

## LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi : **Rancang Bangun Penguat Daya RF**  
Nama : Sapto Nugroho  
NIM : J2D 096 177

Telah dipresentasikan pada Seminar Hasil tanggal 11 September 2002 dan disetujui untuk mengikuti Ujian Sarjana.



Semarang, 20 September 2002.

Mengetahui,

Pembimbing II

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Isnaen Gunadi', written over a horizontal line.

Drs. Isnaen Gunadi  
NIP: 131 932 050

Pembimbing I

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Dwi P. Sasongko', written over a horizontal line.

Drs. Dwi P. Sasongko, MSi  
NIP: 131 672 950

## LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : **Rancang Bangun Penguat Daya RF**  
Nama : Spto Nugroho  
NIM : J2D 096 177

Telah diujikan melalui Ujian Sarjana pada tanggal 7 Oktober 2002 dan dinyatakan lulus.



Semarang, 21 Oktober 2002

Mengetahui,

Panitia Penguji Ujian Sarjana

Ketua,

Dra. Sumariyah, MSi

NIP: 131 787 926



Ir. Herowo Danusaputro, MT

NIP: 131 601 938

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini, penulis persembahkan untuk:

- † Ibu
- † Bapak
- † Budi Raharjo, SPd
- † Keluarga dr. Krisma W.
- † Keluarga Besar Legiman Setyo Harsono



## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan semesta alam, atas segala sesuatu yang tak berhingga telah Dia berikan kepada penulis sampai saat penulis berhasil menyelesaikan Laporan Tugas Akhir atau Skripsi ini.

Banyak pihak yang telah terlibat dan banyak memberikan kontribusi ilmiah, moriil, dan materiil, baik secara langsung maupun tidak langsung kepada penulis dari pelaksanaan tugas akhir sampai penyusunan laporan ini. Bersama ini secara pribadi dengan penuh ketulusan dan keikhlasan, penulis sangat berterima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Mustafid, M. Eng., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Diponegoro.
2. Bapak Ir. Hernowo Danusaputro, MT., selaku Ketua Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Diponegoro.
3. Bapak Drs. Dwi P. Sasongko, MSi., selaku Pembimbing I, atas nasehat, bimbingan, dan arahan yang diberikan kepada penulis.
4. Bapak Drs. Isnain Gunadi, selaku Pembimbing II dan Dosen wali, atas nasehat, bimbingan, arahan dan kemurahan hati yang diberikan kepada penulis.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen dan Staf Administrasi Jurusan Fisika, atas perhatian dan bimbingan ilmu yang diberikan selama ini.
6. Bapak Ir. Agus Herdiyanto, selaku Kepala Divisi PMC Divre IV Telkom, atas bantuan informasi-informasi peralatan yang diberikan kepada penulis.

7. Teman-teman 11C (Heru, Sastro, Alex, Ohan, Puji, Totok Sugito, Min Boy, Poo, Tedy, Dedy, Ady) atas bantuan-bantuan yang telah diberikan.
8. Agus, Erwin, Winarto, Gerit, Agung, Sefi, Ali, Dwi S., Panjul, Yayah, Sutini, Pak D Gufron, Keluarga Mbah Kadjat, mantan KSGF (Q'bul, TB, Wiryo, Wawan, Bagong, Dodol, Eka), keluarga Fisika Angkatan '96 serta semua saudara-saudariku di Fisika Universitas Diponegoro.
9. Semua pihak yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu.

Dengan semua keterbatasan yang ada, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan yang terdapat dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Kebenaran itu sesungguhnya datang dari Allah, namun kesalahan dan kekurangan adalah dari penulis sendiri. Saran dan kritik yang membangun dari semua pihak diharapkan demi perbaikan dan peningkatan tugas akhir ini.



Semarang, 17 Agustus 2002

Penulis,

Sapto Nugroho

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PERSETUJUAN .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
PERSEMBAHAN .....	iii
INTISARI .....	iv
<i>ABSTRACT</i> .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
DAFTAR ISTILAH .....	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4

## BAB II DASAR TEORI

2.1	Komponen-komponen Pasif Rangkaian Penguat .....	5
2.2	Perilaku Komponen Pasif pada Frekuensi Radio .....	7
2.3	Transistor <i>Bipolar</i> .....	8
2.4	Penguat Daya <i>RF</i> .....	10
2.4.1	Penguat Kelas A .....	12
2.4.2	Penguat Mode Campuran Kelas C .....	14
2.5	Rangkaian-rangkaian Resonansi .....	18
2.5.1	Resonansi Seri .....	20
2.5.2	Resonansi Paralel .....	21
2.6	Induktor Tersadap Sebagai Rangkaian Transformasi Impedansi .....	22
2.7	Jaringan Penyesuai Impedansi .....	27
2.8	<i>Power Supply</i> (Pencatu Daya) .....	29
2.9	Analisis Gelombang <i>RF</i> .....	30
2.10	Pengukuran dengan <i>Spectrum Analyzer</i> .....	34
2.10.1	Identifikasi Komponen Frekuensi dan Penentuan Daya .....	34
2.10.2	Pengukuran Distorsi Harmonik Gelombang .....	35
2.10.3	Pengukuran Perbandingan Sinyal terhadap Derau .....	36

## BAB III PERANCANGAN

3.1	Perancangan Penguat Daya <i>RF</i> .....	38
3.2	Perancangan <i>Power Supply</i> .....	40

## BAB IV REALISASI

4.1	Realisasi Penguat Daya <i>RF</i> .....	42
4.1.1	Pembuatan Induktor .....	42
4.1.2	Pembuatan Jalur <i>PCB</i> .....	44
4.1.3	Pemasangan Komponen pada <i>PCB</i> .....	45
4.2	Realisasi <i>Power Supply</i> .....	45

## BAB V PENGUJIAN

5.1	Cara Pengujian .....	48
5.1.1	Pengujian Osilator .....	48
5.1.2	Pengujian Penguat Daya <i>RF</i> .....	48
5.2	Hasil Pengujian .....	49
5.2.1	Osilator .....	49
5.2.2	Penguat Daya <i>RF</i> .....	52

## BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1	Kesimpulan .....	65
6.2	Saran .....	65

DAFTAR PUSTAKA .....	67
----------------------	----

## LAMPIRAN-LAMPIRAN



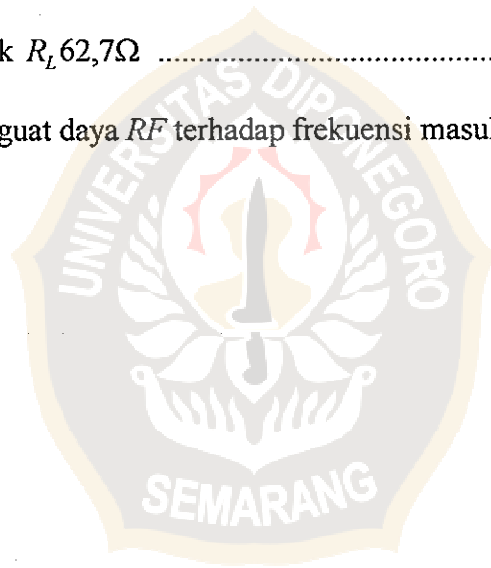
## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Lambang-lambang komponen .....	5
2.2 Contoh induktansi <i>stray</i> dan pemodelannya .....	7
2.3 Contoh kapasitansi <i>stray</i> dan pemodelannya .....	8
2.4 Struktur dan simbol transistor <i>npn</i> .....	9
2.5 Prategangan modus aktif maju .....	10
2.6 Karakteristik dan model alat yang disederhanakan untuk transistor hubungan <i>bipolar</i> .....	11
2.7 Rangkaian penguat kelas A dengan umpan balik emitor .....	12
2.8 Rangkaian penguat daya mode campuran kelas C .....	15
2.9 Rangkaian <i>RLC</i> seri .....	20
2.10 Rangkaian <i>LCR</i> paralel .....	22
2.11 Induktor tersadap digunakan sebagai rangkaian transformasi impedansi .....	23
2.12 Perubahan $R_1/R_2$ terhadap kedudukan sadapan ( $1/N$ ) untuk $k = 0,1$ .....	25
2.13 Gambaran faktor $D$ terhadap kedudukan sadapan ( $1/N$ ) untuk $k = 0,1$ .....	26
2.14 Gambaran faktor $E$ terhadap kedudukan sadapan ( $1/N$ ) untuk $k = 0,1$ .....	26

2.15	Jaringan penyesuai impedansi tiga reaktansi .....	28
2.16	Gelombang kompleks dan penggambarannya .....	31
2.17	Masukan dan keluaran pada penguat linier .....	32
2.18	Masukan dan keluaran pada penguat tidak linier.....	32
2.19	Display <i>spectrum analyzer</i> dengan skala daya logaritmik .....	35
2.20	Frekuensi tunggal dengan <i>background</i> derau .....	36
3.1	Diagram blok akhir dari penguat daya <i>RF</i> yang dirancang .....	39
3.2	Rangkaian lengkap penguat daya <i>RF</i> hasil rancangan .....	40
4.1	Pola jalur <i>PCB</i> hasil rancangan .....	44
4.2	Rangkaian <i>power supply</i> hasil rancangan .....	46
5.1	Skema pengujian yang dilakukan .....	47
5.2	Spektrum frekuensi pada frekuensi dasar 100 MHz .....	50
5.3	Spektrum frekuensi pada tegangan catu 10,5 V .....	54
5.4	Grafik daya keluaran maksimal penguat daya <i>RF</i> terhadap tegangan catu .....	55
5.5	Grafik daya keluaran maksimal terukur dan daya keluaran yang dihitung untuk $R_L$ 62,7 $\Omega$ terhadap tegangan catu .....	57
5.6	Grafik distorsi harmonik kedua penguat daya <i>RF</i> terhadap tegangan catu .....	61
5.7	Grafik daya keluaran penguat daya <i>RF</i> terhadap frekuensi masukan .....	63

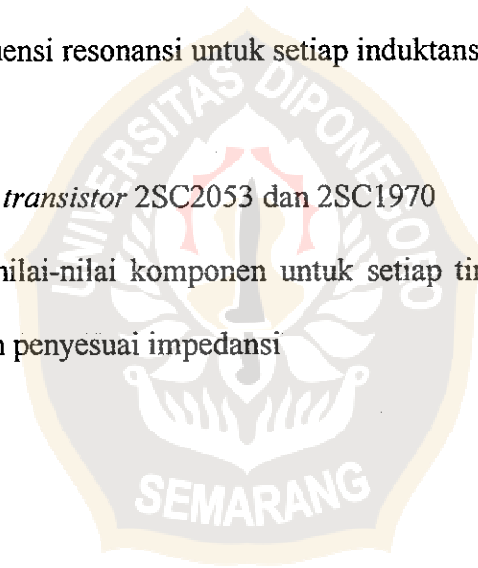
## DAFTAR TABEL

	Halaman
5.1 Daya keluaran osilator untuk beberapa frekuensi dasar .....	50
5.2 Daya untuk setiap komponen frekuensi .....	51
5.3 Daya keluaran maksimal dan distorsi harmonik kedua penguat daya $RF$ untuk beberapa tegangan catu .....	53
5.4 Daya keluaran penguat daya $RF$ terhadap tegangan catu untuk $R_L 62,7\Omega$ .....	56
5.5 Daya keluaran penguat daya $RF$ terhadap frekuensi masukan .....	62



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A : Display *analyzer* tanpa sinyal masukan
- Lampiran B : Spektrum frekuensi keluaran penguat daya *RF* pada beberapa tegangan catu
- Lampiran C : *Power supply* dan penguat daya *RF*
- Lampiran D : Nilai Induktansi untuk setiap jumlah lilitan pada beberapa variasi parameter
- Lampiran E : Grafik frekuensi resonansi untuk setiap induktansi yang diketahui nilainya
- Lampiran F : *Data sheets transistor* 2SC2053 dan 2SC1970
- Lampiran G : Penentuan nilai-nilai komponen untuk setiap tingkatan penguat dan jaringan penyesuai impedansi



## DAFTAR ISTILAH

- Admitansi** : Harga kebalikan dari halangan (impedansi), dilambangkan dengan  $Y$  dalam satuan mho.
- Antena** : Dalam sistem radio, digunakan sebagai sarana untuk memancarkan tenaga elektromagnet ke ruang, atau untuk menerima tenaga itu dari ruang.
- Basis** : Pada transistor pertemuan, merupakan bagian yang menyarakkan daerah emitor dari daerah kolektor, ke daerah basis itu diinjeksikan pembawa-pembawa minoritas.
- Broadcasting** : Pemancaran isyarat radio yang ditujukan kepada stasiun-stasiun penerima dalam jumlah tak terbatas. Dalam pemancaran ini termasuk juga televisi. Jalur-jalur frekuensi khusus untuk keperluan ini sudah disepakati secara internasional.
- Choke coil** : Kumparan redam, kumparan yang digunakan dalam penerapan khusus untuk menghalangi (memberikan impedansi) kepada arus dalam rangkaian, dalam suatu jangkah frekuensi tertentu, sementara itu meluluskan arus berfrekuensi lebih rendah.
- Derau** : Gangguan yang ditambahkan kepada isyarat yang bermanfaat dan yang condong menutupi isi informasi yang

ada pada isyarat itu. Istilah derau berasal dari teknik radio, dan kini kata derau dikenakan bagi berbagai jenis gangguan, meskipun gangguan itu tidak menimbulkan bunyi berderau. Secara garis besar, derau dapat digolongkan dalam dua jenis utama, yaitu derau putih (*white noise*) yang mempunyai spektrum yang lebar dan datar, dan derau denyut (*impulse noise*) yang ditimbulkan oleh gangguan-gangguan tunggal sesaat ataupun serentetan gangguan-gangguan tersebut.

- Distorsi : Cacat, yaitu perubahan yang tak diinginkan yang terjadi dalam bentuk gelombang isyarat. Sumber cacat yang utama adalah adanya kaitan taklinier antara masukan dan keluaran, transmisi yang tak seragam pada berbagai frekuensi, dan insutatan fasa yang takberpadanan dengan frekuensi.
- Distorsi harmonik : Cacat yang berupa cacat larasan, ditimbulkan oleh larasan (harmonisa) tinggi yang dibubuhkan kepada isyarat asal. Distorsi harmonik juga digunakan untuk menyatakan perbandingan daya frekuensi harmonik terhadap daya frekuensi dasar.
- Efisiensi : Daya guna, rendemen. Pada penguat digunakan untuk menyatakan perbandingan antara daya keluaran isyarat bolak-balik dan daya searah yang dicatukan kali 100 %. Daya guna penguat kelas A maksimum 50 %.

- Emitor : Pada transistor pertemuan, merupakan daerah dari mana pembawa-pembawa muatan yang merupakan pembawa minoritas dalam basis, diinjeksikan masuk basis.
- Faktor  $Q$  : Faktor kualitas, merupakan bandingan antara frekuensi resonansi dan lebar jalur antara kedua frekuensi disebelah-menyebelah frekuensi resonansi (yang dikenal sebagai titik-titik paruh daya).
- Filter : Tapis, jaringan yang dirancang untuk meniadakan suatu jalur frekuensi.
- Frekuensi *cut-off* : Frekuensi sumbat, disimbolkan dengan  $F_c$ , merupakan frekuensi dimana penguatan arus jatuh menjadi satu. Frekuensi *cut-off* yang lumrah ialah sekitar dua kali  $F_{MIN}$ .
- Gain : Penguatan, keuntungan. Dipakai untuk menyatakan perbandingan antara tegangan (atau arus) keluaran dan tegangan (atau arus) masukan. Penguatan tegangan dalam decibel adalah sama dengan

$$20 \log_{10} \frac{\text{tegangan keluaran}}{\text{tegangan masukan}}$$

- Gelombang E.M. : Gelombang yang terdiri atas gangguan-gangguan berupa perubahan-perubahan ketandasan dalam medan magnet dan medan listrik, tidak diperlukan zat antara untuk merambatkan gelombang ini (gelombang elektromagnetik).

Gelombang mikro : Gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang dalam mikrometeran, yaitu antara 3 cm hingga 0,3 cm, atau frekuensi 1000 MHz ke atas, yaitu dari gelombang radio hingga sinaran merah-infra.

IC : Rangkaian terintegrasi, yaitu rangkaian lengkap yang dibangun dalam satu kemasan tunggal yang terdiri atas larik-larik yang saling terhubung.

Impedansi : Halangan, yaitu keseluruhan perlawanan yang diadakan oleh komponen atau rangkaian kepada yang berubah-ubah. Satuan impedansi adalah ohm. Kebalikan impedansi,  $1/Z$ , disebut admitansi (lulusan). Dalam rangkaian listrik arus bolak-balik sinus, berlaku

$$Z = \frac{\text{tegangan(volt)}}{\text{arus(ampere)}} \text{ ohm}$$

Impedansi sinyal kuat transistor

: Impedansi terminal transistor pada penguat yang disesuaikan ketika dioperasikan pada suatu tegangan tertentu dan daya keluaran yang diharapkan.

Induktansi *stray* : Induktansi liar yang terdapat pada penghantar komponen, ditimbulkan karena adanya medan magnet di sekitar kawat penghantar yang dihasilkan oleh arus terminal.

Induktor : Peranti yang terdiri atas satu atau lebih gulungan kawat, dengan atau tanpa inti magnet, guna memberikan induktansi kepada rangkaian listrik.



Induktor tersadap : Induktor dengan koneksi cabang (pada gulungan), yang mencuat keluar dari gulungan, tetapi bukan terminal akhir. Digunakan untuk mengubah perbandingan resistansi terminal dengan resistansi cabang. Nilai perbandingan ditentukan oleh kedudukan sadapan terhadap bumi ( $1/N$ ), induktansi dan koefisien kopling dari kumparan. Kalau induktor dililitkan pada inti ferit sehingga koefisien kopling mendekati satu, maka induktor akan berlaku sebagai transformator ideal, dan nilai perbandingan resistansi terminal terhadap resistansi cabang hanya ditentukan oleh kedudukan titik sadapan terhadap bumi ( $1/N$ ).

Jaringan penyesuai impedansi

: Rangkaian yang terdiri dari dua atau lebih komponen-komponen reaktif (induktor dan kapasitor), disusun sedemikian rupa sehingga (apabila dilihat dari terminal masukan jaringan reaktif), impedansi keluaran jaringan reaktif akan sama dengan impedansi masukan jaringan reaktif.

Kapasitansi *stray* : Kapasitansi liar, yaitu kapasitas yang terdapat diantara bagian-bagian, kawat-kawat, komponen-komponen yang saling berdekatan, juga antara komponen-komponen dengan bumi. Dalam banyak hal kapasitas liar tidak diinginkan dan perlu ditiadakan atau diperhitungkan,

namun dalam rangkaian frekuensi tinggi ada kalanya dimanfaatkan dalam penalaan.

Kapasitor *by-pass* : Kapasitor yang digunakan untuk menghubungkan suatu titik (dalam rangkaian) dengan bumi, dan digunakan kapasitor dengan nilai reaktansi yang rendah.

Kapasitor penggandeng

: Kapasitor yang digunakan untuk melewatkan sinyal *AC* atau *RF* dan menahan sinyal *DC*, digunakan kapasitor dengan nilai reaktansi yang rendah.

Kapasitansi varaktor

: Kapasitansi yang nilainya bergantung pada tegangan.

Kolektor

: Pada transistor pertemuan, merupakan daerah semi hantaran yang dilewati aliran primer pembawa-pembawa muatan yang meninggalkan basis.

Komunikasi elektronika

: Transmisi informasi dari satu titik ke titik lain dengan sarana gelombang elektromagnet, sehingga berhubungan dengan pengiriman, penerimaan, dan pemrosesan informasi secara elektronik.

Komunikasi radio :

Transmisi informasi dari satu titik ke titik lain dengan sarana gelombang elektromagnet, tanpa kawat koneksi antara pengirim dan penerima.

- Lebar pita : Disimbolkan dengan  $B$ , digunakan untuk menyatakan selektivitas frekuensi dari rangkaian resonansi, dan dinyatakan dalam lebar puncak atau lembah. Lebar pita sering dikaitkan dengan suatu besaran yang dinamakan faktor kualitas ( $Q$ ) dari rangkaian.
- Modulator : Peranti yang melaksanakan proses pemodulasian.
- Osilator : Peranti yang tak berotasi guna menghasilkan arus bolak-balik yang frekuensinya ditentukan oleh karakteristik peranti.
- Penguat : Peranti satu arah yang dapat mengeluarkan bentuk gelombang arus, tegangan, atau daya, yang lebih besar dari pada bentuk gelombang yang dimasukkan ke jalan masuknya. Pekerjaan penguat terselenggara dengan sarana daya yang berasal dari sumber arus searah ekstern. Sebutan bagi suatu penguat bergantung kepada penerapannya, konstruksinya, dan cara mengoperasikannya. Penggolongan penguat dapat juga berdasarkan daerah frekuensi yang dikuatkan; misal penguat frekuensi audio, penguat frekuensi radio, dan lain sebagainya.
- Penguat daya : Penguat yang menghasilkan arus yang relatif besar mengalir dalam beban berimpedansi rendah, atau yang menghasilkan daya keluaran yang lebih besar.

Penguat daya *RF* : Penguat daya yang digunakan untuk menguatkan daya sinyal frekuensi radio.

Penguat kelas A : Penguat yang mempunyai kemampuan terbesar dalam mereproduksi masukan dengan distorsi yang terkecil, dengan atau tanpa rangkaian umpan balik negatif. Namun demikian, efisiensi penguat kelas A adalah paling kecil dibandingkan dengan penguat daya kelas lainnya. Pada penguat kelas A, transistor dioperasikan pada daerah aktifnya.

Penguat kelas C : Penguat yang apabila isyarat masukannya satu getar, akan menghasilkan isyarat keluaran kurang dari setengah getar (hanya bagian puncak satu belah gelombang saja yang dikeluarkan). Penguat kelas C hanya dapat diterapkan pada rangkaian frekuensi tinggi, karena menerapkan rangkaian *LC*. Alat aktif yang digunakan adalah tabung hampa atau transistor efek medan (*FET*).

Penguat mode campuran kelas C

: Penguat kelas C dengan alat aktif berupa transistor persambungan *bipolar (BJT)*.

*Power Supply* : Pencatu daya, peranti guna mengubah tenaga listrik yang tersedia menjadi arus searah dengan tegangan yang cocok untuk keperluan komponen-komponen elektronik.

## Rangkaian resonansi

: Suatu rangkaian dengan satu frekuensi resonansi atau lebih, digunakan untuk memisahkan sinyal yang diinginkan dari sinyal yang tidak diinginkan.

*RF* : Frekuensi radio, yaitu gelombang elektromagnetik dengan frekuensi  $\geq 30$  Hz. Frekuensi radio dibagi menjadi beberapa daerah frekuensi, yaitu sebagai berikut:

30 – 300Hz	<i>ELF (Extremely Low Frequency)</i>
300 – 3000Hz	<i>SLF (Super Low Frequency)</i>
3 – 30KHz	<i>VLf (Very Low Frequency)</i>
30 – 300KHz	<i>LF (Low Frequency)</i>
300 – 3000KHz	<i>MF (Medium Frequency)</i>
3 – 30MHz	<i>HF (High Frequency)</i>
30 – 300MHz	<i>VHF (Very High Frequency)</i>
300 – 3000MHz	<i>UHF (Ultra High Frequency)</i>
3 – 30GHz	<i>SHF (Super High Frequency)</i>
30 – 300GHz	<i>EHF (Extremely High Frequency)</i>

Transformator : Peranti yang terdiri dari dua kumparan atau lebih, digandengkan secara magnetik, untuk keperluan mengubah perbandingan tegangan atau arus pada kumparan primer dan kumparan sekunder.

## Transformator ideal

- : Transformator dengan koefisien gandengan (kopling) sama dengan satu, dengan tegangan sekunder dan primer sebanding dengan perbandingan lilitan ( $N = n_2/n_1$ ),  $n_2$  menyatakan jumlah lilitan sekunder,  $n_1$  menyatakan jumlah lilitan primer.

