

## PERALATAN GELOMBANG MIKRO

Berikut akan dibicarakan berbagai peralatan yang berhubungan dengan gelombang mikro. Dimulai dengan cara pembangkitan gelombang mikro dari berbagai jenis, dilanjutkan dengan detector gelombang mikro, cara pengukuran frekuensi gelombang mikro, pengukuran daya dan kualitas rongga gelombang mikro.

### 8.1 Pembangkit Gelombang Mikro

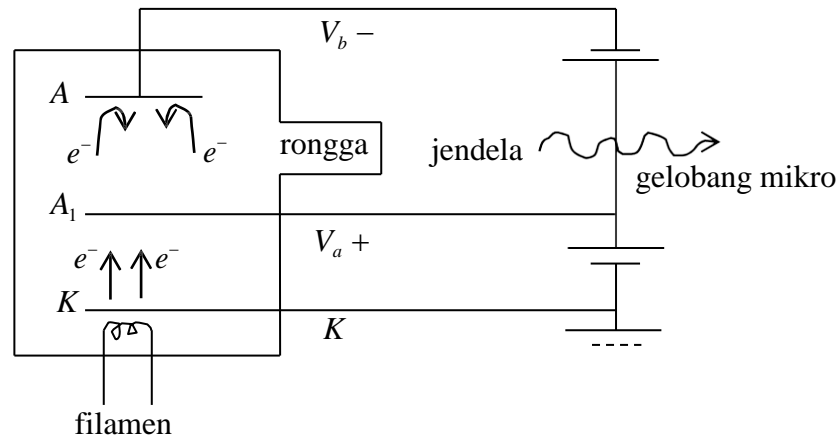
Pada pembangkitan gelombang radio, biasa digunakan sistem osilator rangkaian  $R-C-L$ . Dengan sistem ini frekuensi optimum yang dapat diperoleh mencapai ratusan MHz, dengan kestabilan yang makin berkurang. Frekuensi gelombang mikro masih di atas lagi yaitu berjangkau GHz. ( $10^9$  Hz). Untuk memperoleh frekuensi daerah tersebut digunakan sistem osilasi gerakan electron dalam ruang vakum. Untuk ini diperlukan elektroda positif dan negatif untuk mempercepat dan memperlambat gerakan electron sehingga terjadi osilasi dan dipancarkan gelombang mikro. Berikut dibicarakan sistem pembangkit gelombang mikro yang umum digunakan, mulai yang sederhana yaitu: klystron, magnetron, maser dan TWTA.

#### 8.1.1 Klistron

Klistron berupa tabung vakum yang dipasang filament, katoda, dua anoda dan jendela. Dua anoda mempunyai polaritas yang berbeda, positif dan negatif. Potensial positif untuk mempercepat electron sedang potensial negatif untuk memperlambat dan membalik electron. Oleh gerakan dipercepat dan diperlambat secara berulang, akan dihasilkan gelombang mikro dalam rongga (*cavity*) yang selanjutnya keluar lewat jendela.

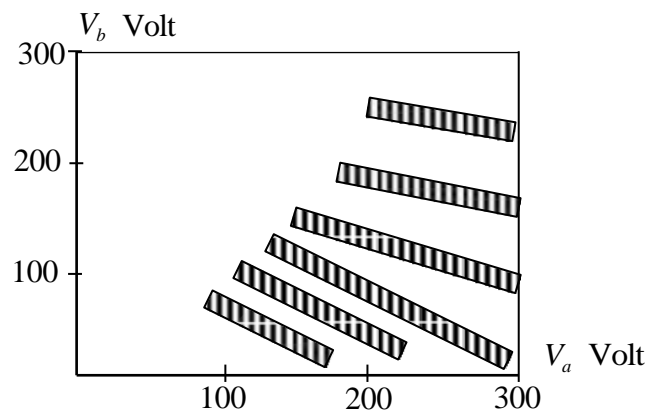
Frekuensi gelombang mikro bergantung pada ukuran geometri tabung dan besar potensial terpasang. Potensial kerja dari elektroda positif adalah beberapa ratus volt demikian pula untuk potensial elektroda negatifnya. Elektron yang dilepaskan katoda  $K$  oleh pemanas filamen, akan ditarik dan dipercepat oleh anoda dengan potensial  $V_a$ . Karena anoda ini berlobang, elektron dapat menerobos dan terus menuju anoda kedua. Karena anoda ini berpotensi negatif ( $V_b -$ ), elektron akan diperlambat dan akhirnya membalik menuju anoda pertama  $V_a$ . Pada waktu diperlambat secara mendadak ini akan dilepaskan tenaga dalam bentuk pancaran (radiasi) gelombang elektromagnet yaitu gelombang mikro. Dasar kerjanya

seperti pembangkit sinar X, tetapi disini tenaganya lebih rendah dengan potensial beberapa ratus volt (lihat gambar (8.1)).



Gambar 8.1 Klistron, pembangkit gelombang mikro.

Frekuensi gelombang mikro bergantung pada geometri tabung dan besar potensial  $V_a$  dan  $V_b$  terpasang. Daerah kerja potensial  $V_a$  dan  $V_b$  bersifat diskrit (lihat gambar 8.2).



Gambar 8.2 Potensial kerja klistron, tampak terarsir.

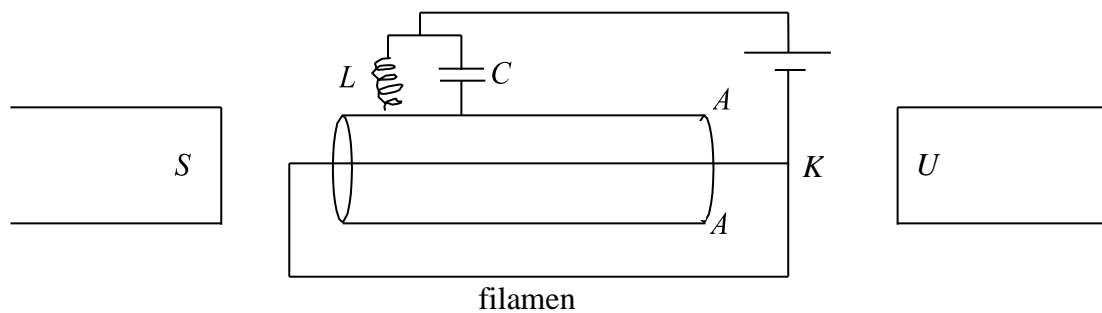
Daya gelombang diatur oleh arus filamen dan bergantung pada potensial terpasang. Lebar jangkauan frekuensi gelombang mikro sekitar 50 MHz dayanya beberapa puluh mW.

Gelombang mikro yang dipancarkan dikeluarkan lewat jendela dan dapat disambung dengan pandu gelombang. Frekuensi gelombang mikro dapat dimodulasi oleh frekuensi rendah lewat anoda  $V_a$  atau  $V_b$ . Frekuensi modulasi ini dapat dilihat pada outputnya dengan osiloskop, sedang bentuk osilasi gelombang mikro tidak mampu dilihat dengan osiloskop. Dengan modulasi bentuk digital ataupun analog lewat anoda  $V_a$ , gelombang mikro ini dapat

digunakan untuk komunikasi secara umum. Masalah ini akan dibicarakan pada aplikasi gelombang mikro.

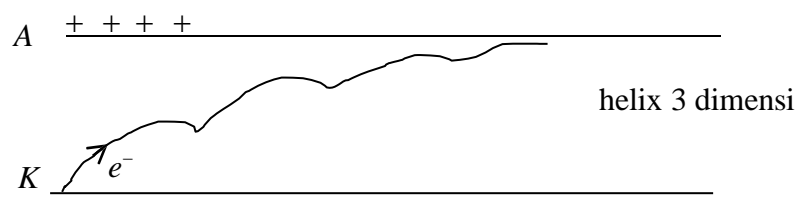
### 8.1.2 Magnetron

Pada klistron gerakan elektron adalah murni oleh pengaruh medan listrik. Pada magnetron, selain pengaruh medan listrik, juga diberikan medan magnet. Magnetron yang sederhana berupa tabung silinder yang divakumkan, kemudian dipasang katoda dan anoda (lihat gambar (8.3)). Potensial A-K diosilasi dengan rangkaian C-L. Filamen dipasang pada sumbu tabung, jadi katodanya sepanjang sumbu sedang anoda adalah dinding silinder. Medan magnet dipasang searah sumbu tabung bersifat homogen.



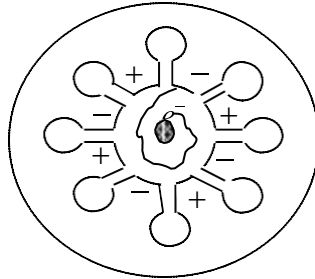
Gambar 8.3 Magnetron.

Elektron keluar dari katoda K bergerak dipercepat menuju anoda A. Oleh pengaruh medan magnet, elektron mengalami gaya Lorentz, akibatnya gerakan akan terbelok. Apabila arah awal gerak elektron membentuk sudut  $\alpha$  terhadap sumbu tabung, elektron akan bergerak dengan lintasan helix (lihat gambar (8.4)). Disamping itu potensial K-A dibuat berosilasi oleh L-C. Akibatnya gerakan elektron bukan membentuk helix penuh, gerakan osilasi dipercepat dan diperlambat ke arah ujung tabung sambil memancarkan gelombang mikro.



Gambar 8.4 Lintasan elektron dalam Magnetron

Magnetron ini dapat menghasilkan gelombang mikro secara kontinu ataupun pulsa dengan daya yang lebih kuat dibanding klistron. Daya gelombang mikro dapat digandakan dengan cara memperbanyak rongga pemercepat elektron (*multi cavity*). Bentuknya juga berupa tabung silinder yang lebih besar dengan banyak rongga searah panjang tabung (lihat gambar (8.5)). Makin banyak rongga, makin besar daya gelombang mikro yang dihasilkan.



Gambar 8.5. Magnetron dengan banyak rongga, dilihat pada tampang lintangnya.

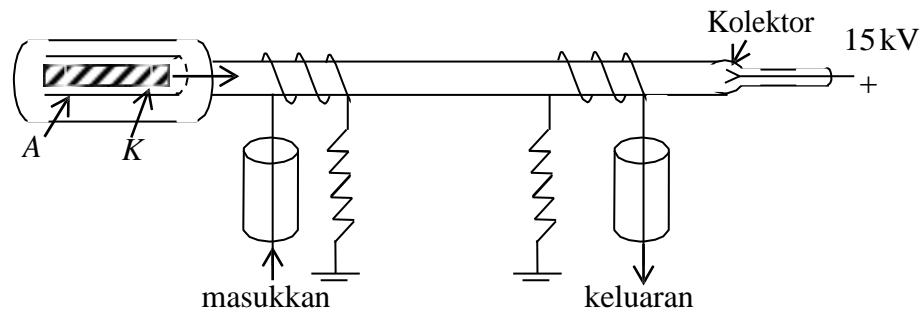
Elektron yang keluar dari katoda akan dipercepat menuju dinding tetapi dibelokkan oleh adanya medan magnet kearah ujung tabung membentuk helix. Lintasan helix ini beresilasi oleh adanya 2 polarisasi potensial anoda positif dan negatif secara tukar (lihat gambar). Jarak lintasan elektron secara helix beresilasi ini menjadi panjang dan gerakan cepat-lambat elektron semakin kuat sehingga gelombang elektromagnet yang dihasilkan dayanya semakin kuat.

### 8.1.3 TWTA (*Travelling Wave Tube Amplifier*)

TWTA berarti tabung penguat pembawa gelombang mikro. Suatu tabung panjang yang divakumkan dipasang katoda, anoda pemercepat electron, diujungnya ada anoda penerima electron (*collector*) dimasukkan dalam medan magnet homogen. Arah medan magnet tegak lurus ( $\perp$ )sumbu tabung. Dibagian dekat katoda dimasukkan gelombang mikro berdaya rendah sebagai input, dibagian dekat collector dipasang penerima gelombang mikro yang sudah diperkuat sebagai output (lihat gambar (8.6)).

Elektron yang keluar dari anoda dipercepat oleh anoda dan difokuskan oleh tambahan potensial pemusat, masuk tabung terus dipercepat menuju anoda collector. Oleh pengaruh medan magnet lintasan berkas electron berupa helix. Apabila gelombang mikro dimasukkan lewat input, akan dipancarkan dalam tabung kearah ujung tabung. Gelombang electromagnet ini akan berinteraksi dengan gerakan berkas electron, akibatnya terjadi percepatan dan perlambatan berkas electron dihasilkan sehingga dihasilkan gelombang mikro. Dengan membuat gelombang mikro sumber dan induksi ini secara sinkron, dihasilkan gelombang

mikro jumlahan dengan daya yang lebih besar. Pembesaran daya ini bekerja terus sepanjang tabung sebanyak jumlah helix yang terbentuk, dengan demikian penguatan daya menjadi semakin kuat sampai diruang penerima diujung tabung. Disini gelombang mikro ditangkap oleh rongga penerima dan dapat dikeluarkan.



Gambar 8.6 TWTA tabung penguat gelombang mikro.

#### 8.1.4 Maser (*Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation*)

Maser berarti penguatan gelombang mikro dengan rangsangan radiasi jadi prinsipnya seperti laser. Maser kurang begitu berkembang seperti laser karena bahan yang dapat digunakan untuk menghasilkan maser sangat terbatas. Seperti pada laser, dari bahan tersebut, dengan sistem rangsangan terjadi transisi tingkat tenaga dan dipancarkan gelombang elektromagnetik, disini adalah gelombang mikro. Bahan yang biasa digunakan dan mudah diperoleh adalah ammonia,  $\text{NH}_3$ .

Molekul  $\text{NH}_3$  mempunyai 2 kemungkinan kedudukan (state), *up* dan *down*. Pada kedudukan *up*, sebagai bidang datar adalah ketiga atom H, sedang atom N berada di puncak atas. Pada kedudukan *down*, bidang datarnya sama, sedang atom N berada di dasar, jadi bersifat kebalikan dengan keadaan *up*. Masing-masing kedudukan mempunyai tenaga sistem sendiri,  $E_u$  dan  $E_d$ . Selisih tenaga ini,

$$\Delta E = E_u - E_d = 9,84 \cdot 10^{-5} \text{ eV.}$$

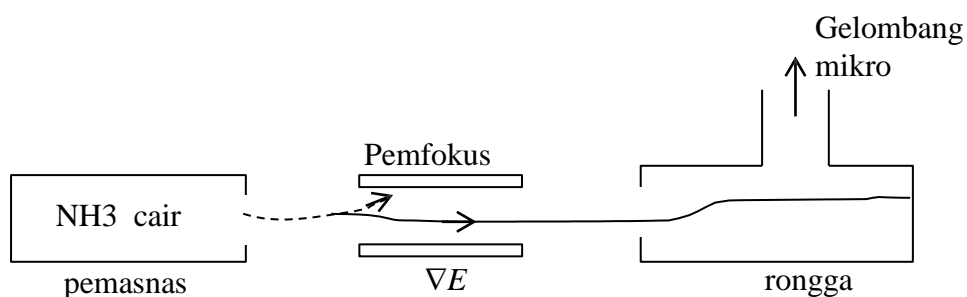
Tenaga ini sesuai dengan tenaga gelombang mikro dengan frekuensi,

$$f = \frac{\Delta E}{h} = 23,8 \text{ Gh.}$$

Dalam keadaan normal, molekul-molekul  $\text{NH}_3$  mempunyai keboleh jadian yang hampir sama untuk masing-masing kedudukan. Untuk menghasilkan maser secara sederhana, disini tidak perlu sistem pemompaan, dimana molekul-molekul yang berada di kedudukan  $E_d$  dipompa untuk dinaikkan ke  $E_u$ . Karena jumlah molekul yang berada di tingkat tenaga atas  $E_u$  sudah cukup banyak, maka hanya diperlukan pemisahan. Untuk ini digunakan medan listrik tak homogen atau bersifat gradien,  $\nabla E$ . Medan ini akan menimbulkan gaya pada molekul  $\text{NH}_3$  yang bersifat dipol-listrik  $p$ . Gaya yang dialami dipol listrik adalah,

$$\vec{F} = -p\nabla\vec{E}$$

Oleh gaya ini, molekul-molekul yang berada di tingkat tenaga  $E_d$  disimpangkan dan tidak digunakan, sedang yang berada di tingkat tenaga atas  $E_u$  diteruskan. Molekul-molekul ini kemudian dimasukkan dalam sistem rongga (*cavity*) dimana molekul akan bertransisi ketingkat tenaga rendah dengan memancarkan gelombang mikro. Sistem kerja maser  $\text{NH}_3$  ditunjukkan dalam gambar (8.7). Cairan amoniak  $\text{NH}_3$  dimasukkan dalam tabung yang dapat dipanaskan sehingga menjadi uap. Dengan sistem ionisasi, dikeluarkan lewat pemusat ion dan dimasukkan dalam ruang yang dipasang medan listrik tak homogen.



Gambar 8.7 Sistem maser  $\text{NH}_3$ .

Gelombang mikro yang dihasilkan dengan sistem ini karena sistemnya sangat sederhana, belum begitu kuat. Kerja sistem rangsangan dengan pemompaan dapat ditambahkan sehingga dapat meningkatkan jumlah molekul berada ditingkat tenaga atas. Untuk ini diperlukan radiasi dengan tenaga gelombang mikro, misalnya sinar ultra violet atau sinar X yang besar tenaganya sesuai untuk menaikkan tenaga dari tingkat bawah ketingkat atas  $E_u$ .

### 8.1.5 Gelombang Mikro Semikonduktor

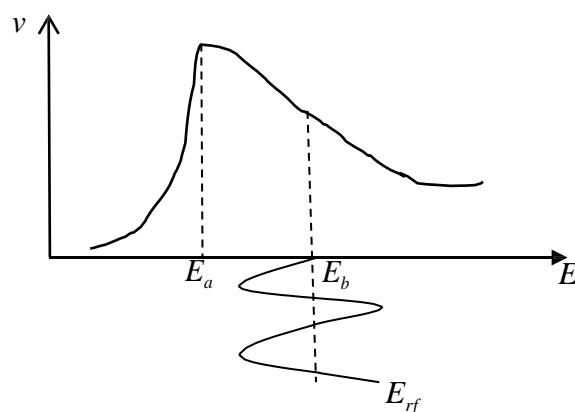
Bahan semikonduktor yang mempunyai sifat khusus yaitu bersifat setengah konduktor dan isolator, dapat digunakan sebagai pengganti sistem tabung dalam peralatan komponen elektronika antara lain dioda, transistor dsb.

Pada pembangkit gelombang mikro dengan tabung klistron, gelombang mikro dihasilkan dari gerakan berkas elektron yang dipercepat kemudian diperlambat oleh pengaruh medan listrik. Sistem tabung ini kelakannya dapat digantikan dengan bahan semikonduktor. Gerakan arus elektron dalam bahan semikonduktor juga dapat menghasilkan radiasi gelombang mikro bila diadakan percepatan dan perlambatan.

Bahan semikonduktor ada dua tipe yaitu tipe n yang bersifat pemancar elektron dan tipe p yang bersifat penerima elektron yang biasa dinamakan lobang atau hole. Dari kedua tipe semikonduktor tersebut dapat disusun berbagai komponen elektronika seperti dioda, transistor, FET dan sebagainya.

Ditinjau sistem peralatan semikonduktor yang paling sederhana yaitu dioda yang berupa sambungan tipe n dan tipe p. Apabila pada dioda tersebut dipasang potensial maju, dimana pada bagian n dihubungkan dengan potensial negatif dan pada p dihubungkan dengan potensial positif, akan dihasilkan arus. Makin besar potensial, makin besar arusnya, tetapi mulai potensial tertentu arus menjadi bersifat jenuh. Arus elektron besarnya tetap walaupun potensialnya diperbesar, ini berarti kecepatan elektron juga tetap, tidak bergantung pada medan listrik  $E$  atau gradien kecepatan elektron terhadap medan listrik  $\partial v/\partial E = 0$ .

Pada bahan semikonduktor tertentu yaitu GaAs, harga gradien kecepatan terhadap medan listrik harganya dapat  $< 0$ , yaitu di atas harga medan  $E$  tertentu, arusnya mengecil (lihat gambar (4.8)).



Gambar 8.8 Ketergantungan kecepatan elektron terhadap medan potensial bias pada dioda semikonduktor. Pada medan  $E_b$  ditambahkan medan listrik osilasi  $E_{rf}$ .

Apabila pada tempat  $E_b$  tertentu dimana gradien negatif yang berarti lebih banyak elektron tertahan dalam bahan, ditambahkan medan listrik osilasi, elektron akan mengalami percepatan dan perlambatan. Pada frekuensi osilasi cukup tinggi (frekuensi radio sebagai modulasi) akan dihasilkan radiasi gelombang mikro. Sistem diode ini dapat menghasilkan gelombang mikro daerah frekuensi cukup lebar, tetapi makin tinggi frekuensi makin rendah dayanya. Untuk frekuensi antara 8 – 15 GHz, dayanya hanya sekitar 1 watt. Sistem dioda pembangkit gelombang mikro tersebut biasa dinamakan Dioda Gunn (nama orang).

Gelombang mikro dengan sistem dioda dapat dihasilkan pula dengan pemasangan potensial bias balik (*reverse biased*). Pada bagian tipe n dihubungkan dengan potensial positif sedang tipe p dihubungkan dengan potensial negatif. Elektron tidak dapat mengalir dari p ke n. Pada sambungan diantara tipe p dan n akan terjadi daerah bersih elektron dan lowongan yang lebar (disebut daerah intrinsik).

Pada potensial bias balik yang masih rendah, belum ada arus elektron. Arus akan muncul pada potensial bias yang cukup tinggi, dimana akan terjadi loncatan elektron dari p ke n, makin besar potensial, makin besar arus elektron. Arus ini biasa disebut arus *avalanche* (banjir). Disini arus elektron juga mengalami penurunan untuk potensial makin besar seperti pada dioda dengan potensial maju, jadi juga terjadi gradien kecepatan terhadap medan listrik yang negatif.

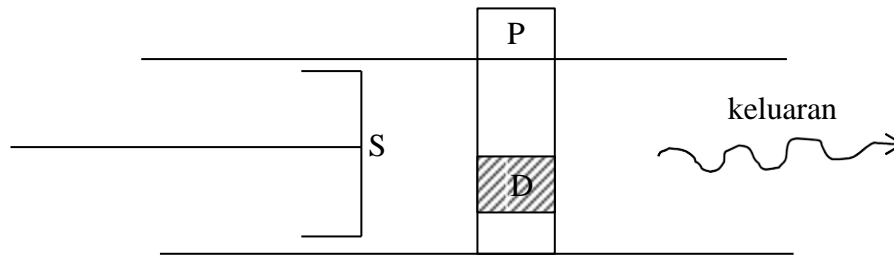
Daerah intrinsik bersifat menghambat elektron atau bersifat impedan. Besarnya impedansi dapat dituliskan,

$$Z = AJ \left[ \int_0^l E dx \right]^{-1}.$$

dengan:  $A$  adalah luas tampang lintang daerah intrinsik,  $J$  adalah arus elektron dan  $l$  adalah panjang daerah intrinsik.

Apabila pada potensial atau medan  $E$  yang mempunyai gradien negatif diberikan medan potensial osilasi (modulasi) frekuensi cukup tinggi (frekuensi radio), akan dihasilkan radiasi gelombang mikro. Gelombang mikro yang dihasilkan dengan sistem dioda avalanche ini lebih stabil dan dayanya dapat lebih besar dibanding dengan sistem dioda dimuka. Perbedaan pada peralatan adalah pada pemasangan potensial bias yaitu bias maju atau bias balik. Sistem peralatan pembangkit gelombang mikro dengan dioda semikonduktor secara sederhana ditunjukkan pada Gambar 8.9. Dioda (GaAs) dipasang dalam rongga pandu gelombang, dimana panjang rongganya dapat diatur. Panjang rongga ini diatur dengan penggeser sehingga besarnya =  $\frac{1}{2} \lambda$  (setengah panjang gelombang mikro).





Gambar 8.9 Pembangkit gelombang mikro dioda semikonduktor. D = dioda semikonduktor. P = penyedia potensial bias dan potensial modulasi rf. S = tutup yang dapat digeser.

Frekuensi gelombang mikro bergantung pada lebar daerah intrinsik  $l$ ,

$$f \cong \frac{v}{l}.$$

Besar kecepatan elektron sebelum diberikan modulasi rf adalah sekitar  $10^7$  m/det. Untuk frekuensi keluaran 10 GHz dayanya dapat mencapai 8 W, untuk frekuensi yang lebih tinggi, 94 GHz dayanya berkurang menjadi 100 mW.

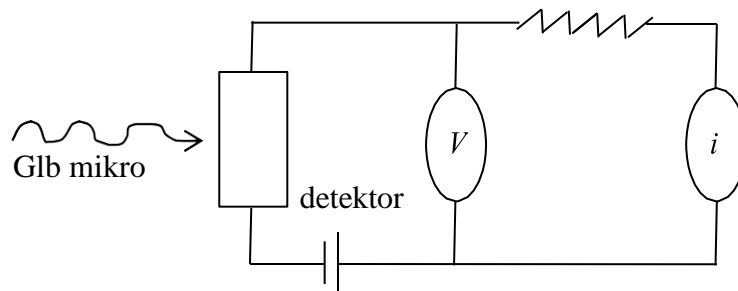
Sistem pembangkit gelombang mikro dengan bahan semikonduktor ini dapat dikembangkan menggunakan komponen semikonduktor elektronik yang lebih kompleks yaitu transistor, FET (*Field Effect Transistor*), MESFET (*Metal Semiconductor FET*) dls. Dengan bahan semikonduktor, sistem peralatan pembangkit gelombang mikro menjadi lebih sederhana, tetapi daya keluaran lebih rendah dibandingkan pada penggunaan tabung. Penyedia potensial dan daya yang diperlukan cukup rendah, dapat digunakan baterai yang mudah diperoleh dipasaran.

Pembangkit gelombang mikro dengan bahan semikonduktor yang mudah dibawa, banyak digunakan dalam berbagai bidang antara lain untuk telekomunikasi antar instansi, militer, polisi, kerja lapangan di darat maupun di laut.

## 8.2 Detektor Gelombang Mikro

Gelombang mikro dapat menimbulkan panas ketika mengenai suatu bahan. Akibatnya bahan akan mengalami perubahan sifat fisis antara lain daya hantar listriknya. Bahan yang bersifat demikian dapat digunakan sebagai detektor gelombang mikro, dimana sinyal keluarannya berupa perubahan arus listrik. Alat detektor berdasarkan efek perubahan arus oleh panas gelombang mikro biasa disebut *bolometer*. Bahan untuk *bolometer* yang biasa

digunakan antara lain *nichrome*, dan akhir-akhir ini adalah dioda semikonduktor dari silikon, juga dari Indium, In-Ge dan In-Sb.



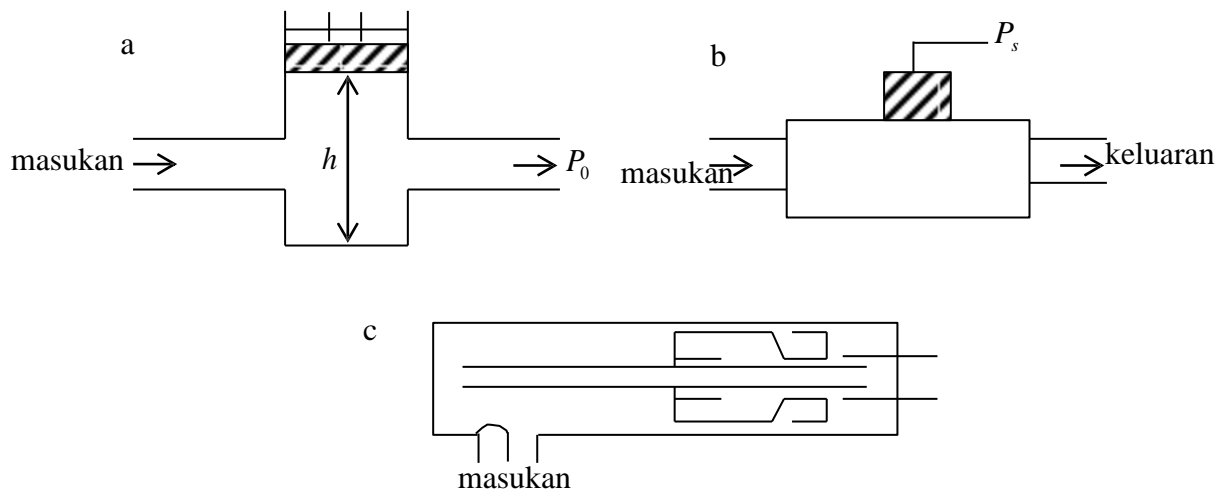
Gambar 8.10 Sistem deteksi gelombang mikro

Detektor ini (lihat gambar (8.10)) memerlukan catu daya tetapi cukup rendah. Daya gelombang mikro juga dapat diukur dengan detektor tersebut. Satuan daya yang biasa digunakan adalah watt atau dB.

### 8.3 Frekuensi Meter

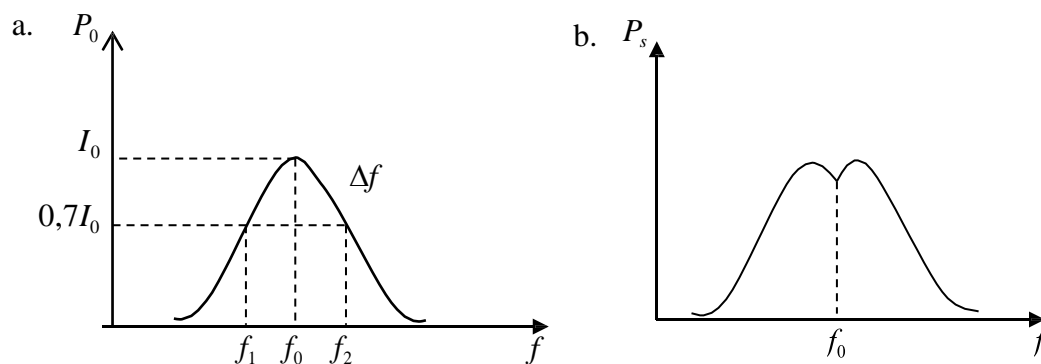
Frekuensi gelombang mikro diukur dengan frekuensi meter. Frekuensi meter terdiri dari suatu rongga (*cavity*) yaitu rongga resonator. Apabila ukuran rongga bersesuaian dengan pola gelombang mikro  $TE_{mnp}$  atau  $TM_{mnp}$ , akan terjadi resonansi atau pengurangan tenaga yang minimum di dalam rongga. Apabila di dalam rongga tersebut dipasang detektor, akan dihasilkan keluaran minimum. Bila frekuensi gelombang mikro tetap, dengan mengubah ukuran rongga, dapat diketahui kapan terjadi resonansi sesuai dengan frekuensi yang masuk. Perubahan ini biasanya pada panjang rongga dengan perubahan dalam mili atau mikron. Sebelum rongga tersebut digunakan untuk mengukur frekuensi, terlebih dulu ditera, yaitu dengan frekuensi yang sudah diketahui. Dengan peneraan ini, dapat langsung dibaca frekuensinya pada skala.

Ada 3 jenis rongga untuk frekuensi meter yang biasa digunakan (lihat gambar 8.11), a. Tipe transmisi, b. Tipe reaksi dan c. Tipe absorpsi. Perbedaannya adalah pada cara mengukur perubahan daya untuk keluaran. Apabila panjang  $h = p \frac{\lambda}{2}$ , terjadi resonansi  $p = 1, 2, \dots$ .



Gambar 8.11 Frekuensi meter berbagai tipe. a. Tipe transmisi, b. Tipe reaksi, c. Tipe absorpsi.

Sinyal keluaran dapat ditampilkan pada osiloskop. Pada tipe transmisi diukur daya gelombang mikro yang dilewatkan. Sinyal akan maximum sewaktu terjadi resonansi. Pada osiloskop akan tampak titik maximum. Pada tipe reaksi, daya yang diukur adalah dalam rongga. Pada keadaan resonansi daya yang terserap minimum, pada osiloskop akan tampak titik minimum (lihat gambar 8.12).



Gambar 8.12 Sinyal keluaran frekuensi meter yang tampak pada osiloskop. a. Tipe transmisi, b. Tipe reaksi.

Untuk tipe absorpsi, bentuk sinyal keluarannya serupa dengan tipe transmisi, karena daya yang diukur adalah pada input.

### 8.4 Pengukuran Faktor Kualitas Rongga

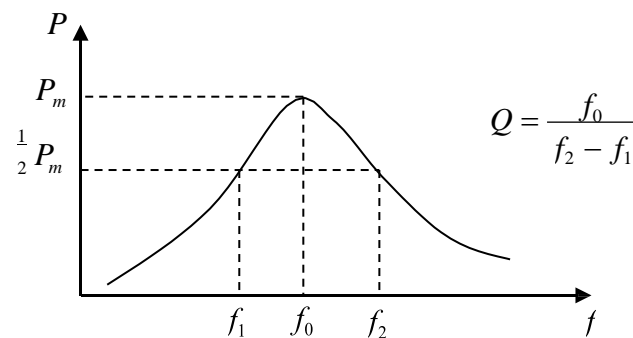
Kualitas suatu cavity (rongga resonator) biasa dinyatakan dengan faktor kualitas  $Q$  yang didefinisikan sebagai perbandingan tenaga gelombang mikro yang masuk dengan tenaga yang terserap per satuan waktu. Satuan waktu yang biasa digunakan adalah  $2 \times$  periode  $= 2T$ . Jadi faktor kualitas dapat dituliskan sebagai,

$$Q = \frac{\text{tenaga yang masuk}}{\text{tenaga yang terserap}} \times 2T.$$

Dalam mekanika kuantum tenaga gelombang sebanding dengan frekuensinya  $f$ . Pernyataan faktor kualitas  $Q$  dapat dituliskan sebagai berikut,

$$Q = \frac{f_0}{f_1 - f_2}$$

$f_0$  adalah fekuensi yang sesuai dengan keadaan tenaga terserap minimum, yaitu frekuensi resonansi, sedang  $f_1$  dan  $f_2$  adalah selisih frekuensi atas dan bawah dimana tenaganya tinggal  $\frac{1}{2}$ . Tenaga gelombang dapat dinyatakan dalam daya gelombang  $P$  (lihat gambar 8.13).



Gambar 8.13 Faktor kualitas cavity  $Q$  dihubungkan dengan lebar  $\frac{1}{2}$  max daya gelombang  $P$ .

Pada pengukuran daya, dapat dengan satuan Watt atau dB. Dalam satuan dB, didefinisikan sebagai berikut,

$$D = 10 \log \frac{P}{P_0} \text{ satuan dB.}$$

$P_0$  adalah daya minimum yang masih dapat terukur. Selisih daya dalam dB antara  $f_m$  dengan  $f_1$  atau  $f_2$  adalah,

$$\begin{aligned} \Delta D &= 10 \log \left( \frac{P_m / P_0}{(P_m / 2P_0)} \right) \\ &= 10 \log(1/2) = 10 \times 0,3 = 3 \text{ dB.} \end{aligned}$$

Jadi bila pengukuran dengan daya yang dinyatakan dalam dB,  $f_1$  dan  $f_2$  bersesuaian dengan penurunan daya sebesar 3 dB. Untuk pengukuran ini diperlukan gelombang mikro yang

frekuensinya dapat divariasikan. Kualitas suatu cavity (rongga) makin tinggi bila harga  $Q$  nya makin besar. Harga  $Q$  ini ternyata bergantung pula terhadap pola gelombang mikro,  $TE_{mnp}$  atau  $TM_{mnp}$ , jadi bergantung pada geometri rongga. Harga  $Q$  cavity yang banyak digunakan secara umum adalah antara 1000 – 3000.





# DAFTAR NILAI

## SEMESTER GENAP REGULER TAHUN 2019/2020

Program Studi : Teknik Elektro S1

Matakuliah : Piranti Gelombang Mikro

Kelas / Peserta : K

Perkuliahan : Kampus ISTN Bumi Srengseng P2K - Kelas

Dosen : Djoko Suprijatmono, Ir., MT.

Hal. 1/1

No	NIM	N A M A	ABSEN	TUGAS	UTS	UAS	MODEL	PRESENTASI	NA	HURUF
			0%	0%	50%	50%	0%	0%		
1	16224006	<b>Andy Sulistiyono</b>	100	0	80	80	0	0	80	<b>A</b>
2	16224715	<b>Dwi Triyanto</b>	100	0	80	80	0	0	80	<b>A</b>
3	19224501	<b>Viridyansas Priyo Pratomo</b>	100	0	80	80	0	0	80	<b>A</b>

Rekapitulasi Nilai							
A	3	B+	0	C+	0	D+	0
A-	0	B	0	C	0	D	0
		B-	0	C-	0	E	0

Jakarta, 5 September 2020

Dosen Pengajar

**Djoko Suprijatmono, Ir., MT.**