

**BIDANG PENDIDIKAN DAN PENGAJARAN**  
**BERITA ACARA PERKULIAHAN**  
**KULIAH HYBRID**

**PERIODE SEMESTER GENAP 2025-2026**

MATA KULIAH:

**PIRANTI GELOMBANG MIKRO**  
**KLAS B**

*LAMPIRAN BERITA ACARA PERKULIAHAN :*

- 1. SK.DEKAN FSTT-ISTN SEMESTER GENAP 2025/2026*
- 2. PRESENSI KEHADIRAN MAHASISWA*
- 3. JURNAL PERKULIAHAN MATA KULIAH*
- 4. NILAI KOMULATIF; KEHADIRAN,TUGAS, UTS DAN UAS*
- 5. CONTOH HAND OUT MATERI AJAR*

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1**  
**FAKULTAS SAINS TERAPAN DAN TEKNOLOGI**  
**INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL**



YAYASAN PERGURUAN CIKINI  
INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL  
Jl. Moh. Kahfi II, Bhumi Srengseng Indah, Jagakarsa, Jakarta Selatan 12640  
Telp. 021-7270090 (hunting), Fax 021-7866955, hp: 081291030024  
Email: humas@istn.ac.id Website: www.istn.ac.id

**SURAT PENUGASAN TENAGA PENDIDIK**  
Nomor : 118-IV/03.1-F/III/2026  
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2025/2026

Nama : Ir. Edy Supriyadi, M.T.  
NIK/ NIDN/ NUPTK : 198708-001 / 0319106301  
Jabatan Akademik : Lektor Kepala  
Status Pegawai : Tetap  
Program Studi : Teknik Elektro S-1

| Bidang                          | Perincian Kegiatan                                                   | Tempat | Jam           | Kredit (SKS) | Hari   |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------|---------------|--------------|--------|
| I. PENDIDIKAN & PENGAJARAN      | 1. Pengajaran di kelas termasuk laboratorium                         |        |               |              |        |
|                                 | 1. Teknik Digital                                                    |        | 17.00 - 18.40 | 2            | Senin  |
|                                 | 2. Sistem Kendali Digital                                            |        | 17.00 - 18.40 | 3            | Kamis  |
|                                 | 3. Piranti Gelombang Mikro                                           |        | 17.30-18.40   | 3            | Jum'at |
|                                 | 4. Piranti Gelombang Mikro (P)                                       |        | 19.00-21.30   | 3            | Jum'at |
|                                 |                                                                      |        |               |              |        |
|                                 |                                                                      |        |               |              |        |
|                                 |                                                                      |        |               |              |        |
|                                 |                                                                      |        |               |              |        |
|                                 | 2. Pembimbing                                                        |        |               |              |        |
|                                 | 1. Seminar                                                           |        |               |              |        |
|                                 | 2. Kerja Praktek                                                     |        |               |              |        |
|                                 | 3. Tugas Akhir/Tesis                                                 |        |               | 0.5          |        |
|                                 | 4. Pembimbing Akademik                                               |        |               | 0.5          |        |
|                                 | 3. Penguji                                                           |        |               |              |        |
|                                 | 1. Tugas Akhir/Skripsi                                               |        |               | 0.5          |        |
|                                 | 2. Kerja Praktek                                                     |        |               |              |        |
| II. PENELITIAN                  | 4. Tugas Tambahan                                                    |        |               |              |        |
|                                 | 1. Menduduki jabatan di Perguruan Tinggi Sebagai Guqus               |        |               |              |        |
|                                 | Kedali Mutu Fakultas ( GKMF-FT )                                     |        |               | 2            |        |
|                                 | 1. Penelitian Ilmiah                                                 |        |               |              |        |
|                                 | 2. Penulisan Karya Ilmiah                                            |        |               | 0.5          |        |
|                                 | 3. Penulisan Diktat Kuliah                                           |        |               |              |        |
| III. PENGABDIAN PADA MASYARAKAT | 4. Menerjemahkan Buku Kuliah                                         |        |               |              |        |
|                                 | 5. Pengembangan Program Kuliah Kurikulum                             |        |               |              |        |
|                                 | 6. Pengembangan Bahan Ajar                                           |        |               |              |        |
|                                 | 1. Menduduki jabatan di Pemerintahan                                 |        |               |              |        |
|                                 | 2. Pengembangan Hasil Pendidikan dan Penelitian                      |        |               |              |        |
|                                 | 3. Memberikan penyuluhan/pelatihan/penataran/ceramah                 |        |               |              |        |
| IV. PENUNJANG                   | 4. Memberikan Pelayanan Kepada Masyarakat                            |        |               | 0.5          |        |
|                                 | 5. Menulis karya Pengmas yang tidak dipublikasikan                   |        |               |              |        |
|                                 | 6. Pengelolaan Jurnal Ilmiah                                         |        |               |              |        |
|                                 | 1. Menjadi anggota/panitia pada badan/lembaga suatu PT               |        |               |              |        |
|                                 | 2. Menjadi anggota Badan Lembaga Pemerintah                          |        |               |              |        |
|                                 | 3. Menjadi anggota organisasi profesi                                |        |               |              |        |
|                                 | 4. Mewakili PT/lembaga pemerintah, duduk dalam panitia antar lembaga |        |               |              |        |
|                                 | 5. Menjadi anggota delegasi nasional ke pertemuan Internasional      |        |               |              |        |
|                                 | 6. Berperan Serta Aktif dalam pertemuan ilmiah/seminar               |        |               | 0.5          |        |
|                                 | 7. Anggota dalam tim layanan pendidikan                              |        |               |              |        |
| Jumlah Total                    |                                                                      |        |               | 16           |        |

Kepada yang bersangkutan akan diberikan gaji/honorarium sesuai dengan peraturan penggajian yang berlaku di Institut Sains dan Teknologi Nasional. Penugasan ini berlaku dari tanggal 09 Maret 2026 sampai dengan 04 Juli 2026

Tembusan :

1. Wakil Rektor 1 - ISTN
2. Wakil Rektor 2 - ISTN
3. Ka. Biro Sumber Daya Manusia - ISTN
4. Arsip



Jakarta, 09 Maret 2026  
Dehan FSTT

Dr. Ir. Kun Wardana Ahyoto, M.T.  
NIDN. 0311086903

**INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL**

Jl. Moch. Kahfi II No.RT.13, RT.13/RW.9, Srengseng Sawah, Kec. Jagakarsa, Kota Jakarta Selatan, DKI Jakarta

Website : [www.istn.ac.id](http://www.istn.ac.id) / e-Mail : [admin@istn.ac.id](mailto:admin@istn.ac.id) / Telepon : (021) 7270090**LAPORAN PERSENTASE PRESENSI MAHASISWA  
TEKNIK ELEKTRO  
2025 GENAP**

Mata kuliah : Piranti Gelombang Mikro  
Dosen Pengajar : Ir. EDY SUPRIYADI, MT.

Nama Kelas : B

| No              | NIM       | Nama                | Kelas / Kelompok | Pertemuan | Alfa | Hadir | Ijin | Sakit | Persentase |
|-----------------|-----------|---------------------|------------------|-----------|------|-------|------|-------|------------|
| Peserta Reguler |           |                     |                  |           |      |       |      |       |            |
| 1               | 23224002  | PAJAR DEWANTORO     | -                | 16        |      | 14    |      |       | 87.5       |
| 2               | 253622004 | MUHAMMAD RAMADHANI  | -                | 16        |      | 14    |      |       | 87.5       |
| 3               | 255622001 | Aris Pradipta       | -                | 16        |      | 14    |      |       | 87.5       |
| 4               | 255622004 | FAJAR INDRA MAULANA | -                | 16        |      | 12    | 1    |       | 75         |

Jakarta, 03 September 2026  
Ketua Prodi Teknik Elektro

Ariman, ST., MT.  
NIP. 199004-001



# INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL

Jl. Moch. Kahfi II No.RT.13, RT.13/RW.9, Srengseng Sawah, Kec. Jagakarsa, Kota Jakarta Selatan, DKI Jakarta  
Website : [www.istn.ac.id](http://www.istn.ac.id) / e-Mail : [admin@istn.ac.id](mailto:admin@istn.ac.id) / Telepon : (021) 7270090

## LAPORAN NILAI PERKULIAHAN MAHASISWA

### Program Studi S1 Teknik Elektro

#### Periode 2025 Genap

Mata kuliah : Piranti Gelombang Mikro

Nama Kelas : B

Kelas / Kelompok :

SKS : 3

Kode Mata kuliah : TE1614

| No | NIM       | Nama Mahasiswa      | TUGAS<br>INDIVIDU<br>(20,00%) | UTS<br>(30,00%) | UAS<br>(40,00%) | KEHADIRAN<br>(10,00%) | Nilai | Grade | Lulus | Sunting<br>KRS? | Info |
|----|-----------|---------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-------|-------|-------|-----------------|------|
| 1  | 23224002  | PAJAR DEWANTORO     | 80.00                         | 60.00           | 70.00           | 100.00                | 72.00 | B+    | ✓     |                 |      |
| 2  | 253622004 | MUHAMMAD RAMADHANI  | 80.00                         | 60.00           | 75.00           | 100.00                | 74.00 | B+    | ✓     |                 |      |
| 3  | 255622001 | Aris Pradipta       | 90.00                         | 70.00           | 90.00           | 100.00                | 85.00 | A     | ✓     |                 |      |
| 4  | 255622004 | FAJAR INDRA MAULANA | 80.00                         | 60.00           | 60.00           | 100.00                | 68.00 | B     | ✓     |                 |      |

Tanggal Cetak : Senin, 3 Agustus 2026, 10:17:40

Paraf Dosen :

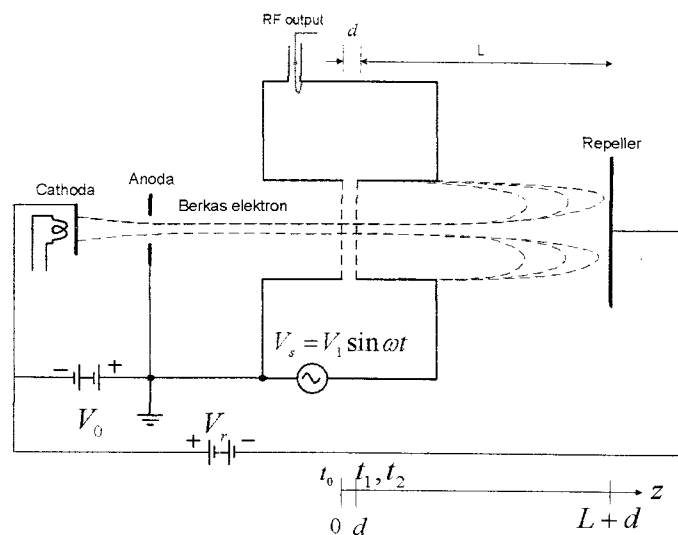
Ir. EDY SUPRIYADI, MT.

## Reflex Klystron

Bila sebagian daya luaran pada klystron dua cavity dimasukan kembali (umpan balik) ke cavity masukan dan jika penguatan magnitud sama dengan satu dengan pergeseran fasa kelipatan  $2\pi$ , maka klystron akan berosilasi. Bagaimanapun, osilator dengan dua cavity biasanya tidak dilakukan, karena sewaktu frekuensi osilasi divariasikan maka frekuensi resonansi dari setiap cavity dan pergeseran fasa lintasan umpan balik harus diatur kembali untuk mendapatkan umpan balik positif. Dengan demikian sangat sulit untuk melakukan pengaturan dengan dua cavity. Reflex klystron adalah klystron dengan satu cavity yang bisa mengatasi kelemahan dari osilator dua cavity.

Reflex klystron adalah generator daya-rendah dengan luaran 10 sampai 500 mW pada bentangan frekuensi 1 sampai 25 GHz dengan efisiensi sekitar 20 sampai 30%. Reflex klystron sangat luas digunakan dalam laboratorium untuk pengukuran gelombang mikro dan sebagai osilator lokal dalam penerima gelombang mikro dalam komersil, militer dan radar Doppler penerbangan.

Teori dari klystron dua cavity dapat digunakan untuk menganalisis reflex klystron dengan sedikit modifikasi. Diagram skema dari reflex klystron diperlihatkan pada Gbr. 1.



Keterangan gambar:

$t_0$ : waktu untuk elektron memasuki celah cavity pada  $z = 0$ .

$t_I$ : waktu untuk elektron yang sama memasuki celah cavity pada  $z = d$ .

$t_2$  : waktu untuk elektron yang sama dikembalikan oleh medan perlambatan pada  $z = d$  dan dikumpulkan pada dinding cavity.

Gbr. 1. Skema diagram reflex klystron.

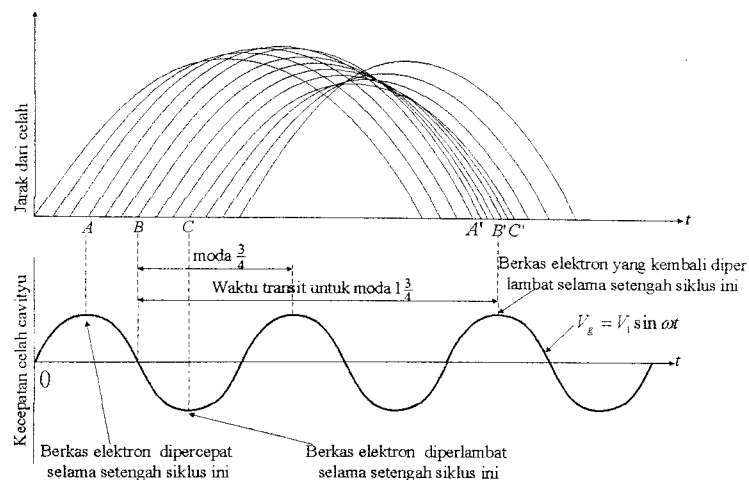
Pertama elektron yang diinjeksikan dari katoda memasuki celah cavity dimodulasi-kecepatan oleh tegangan celah cavity. Sebagian elektron dipercepat oleh medan percepatan dengan kecepatan yang lebih besar begitu memasuki daerah repeller. Sebagian lagi elektron diperlambat oleh medan perlambatan dengan kecepatan yang lebih rendah.

Sewaktu elektron hasil modulasi kecepatan ini memasuki daerah repeller, maka berkas elektron diperlambat dan dipantulkan kembali ke arah yang berlawanan untuk melewati celah cavity oleh medan DC dari potensial  $-V_r$  dengan medan  $V_r/s$ .

Semua elektron yang berbalik kembali oleh medan  $V_r/s$  kemudian menyatu melewati celah cavity dimana terjadi sekali untuk setiap siklus. Dalam perjalanannya kembali, elektron yang menyatu melewati celah selama fasa perlambatan dari medan bolak balik menyerahkan energi kinetiknya pada energi elektromagnetik dari medan yang ada dalam cavity.

Sudut fasa arus AC dibuat sedemikian rupa sehingga medan dalam cavity diperkuat oleh berkas elektron kembali yang sefasa dengan medan pemodulasi sesungguhnya.

Agar osilasi tetap terjaga, harus ada kecocokan waktu transit elektron referensi pada ruang repeller seketika meninggalkan celah dengan seketika kembalinya. Jelaslah, bahwa kemungkinan terbaik waktu untuk elektron kembali ke celah cavity adalah sewaktu tegangan yang ada pada lintasan celah melakukan perlambatan maksimum terhadap elektron. Pada kondisi ini tegangan celah maksimum dimana elektron-elektron yang kembali berada pada sebelah kanan celah (akan memasuki celah). Kemudian elektron-elektron akan jatuh menuju tegangan minimum diantara kisi-kisi celah, sehingga dengan demikian akan menyerahkan sejumlah maksimum energi pada celah. Karena itu, waktu terbaik untuk elektron kembali pada celah adalah pada sudut  $90^\circ$  dari gelombang sinus tegangan celah. Kemudian energi luaran osilator diambil dari cavity dan elektron dikumpulkan oleh dinding cavity atau bagian metal lainnya yang ditanahkan. Gbr. 2 memperlihatkan diagram Applegate untuk moda  $1\frac{3}{4}$  dari reflex klystron.



Gbr. 2. Diagram Applegate dengan tegangan celah untuk reflex klystron.

### Modulasi Kecepatan

Analisis tabung reflex klystron sama seperti pada tabung klystron dua cavity. Untuk penyederhanaan, pengaruh gaya muatan-ruang pada pergerakan elektron diabaikan. Elektron dari katoda yang memasuki celah cavity pada  $z = 0$  dan waktu  $t_0$  dianggap mempunyai kecepatan merata, yaitu

$$v_0 = \sqrt{\frac{2eV_0}{m}} = 0,593 \times 10^6 \sqrt{V_0} \quad m/dt \quad (1)$$

Elektron yang sama meninggalkan celah cavity pada  $z = d$  pada waktu  $t_1$  mempunyai kecepatan

$$v(t_1) = v_0 \left[ 1 + \frac{\beta_1 V_1}{2V_0} \sin \left( \omega t_1 - \frac{\theta_s}{2} \right) \right] \quad (2)$$

Persamaan (2) identik dengan persamaan (11) pada klystron dua cavity. Elektron yang sama dipaksa berbalik arah kembali ke cavity pada  $z = d$  dengan waktu  $t_2$  oleh medan listrik perlambatan  $E$  yang diberikan oleh

$$E = \frac{V_r + (V_0 + V_1 \sin \omega t)}{L} \quad (3)$$

Medan listrik perlambatan ini dianggap konstan dalam arah  $z$ . Persamaan gaya untuk satu elektron adalah

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} = -eE = -e \left( \frac{V_r + V_0}{L} \right) \quad (4)$$

, dimana  $E = -\nabla V$  digunakan hanya dalam arah  $z$  dan  $V_r$  adalah magnitud dari tegangan repeller (repeller) dan dianggap  $|V_1 \sin \omega t| \ll (V_r + V_0)$ . Dengan mengintegalkan persamaan (4)

$$\frac{dz}{dt} = -\frac{e(V_r + V_0)}{mL} \int_{t_1}^t dt = -\frac{e(V_r + V_0)}{mL} (t - t_1) + K_1 \quad (5)$$

Untuk  $t = t_1$ , maka  $\frac{dz}{dt} = v(t_1) = K_1$  sehingga

$$\frac{dz}{dt} = -\frac{e(V_r + V_0)}{mL} (t - t_1) + v(t_1)$$

, atau

$$\begin{aligned} z &= \int dz = -\frac{e(V_r + V_0)}{mL} \int_{t_1}^t (t - t_1) dt + v(t_1) \int_{t_1}^t dt \\ &= -\frac{e(V_r + V_0)}{2mL} (t - t_1)^2 + v(t_1)(t - t_1) + K_2 \end{aligned}$$

Untuk  $t = t_1$ ,  $z = d$  maka  $K_2 = d$  sehingga

$$z = -\frac{e(V_r + V_0)}{2mL}(t - t_1)^2 + v(t_1)(t - t_1) + d \quad (6)$$

Dengan anggapan bahwa elektron yang meninggalkan celah cavity pada  $z = d$  dengan waktu  $t_1$  dengan kecepatan  $v(t_1)$  dan kembali pada celah pada  $z = d$  dengan waktu  $t_2$ , maka pada saat  $t = t_2$ ;  $z = d$  persamaan (6) menjadi

$$d = -\frac{e(V_r + V_2)}{2mL}(t_2 - t_1)^2 + v(t_1)(t_2 - t_1) + d$$

, atau

$$v(t_1) = \frac{e(V_r + V_2)}{2mL}(t_2 - t_1)$$

, sehingga

$$T' = (t_2 - t_1) = \frac{2mL}{e(V_0 + V_r)}v(t_1) \quad (7)$$

Substitusikan persamaan (2) ke persamaan (7), maka dihasilkan waktu transit bolak balik dalam daerah repeller, yaitu

$$T' = (t_2 - t_1) = \frac{2mL}{e(V_0 + V_r)}v_0 \left\{ 1 + \frac{\beta_i V_1}{2V_0} \sin \left( \omega t_1 - \frac{\theta_s}{2} \right) \right\}$$

, atau

$$T' = (t_2 - t_1) = T_0' \left\{ 1 + \frac{\beta_i V_1}{2V_0} \sin \left( \omega t_1 - \frac{\theta_s}{2} \right) \right\} \quad (8)$$

, dimana

$$T_0' = \frac{2mLv_0}{e(V_0 + V_r)} \quad (9)$$

adalah waktu transit DC bolak balik dari pusat bergabungnya elektron (center of the bunch). Bila persamaan (8) dikalikan dengan  $\omega$

$$\omega(t_2 - t_1) = \omega T_0' \left\{ 1 + \frac{\beta_i V_1}{2V_0} \sin \left( \omega t_1 - \frac{\theta_s}{2} \right) \right\}$$

, atau

$$\omega(t_2 - t_1) = \theta_0' + X' \sin \left( \omega t_1 - \frac{\theta_s}{2} \right) \quad (10)$$

, dimana

$$\theta_0' = \omega T_0' \quad (11)$$

adalah sudut transit DC bolak balik dan

$$X' = \frac{\beta_1 V_1}{2V_0} \theta_0' \quad (12)$$

adalah parameter osilator reflex klystron.

### Daya Luaran dan Efisiensi

Agar berkas elektron menghasilkan jumlah maksimum energi untuk osilasi, maka berkas elektron yang kembali harus memotong celah cavity sewaktu medan celah maksimum. Dalam hal ini jumlah maksimum energi kinetik dapat dipindahkan dari elektron yang kembali ke dinding cavity. Untuk perpindahan energi yang maksimum sudut transit bolak balik mengacu pada pusat dari penyatuan berkas elektron yang dapat dipenuhi oleh persamaan

$$\omega (t_2 - t_1) = \omega T_0' = (n - \frac{1}{4}) 2\pi = 2\pi N = 2\pi n - \frac{\pi}{2} \quad (13)$$

, dimana dianggap  $V_1 \ll V_0$ ,  $n$  adalah bilangan bulat positif untuk jumlah siklus, dan  $N = n - \frac{1}{4}$  adalah jumlah moda.

Modulasi arus pada berkas elektron selama elektron masuk kembali ke cavity dari daerah repeller dapat ditentukan dengan cara yang sama seperti pada penguat klystron dua cavity. Dengan membandingkan persamaan (10) dengan persamaan (24) pada klystron dua cavity, dapat dilihat bahwa parameter penyatu berkas elektron  $X'$  pada osilator reflex klystron mempunyai tanda negatif bila dibandingkan dengan parameter penyatu berkas elektron pada klystron dua cavity. Dengan demikian arus berkas yang diinjeksikan kedalam celah cavity dari daerah repeller mengalir dalam arah  $z$  negatif, sehingga sebagai akibatnya arus berkas pada osilator reflex klystron dapat ditulis dengan negatif dari arus berkas penguat klystron dua cavity atau

$$i_{2r} = -I_0 - \sum_{n=1}^{\infty} 2I_0 J_n(nX') \cos n(\omega t_2 - \theta_0' - \theta_g) \quad (14)$$

Komponen utama dari arus yang diinduksikan dalam cavity oleh berkas elektron yang termodulasi diberikan oleh

$$i_2 = -\beta_i i_{2r} = 2I_0 \beta_i I_0 J_1(X') \cos n(\omega t_2 - \theta_0') \quad (15)$$

, dimana  $\theta_g$  diabaikan karena sangat kecil bila dibandingkan dengan  $\theta_0$ . Magnitud dari komponen utama adalah

$$I_2 = 2I_0 \beta_i J_1(X') \quad (16)$$

Daya DC yang disuplai oleh tegangan berkas  $V_0$  adalah

$$P_{DC} = V_0 I_0 \quad (17)$$

, dan daya AC yang dikirimkan ke beban adalah

$$P_{AC} = \frac{V_1 I_2}{2} = V_1 I_0 \beta_i J_1(X') \quad (18)$$

Dari persamaan (11), (12) dan (13), maka perbandingan tegangan  $V_1$  terhadap  $V_0$  adalah

$$X' = \frac{\beta_i V_1}{2V_0} \theta_0' = \frac{\beta_i V_1}{2V_0} \omega T_0' = \frac{\beta_i V_1}{2V_0} \left( 2\pi n - \frac{\pi}{2} \right)$$

, atau

$$\frac{V_1}{V_0} = \frac{2X'}{\beta_i \left( 2\pi n - \frac{\pi}{2} \right)} \quad (19)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (19) ke persamaan (18), maka dihasilkan daya luaran

$$P_{AC} = \frac{2X'V_0}{\beta_i \left( 2\pi n - \frac{\pi}{2} \right)} I_0 \beta_i J_1(X')$$

, atau

$$P_{AC} = \frac{2V_0 I_0 X' J_1(X')}{\left( 2\pi n - \frac{\pi}{2} \right)} \quad (20)$$

Dengan demikian efisiensi elektronika dari osilator reflex klystron adalah

$$Eff = \frac{P_{AC}}{P_{DC}} = \frac{\frac{2V_0 I_0 X' J_1(X')}{\left( 2\pi n - \frac{\pi}{2} \right)}}{V_0 I_0}$$

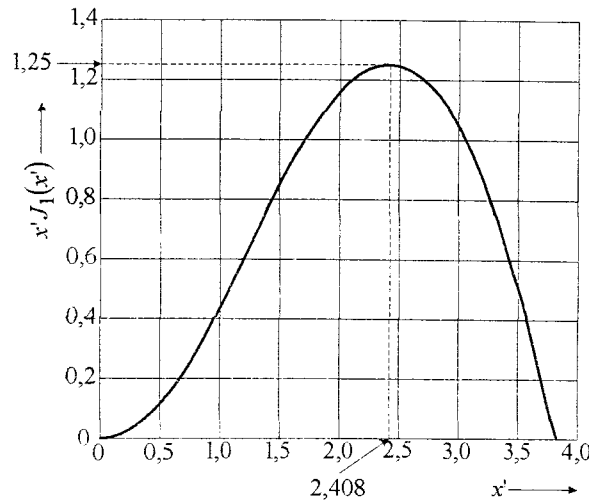
, atau

$$Eff = \frac{2X' J_1(X')}{\left( 2\pi n - \frac{\pi}{2} \right)} \quad (21)$$

Faktor  $X' J_1(X')$  mencapai harga maksimum 1,25 pada  $X' = 2,408$  yang menghasilkan  $J_1(X') = 0,52$ . Dalam praktek, moda-moda  $n = 1$  atau  $n = 2$  mempunyai daya luaran terbesar. Bila  $n = 2$  atau moda  $1\frac{1}{2}$ , maka efisiensi elektronika maksimum menjadi

$$Eff = \frac{2(2,408)J_1(2,408)}{2\pi n - \frac{\pi}{2}} = 22,7\%$$

Efisiensi teoritis maksimum dari osilator reflex klystron sekitar 20% sampai dengan 30%. Gbr. 3 memperlihatkan grafik  $X' J_1(X')$  versus  $X'$ .



Gbr. 3.  $X'J_1(X')$  versus  $X'$ .

Untuk tegangan berkas  $V_0$  yang diberikan, hubungan antara tegangan repeller dan jumlah siklus  $n$  yang diperlukan untuk osilasi ditentukan dengan memasukkan persamaan (13) dan (1) ke persamaan (9), dimana

$$\omega T_0 = \frac{\omega 2mLv_0}{e(V_r + V_0)} = \left(2\pi n - \frac{\pi}{2}\right)$$

, atau

$$\frac{\omega 2mL}{e(V_r + V_0)} \sqrt{\frac{2e}{m} V_0} = \left(2\pi n - \frac{\pi}{2}\right)$$

, yang menghasilkan

$$\frac{V_0}{(V_r + V_0)^2} = \frac{\left(2\pi n - \frac{\pi}{2}\right)^2}{8\omega^2 L^2} \frac{e}{m} \quad (22)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (22) ke persamaan (20), maka didapatkan daya luaran pada frekuensi pusat yang dinyatakan dalam tegangan repeller  $V_r$ , yaitu

$$\begin{aligned} P_{AC} &= \frac{2V_0 I_0 X' J_1(X')}{\left(2\pi n - \frac{\pi}{2}\right)} \\ &= 2V_0 I_0 X' J_1(X') \frac{(V_r + V_0)}{2\omega L} \sqrt{\frac{e}{2mV_0}} \end{aligned}$$

, atau

$$P_{AC} = \frac{2V_0 I_0 X' J_1(X')}{\omega L} (V_r + V_0) \sqrt{\frac{e}{2mV_0}} \quad (23)$$

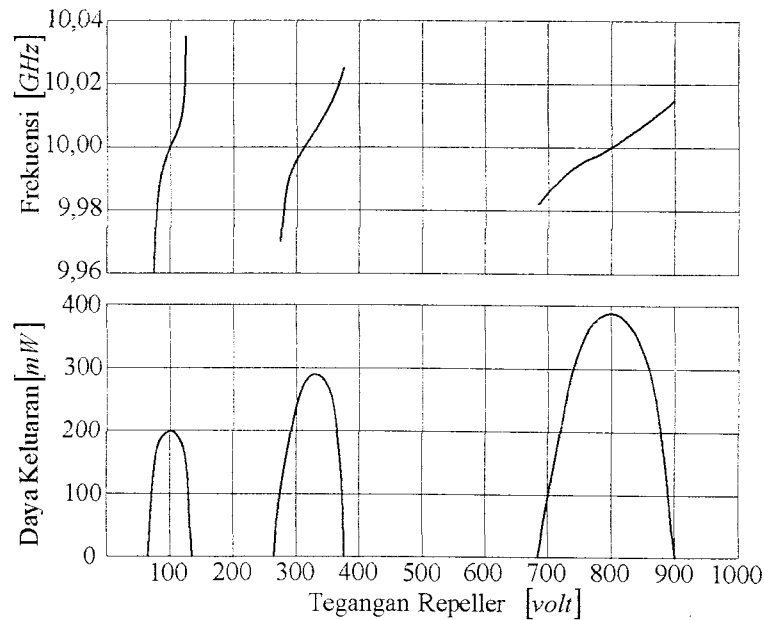
Dari persamaan (22) dapat dilihat bahwa untuk tegangan berkas  $V_0$  yang diberikan dan jumlah siklus  $n$  atau jumlah moda  $N$ , maka tegangan pusat repeller  $V_r$  dapat ditentukan dari frekuensi

pusat. Kemudian daya luaran dapat dihitung dengan persamaan (23). Bila frekuensi bervariasi dari frekuensi pusat dan tegangan repeller disekitar tegangan pusat, daya luaran akan bervariasi sesuai dengan anggapan bentuk genta seperti pada Gbr. 4 berikut.

### Admitansi Elektronik

Dari persamaan (15), arus induksi dapat ditulis dalam bentuk fasor

$$i_2 = 2I_0\beta_i J_1(X') e^{-j\theta_0'} \quad (24)$$



Gbr. 4. Karakteristik luaran daya dan frekuensi dari tabung reflex klystron.

Tegangan yang melewati celah pada waktu  $t_2$  juga dapat ditulis dalam bentuk fasor

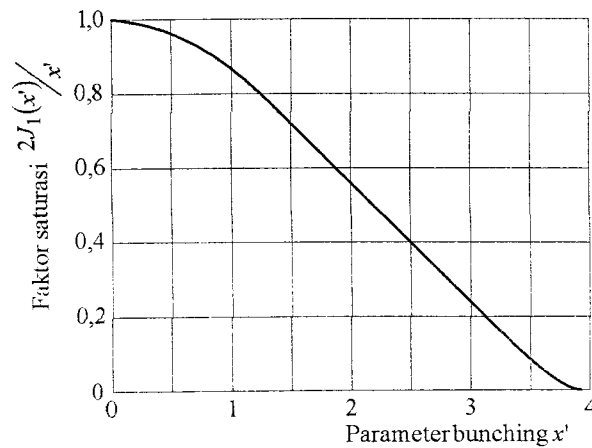
$$V_2 = V_1 e^{-j\frac{\pi}{2}} \quad (25)$$

Perbandingan antara arus  $i_2$  dan tegangan  $V_2$  ditentukan sebagai admitansi elektronik dari reflex klystron, sehingga dari persamaan (12), (24) dan (25) didapat

$$Y_e = \frac{i_2}{V_2} = \frac{2I_0\beta_i J_1(X') e^{-j\theta_0'}}{V_1 e^{-j\frac{\pi}{2}}} = \frac{2I_0\beta_i J_1(X')}{\frac{2V_0 X'}{\beta_i \theta_0'}} e^{j(\frac{\pi}{2} - \theta_0')}$$

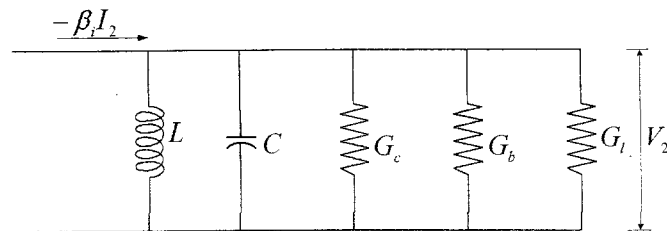
, atau

$$Y = \frac{I_0}{V_0} \frac{\beta_i^2 \theta_0'}{2} \frac{2J_1(X')}{X'} e^{j(\frac{\pi}{2} - \theta_0')} \quad (26)$$



Gbr. 5. Faktor kejenuhan reflex klystron

Amplitudo dari fasor admitansi menunjukkan bahwa admitansi elektronik merupakan fungsi dari admitansi DC berkas elektron, sudut transit DC, dan transit kedua dari berkas elektron melalui celah cavity. Ini jelas bahwa admitansi elektronik adalah nonlinier karena sebanding dengan faktor  $2J_1(X')/X'$ , dan  $X'$  sebanding dengan tegangan sinyal. Faktor ini sebanding dengan yang ditunjukkan oleh Gbr. 5. Bila tegangan sinyal mendekati nol maka faktor akan mendekati satu.



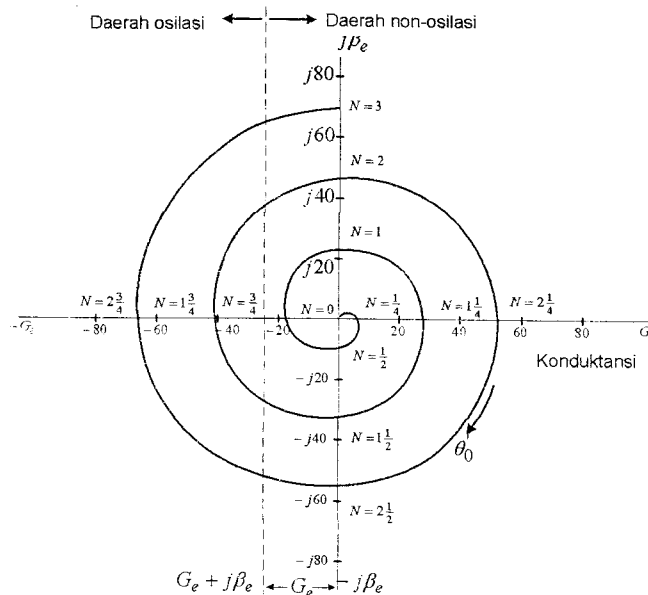
Gbr. 6. Rangkaian pengganti reflex klystron.

Rangkaian ekivalen reflex klystron digambarkan pada Gbr. 6. Pada rangkaian ini  $L$  dan  $C$  merupakan elemen penyimpan energi dari cavity.  $G_c$  mewakili rugi-rugi tembaga dari cavity.  $G_b$  merupakan konduktansi pembebanan berkas elektron dan  $G_l$  adalah konduktansi beban. Kondisi yang harus dipenuhi untuk terjadinya osilasi adalah magnitud komponen riil negatif dari admitansi elektronik seperti yang diberikan oleh persamaan (26) dan tidak lebih kecil dari total konduktansi rangkaian cavity, yaitu

$$|-G_a| \geq G \quad (27)$$

, dimana  $G = G_c + G_b + G_l = 1/R_{sh}$  dan  $R_{sh}$  adalah tahanan shun efektif. Persamaan (26) dapat ditulis dalam bentuk koordinat kartesis

$$Y_e = G_e + jB_e \quad (28)$$



Jawaban

a. Dari persamaan (22), didapatkan

$$\frac{V_0}{(V_r + V_0)^2} = \frac{\left(2\pi n - \frac{\pi}{2}\right)^2}{8\omega^2 L^2} \frac{e}{m} = (1,759 \times 10^{11}) \frac{(2\pi \times 2 - \frac{1}{2}\pi)^2}{8(2\pi \times 9 \times 10^9)^2 (10^{-3})^2} = 0,832 \times 10^{-3}$$
$$(V_r + V_0)^2 = \frac{600}{0,832 \times 10^{-3}} = 0,721 \times 10^6 \Rightarrow V_r = 250 \text{ volt}$$

b. Dengan menganggap  $\beta_0 = 1$ . Karena  $V_1 = I_2 R_{sh} = 2I_0 J_1(X') R_{sh}$  maka arus searah  $I_0$  adalah

$$I_0 = \frac{V_1}{2J_1(X') R_{sh}} = \frac{200}{2(0,582)(15 \times 10^3)} = 11,45 \text{ mA}$$

c. Dari persamaan (20), besarnya efisiensi elektronik adalah

$$Eff = \frac{2X' J_1(X')}{2\pi n - \frac{\pi}{2}} = \frac{2(,833)(0,582)}{2\pi(2) - \frac{\pi}{2}} \times 100\% = 19,4\%$$