

BAB II

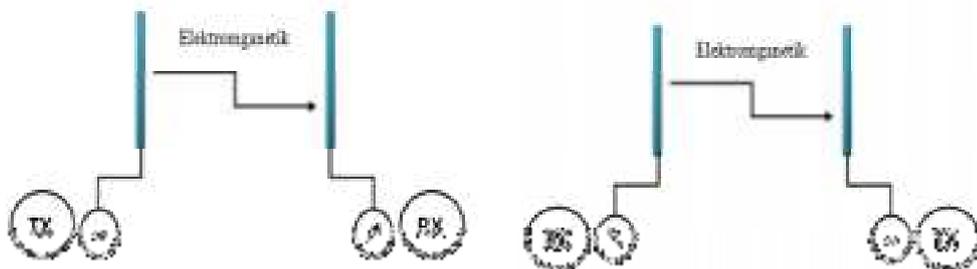
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Antena

2.1.1 Pengertian Antena

Antena merupakan tulang punggung jaringan nirkabel. Antena sangat penting sebagai perangkat penyesuai (*matching device*) antara sistem pemancar dengan udara bila antena berfungsi sebagai media radiasi gelombang radio dan sebagai perangkat penyesuai dari udara ke sistem penerima. Desain antena ideal yang diharapkan adalah antena yang mempunyai nilai $VSWR \leq 2$, nilai return loss ≤ -10 , gain yang tinggi dan bandwidth yang lebar.[3]

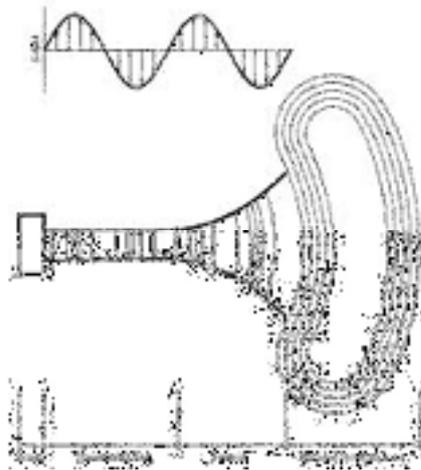
Antena dianggap sebagai tulang punggung sistem nirkabel. Antena sangat penting sebagai perangkat penyesuai (*matching device*) antara *system* pemancar dengan udara bila antena berfungsi sebagai media radiasi gelombang radio dan sebagai perangkat penyesuai dari udara ke sistem penerima. Bentuk dan desain antena ideal yang diharapkan adalah antena yang mempunyai *gain* yang tinggi, efisiensi tinggi, bobot yang ringan. Sesuai dengan definisinya dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1 Gambaran Sifat Reciprocal Antena
(sumber : eprints.polsri.ac.id, 2021)

Pada gambar 2.1 merupakan gambaran sifat *reciprocal* Antena yang menjelaskan bahwa antena mempunyai sifat kerja bolak-balik. Dimana 1 buah antena dapat dioperasikan sebagai antena transmitter dan sekaligus sebagai antena *receiver*.

Antena didefinisikan sebagai “sebuah alat logam yang digunakan untuk meradiasikan atau menerima gelombang radio”. Menurut “*The IEEE Std 145-1983*), definisi antenna adalah suatu bagian dari sistem telekomunikasi nirkabel yang digunakan untuk memancarkan atau menerima gelombang radio.



Gambar 2.2 Antena Sebagai Alat Transisi
(sumber : unikom.ac.id, 2021)

Pada **Gambar 2.2** Gelombang terpandu adalah gelombang dengan sedikit rugi-rugi dalam saluran transmisi, sedangkan gelombang ruang hampa adalah gelombang yang dipancarkan ke ruang bebas sehingga membentuk lapisan-lapisan. Gelombang terpandu yang mengalir sepanjang saluran transmisi diradiasikan menjadi gelombang ruang hampa. Daerah transisi antara gelombang terpandu dan gelombang ruang hampa dapat disebut antenna.

Antena sebagai alat untuk mengirim dan menerima gelombang elektromagnetik, bergantung kepada pemakaian dan penggunaan frekuensinya, antena bisa berwujud berbagai bentuk, mulai dari seutas kabel, dipole, ataupun yagi, dsb. Antena adalah alat pasif tanpa catu daya (power), yang tidak bisa meningkatkan kekuatan sinyal radio, dia seperti reflektor pada lampu senter, membantu mengkonsentrasi dan memfokuskan sinyal.

Kekuatan dalam mengkonsentrasi dan memfokuskan sinyal radio, satuan ukurnya adalah dB. Jadi ketika dB bertambah, maka jangkauan jarak yang bisa ditempuh pun bertambah.

2.1.2 Fungsi Antena

Antena adalah salah satu perangkat yang mengubah sinyal-sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik dan memancarkannya ke udara bebas atau sebaliknya menangkap sinyal gelombang elektromagnetik dari udara bebas dan mengubahnya menjadi sinyal listrik. Berdasarkan definisi tersebut maka antena memiliki tiga fungsi pokok, yaitu :

1. Antena berfungsi sebagai konverter. Dikatakan sebagai konverter karena antena tersebut mengubah bentuk sinyal, yaitu dari sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik, atau sebaliknya. [4]
2. Antena berfungsi sebagai radiator. Dikatakan sebagai radiator karena antena tersebut meradiasikan (memancarkan) gelombang elektromagnetik ke udara bebas sekelilingnya. Jika sebaliknya (antena menerima atau menangkap energi radiasi gelombang elektromagnetik dari udara bebas), maka fungsinya dikatakan re-radiator. [4]
3. Antena berfungsi sebagai impedance matching (penyesuai impedansi). Dikatakan sebagai impedance matching karena antena tersebut akan selalu menyesuaikan impedansi sistem. Sistem yang dimaksud adalah saluran transmisi dan udara bebas. Pada saat antena tersebut bekerja atau beroperasi maka antena akan menyesuaikan impedansi karakteristik saluran dengan impedansi karakteristik udara. [4]

Pada radar atau sistem komunikasi satelit, sering dijumpai sebuah antena yang melakukan kedua fungsi sekaligus yaitu sebagai pemancar yang mengubah sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik lalu memancarkannya ke ruangan bebas atau sebaliknya sebagai penerima yang menerima sinyal elektromagnetik (penerima energi elektromagnetik dari ruang bebas) dan mengubahnya menjadi sinyal listrik. Sifat antena yang bisa sebagai pemancar dan penerima dikatakan *reciprocal*. Namun, pada sebuah teleskop radio, antena hanya menjalankan fungsi penerima saja. [4]

2.1.3 VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*)

VSWR merupakan perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum ($|V_{\max}|$) dengan minimum ($|V_{\min}|$). Perbandingan antara tegangan yang direfleksikan dengan tegangan yang dikirimkan disebut koefisien refleksi tegangan (Γ). Kondisi yang paling baik adalah ketika VSWR bernilai 1 ($S=1$) yang berarti tidak ada refleksi ketika saluran berada dalam keadaan *matching* sempurna. Namun pada kenyataannya nilai tersebut sulit didapatkan sehingga nilai dasar VSWR yang digunakan pada antena umumnya ≤ 1.5 . [5]

2.1.4 Bandwidth

Bandwidth suatu antena didefinisikan sebagai rentang frekuensi dimana kinerja antena yang berhubungan dengan beberapa karakteristik (seperti impedansi masukan, polarisasi, *beamwidth*, polarisasi, *gain*, efisiensi, VSWR, *return loss*) memenuhi spesifikasi standar. Dengan mengacu kepada ketentuan pada sistem *wireless* terhadap perolehan nilai *bandwidth*, maka *bandwidth* yang termasuk ke dalam kategori pita lebar (*wideband*) yaitu *bandwidth* diantara 100 MHz sampai dengan 500 MHz. [5]

2.2 Impedansi masukan

Impedansi masukan adalah perbandingan (rasio) antara tegangan dan arus. Impedansi masukan ini bervariasi untuk nilai posisi tertentu [6].

$$Z_{in}(z) = \frac{\hat{V}(z)}{\hat{I}(z)} = \frac{V_0^+ [e^{-j\beta z} + \Gamma e^{j\beta z}]}{V_0^+ [e^{-j\beta z} - \Gamma e^{j\beta z}]} Z_0 = Z_0 \left[\frac{1 + \Gamma e^{j2\beta z}}{1 - \Gamma e^{j2\beta z}} \right] \quad (2.1)$$

Dimana Z_{in} merupakan perbandingan antara jumlah tegangan (tegangan masuk dan tegangan refleksi (V) terhadap jumlah arus (I) pada setiap titik z pada saluran, berbeda dengan karakteristik impedansi saluran (Z_0) yang berhubungan dengan tegangan dan arus pada setiap gelombang. Pada saluran transmisi, nilai z diganti dengan nilai $-l$ ($z = -l$), sehingga persamaan (2.1) menjadi [6] :

$$\begin{aligned} Z_{in}(l) &= \frac{\hat{V}(l)}{\hat{I}(l)} = \frac{V_0^+ [e^{j\beta l} + \Gamma e^{-j\beta l}]}{V_0^+ [e^{j\beta l} - \Gamma e^{-j\beta l}]} Z_0 = Z_0 \left[\frac{1 + \Gamma e^{-j2\beta l}}{1 - \Gamma e^{-j2\beta l}} \right] \\ &= Z_0 \left(\frac{Z_L \cos \beta l + j Z_0 \sin \beta l}{Z_0 \cos \beta l + j Z_L \sin \beta l} \right) \end{aligned} \quad (2.2)$$

2.2.1 Impedansi Masukan Hubungan Singkat Dan Rangkaian Terbuka

Impedansi hubungan singkat (short) Z_s adalah impedansi masukan yang didapatkan jika pada akhir saluran transmisi dihubungkan singkat $Z_L = 0$.

$$Z_s = Z_0 \cdot \tanh(\gamma \cdot l) \quad (2.3)$$

Dan impedansi rangkaian terbuka (open) Z_{op} adalah impedansi masukan jika akhir saluran transmisi terbuka $Z_L \rightarrow \infty$,

$$Z_{op} = Z_0 \cdot \coth(\gamma \cdot l) \quad (2.4)$$

Untuk saluran transmisi yang tak mengandung kerugian, impedansi di atas menjadi

$$\begin{aligned} Z_s &= jZ_0 \cdot \tan(\beta \cdot l) \\ \text{dan} \\ Z_{op} &= -jZ_0 \cdot \cot(\beta \cdot l) \end{aligned} \quad (2.5)$$

Dari persamaan diatas, pada saluran transmisi yang tak mengandung kerugian, impedansi masukan hubungan singkat dan impedansi masukan rangkaian terbuka bersifat induktif ataupun kapasitif, tergantung dari nilai argumen βL . Nilai ini didapat dari hasil kali konstanta phasa (berbanding terbalik dengan panjang gelombang saluran) dan panjang saluran transmisi.[8]

Impedansi masukan hubungan singkat tergantung dari panjang saluran transmisi, nilainya ditampilkan di **Tabel 2.1** dan **Gambar 2.3**.

Tabel 2.1 Impedansi Masukan Rangkaian Hubungan Singkat

Panjang saluran transmisi	Z_i	Keterangan
$L = 0$	$Z_i = 0$	Hubungan singkat
$0 < L < \frac{\lambda}{4}$	$\text{Im}\{Z_i\} > 0$	Induktif
$L = \frac{\lambda}{4}$	$Z_i \rightarrow \infty$	Terbuka
$\frac{\lambda}{4} < L < \frac{3\lambda}{4}$	$\text{Im}\{Z_i\} < 0$	Kapasitif
$L = \frac{3\lambda}{4}$	$Z_i = 0$	Melakukan singkat

Panjang saluran transmisi	Z_i	Keterangan
$\frac{\lambda}{2} < L < \frac{3\lambda}{2}$	$\text{Im}\{Z_i\} > 0$	Induktif
$L = \frac{\lambda}{2}$	$Z_i = \infty$	Terbuka
$L = \frac{3\lambda}{2}$	$Z_i = 0$	Hubungan singkat



Gambar 2.3 Impedansi Masukan Beban Hubungan Singkat, Sebagai Fungsi Dari Panjang Saluran Transmisi[8]

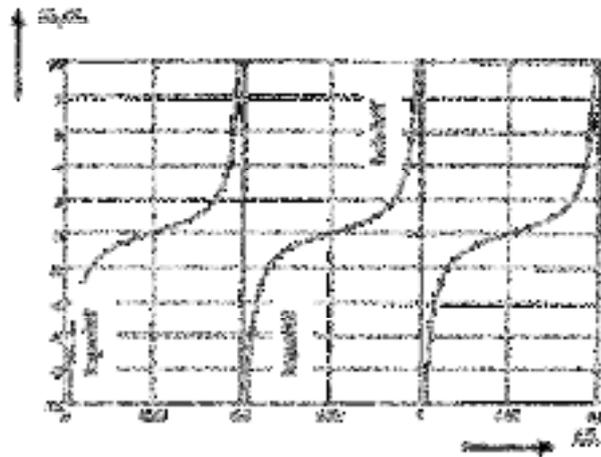
[sumber : buku saluran transmisi, 2021]

Begitu juga dengan impedansi rangkaian terbuka, tergantung dari panjangnya dan frekuensi kerja saluran transmisi tersebut. (Gambar 2.4 dan Tabel 2.2)

Tabel 2.2 Impedansi Masukan Rangkaian Terbuka

Panjang saluran transmisi	Z_{in}	Keterangan
$l = 0$	$Z_{in} \rightarrow \infty$	Terbuka
$\frac{\lambda}{4} < l < \frac{3\lambda}{4}$	$\text{Im}\left\{\frac{Z_{in}}{Z_0}\right\} < 0$	Kapasitif

Panjang saluran transmisi	Z_{in}	Keterangan
$l = \frac{\lambda}{4}$	$Z_{in} = 0$	Hubungan singkat
$\frac{\lambda}{4} < l < \frac{3\lambda}{8}$	$\text{Re}\left\{\frac{Z_{in}}{Z_0}\right\} > 0$	Induktif
$l = \frac{3\lambda}{8}$	$Z_{in} \rightarrow \infty$	Terbuka
$\frac{3\lambda}{8} < l < \frac{5\lambda}{8}$	$\text{Re}\left\{\frac{Z_{in}}{Z_0}\right\} < 0$	Kapasitif
$l = \frac{5\lambda}{8}$	$Z_{in} = 0$	Hubungan singkat
$l = \frac{3\lambda}{4}$	$Z_{in} \rightarrow \infty$	Terbuka
$l = \frac{7\lambda}{8}$	$Z_{in} = 0$	Hubungan singkat
$l = \lambda$	$Z_{in} = Z_0$	Impedansi karakteristik

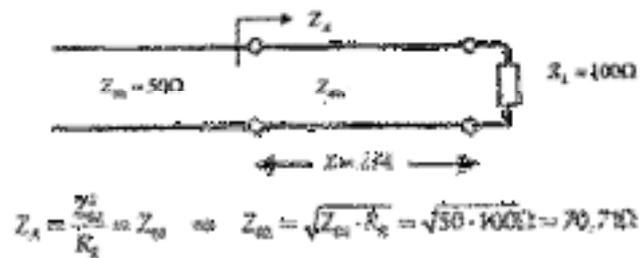


Gambar 2.4 Impedansi Masukan Beban Hubungan Terbuka, Sebagai Fungsi Dari Panjang Saluran Transmisi[8]
 [sumber : buku saluran transmisi, 2021]

Dengan ketergantungan impedansi terhadap frekuensi, terlihat pada impedansi hubungan singkat pada $\beta \cdot L = \pi/2$, atau $L = \lambda/4$, di sisi depan saluran transmisi akan didapatkan impedansi masukan yang besarnya tak terhingga (rangkaiannya terbuka). Sedangkan untuk panjang saluran transmisi antara 0 dan $\lambda/4$ terlihat impedansi yang induktif. Untuk mendapatkan impedansi yang kapasitif, diperlukan panjang saluran transmisi antara $\lambda/4$ dan $\lambda/2$. Tepat untuk panjang $\lambda/2$, di awal saluran transmisi didapatkan hubungan singkat. [8]

2.2.2 Matching Dengan Saluran Transmisi $\lambda/4$

Transformator $\lambda/4$ yang dipergunakan untuk mentransformasikan impedansi beban ke impedansi gelombang saluran transmisi penyambung dengan menggunakan saluran transmisi yang lain. Gambar 2.5 menunjukkan kembali contoh penggunaan transformator $\lambda/4$. Proses matching ini menyaratkan impedansi beban yang riil. [8]



Gambar 2.5 Rangkaian Matching Dengan Transformator $\lambda/4$.

[sumber : *buku saluran transmisi, 2021*]

Jika impedansi beban tidak riil, maka impedansi beban itu dijadikan riil terlebih dahulu dengan menambahkan sebuah saluran transmisi. Hasil transformasi ini menjadi riil, jika memutar impedansi beban itu ke posisi tegangan maksimum (pada sumbu riil positif), atau ke posisi tegangan minimum (pada sumbu riil negatif), sehingga hanya suatu panjang saluran transmisi tertentu saja yang harus dipasangkan. [8]

Atau dengan cara menggunakan komponen kapasitor/induktor yang bertugas untuk mengkompensasikan komponen reaktif di beban, sehingga pada ujung transformator $\lambda/4$ didapatkan beban riil.

2.2.3 Rangkaian Matching Dengan Stub Tunggal Secara Paralel

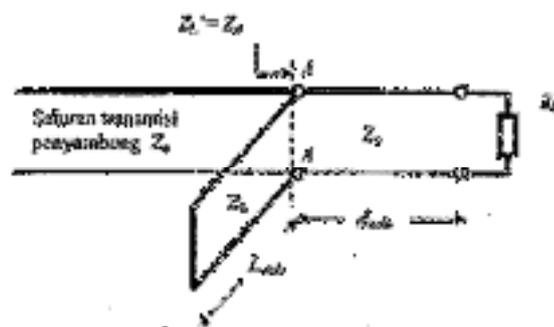
Rangkaian matching bisa juga dibuat dengan menyisipkan sebuah saluran transmisi yang lain. (stub) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6. saluran transmisi stub adalah saluran transmisi dengan panjang tertentu yang ujungnya dihubungkan singkat (short). [8]

Untuk melakukan perancangan rangkaian matching tersebut, dilakukan variasi parameter-parameter :

1. lokasi stub (jarak stub ke impedansi beban) : d_{stub}
2. panjang stub : L_{stub}

Keuntungan dari teknik matching dengan stub tunggal ini mempunyai sifat bisa me-matching impedansi beban dengan nilai apapun. Tetapi, jika beban diganti, maka posisi stub harus diubah untuk mendapatkan kembali kondisi matching yang baru. [8]

Tetapi yang menjadi keuntungan utama teknik ini dibandingkan dengan transformator $\lambda/4$ adalah impedansi saluran transmisi yang dipakai dalam proses matching ini mempunyai nilai yang bisa ditetapkan oleh perancang (misalnya 50 ohm atau 75 ohm), yang pada teknik transformator $\lambda/4$ biasanya tidak terjadi.



Gambar 2.6 Matching Dengan Stub Tunggal Secara Paralel
[sumber : buku saluran transmisi telekomunikasi, 2021]

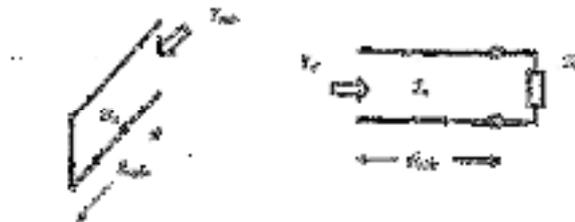
Impedansi gelombang dari saluran transmisi stub biasanya sama dengan saluran transmisi utama, yaitu Z_0 , tetapi tidak harus demikian. Ujung dari saluran transmisi stub dibuat open atau short (pada Gambar 2.6 short), sehingga transformasi akan menghasilkan besaran impedansi yang reaktif (kapasitif atau induktif) di posisi AA . [8]

Dalam analisisnya, karena saluran transmisi akan mentransformasikan impedansi beban (impedansi ujung) ke impedansi depan, pada gambar 2.6 akan terdapat dua impedansi yang saling parallel. Dengan kondisi sambungan parallel, perhitungan akan dilakukan dalam besaran admitansi.

Gambar 2.7, admitansi yang dilihat ke arah stub adalah Y_{stub} dan admitansi yang dilihat ke arah beban didapatkan admitansi Y_d . Admitansi totalnya pada posisi stub menjadi [8]

$$Y_L' = Y_{\text{stub}} + Y_d \quad (2.6)$$

Supaya tidak terjadi refleksi, nilai admitansi ini harus sama dengan nilai admitansi saluran transmisi utama, yang kepadanya rangkaian ini dihubungkan.



Gambar 2.7 Perhitungan Admitansi Masukan Dari Dua Struktur Terpisah
[sumber : buku saluran transmisi, 2021]

$$Y_L' = Y_{\text{stub}} + Y_d = Y_0 = 1/Z_0 \text{ (bernilai riil)} \quad (2.7)$$

Sekarang kita lihat lebih mendalam dalam pengaplikasian teknik stub parallel ini. Saluran transmisi stub dengan akhir yang short atau open, akan mentransformasikan impedansi ke depan dalam bentuk imajiner atau bisa dituliskan dengan :

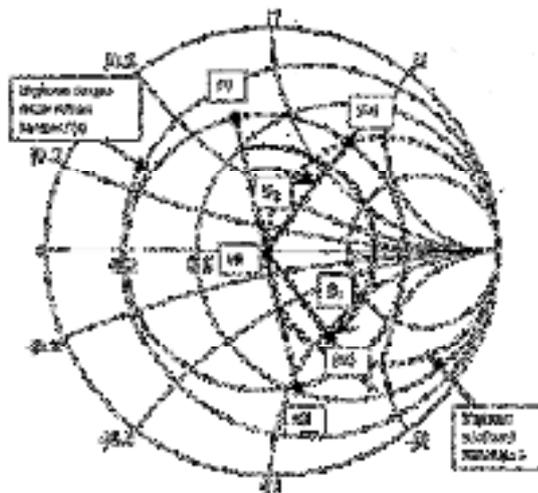
$$Y_{\text{stub}} = jB_{\text{stub}} \quad (2.8)$$

Supaya terjadi matching, kasus di atas harus terpenuhi, sehingga admitansi beban ter – transformasi menjadi

$$Y_d = Y_0 - jB_{\text{stub}} \quad (2.9)$$

Prosedur dari perancangan rangkaian matching dengan stub ini divisualisasikan pada Gambar 2.8. Jika sebuah beban Z_R akan di matching dengan saluran transmisi Z_0 .

1. Gambarkan impedansi ter-normalisasi $Z_R = Z_R / Z_0$ di diagram smith.
2. Admitansi ternormalisasi $y_R = 1 / Z_R$ adalah putaran titik ini sejauh 180° .
3. Admitansi ini harus ditransformasikan melalui panjang d_{Stub} sehingga di posisi saluran transmisi stub didapatkan komponen riilnya bernilai 1 (atau Y_0). Yang pada gambar 2.8 ada dua kemungkinan (titik potong dua buah lingkaran di atas). Hal ini dibedakan oleh dua buah sudut putaran (ϑ_1 dan ϑ_2) atau beda panjang $d_{\text{Stub}1}$ dan $d_{\text{Stub}2}$.
4. Menemui nilai komponen imajiner dari admitansi di atas, yang bisa digunakan untuk menentukan panjang stub L_{stub} .



Gambar 2.8 Proses Rangkaian *Matching* Stub Tunggal Paralel[8]
[sumber : buku saluran transmisi, 2021]

2.2.4 Rangkaian Matching Dengan Stub Tunggal Secara Serial

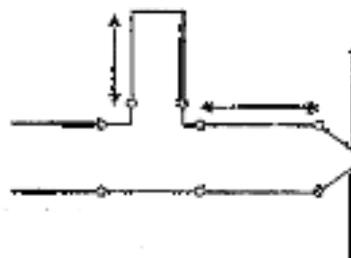
Rangkaian matching dengan stub tunggal serial ini akan diterapkan dengan contoh praktis, yaitu proses matching sebuah antenna dengan impedansi masukan $Z_L = 40 + j15 \Omega$, yang akan dihubungkan dengan sebuah saluran transmisi dengan impedansi gelombang $Z_o = 75 \Omega$.

Tanpa rangkaian matching akan terjadi refleksi gelombang dengan faktornya, [8]

$$\begin{aligned} r &= \frac{40 + j15 - 75}{40 + j15 + 75} = \frac{-35 + j15}{115 + j15} = -0.2825 + j0.1673 \\ &= 0.3283 \cdot e^{j149.3^\circ} \end{aligned}$$

Sehingga dengan demikian $(0,3283)^2$ 100% - 10,8% energinya akan direfleksikan kembali ke generator dan 89,2 % akan dipancarkan.

Sekarang antenna ini akan dimatch dengan sebuah stub tunggal serial, sehingga pada frekuensi 400 MHz terjad matching. Struktur dari rangkaian tersebut ditampilkan pada gambar di bawah ini :



Tujuan dari perancangan rangkaian matching ini adalah penentuan posisi stub d_{stub} dan panjang dari stub L_{stub} . Langkah – langkah :

1. Impedansi beban Z_L akan dinormalisasikan menjadi $40/75 + j15/75 = 0.53 + j0,20$. Gambarkan posisinya di diagram smith.
2. Kemudian putar searah jarum jam (ke arah generator) sampai bertemu dengan lingkaran impedansi 1. Didapatkan $\theta_1 = 70^\circ - (149^\circ) = -79^\circ$,

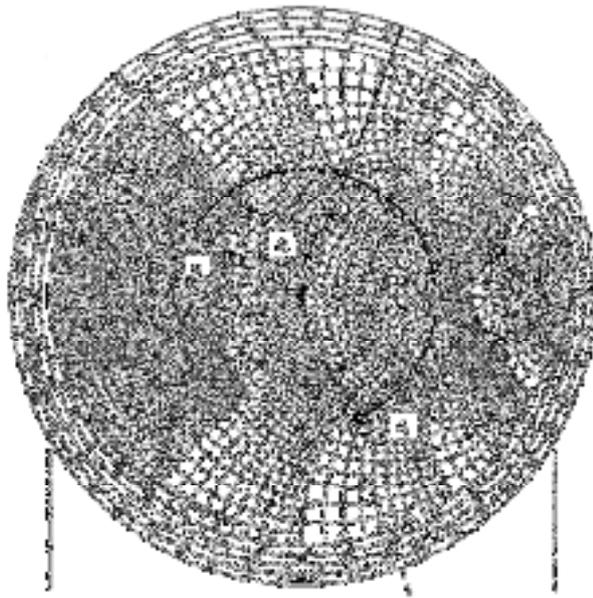
berarti panjang d_{stub1} bisa dihitung menjadi $2x(2\pi/\lambda) d_{\text{stub1}} = -79^\circ = 0,439 \pi$ menjadi $d_{\text{stub1}} = 0,11 \lambda$.

3. Penentuan panjang stub. Impedansi transformasinya bisa dibaca sekitar $1 + j0,7$.

Komponen imajiner ini harus dikompensasikan oleh stub, yang harus belaku kapasitif, atau dengan

$$Z_{\text{in}} = jZ \cdot \tan(\beta \cdot l) \Rightarrow \tan\left(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot L_{\text{stub},1}\right) = -0,7$$

$$\frac{2\pi}{\lambda} \cdot L_{\text{stub},1} = 0,8056\pi \Rightarrow L_{\text{stub},1} = 0,4028\lambda$$

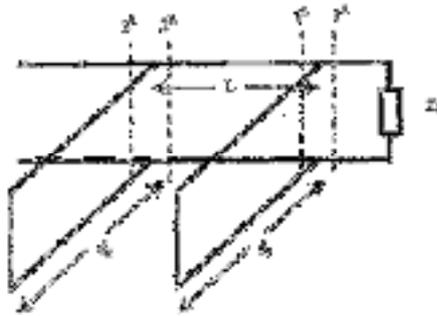


Gambar 2.9 Hasil dari Rangkaian Matching Stub Tunggal
[sumber : *buku saluran transmisi, 2021*]

2.2.5 Rangkaian Matching Dengan Stub Ganda Secara Paralel

Rangkaian stub tunggal, baik yang parallel ataupun yang serial mempunyai kekurangan jika beban mengalami perubahan, tindakan yang perlu diambil untuk mengantisipasinya tidaklah sederhana. Karena alasan tersebut,

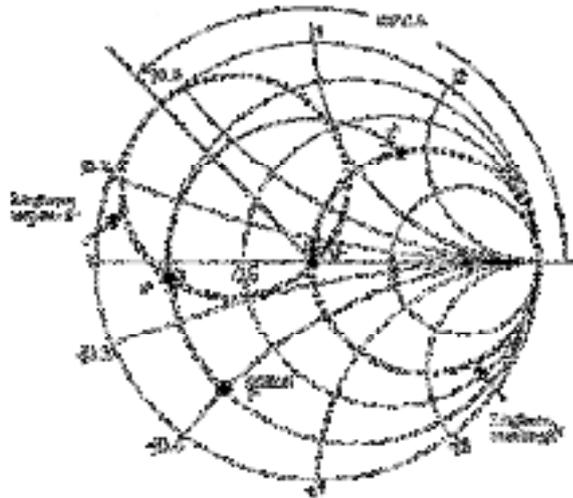
diperkenalkan rangkaian stub ganda. Gambar 2.10 menunjukkan rangkaian stub ganda parallel.



Gambar 2.10 Rangkaian Matching Stub Ganda
[sumber : *buku saluran transmisi, 2021*]

Target dari rangkaian matching ini adalah mentransformasikan admitansi (impedansi) sedemikian rupa, sehingga pada sisi saluran transmisi penyambung, yaitu di posisi 2^L (sebelah kiri stub 2) memiliki admitansi (impedansi) yang sama dengan admitansi (impedansi) gelombang saluran transmisi tersebut. Impedansi di 2^L di diagram smith (Gambar 2.11) terletak di titik matching. Stub 2 yang memiliki panjang d_2 bertugas untuk mengkompensasikan komponen reaktif yang ada pada admitansi di posisi sebelah kanannya, yaitu di 2^R , berapa nilai komponen reaktif di sana tidaklah dikenal, tetapi secara umum admitansi di 2^R terletak di lingkaran matching (lingkaran dengan komponen riil konstan yaitu 1), karena stub 2 seperti yang telah di pelajari pada teknik stub tunggal hanya mengubah nilai imajiner dari suatu admitansi.

Pada gambar 2.11 kita terus bergerak ke arah beban ke arah kanan rangkaian. Admitansi di posisi sebelah kiri stub 1, atau posisi 1^L , bisa dihasilkan dari impedansi di 2^R dengan cara memutarnya berlawanan arah dengan jarum jam. Jadi secara umum lingkaran matching tadi akan kita putar berlawanan arah jarum jam sejauh $180 \times L / \lambda$, sebagai titik putar yaitu titik tengah dan menghasilkan lingkaran terputar 1^L . apa yang kita lakukan berlaku untuk semua kasus dengan jarak antar stub L . [8]



Gambar 2.11 Diagram Smith Pada Rangkaian Matching Stub Ganda
[sumber : *buku saluran transmisi, 2021*]

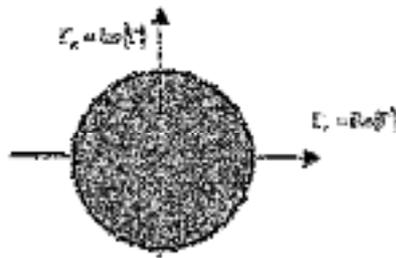
Sekarang kita harus melalui stub 1 untuk sampai ke beban. Admitansi di posisi 1^L didapat dari penjumlahan admitansi stub 1, yang bersifat reaktif, dengan admitansi beban. Jadi antara admitansi beban dan admitansi di posisi 1^L hanya berbeda di komponen imajineranya saja. Jika kita admitansi beban di ketahui, titik admitansi 1^L berada di atas lingkaran dengan konduktansi yang sama.

2.3 Dasar Diagram Smith

Diagram smith (smith's chart) adalah sebuah cara grafis yang akan mempermudah perhitungan yang berhubungan dengan transformasi impedansi. Walaupun akurasi dari hasil yang didapatkan tidak sebgus dengan menggunakan kalkulator, tetapi dengan diagram smith kita bisa secara cepat mendapatkan hasil aproksimatif yang akan membantu memberikan gambaran besaran yang akan didapatkan.

Dengan perkembangan komputer, peranan diagram smith dalam analisa saluran transmisi, terutama pada proses matching memang mengecil, tetapi tetap diagram smith memberikan pengertian gejala fisika yang jelas. [8]

Dasar dari diagram smith adalah penggambaran faktor refleksi pada bidang gauss kompleks, pada Gambar 2.12 menunjukkan wilayah dari faktor refleksi di sepanjang saluran transmisi yang didapatkan karena pemasangan semua beban pasif yang bisa digunakan. Bagian pinggir cakram akan didapatkan, jika beban yang dipasangkan merefleksikan gelombang secara sempurna (faktor refleksi $|r| = 1$). Beban seperti ini misalnya, rangkaian hubungan singkat, rangkaian terbuka, atau beban reaktif murni untuk impedansi gelombang riil. [8]



Gambar 2.12 Cakram Faktor Refleksi Untuk Beban Pasif

[sumber : *buku saluran transmisi, 2021*]

Pada tempat yang sama seperti visualisasi faktor refleksi di atas, akan digambarkan impedansi yang ditransformasikan dari akhir saluran transmisi ke depan, yang berjarak d , dengan persamaan

$$Z(d) = Z_0 \frac{1 + \Gamma(d)}{1 - \Gamma(d)} \quad (2.10)$$

Fungsi $\Gamma(d)$ telah divisualisasikan di Gambar 2.12 sekarang kita juga akan memvisualisasikan fungsi $Z(d)$, yaitu yang dinormalisasi dengan impedansi gelombangnya Z_0 : [8]

$$z(d) = \frac{Z(d)}{Z_0} = \frac{1 + \Gamma(d)}{1 - \Gamma(d)} \quad (2.11)$$

Jika impedansi ternormalisasi itu bisa dituliskan dalam bentuk koordinat kartesian, komponen riilnya sebagai resistansi ternormalisasi Z_r dan komponen imajinerinya sebagai reaktansi ternormalisasi Z_x dan dengan $\Gamma = \Gamma_r + j\Gamma_x$ maka

$$z(d) = z_r + jz_x = \frac{1 + \Gamma_r + j\Gamma_x}{1 - \Gamma_r - j\Gamma_x} = \frac{1 + \Gamma_r + j\Gamma_x}{1 - \Gamma_r - j\Gamma_x} \cdot \frac{1 - \Gamma_r + j\Gamma_x}{1 - \Gamma_r + j\Gamma_x}$$

$$z_r + jz_x = \frac{1 - \Gamma_r^2 - \Gamma_x^2 + j2\Gamma_x}{(1 - \Gamma_r)^2 + \Gamma_x^2} \quad (2.12)$$

Dengan membandingkan komponen riil

$$z_r = \frac{1 - \Gamma_r^2 - \Gamma_x^2}{(1 - \Gamma_r)^2 + \Gamma_x^2} \quad (2.13)$$

Dan imajinerinya

$$z_x = \frac{2\Gamma_x}{(1 - \Gamma_r)^2 + \Gamma_x^2} \quad (2.14)$$

Pertama-tama kita analisa lebih dalam bentuk dari komponen riil,

$$z_r(1 - 2\Gamma_r + \Gamma_r^2 + \Gamma_x^2) = 1 - \Gamma_r^2 - \Gamma_x^2$$

$$(z_r + 1)\Gamma_r^2 - 2z_r\Gamma_r + (z_r + 1)\Gamma_x^2 + z_r - 1 = 0$$

$$\Gamma_r^2 - \frac{2z_r}{z_r + 1}\Gamma_r + \Gamma_x^2 + \frac{z_r - 1}{z_r + 1} = 0$$

$$\left[\Gamma_r - \frac{z_r}{z_r + 1}\right]^2 - \left(\frac{z_r}{z_r + 1}\right)^2 + \Gamma_x^2 + \frac{z_r - 1}{z_r + 1} = 0$$

$$\left[\Gamma_r - \frac{z_r}{z_r + 1}\right]^2 + \Gamma_x^2 = \left(\frac{1}{z_r + 1}\right)^2 \quad (2.15)$$

Persamaan diatas adalah persamaan lingkaran dengan variabel Γ_r dan Γ_x , dan berparameter Z_r . Lingkaran tersebut mempunyai titik pusat di

$$\left(\Gamma_r = \frac{z_r}{z_r + 1}, \Gamma_i = 0 \right) \quad (2.16)$$

Dan radius

$$R = z / z_r + 1 \quad (2.17)$$

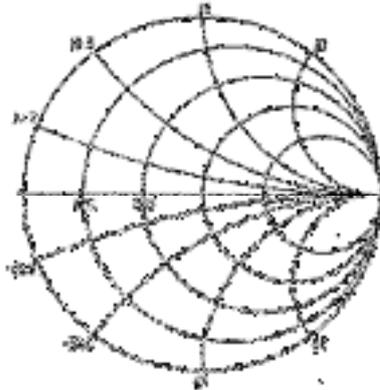
Gambar 2.13 menunjukkan gambar lingkaran untuk beberapa nilai z_r , terlihat dengan berubahnya nilai parameter, lingkaran membesar/mengecil, dan titik tengahnya bergeser. Sebagai ilustrasi, lingkaran dengan parameter $z_r = 0,2$ adalah gambaran semua posisi untuk impedansi yang memiliki nilai riil $0,2Z_0$. [8]



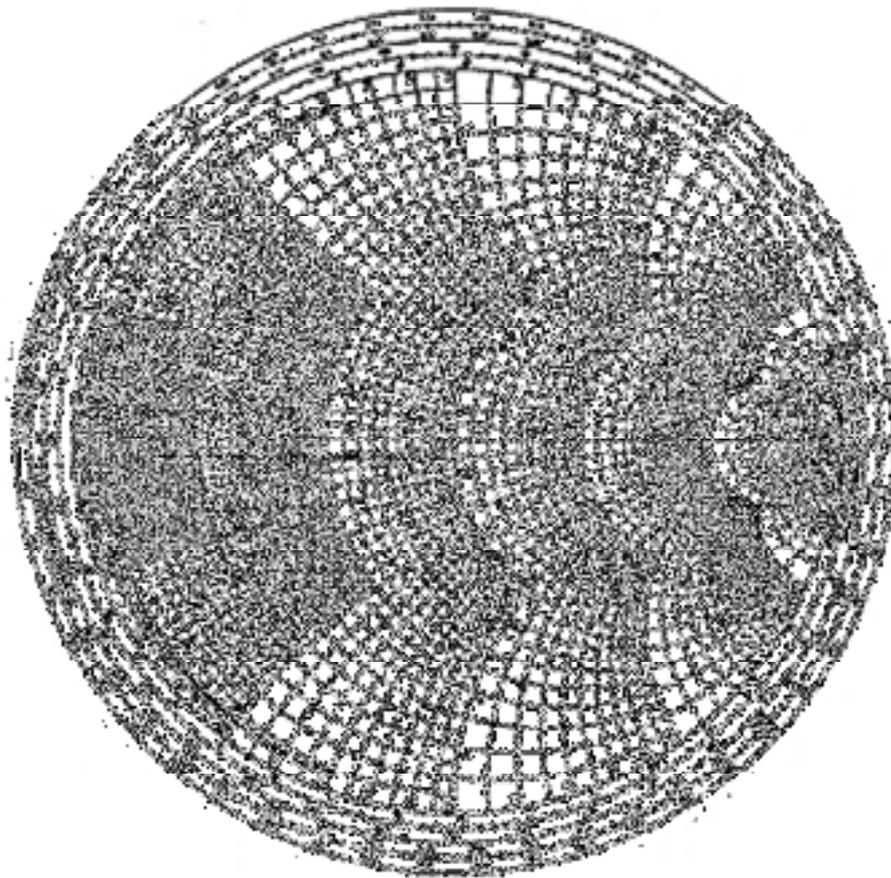
Gambar 2.13 Lingkaran Dari Persamaan Diatas Untuk Beberapa Nilai z_r
[sumber : buku saluran transmisi, 2021]

Sedangkan komponen imajinerinya bisa didapatkan dengan,

$$\begin{aligned} z_0(1 - 2\Gamma_r + \Gamma_r^2 + \Gamma_r^2) &= 2\Gamma_r z_0 \\ \Gamma_r^2 - 2\Gamma_r + 1 + \Gamma_r^2 &= \frac{2\Gamma_r z_0}{z_0} \\ (\Gamma_r - 1)^2 + \left(\Gamma_c - \frac{1}{z_0} \right)^2 &= \left(\frac{1}{z_0} \right)^2 \end{aligned} \quad (2.18)$$



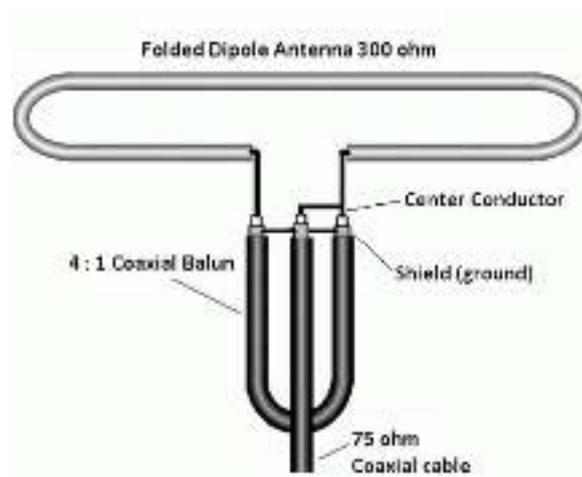
Gambar 2.15 Diagram Smith Sebagai Kombinasi Lingkaran Untuk z_r , z_x Konstan
[sumber : *buku saluran transmisi, 2021*]



Gambar 2.16 Diagram Smith Yang Biasa Digunakan
[sumber : *buku saluran transmisi, 2021*]

2.4 Antena Folded Dipole

Antena folded dipole adalah antena yang berbentuk loop tertutup seperti Gambar 2.17



Gambar 2.17 Antena *Folded Dipole*
[sumber : *id.scribd.com*]

Antena ini hanya dapat bekerja pada satu range frekuensi saja dengan polarisasi yang berbeda-beda dan gain yang berbeda pula. Perhitungan λ dapat dicari dari rumus: [7]

$$\lambda = c / f$$

Keterangan:

λ = panjang antena (m)

c = kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)

f = frekuensi (MHz)

Jadi untuk bekerja pada frekuensi 7,07 MHz di dapatkan λ sebesar 40 meter dan $\frac{1}{2} \lambda$ menjadi 20 meter. Jadi pada jarak kedua dipole adalah 0.39 meter. dilihat dari rangkaian ekuivalen maka sebuah antena folded dipole dapat diartikan sebagai sebuah rangkaian yang terdiri dari sebuah komponen resistive (R) dan dua buah komponen reactive (L dan C). karena ini adalah loop tertutup maka terdapat rangkaian seri dan parallel di mana rangkaian serinya merupakan R dan L, rangkaian seri ini bertemu dengan C maka menjadi rangkaian parallel.

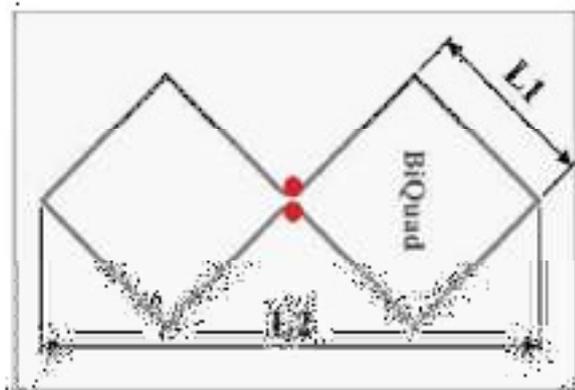
impedansinya merupakan kombinasi diatas menjadi saling menghilangkan (conjugate) dan tahanan resultannya mendekati 75Ω seperti dipole. [7]

Umumnya dikarenakan dimensi fisik dari antena yang berbeda beda maka sebuah antena dipole $\frac{1}{2} \lambda$ tidak melebihi atau berkisar antara 68Ω tergantung pada rasio panjang dan diameter dari kawat/bahan yang dipakai. Karena antena folded dipole merupakan loop tertutup menjadikan tegangan RF dikedua ujungnya sama nilainya sehingga distribusi tegangan dan arus RF di kedua element tersebut akan sama dengan dipole. Bilamana kedua bahan antena folded dipole tersebut sama diameternya maka tahanan input di titik catunya menjadi 4 kali dari dipole tunggal biasa. Secara teoritis $4 \times 75 \Omega = 300 \Omega$. Kenaikan tahanan di titik catu terjadi akibat dari adanya pembagian yang sama dari arus RF dikedua element parallel tersebut. [7]

Adanya pembagian arus RF di titik catu sama dengan hanya $\frac{1}{2}$ arus RF di titik catu seperti yang terjadi pada antena dipole. Jadi dengan daya yang sama kuat diukur di titik catu, baik daya pancar maupun daya terima, arus RFnya hanya akan setengahnya sehingga tahanan di titik catu tersebut naik 4 kali. Dilihat dari bentuknya maka folded dipole adalah seperti saluran transmisi yang balance yang dihubungkan di kedua ujungnya. Dasar dari folded dipole adalah saluran transmisi tak seimbang-unbalance transmission, sehingga akan memancarkan RF. [7]

2.5 Antena Biquad

Antena Biquad merupakan antenna kawat dipole loop persegi ganda dengan reflektornya berbentuk sebuah flat panel dengan lebar sisi yang sedikit lebih panjang daripada rangkaian dipolennya sehingga bertindak seolah-olah sebagai bidang yang tak terhingga luasnya. Letak reflektor tidak jauh dari dipolennya yang bertujuan untuk mengurangi radiasi kearah belakang. Dengan jarak yang kecil antara antena dengan reflektornya, Antena ini terdiri dari 2 buah antena *loop* persegi yang digabungkan menjadi satu, sehingga antenna biquad memiliki 2 loop. Bentuk antena *biquad* seperti yang ditunjukkan pada Gambar di bawah ini.



Gambar 2.18 Konfigurasi Antena Biquad [3]
[sumber : *journal.uhamka.ac.id*, 2021]

Pada Gambar 2.18 merupakan bentuk dari antena *biquad* Gain yang dihasilkan oleh antena dengan large flat sheet reflektor relatif tergantung dari jarak dipolnya. Semakin jauh jarak dipolnya, gain yang diperoleh akan semakin kecil namun bandwidthnya akan semakin besar. Sedangkan pola radiasi antena biquad pada umumnya.[3]

2.5.1 Dimensi Antena Biquad

Antena biquad merupakan perpaduan 2 antena quad yang dirancang dalam 1 elemen. Panjang elemen driven antena biquad adalah 1λ yang mana nilai panjang gelombangnya (λ) yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{c}{f} \text{ (m)}$$

Dengan :

λ = Panjang gelombang (m)

c = Kecepatan gelombang cahaya

f = Frekuensi gelombang kerja (Hz)

Untuk rancangan dipole antena biquad didapat dari panjang gelombang $1/8\lambda$. Jarak dipole biquad yang digunakan sejauh $1/8\lambda$ dari reflektornya. Reflektor antena biquad berbentuk bujur sangkar dengan lebar sisi yang sedikit lebih

panjang daripada rangkaian dipolnya, dengan ukuran dapat dirumuskan sebagai berikut: [3]

$$R = R_a + 0,1 R_a$$

Dengan:

R= Panjang elemen reflector (m)

Ra= Panjang elemen dipolnya (m)

Perencanaan ukuran desain antenna biquad dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.19 Konstruksi antenna *biquad* [3]

[Sumber : *docplayer.info*, 2021]

Pada gambar 2.19 merupakan gambar dari antenna *biquad* yang merupakan antenna yang terbentuk dari gabungan dua kawat *dipole loop* berbentuk *quad* (persegi) dimana bahan yang digunakan berupa kawat tembaga dan letak titik catuan berada di tengah-tengah.

2.5.2 Kelebihan Antena Biquad

Beberapa kelebihan antenna Biquad diantaranya:

1. Dapat menghemat ruang karena desainnya yang kecil dibandingkan antenna kawat panjang.
2. Memiliki nilai gain yang lebih besar kearah depan
3. Dapat meningkatkan kinerja sistem *transmitter* yang sederhana.

Berdasarkan karakteristik dari antenna biquad yang di jelaskan diatas maka penulis memilih Antena Biquad untuk dijadikan bahan penelitian dalam penulisan tugas akhir ini.

Kesimpulannya, antena ideal adalah antena yang dapat memancarkan semua daya yang dikirim kepadanya dari arah yang diinginkan atau arah lain. Dalam prakteknya, keadaan ideal tersebut tidak dapat dicapai, namun dapat dibuat mendekati. Terdapat berbagai jenis antena saat ini dan masing-masing jenis antena dapat mengambil bentuk yang berbeda untuk mencapai karakteristik radiasi yang diinginkan untuk aplikasi tertentu.[3]

2.6 Saluran Transmisi

Saluran transmisi merupakan suatu komponen yang sangat penting dalam sistem transmisi baik sistem kabel maupun nirkabel. Pada sistem transmisi nirkabel, saluran transmisi digunakan untuk menghubungkan pemancar dengan antena pemancar dan penerima dengan antena penerima. Walaupun gelombang yang merambat pada saluran transmisi berupa medan listrik dan medan magnet yang terdapat diantara kedua penghantarnya, tetapi dapat dimodelkan sebagai suatu rangkaian listrik yang memiliki tegangan dan arus.

2.6.1 Jenis Media Saluran Transmisi

Walaupun secara umum media saluran transmisi yang digunakan pada frekuensi tinggi maupun gelombang mikro (microwaves) dapat berupa sepasang penghantar atau sebuah penghantar berongga, namun dalam aplikasinya dapat kita bedakan dalam 4 kategori, yakni :

- A.Saluran transmisi dua kawat sejajar two-wire transmission line),
- B.Saluran transmisi koaksial (coaxial transmission line),
- C.Bumbung gelombang (waveguides),
- D.Microstrip dan stripline.

Saluran transmisi two-wire hanya cocok dipakai pada daerah frekuensi terendah dari spektrum frekuensi radio sebab pada frekuensi yang lebih tinggi saluran transmisi jenis ini memiliki redaman yang sangat besar. Untuk memperbaiki keterbatasan saluran two-wire ini maka pada frekuensi yang lebih

tinggi, Penggunaan sepasang penghantar sejajar digantikan oleh sepasang penghantar yang disusun dalam satu sumbu yang sama, disebut (koaxial). Dengan saluran ini redaman yang dialami medan elektromagnetik dapat dikurangi. Pada daerah frekuensi yang lebih tinggi lagi (gelombang mikro), saluran koaxial tidak cocok dipakai karna gelombang elektromagnetik merambat dalam bentuk radiasi menembus bahan dielektrik saluran sehingga redamannya semakin besar. Untuk itu, digunakan suatu saluran berupa penghantar berongga yang disebut bumbung gelombang (waveguides). [8]

2.7 Impedansi Antena

Impedansi suatu antena adalah impedansi pada terminalnya. Impedansi input akan dipengaruhi oleh antena-antena lain atau objek-objek yang dekat dengannya. Untuk mempermudah dalam pembahasan diasumsikan antena terisolasi. Selanjutnya terdapat impedansi masukan. Impedansi masukan adalah rasio tegangan dengan arus pada pasangan terminal atau rasio dari komponen yang bersesuaian dari medan listrik dengan medan magnetik pada suatu titik. [10] Terdapat 2 jenis resistansi pada antena, yakni :

1. Loss resistansi yang menyebabkan hilangnya daya dalam bentuk energi panas.
2. Radiation Resistance adalah resistansi yang digunakan untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik.

Nilai resistansi antena merupakan penggabungan antara nilai resistansi radiasi dengan resistansi rugi-rugi. Nilai impedansi antena harus dibuat sama dengan nilai impedansi saluran transmisi. Ketika nilai impedansi masukan sama dengan impedansi karakteristik, maka kondisi matching akan terpenuhi. Suatu keadaan disebut matching apabila gelombang yang ditransmisikan dari saluran transmisi ke antena dapat diteruskan seluruhnya dan tidak ada gelombang yang dipantulkan kembali. Saluran transmisi biasanya memiliki nilai hambatan 50Ω atau 75Ω . Saluran transmisi dapat dikatakan mencapai kondisi matched apabila

nilai koefisien refleksi memiliki nilai nol ($\Gamma = 0$). Nilai koefisien refleksi dirumuskan sebagai berikut : [9]

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (2.21)$$

Terdapat tiga kondisi koefisien refleksi ketika komponen imajiner bernilai nol, yaitu:

1. $\Gamma = 0$, merupakan saluran transmisi dan beban dalam kondisi matching, yaitu tidak ada gelombang yang dipantulkan dan seluruhnya diteruskan ke beban.
2. $\Gamma = +1$, koefisien refleksi positif maksimum ketika nilai impedansi beban menuju tak terhingga (∞) atau dengan kata lain saluran transmisi berada pada kondisi open circuit sehingga seluruh gelombang datang akan dipantulkan kembali.
3. $\Gamma = -1$, koefisien refleksi negatif minimum ketika nilai impedansi beban nol (0) atau saluran transmisi berada pada kondisi short circuit dimana pada kondisi ini seluruh gelombang akan terus dialirkan pada saluran transmisi.

Impedansi kompleks antena didefinisikan pada komponen bagian resistif (real) dan reaktif (imajiner). [9]

$$Z_A = R_A + jX_A \quad (2.22)$$

Dimana,

R_A merupakan tahanan antena [(daya disipasi) rugi-rugi ohmic + radiasi]

X_A merupakan reaktansi antena [(energi yang tersimpan) medan dekat antena].

Kita dapat mendefinisikan tahanan antena sebagai penjumlahan dua tahanan yang terpisah dan melambangkan rugi-rugi ohmic dan radiasi.

$$R_A = R_r + R_L \quad (2.23)$$

Untuk persamaan diatas,

R_r merupakan hambatan radiasi antenna.

R_L merupakan rugi-rugi tahanan antenna.

Bentuk sistem pemancaran antenna dapat didefinisikan sebagai sebuah generator, saluran transmisi dan pemancaran antenna seperti yang ditunjukkan dibawah ini,



Gambar 2.20 Bentuk Pemancaran Antena Dari Generator Melalui Saluran-T

[Sumber : buku *antena dan propagasi gelombang – harry ramza edisi 1, 2021*]

Generator dimodelkan sebagai sebuah sumber tegangan kompleks V_g dan sebuah sumber impedansi kompleks. Pada kasus ini, generator dapat dihubungkan langsung menuju antenna. [9]

2.8 Balun (*Balance Unbalance*)

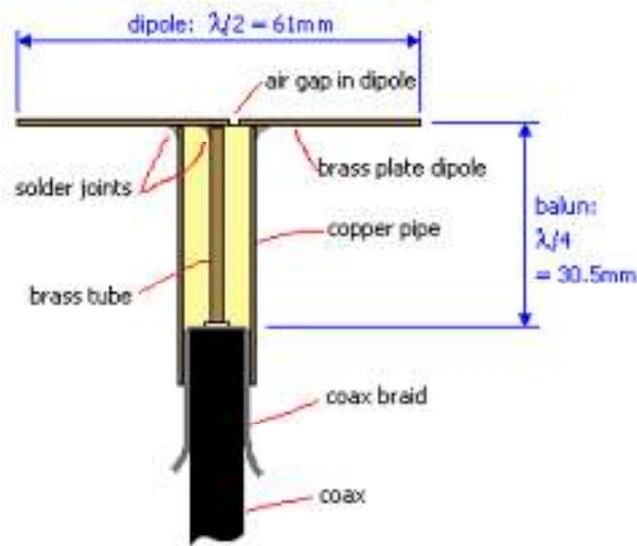
Dimana balanced berarti kedua ujung dari pencatuan harus memiliki level tegangan yang sama terhadap ground, jika tidak maka dapat dikatakan unbalanced. Balun adalah alat yang digunakan untuk menyesuaikan impedansi antara antenna dengan coaxial cable, dalam hal ini digunakan untuk menghubungkan antara feeder line yang unbalance misalnya coaxial cable dengan antenna yang balance misalnya antenna dipole dan antenna folded dipole[10]. Berikut ini adalah rumus yang digunakan untuk menentukan panjang elemen untuk membuat balun dengan ukuran setengah lambda frekuensi kerja.

$$L = 0,5 \times \lambda \times fv \text{ logam}$$

Dimana,

λ = Panjang gelombang

fv = Faktor *Velocity* logam (0.95)



Gambar 2.21 Bagian-Bagian Balun

2.8.1 Macam-macam Balun

Balun selain berguna juga berguna untuk menyesuaikan impedansi antara antenna dan feeder line. Ada Balun 1 : 1, ada Balun 1 : 4, Balun 1 : 6, Balun 1 : 9 , Balun 1 : 12 dan sebagainya. Balun 1 : 1 digunakan jika impedansi antenna sama persis dengan impedansi feederline. [2]

- a. Balun 1 : 1 digunakan untuk antenna Dipole dengan kabel koaksial berimpedansi 50 Ohm seperti RG-8/U, RG-213, RG-58/U.
- b. Balun 1 : 4 dan Balun 1 : 6 digunakan untuk antenna Folded Dipole yang mempunyai impedansi sekitar 300 Ohm jika hendak dihubungkan dengan kabel koaksial berimpedansi 50 Ohm.
- c. Balun 1 : 9 atau Balun 1 : 12 digunakan untuk antenna Windom atau antenna jenis lain yang mempunyai impedansi sekitar 450 Ohm – 600 Ohm jika hendak dihubungkan dengan kabel koaksial berimpedansi 50 Ohm. Dengan Balun yang mempunyai perbandingan yang tepat, antenna apa pun pada prinsipnya bisa dihubungkan ke kabel feeder (koaksial) kita sehingga matching bisa dicapai dengan lebih baik.

2.8.2 Karakteristik Balun

Balun bisa dibuat dari bermacam-macam material, seperti dari kabel koaksial, toroid, batang Ferit (yang biasa kita temui pada Radio MW) dan material-material lain. Yang paling mudah adalah membuat Balun dari batang Ferit atau Toroid. Berikut ini Penulis akan menguraikan cara membuat Balun dari batang Ferit. Perbandingan impedansi pada Input dan Output Balun adalah sama dengan perbandingan kuadrat jumlah lilitan Input dengan kuadrat jumlah lilitan Output. Dapat dituliskan sebagai berikut :[2]

$$Z_{\text{input}}:Z_{\text{output}} = (N_1)^2:(N_2)^2 \quad (2.24)$$

Di mana :

N : Lilitan

Z : Impedansi

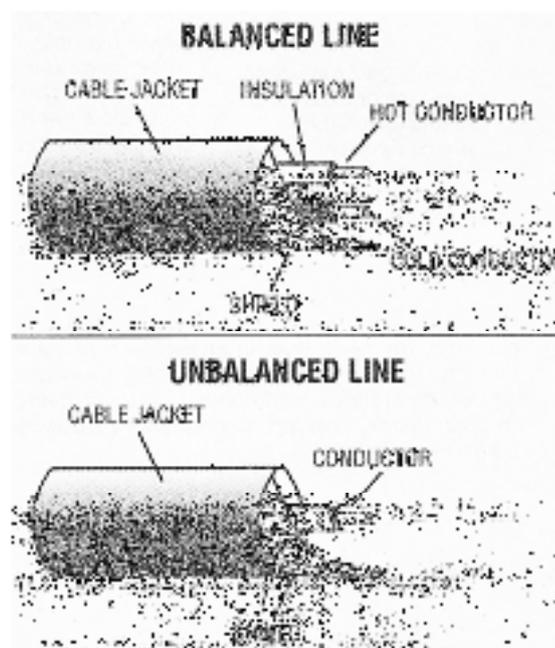
Untuk lilitan Input N bisa diambil 6 – 10 lilit, sedangkan untuk lilitan N harus kita hitung berapa jumlah lilitan yang dibutuhkan untuk membuat Balun yang diinginkan. Kawat yang dipergunakan untuk membuat Balun adalah kawat email atau kawat berisolasi seperti-nya. Diameter kawat cukup 1 mm untuk TX berdaya sampai 150 Watt dan diameter kawat 1,5 mm cukup untuk menghandle daya sampai 500 Watt. Untuk TX berdaya 2000 Watt agar memakai diameter kawat yang lebih besar, misalnya 2 mm. Makin besar diameter kawat e-mail, makin sulit untuk digulung.

2.8.3 Perbedaan Kabel Balanced & Unbalanced

Kabel berapapun panjangnya, akan selalu berfungsi sebagai antenna yang akan menangkap Kabel berapapun panjangnya, akan selalu berfungsi sebagai antenna yang akan menangkap gelombang noise elektro magnet yang biasanya ditimbulkan oleh peralatan listrik, motor, monitor computer dan lain-lain. Keunggulan dari kabel Balanced adalah kemampuannya untuk menolak noise yang ditimbulkan tadi. Kecuali kalau memang anda sedang berada dalam sebuah lingkungan yang mempunyai tingkat noise yang cukup ekstrim. Umumnya kabel

balanced digunakan pada peralatan professional audio. Jika kita menggunakan kabel balanced, kita bisa menghubungkan microphone ke mixer sampai jarak yang cukup jauh (bisa mencapai 100-an meter).

Sedangkan kabel unbalanced biasanya hanya bisa membawa sampai jarak beberapa meter saja. Karena itu untuk jarak pendek anda bisa menggunakan kabel unbalanced. Tapi untuk jarak jauh, usahakan untuk hanya menggunakan kabel “balanced”.



Gambar 2.22 Perbedaan Kabel Balanced dan Unbalanced

[Sumber : *id.scribd.com*, 2021]

Berikut ini perbedaan kabel balanced dan unbalance :

A. Kabel unbalance

1. Kabel unbalanced mempunyai ciri fisik yaitu, terdiri dari dua konduktor, ditengahh-tengahnya terdapat konduktor pertama berbentuk serabut sebagai pengirim sinyal positif, diluarnya dibungkus melingkar dengan serat konduktor kedua yang berfungsi sebagai pengirim sinyal negatif yang juga digabung sebagai ground.

2. Dalam penggunaan sistem audio kabel jenis ini tidak bisa menggunakan phantom power sebagai pre-amp.
3. Karena struktur kabelnya yang sederhana maka semakin panjang kabel semakin rentan terhadap gangguan elektromagnetik (bisa mengakibatkan noise).
4. Untuk konektor terminalnya TS (Tip Sleeve).

B. Kabel Balance

1. Kabel balance mempunyai ciri fisik terdiri dari tiga buah konduktor, ditengahnya terdapat dua kabel konduktor yang dililiti atau dilingkari dan dibungkus dengan konduktor ketiga (berupa foil dan anyaman) berfungsi sebagai perisai dari gangguan elektromagnetik.
2. Bisa menggunakan fasilitas phantom power, jika anda memiliki mic condensor maka penggunaan kabel ini sangatlah cocok.
3. Tidak bermasalah dalam penggunaan kabel berukuran panjang karena struktur kabel yang memiliki shield (pelindung) terhadap noise.
4. Untuk konektor terminalnya TRS (Tip Ring Sleeve).

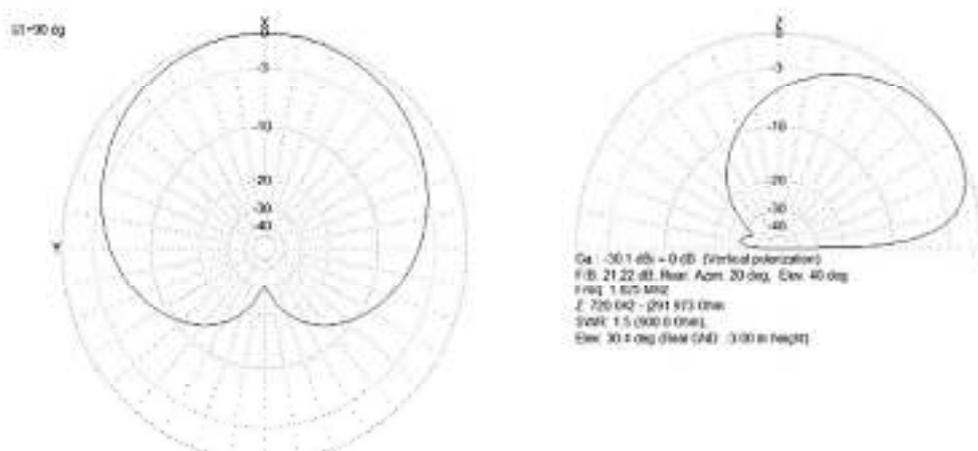
2.9 Software MMANA – Gal

MMANA-Gal merupakan Software untuk merancang dan mensimulasikan antena dengan menggunakan geometri antena yang telah diperhitungkan. Pengembang dari aplikasi ini ialah Alex Schewelew, Igor Gontcharenko, dan Makoto Mori. [11] Penggunaan dari aplikasi ini dengan menginput geometri dari antena yang dirancang dan kemudian akan dikalkulasi untuk mendapat parameter kesuluan dari antena. Seperti Gambar 2.23.



Gambar 2.23 Tampilan MMANA – Gal

Gambar 2.23 memperlihatkan tampilan dari MMANA – Gal berupa penginputan nilai geometri dari antenna dan hasil kalkulasi geometri dari antenna. Parameter yang ditampilkan pada MMANA – Gal berupa SWR, impedansi, dan gain dari antenna yang dirancang. [11] MMANA – Gal juga mampu untuk memperlihatkan pola radiasi yang dirancang seperti Gambar 2.24



Gambar 2.24 Plot Pola Radiasi Antena

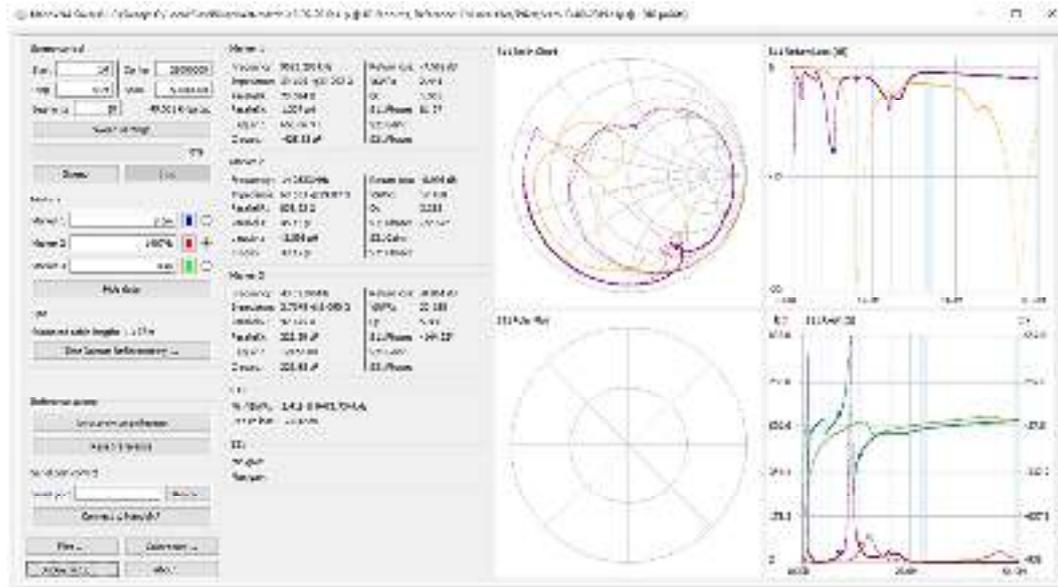
2.10 NanoVNASaver

NanoVNASaver dikembangkan oleh Rune B. Broberg. Ini adalah alat multiplatform untuk menyimpan file Touchstone dari NanoVNA, rentang frekuensi meluas dalam segmen untuk mendapatkan lebih dari 101 titik data, dan secara umum menampilkan dan menganalisis data yang dihasilkan.

Perangkat lunak ini terhubung ke NanoVNA dan mengekstrak data untuk ditampilkan di komputer, dan untuk disimpan ke file Touchstone.

Fitur terkini:

1. Membaca data dari NanoVNA
2. Memisahkan rentang frekuensi menjadi beberapa segmen untuk meningkatkan resolusi (dicoba hingga > 10k poin)
3. Rata-rata data untuk hasil yang lebih baik terutama pada frekuensi yang lebih tinggi
4. Menampilkan data pada beberapa tipe grafik, seperti Smith, LogMag, Phase dan grafik VSWR, untuk S11 dan S21
5. Menampilkan penanda, dan impedansi, VSWR, Q, kapasitansi / induktansi yang setara, dll. Di lokasi ini
6. Menampilkan pita frekuensi yang dapat disesuaikan sebagai referensi, misalnya pita radio amatir
7. Mengekspor dan mengimpor file Touchstone 1-port dan 2-port
8. Fungsi TDR (pengukuran panjang kabel)
9. Tampilan jejak aktif dan referensi
10. Pembaruan langsung data dari NanoVNA, termasuk untuk penyapuan multi-segmen
11. Kalibrasi dalam aplikasi, termasuk kompensasi untuk standar kalibrasi yang tidak ideal
12. Opsi tampilan yang dapat disesuaikan, termasuk "mode gelap"
13. Mengekspor gambar dari nilai yang diplot



Gambar 2.25 Tampilan *NanoVna Saver*

Tabel 2.3 Spesifikasi *Software Nano Vna Saver*

Parameter	Versi Papan	Spesifikasi	Kondisi
Rentang Frekuensi	V2_2, V2 Plus	50KHz – 3GHz	-
	V2 Plus4	50KHz – 4.4GHz	-

Tabel 2.4 Perbandingan Dengan Penelitian Sebelumnya

No	Judul	Tahun	Penulis	Metode/Alat	Hasil
1.	Penerapan Antenna <i>Double Biquad</i> Untuk Transmisi Data Monitoring Ketinggian Air Pada Frekuensi 2,4ghz	2018	Irfan Kurnianto	Antena double biquad, Ground plane, Modul Nrf2401L, Arduino Uno.	Antena mampu mengirimkan data hasil monitoring dengan gain yang besar dan bandwidth yang besar.

2.	Perancangan Dan Realisasi Antena <i>Biquad</i> Yagi Dan Antena <i>Biquad Omnidirectional</i> Sebagai <i>Repeater</i> Pasif Untuk Meningkatkan Daya Terima Sinyal WCDMA	2017	Fakhrana Dhafina, Bambang Setia Nugroho, Irfan Maulana .	Menggunakan software simulator.	Repeater dapat mengirimkan sinyal yang kuat untuk jaringan WCDMA yang jauh dari BTS.
3.	Rancangan Antena Telemetry <i>Biquad</i> 5.800 Mhz Wahana Terbang Fotogrametri.	2017	Gede Saindra Santyadi putra , I Wayan Sutaya , I Gede Mahendra Darmawiguna	Telemetry transceiver, GPS, Compass Ublox, Pixhawk Flight Controller	memancarkan sinyal ke ground station. Sinyal yang dikirimkan digunakan untuk mengetahui titik koordinat dan pemantauan jarak jauh berupa video dari wahana yang sedang terbang.
4.	Rancang Bangun Antena Mikrostrip Patch <i>Biquad</i> untuk WLAN 2,4 GHz dengan Pencatuan Proximity Coupled	2017	Budi Irawan	HFSS Ansoft v13	mampu bekerja pada frekuensi 2,4 GHz , dengan Return Loss <-10 dB, dan VSWR < 2. Dan terealisasi bekerja pada frekuensi tengah 2,49 Ghz yang menghasilkan Return Loss -29,5583, VSWR

					1,0684 , Bandwidth 100 MHz dan Pola radiasi directional.
5.	Rancang Bangun Antena Mikrostrip Model <i>Biquad</i> untuk Komunikasi <i>Wireless</i> dengan Pandu Gelombang <i>Coplanar</i> pada Frekuensi 5.8 GHz	2018	Megastin M Lumembang.	Antena Biquad	dapat menerima dan memancarkan gelombang signal <i>wireless</i> dengan lebar band sebesar 400 MHz
6.	Rancang Bangun Antena Mikrostrip Mimo Triangular Patch Frekuensi 2300 Mhz Untuk Teknologi 4g Lte	2020	Erlis Cahyani , Maria Ulfah S.T.,M.T	Software CST Studio 2018	mampu memperkuat sinyal di area atau wilayah yang memiliki kualitas kekuatan sinyal yang lemah.
7.	Rancang Bangun Antena Octaquad Sebagai Pemancar Repeater Untuk Aplikasi Penguat Sinyal 4g Pada Frekuensi 1800 MHz	2019	Benny Nixon, S.T., M.T. , Rifqi Wahyu Purnomo	CST Studio Suite 2014	Mampu memancarkan repeater untuk aplikasi penguat sinyal 4G pada frekuensi 1800 MHz.

8.	Rancang Bangun Antena Mikrostrip Patch Swastika Untuk Penguat Sinyal 4g Indoor Pada Frekuensi 1,8 Ghz	2020	Wisnu Arif Kridawan, Rahmat	Software simulasi antena CST 2016.	Menghasilkan gain yang lebih besar dari 1 dB sehingga didapatkan level sinyal 4G LTE yang lebih baik.
9	Rancang Bangun Wifi Extender 2.4 GHz	2020	Dandun Widhiantoro, Abdul Aziz Abdullah, Muhammad Faishal Akbar.	Wemos ESP8266, firmware wifi extender,SSID extender.	Dapat menerima sinyal wifi yang kecil di dalam sebuah ruangan, dan memancarkannya kembali.
10	Antena Penguat Sinyal Handphone Dengan Frekuensi 1800 Menggunakan Repeater Rf.	2018	Jakobus Tiwery, Roberto Corputty	Antena yagi, repeater, kabel UTP.	Mengkoneksikan Antena penguat dengan Repeater RF, Wi-fi sebagai pemancaran sinyal pada HP