. Adapula kemungkinan lain yaitu foton yang datang mungkin akan mendorong elektron hantaran bergabung lagi dengan lubang yang melepaskan energi rekombinasinya sebagai foton tambahan, yang dari semua segi serupa dengan foton asli yakni merupakan proses penguatan. Tetapi kemungkinan terjadi seperti itu sangat memerlukan karena serentak adanya sejumlah besar elektron bebas dan sejumlah besar lubang suatu kondisi yang tidak pernah tercapai dalam keseimbangan panas. Tetapi dengan rangsangan yang cukup, jumlah elektron dalam bagian bawah pita konduksi dapat dibuat melebihi jumlah lubang dalam

puncak pita valensi. Kondisi ini biasanya dijumpai dalam daerah sempit dekat dengan persambungan p-n yang dicatu maju, jika rapat arus cukup tinggi. Jika foton asli melintas persis dalam bidang persambungan, mungkin terjadi penguatan, dan jika foton terus melintas dekat persambungan, penguatan akan membesar. Foton yang mulai aksi mungkin hanya merupakan radiasi rekombinasi yang dipancarkan oleh persambungan itu sendiri.

Agar dapat membuat radiasi diperkuat melintasi pulang balik sehingga menaikan perolehan, maka diperlukan suatu resonator optik yang terdiri dari persambungan p-n. Hal ini dapat dilakukan dengan menolong kristal sehingga dua permukaan ujungnya persis tegak lurus pada persambungan dan sejajar satu sama lain. Karena kebanyakan semikonduktor mempunyai indek bias tinggi, pemantulan pada perpindahan udara semikonduktor sangat tinggi dan tidak diperlukan lapisan khusus.

II.3.1. Syarat Terjadinya Laser

Kemungkinan penghunian $f(E)$ dari setiap keadaan energi E ditentukan oleh statistik Fermi-Dirac. (Laud. B. B, 1988).

$$f(E) = \frac{1}{1 + \exp [(E - F_0)/kT]} \quad (2.6)$$

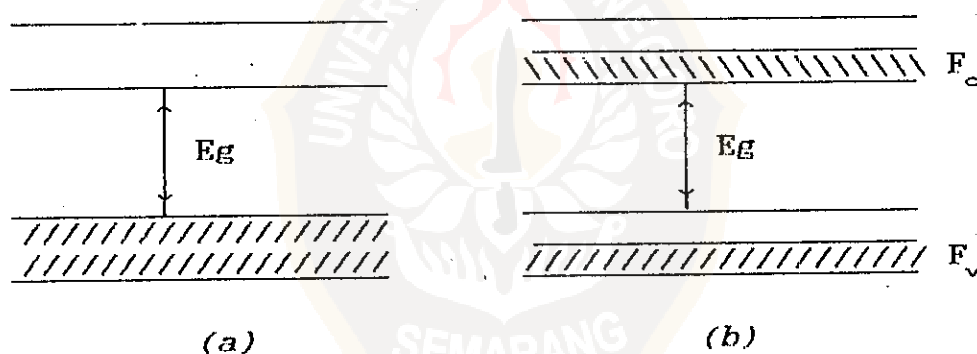
dimana F_0 adalah tingkat Fermi dari sistem., Jika $E < F_0$, eksponensial dalam penyebut menjadi nol pada saat $T = 0$ K, dan $f(E) = 1$. Sebaliknya, jika $E > F_0$, $f(E) = 0$ dimana $T = 0$ K.

$$\begin{aligned} f(E) &= 1 \text{ jika } E < F_0 \\ &= 0 \text{ jika } E > F_0 \end{aligned} \quad (2.7)$$

Jadi, tingkat Fermi menggambarkan batas antara tingkat-tingkat yang dihuni penuh dan tingkat yang kosong sama sekali pada $T = 0$ K. Pada temperatur nol absolut, elektron akan menghuni tingkat-tingkat energi paling bawah. Akibat langsung dari prinsip kekecualian Pauli adalah keadaan kuantum hanya berisi satu fermion. Karena itu semua keadaan terbawah akan dihuni oleh masing-masing satu fermion, sampai semua fermion mendapat tempat. Dalam keadaan ini, gas dikatakan mengalami degenerasi dan tingkat dihuni paling atas adalah tingkat Fermi. Untuk semikonduktor nondegenerasi tingkat Fermi berada di dalam celah terlarang.

Sekarang bila suatu semikonduktor pada $T = 0$ K seperti ditunjukkan pada gambar 2.9a. Daerah yang digaris-garis menggambarkan keadaan energi yang penuh. Sekarang dimisalkan beberapa elektron naik dari pita valensi ke pita konduksi (gambar 2.9b). Dalam keadaan ini semikonduktor tidak dalam keadaan keseimbangan sepadan. Walaupun keseimbangan akan dicapai dalam tiap pita dalam

waktu yang singkat dimana elektron dalam pita konduksi akan turun sampai tingkat terbawah dari pita tersebut, dan setiap elektron dekat puncak dari pita valensi juga akan turun sampai tingkat kosong terendah, meninggalkan puncak pita valensi penuh dengan lubang. Proses yang menaikkan populasi dalam pita konduksi, akan menaikkan $f(E)$, yakni menaikkan F diatas harga keseimbangan F_0 . Demikian pula, kenaikan konsentrasi lubang menyusutnya F lebih rendah dari F_0 . Jadi, ada pembalikan populasi antara pita valensi yang dapat mengakibatkan kenaikan terjadinya laser.



Gambar 2.9 Tingkat energi pada semikonduktor
 (a) Tingkat energi semikonduktor $T = 0\text{ K}$
 (b) Elektron terangsang ke pita konduksi

Karena kristal tidak dalam keadaan kesetimbangan, kemungkinan terhuni $f_c(k_j)$, suatu keadaan dari pita konduksi dapat dinyatakan dalam tingkat Fermi lain F_c , dimana

$$f_c(k_j) = \frac{1}{1 + \exp [(E - F_c)/kT]} \quad (2.8)$$

F_c dapat dinamakan tingkat Fermi semu dari elektron dalam pita konduksi dan k_j adalah vektor gelombang dari keadaan bersangkutan. Tingkat tersebut memisahkan daerah tingkat-tingkat terhuni penuh dan tingkat kosong sama sekali dari pita konduksi. Demikian pula, dapat menyatakan kemungkinan dari pita valensi sebagai berikut

$$f_v(k_i) = \frac{1}{1 + \exp [(E - F_v)/kT]} \quad (2.9)$$

$$\text{Pada keseimbangan } F_c = F_v = F_o. \quad (2.10)$$

Jika berkas cahaya jatuh pada semikonduktor seperti ini, jumlah kuantum N_a yang diserap tiap satuan waktu akan berbanding lurus dengan, (i) kemungkinan perpindahan langsung tiap satuan waktu dari pita valensi ke pita konduksi, B_{vc} , (ii) rapat radiasi datang $\rho(\omega)$, (iii) kemungkinan keadaan bersangkutan dalam pita valensi terhuni $f_v(k_i)$ dan (iv) kemungkinan bahwa keadaan atas dari pita konduksi kosong, $[1 - f_c(k_j)]$, yakni

$$N_a = A B_{vc} f_v(k_i) [1 - f_c(k_j)] \rho(\omega) \quad (2.11)$$

Jumlah kuantum N_e , yang dipancarkan tiap satuan waktu oleh pancaran stimulasi sama dengan

$$N_e = A B_{cv} f_c(k_j) [1 - f_v(k_i)] \rho(\omega) \quad (2.12)$$

Konstanta perbandingan A dalam persamaan diatas memasukkan rapat keadaan dari dua pita. Agar terjadi penguatan

$$N_e \rho > N_a \rho \quad (2.13)$$

dengan memisalkan $B_{vc} = B_{cv}$ (2.14)

kondisi ini dapat dituliskan sebagai berikut

$$f_c(k_j) [1 - f_v(k_i)] > f_v(k_i) [1 - f_c(k_j)] \quad (2.15)$$

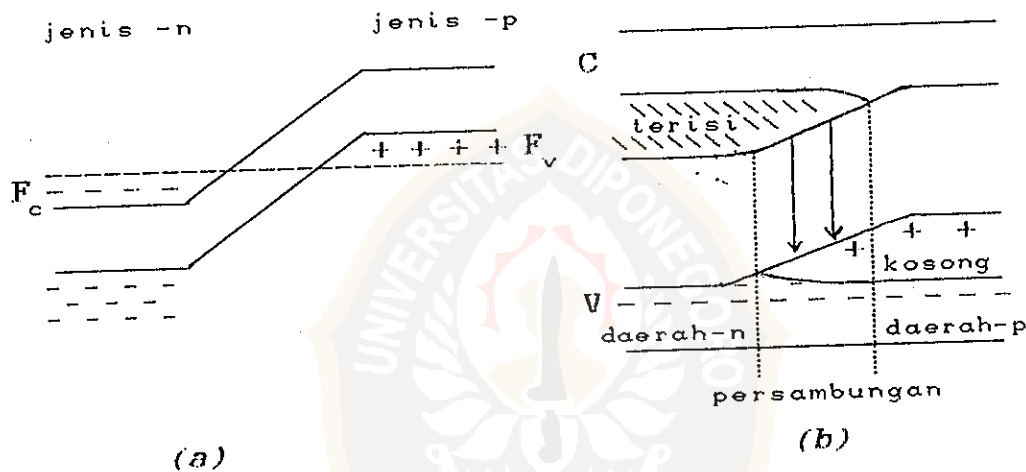
dan penyederhanaan.

$$F_c(K_j) - F_v(K_i) > E_c(k_i) - E_v(k_j) = h\nu \quad (2.16)$$

Apabila tingkat Fermi semu dapat ditentukan untuk tiap dua semikonduktor, syarat (2.16) harus dipenuhi untuk mendapatkan pancaran stimulasi.

Dua persyaratan yang harus dipenuhi, jika semikonduktor akan digunakan sebagai bahan laser, yaitu :

(i) semikonduktor harus mempunyai kemungkinan perpindahan radiasi lewat celah harus tinggi, dan harus melampaui kemungkinan perpindahan nonradiasi dari energi ke jaringan dan seterusnya dan (ii) populasi berlebihan harus tetap dijaga lewat perpindahan laser. Persyaratan terakhir dipenuhi oleh suntikan pembawa, yang sumbu pemompaannya adalah arus yang melewati semikonduktor.



Gambar 2.10 Tingkat-tingkat energi persambungan p-n
 (a). Keadaan dasar dipersambungan p-n
 (b). Pembalikan populasi dalam daerah sekitar persambungan p-n dan rekombinasi radiasi saat diperkuat dengan prategangan maju.

Cara yang sederhana untuk memperoleh pembalikan populasi adalah menggunakan semikonduktor dalam bentuk dioda persambungan p-n yang disuntik dengan arus tegangan maju. Gambar 2.10a menggambarkan diagram energi dari persambungan p-n.

Dalam semikonduktor jenis -n, cukup banyak elektron yang diberikan oleh pencampur untuk mengisi pita konduksi sampai tingkat Fermi F_c , yang berada dalam pita konduksi. Dalam semikonduktor jenis -p, lubang-lubang ditambah oleh akseptor turun sampai tingkat F_v , yang berada dalam pita valensi. Beda energi antara daerah -p dan -n merupakan tegangan siap terbentuk dari dioda p-n. Jika tidak diberikan tegangan, elektron dari sisi -n, mengalir ke sisi -p sampai barier potensial listrik terbentuk, yang menghalangi aliran arus selanjutnya. Tingkat-tingkat Fermi dalam kondisi ini berada dalam garis horisontal yang sama. Jika persambungan p-n dicatu maju, yakni jika tegangan yang diberikan menaikkan sisi -n (relatif terhadap -p) (gambar 2.10b), elektron mengalir ke sisi -p dan lubang ke sisi -n. Tumpang tindih dalam bagian dari daerah persambungan yang dinamakan daerah kosong (*depletion*) dimana elektron dan lubang yang disuntikkan muncul pada konsentrasi yang tinggi. Konsentrasi lubang yang tinggi berarti sejumlah besar sisi kosong dapat dimasuki elektron. Karena itu, pembalikan populasi ada di daerah ini, jika arus mengalir yang melewati dioda melampaui harga ambang tertentu. Jadi, elektron dan lubang disuntikkan kedalam persambungan dari sisi-sisi yang berlawanan pada laju yang cukup tinggi, pembalikan populasi akan terbentuk antara tingkat terisi dekat bagian bawah pita konduksi dan tingkat kosong dekat puncak

valensi, dan rekombinasi elektron dengan lubang di daerah ini dapat digunakan untuk membangkitkan radiasi koheren. Daerah -p dan -n dikelilingi persambungan, sangat kacau dalam panjang gelombang lasernya, sehingga energi rekombinasi kebanyakan didisipasikan dengan berbagai cara yang nonradiasi.

II.3.2. Laser Suntikan (Injeksi)

Laser semikonduktor pertama menggunakan perpindahan antara pita-pita energi yang telah diteliti oleh Hall dan kawan-kawan (Laud. B. B, 1988). Untuk pertama kalinya bahwa pengubahan langsung energi listrik ke radiasi infra merah koheren. Pancaran cahaya koheren dari persambungan p-n galium arsenit.

Pengukuran intensitas dilakukan sebagai fungsi arus persambungan. Intensitas cahaya berubah lurus menurut rapat arus. Bila arus tinggi dan mencapai sepuluh kali harga yang diharapkan dengan ekstra polasi arus rendah yang menunjukkan mulainya pancaran stimulasi.

Laser suntikan (injeksi) timbul karena terjadinya laser diperoleh dari pembawa muatan yang disuntikkan ke dalam dioda semikonduktor.

11.3.3. Arus Ambang Laser Suntikan

Misalkan luas daerah aktif A dan tebalnya d . Populasi tingkat atas dan bawah dalam peristiwa ini terdiri dari elektron-elektron tingkat terendah dari pita konduksi dan tingkat tertinggi pita valensi dalam daerah persambungan dari dioda p-n kondisi ideal untuk pembalikan populasi adalah apabila jumlah rapat elektron pita konduksi dalam daerah persambungan adalah N_2 dan dalam pita valensi N_1 , sehingga jumlah elektron total yang harus dijaga dalam pita konduksi dalam daerah ini yaitu $(N_2 A d)$. Misalkan elektron-elektron ini meluruh turun ke pita valensi dengan masa hidup τ_1 , dan masing-masing peluruhan tersebut memerlukan perpindahan satu muatan elektron baru 'e' ke dalam persambungan untuk menjaga populasi keadaan diatas. Karena itu, arus I sama dengan

$$I = \frac{N_2 A d e}{\tau_1} \quad (2.17)$$

Rapat arus ambang yang diperlukan sama dengan

$$J = \frac{I}{A} = \frac{N_2 d e}{\tau_1} \quad (2.18)$$

Rapat arus ambang J untuk laser semikonduktor naik dengan cepat menurut T^3 , karena pada waktu temperatur naik, hasil kali kemungkinan $f_c(k_j) [1 - f_v(k_j)]$ menurun sedangkan

$f_v(k_i) [1 - f_c(k_j)]$ naik. Untuk memperoleh hasil yang sama, rapat arus harus dinaikkan, berarti menaikkan temperatur. Sehingga tidak mungkin mengoperasikan laser terus-menerus di atas temperatur tertentu T_c yang tergantung konstruksi dioda.

II.3.4. Proses Pemompaan Pada Laser Semikonduktor

Persambungan dibuat dengan difusi gas dengan pencampur jenis -p ke dalam kristal jenis -n. Dalam cara yang baru bahan jenis -p dari larutan cair ditambahkan pada puncak kristal jenis -n.

Metode pemompaan yang digunakan adalah :

(i) Pemompaan berkas elektron :

Satu berkas elektron yang tenaga tinggi paling tidak 20 KV, diarahkan ke semikonduktor dalam bahan dan melepaskan sebagian energinya dengan membangun banyak pasangan elektron lubang energi rendah. Ini merupakan cara yang paling efektif untuk perangsangan (eksitasi).

(ii) Pemompaan optis :

Foton dengan energi yang lebih besar dari pada celah energi dapat merangsang semikonduktor. Dalam hal ini laser semikonduktor lain digunakan sebagai pompa.

Dalam galium arsenit murni pada temperatur kamar, bahaya laser mempunyai panjang gelombang mendekati infra merah. Pada temperatur yang lebih rendah maka panjang gelombang keluaran juga akan menurun. Keluaran dalam daerah cukup luas dengan mengubah-ubah temperatur. Panjang gelombang transisi (perpindahan) ini dapat lebih digeser lagi sekitar spektrum merah tampak dengan menggunakan bahan semikonduktor GaAs dan GaP.

Keuntungan utama laser semikonduktor adalah ringkas, sederhana dan efisien. Laser semikonduktor memerlukan sedikit peralatan luar. Karena besarnya jumlah elektron terangsang yang dihasilkan untuk menghasilkan terjadinya laser.

II.4. WAKTU HIDUP

Waktu hidup adalah masalah yang sangat penting dari laser semikonduktor, tetapi kelihatannya mempunyai kelemahan dari standar peralatan niaga. Meskipun laser semikonduktor yang diperdagangkan sedikit menampilkan daftar yang didasarkan pada masalah waktu hidup laser semikonduktor tersebut pada lembaran datanya, ini lebih menimbulkan masalah dalam dari pada batasan tahan ujinya. Hasil yang cukup baik sekarang bahwa waktu hidup yang tepat uji tidak dapat memberikan banyak cahaya pada saat

menyala dalam waktu yang pendek antara hasil pengembangan dan niaga. Ini memungkinkan menjadi petunjuk waktu hidup laser dari dipercepat uji waktu penyimpanan. Laser semikonduktor dioperasikan yang baik mendekati suhu kamar, kalau ingin digunakan dalam waktu yang lama. Dalam pelaksanaan suhu tinggi sangat menurunkan petunjuk dasar tentang waktu hidup dan diharapkan dioperasikan pada suhu kamar.

Anggapan operasi waktu hidup dari puluhan atau ratusan atau ribuan jam untuk pancaran laser semikonduktor dengan beberapa miliwatt. Secara umum waktu hidup berkurang dengan pertambahan dalam operasi tenaga, suhu dan arus ambang dari laser semikonduktor. Pada peningkatan teknologi menunjukkan penambahan terus-menerus dalam masalah waktu hidup.

Dengan tekanan yang tinggi dari operasi pemulsa pada tenaga yang tinggi dan struktur yang lebih sederhana laser semikonduktor mungkin diperkirakan mempunyai waktu hidup yang lebih pendek. (Jeff. Hecht, 1986).

I.5. EFISIENSI

Efisiensi penggunaan secara keseluruhan dari laser semikonduktor (bagian dari tenaga penggerak listrik diubah menjadi keluaran optis) dipengaruhi oleh dua faktor, arus

ambang dan efisiensi kemiringan prosentasi dari beberapa penambahan miliwatt dari listrik masukan diubah menjadi cahaya. Karena dari pengaruh ambang peningkatan agar lebih efisien umumnya dengan tenaga keluaran, pancaran laser tipe kecil miliwatt mempunyai efisiensi jangkauan beberapa persen. Penambahan operasi suhu menyebabkan arus ambang menjadi naik dan efisiensi kemiringan menjadi turun, itu disebut penurunan efisiensi keseluruhan. Karena energi yang hilang diubah menjadi panas, penurunan efisiensi dengan penambahan suhu menaikkan kemungkinan keluaran panas dari laser semikonduktor. Telah banyak dilakukan maksudnya dengan pengurangan arus ambang untuk membantu menjauhi masalah dan pada penambahan waktu hidup operasi dari laser semikonduktor. (Jeff. Hecht, 1986).

II.6. INTERFEROMETER MICHELSON

Interferometer ini digunakan dengan prinsip pembagi amplitudo gelombang cahaya (yang kira-kira berintensitas sama) dipermukaan cermin pada K_1 (gambar 2.11). Lintasan cahaya l_1 menempuh $S A_1 C_1 A_2 O$ melewati bahan kaca K_1 tiga kali dan lintasan l_2 menempuh $S A_1 C_2 A_3 O$. Arah perambatan $A_1 C_1 A_2$ tegak lurus dengan arah perambatan $A_1 C_2 A_3$. Apabila beda fasa yang telah ditempuh oleh berkas $A_1 E A_2 O$ dengan yang telah ditempuh berkas $A_1 B A_2 O$ adalah

$$\Phi = k \Delta s \quad (2.19)$$

dengan k : angka gelombang

$$: 2\pi n_u / \lambda_h$$

n_u : indek bias udara

$$\Delta s = \overline{KD} + \overline{DH} = 2d \cos \theta \quad (2.20)$$

dengan θ : sudut keluaran berkas

d : jarak C_1 sampai C_1

sehingga

$$\Phi = \frac{4 \pi n_u d \cos \theta}{\lambda_h} \quad (2.21)$$

Interferensi akan memperkuat bila

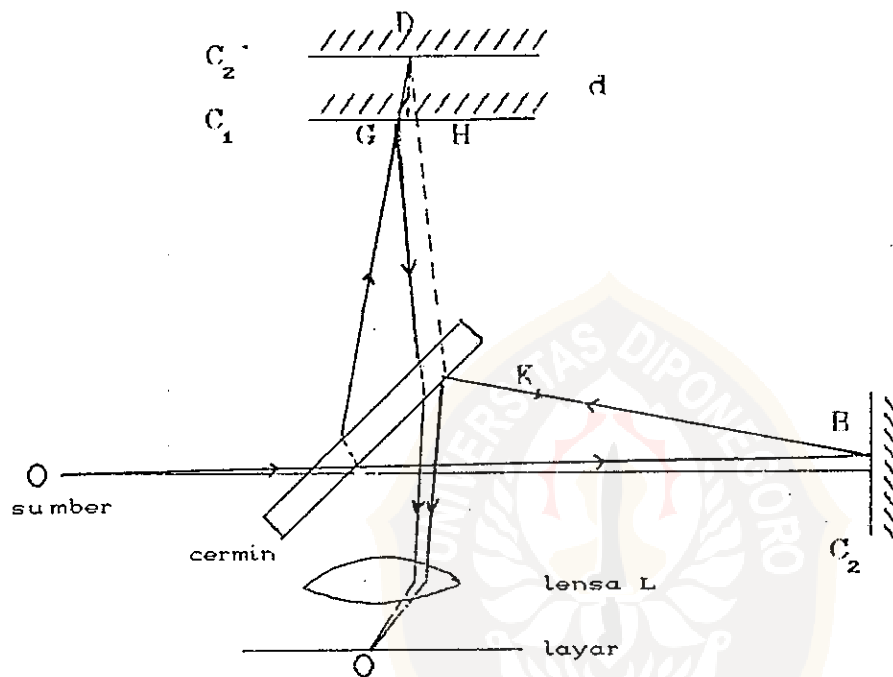
$$2d \cos \theta = \frac{\lambda_h m}{n_u} \quad (2.22)$$

Interferensi akan memperlemah bila

$$2d \cos \theta = \frac{\lambda_h (m + 1/2)}{n_u} \quad (2.23)$$

dengan m : orde interferensi ($m = 1, 2, 3 \dots$ dst)

Kedudukan C_1 dan C_2 tertentu ini, berkas yang terpantul dengan arah θ tetap difokuskan ke lensa positif, yang sejajar C_1 di daerah interferensi akan menghasilkan lingkaran sepusat di bidang fokus L.



Gambar 2.11 Skema interferometer Michelson

Apabila d dinaikkan dengan menggeser mikrometer maka lingkaran interferensi akan mengembang keluar dan sebaliknya. Dalam hal ini untuk λ_h tertentu dengan posisi d_1 , terang orde m_1 dipenuhi oleh

$$2d_1 = m_1 \lambda_h \quad (2.24)$$

dan digeser pada posisi d_2 , terang orde m_2 dipenuhi oleh

$$2d_2 = m_2 \lambda_h \quad (2.25)$$

maka

$$(d_1 - d_2) = \frac{\lambda_h}{2} (\Delta m) \quad (2.26)$$

II.7. TRANSISTOR SEBAGAI SWITCH

Multivibrator mencakup dua transistor yang bergantian mengalami keadaan terhubung dan terputus, yang ditinjau karakteristik switching dari sebuah transistor dan waktu yang dibutuhkan untuk berubah dari suatu keadaan yang lain.

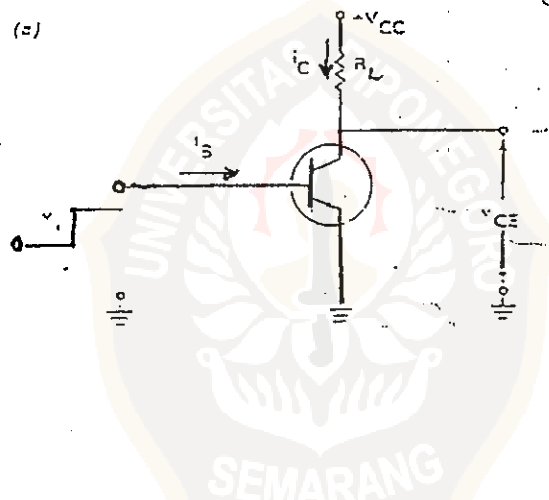
Pada rangkaian gambar 2.12 yang ditunjukkan, dimana pada basis transistor diberi masukan step V_i .

II.7.1. Switch Terbuka, R_{off}

Dengan $V_i = 0$ volt, $I_B = 0$, transistor berada dalam keadaan terputus, sehingga tidak ada arus yang mengalir melalui R_L kecuali arus bocoran (*leakage current*) I_{CEO} dan switch berada dalam posisi tidak terhubung. Pada

keadaan ini, tegangan antara emitor dan kolektor akan maksimum, dan sama dengan V_{cc} , karena drop tegangan pada R_L dapat diabaikan bila $I_c \approx 0$.

$$R_{off} = \frac{V_{CE}}{I_{CEO}} \quad (2.27)$$



Gambar 2.12 Transistor sebagai switch

1.7.2. Switch Terhubung, R_{on}

Untuk menswitch transistor biasanya diperlukan arus lebih besar dari arus basis minimum yang memberikan keadaan saturasi. Apabila transistor digerakan ke keadaan saturasinya, maka transistor akan terhubung dengan cepat.

Walaupun demikian, jika transistor berada dalam keadaan saturasi diperlukan waktu yang lebih lama untuk menswitch transistor menjadi tidak terhubung lagi, apabila V_i diperkecil sampai nol. Harga tahanan dari transistor pada keadaan terhubung tergantung pada arus kolektor I_c , kecuali untuk harga-harga tertentu, tegangan kolektor ke emitor dalam keadaan saturasi.

$$R_{on} = \frac{V_{CE}}{I_c} \quad (2.28)$$

Dengan demikian jelas terlihat bahwa keluarannya merupakan kebalikan dari masukannya, kendatipun level tegangannya tidak akan selamanya sama. Jika transistor direverse bias maka transistor akan memerlukan sinyal masukan V_i yang lebih besar dibandingkan dengan transistor tanpa reverse bias, untuk menswitch transistor menjadi terhubung karena sinyal tersebut harus menghilangkan tegangan reverse.

II.8. ASTABLE MULTIVIBRATOR

Bentuk astable multivibrator yang biasa dikenal ditunjukkan pada gambar 2.13, yang mencakup dua buah inverting switch saturasi dengan umpan balik regeneratif yang diberikan melalui kapasitor. Cara kerja dari rangkaian adalah segera setelah TR_2 mengalami saturasi,

drop pada tegangan kolektor TR_2 akan ditransfer ke basis, TR_1 terputus, dan TR_2 dalam keadaan saturasi, maka astable multivibrator akan tetap berada pada salah satu keadaan quasi stabilnya. Selang waktu itu kapasitor C_2 akan termuati secara eksponensial dari $-V_{CC}$ sampai $+V_{CC}$ dengan konstanta waktu $R_4 C_2$. Waktu yang diperlukan oleh tegangan pada kapasitor untuk menuju nol.

$$T_1 = 0,7 R_4 C_2 \quad (2.29)$$

Segera setelah hal itu terjadi, TR_1 akan mulai terhubung dan dengan umpan balik regeneratif TR_2 akan terputus. Transistor TR_2 akan terhubung kembali setelah selang waktu T_2 .

$$T_2 = 0,7 R_3 C_1 \quad (2.30)$$

Proses ini akan terulang secara terus-menerus dengan periode waktu

$$T = 0,7 (R_4 C_2 + R_3 C_1) \quad (2.31)$$

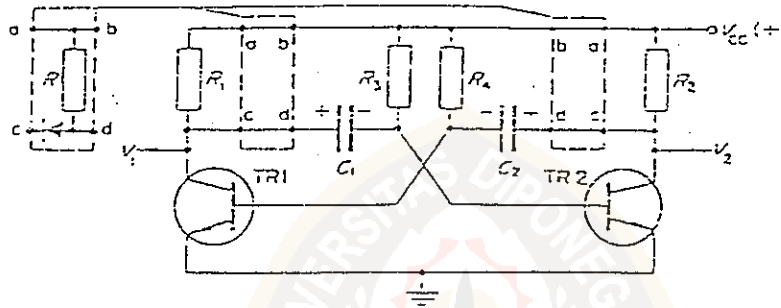
Dalam beberapa contoh, pemilihan harga dilakukan sedemikian hingga $R_4 = R_3 = R$ dan $C_1 = C_2 = C$ dengan demikian

$$T = 1,4 RC \quad (2.32)$$

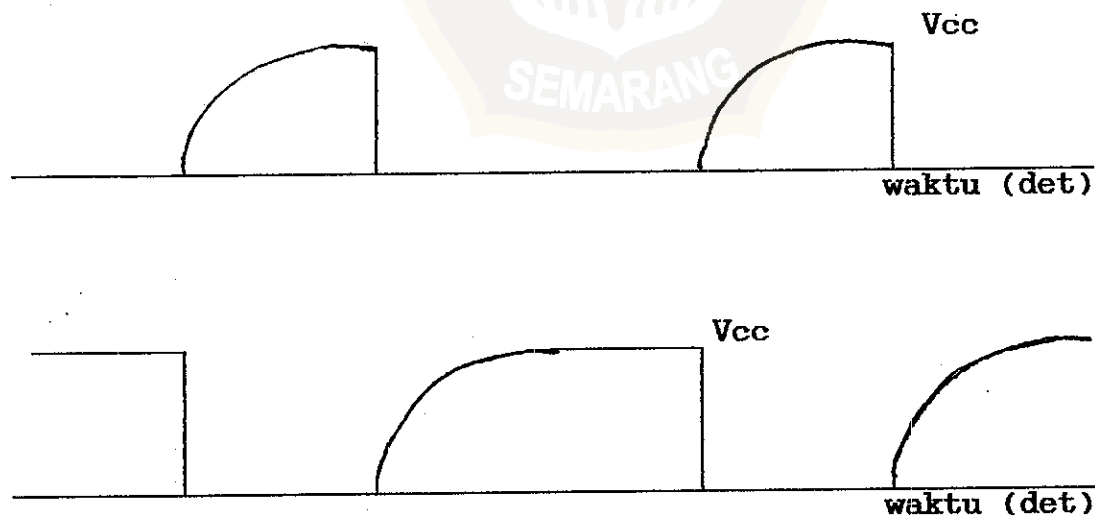
Yang akan memberikan harga frekuensi

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1,4 RC} \text{ Hz} \quad (2.33)$$

Perbandingan T_1/T_2 merupakan bentuk gelombang yang tepat sama dengan 1 : 1.



Gambar 2.13 Rangkaian astable multivibrator

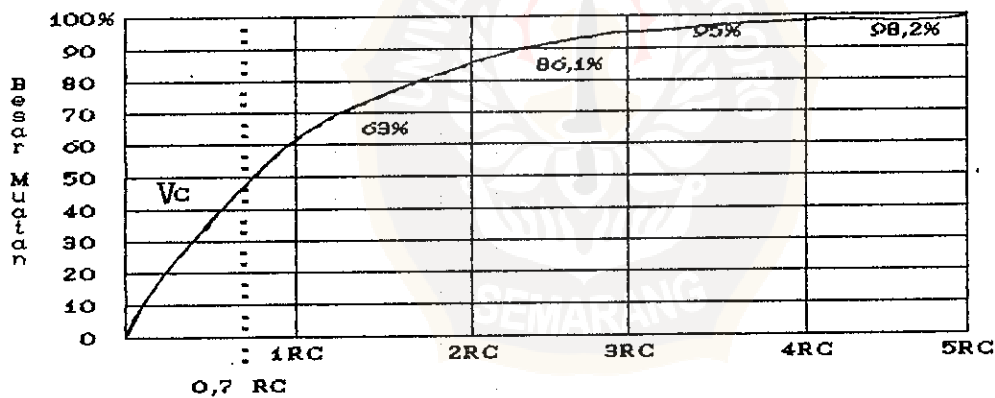


Gambar 2.14 Diagram pengatur waktu dari astable multivibrator

Untuk memuati (mengisi muatan) kondensator yang melewati resistor diperlukan jangka waktu tertentu. Jangka waktu guna mengisi muatan itu ditentukan oleh :

- (1) kapasitas kondensator : semakin besar kapasitas, maka semakin panjang waktu yang diperlukan untuk mengisi.
- (2) harga R dalam rangkaian : semakin besar R, maka semakin kecil arus pemuatan, jadi semakin lama proses pemuatan.

Lamanya pemuatan ditentukan dari hasil kali R dan C (RC). Jalannya pemuatan seperti ditunjukkan pada gambar (2.15).



Gambar 2.15 Jalannya tegangan pada kondensator saat pemuatan.

Dalam gambar terlukis pula jalannya tegangan yang berdasarkan kondensator, yaitu V_c .

Sesudah 0,7 RC : kondensator terisi muatan 50%.

1 RC : kondensator terisi muatan 63%.

5 RC : kondensator bermuatan penuh 100%.