BAB II

LANDASAN TEORI

Pada bab ini berisikan tentang teori yang dipakai sebagai permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir yang meliputi definisi radio frekuensi (sinyal RF), *energy harvesting*, *voltage doubbler (Dickson charge pump)*, dioda *scottsky*, persamaan Friis, karakteristik pengisian baterai Li-on, Antena, spesifikasi telepon genggam Nokia 8250, spesifikasi *transmitter handy talky* Fc 80.

2.1 Radio frekuensi (sinyal RF)

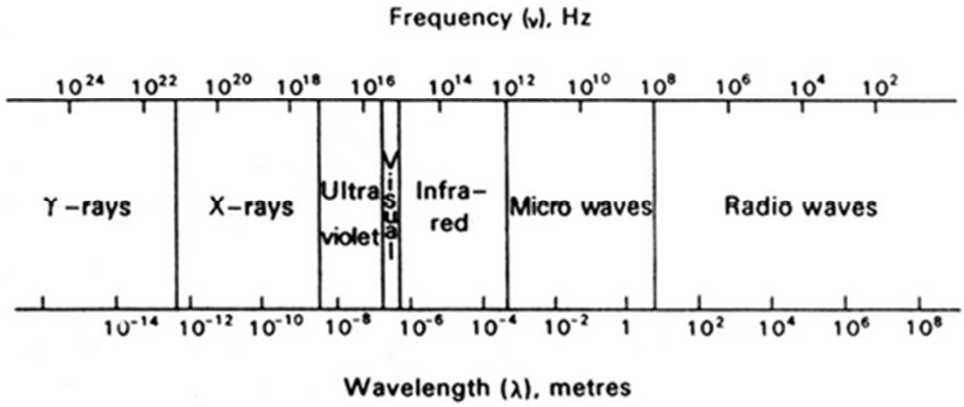
Sinyal radio frekuensi merupakan gelombang elektromagnetik yang digunakan oleh sistem komunikasi untuk mengirim informasi melalui udara dari satu titik ke titik lain yang berisolasi dalam kisaran sekitar 3 KHz sampai 3 GHz, sesuai dengan frekuensi gelombang radio dan arus bolak balik yang membawa sinyal radio.

Sinyal radio frekuensi dapat dihasilkan dari radio amatir, telepon selular, pemancar radio, pemancar televisi, BTS, *transmitter* untuk *wireless* internet, radar dan sistem navigasi lainnya, komunikasi satelit, jaringan komputer dan aplikasi yang tak terhitung lainnya.



Gambar 2.1 Sinyal RF di Kehidupan

Gelombang elektromagnetik atau gelombang radio frekuensi dapat dihasilkan dari rangkaian osilator, dengan frekuensi paling rendah sampai frekuensi paling tinggi. Lebar frekuensi gelombang elektromagnetik disebut spektrum gelombang elektromagnetik. Spektrum frekuensi gelombang elektromagnetik beserta ukuran panjang gelombangnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.2 Spektrum Sinyal Elektromagnetik

Berdasarkan spektrum gelombang elektromagnetik tersebut, daerah frekuensi yang digunakan pada gelombang radio adalah pada frekuensi 10 Hz sampai dengan 10^8 Hz atau panjang gelombang 10^8 meter sampai dengan ±1 meter. Frekuensi gelombang radio ini kemudian dibagi menjadi beberapa *band* berdasarkan karakteristik propagasinya. Pembagian *band* frekuensi gelombang radio dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.1 Pembagian *Range* Frekuensi dan Panjang Gelombang

Nama		Frekuensi	Panjang Gelombang
Very Low Frequency	VLF	<30 kHz	>10 km
Low Frequency	LF	30 – 300 kHz	1-10 km
Medium Frequency	MF	300-3000 kHz	100-1000 km
High Frequency	HF	3-30 MHz	10-100 m
Very High Frequency	VHF	30-300 MHz	1-10 m
Ultra High Frequency	UHF	300-3000 MHz	10-100 cm

Dari tabel di atas dapat dilihat pembagian *range* frekuensi untuk aplikasi teknologi yang menggunakan radio frekuensi. Sebagai contoh pada *range* 30 MHz – 300 MHz (VHF) digunakan untuk komunikasi radio, pada range 300 MHz – 3 GHz (UHF) digunakan untuk komunikasi televisi, komunikasi seluler menggunakan *range* frekuensi dari 900 MHz – 1800 MHz dan komunikasi tranmisi *wireless* LAN pada frekuensi 2.4 GHz dan lain-lain.

Berdasarkan pembagian *range* frekuensi dan panjang gelombang, sinyal – sinyal RF ini memiliki beberapa sifat yang dijadikan acuan untuk proses pemasangan jaringan nirkabel, di antaranya :

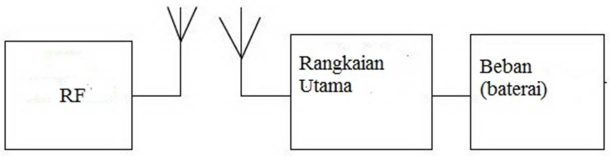
1. semakin panjang gelombang, semakin jauh gelombang merambat. Untuk daya pancar yang sama, gelombang dengan panjang gelombang yang lebih panjang cenderung menjalar lebih jauh dari pada panjang gelombang yang lebih pendek
2. semakin panjang gelombang, semakin mudah melewati suatu penghalang.

3. semakin pendek panjang gelombang, semakin banyak data yang dapat dikirim. Semakin cepat gelombang bergetar semakin banyak informasi yang dapat dibawa saat bergetar.

2.2 *Energy Harvesting*

Energy harvesting atau dikenal sebagai *power harvesting* atau *energy scavengging* adalah proses mengambil atau memanfaatkan energi yang berasal dari sumber luar (external) seperti energi panas, energi kinetik, tenaga surya, tenaga angin, sinyal radio frekuensi dan lain-lain, yang dimana energi tersebut disimpan atau digunakan pada alat-alat elektronika yang kita gunakan. Dalam tugas akhir ini menggunakan radio frekuensi sebagai sumber *energy harvesting*.

Energi radio frekuensi saat ini dihasilkan oleh sumber-sumber yang menghasilkan medan elektromagnetik tinggi diantaranya telepon genggam, *handy-talky*, BTS dan stasiun televisi atau radio. Daya tarik pada radio frekuensi *power harvesting* pada dasarnya saat penggunaan atau pemanfaatan energi secara gratis dari berbagai pemancar radio frekuensi. Kemampuan untuk memanen energi RF memungkinkan pengisian nirkabel dari perangkat daya rendah. Sistem peralatan elektronik berbasis baterai dengan memanfaatkan sistem ini dapat menghilangkan penggantian baterai atau memperpanjang masa operasi dari sistem yang menggunakan baterai sekali pakai. Hal ini mendukung mobilitas pengisian dan pemakaian. Dengan menggunakan rangkaian tertentu yang dihubungkan dengan antena, radio frekuensi dapat ditangkap dan diubah menjadi tegangan DC yang dapat digunakan oleh perangkat tersebut.



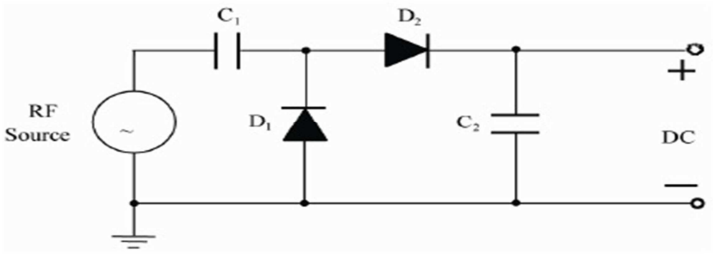
Gambar 2.3 Sistem RF Energi Harvesting

2.3 *Voltage Doubler*

Voltage doubler adalah sebuah rangkaian elektronika yang mengisi kapasitor dari tegangan input dan dari proses pengisian ini secara ideal, tegangan yang dihasilkan sebesar dua kali lipat dari tegangan input. Yang paling sederhana dari rangkaian ini adalah bentuk dari rectifier yang mengambil tegangan AC sebagai input dan menghasilkan tegangan DC dua kali lipat. Elemen yang digunakan pada proses *switching* pada pengisian kapasitor ini menggunakan sebuah dioda. Dioda digunakan untuk mengubah keadaan input dari tegangan bolak balik menjadi tegangan DC. *Voltage doubler* merupakan salah satu dari berbagai jenis *voltage multiplier*. Hampir sebagian besar dari rangkaian *voltage doubler* dapat dilihat sebagai single stage dari *multiplier*. Pada tugas akhir ini menggunakan *voltage doubler* dengan menggunakan prinsip *Dickson charge pump*.

Dickson charge pump atau *Dickson multiplier* adalah rangkaian yang terdiri dari dioda dan kapasitor yang dikaskade di mana kapasitor tersebut dikendalikan oleh pulsa. *Dickson multiplier* sering digunakan dalam rangkaian IC yang tegangan suplai lebih rendah daripada yang dibutuhkan oleh rangkaian. Hal ini menguntungkan dalam pembuatan IC yang semua komponen semikonduktor pada dasarnya berjenis sama.

Ada banyak variasi elemen *switching* dari rangkaian *Dickson charge pump*, tetapi untuk rangkaian pada tugas akhir ini menggunakan komponen dioda *schottky* akan menjadi pilihan yang lebih baik pada proses *switching* untuk drop tegangan yang sangat rendah pada rangkaian ini.



Gambar 2.4 Dickson Charge Pump

Pada rangkaian ini saat gelombang AC memasuki rangkaian maka nilai puncak gelombang input lebih besar dari pada nilai tegangan *threshold* dioda, maka kapasitor C1 akan menyimpan muatan sampai nilai tegangan puncak input tercapai. Saat siklus positif gelombang input menurun, kapasitor C1 akan tetap menyimpan tegangan dengan nilai yang sama dalam kasus ini dioda D1 *short circuit* dan D2 *open circuit*. Saat memasuki siklus negatif dioda D2 dalam kondisi *short circuit* dan D1 *open circuit* hal ini menyebabkan kapasitor C2 berisi dengan tegangan yang sesuai dengan sumber dan ditambah dengan tegangan yang ada pada kapasitor C1. Dengan demikian tegangan pada kapasitor C2 akan bernilai dua kali tegangan input. Dapat disimpulkan bahwa dengan menambahkan *stage* pada rangkaian akan mendapatkan tegangan yang lebih besar.

2.4 Persamaan Friss

Persamaan Friss adalah persamaan untuk mengukur rugi-rugi daya sinyal elektromagnetik yang dialami oleh suatu komunikasi jarak jauh (*Pathloss*) yang dipengaruhi oleh jarak dan panjang gelombang sinyal elektromagnetik tersebut. Pada dasarnya semakin besar frekuensi sinyal elektromagnetik maka semakin besar energi yang dipancarkan tetapi jika frekuensi sinyal elektromagnetik semakin besar maka panjang gelombang semakin kecil dan begitu juga sebaliknya jika frekuensi sinyal kecil maka panjang gelombang yang didapatkan semakin besar. Selain itu jika dilihat dari jarak maka semakin besar jarak yang memisahkan komunikasi tersebut maka pathloss yang didapatkan semakin besar. Persamaan Pathloss dapat dilihat pada persamaan (2.1)

$$L_p = \left(\frac{4\pi r}{\lambda}\right)^2 \tag{2.1}$$

Keterangan :

L_p = Pathloss

r = jarak komunikasi (meter)

λ = panjang gelombang (meter)

Selain itu dalam tugas akhir ini menggunakan persamaan transmisi friis yang digunakan untuk mencari daya sinyal RF yang diterima oleh suatu antena. Pada persamaan ini daya terima suatu antena di pengaruhi oleh gain antena, panjang gelombang dan jarak antar antena. Persamaan transmisi Friss ditunjukkan pada persamaan (2.2)

$$P_r = P_t G_t G_r \frac{\lambda^2}{(4\lambda)^2 r^2 L} \quad (2.2)$$

Keterangan :

P_r = Daya RF yang diterima

P_t = Daya pancar

G_t = *Gain* antena *transmitter*

G_r = *Gain* antena *receiver*

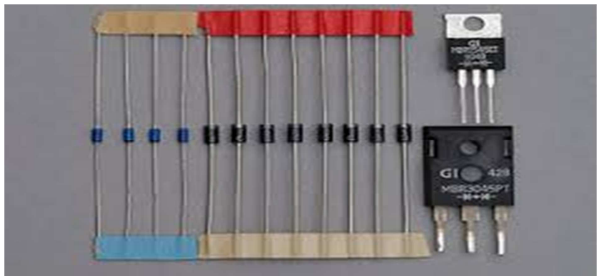
r = Jarak antara *transmitte*r dan *receiver*

L = Rugi – rugi pada perangkat komunikasi

2.5 Dioda *Schottky*

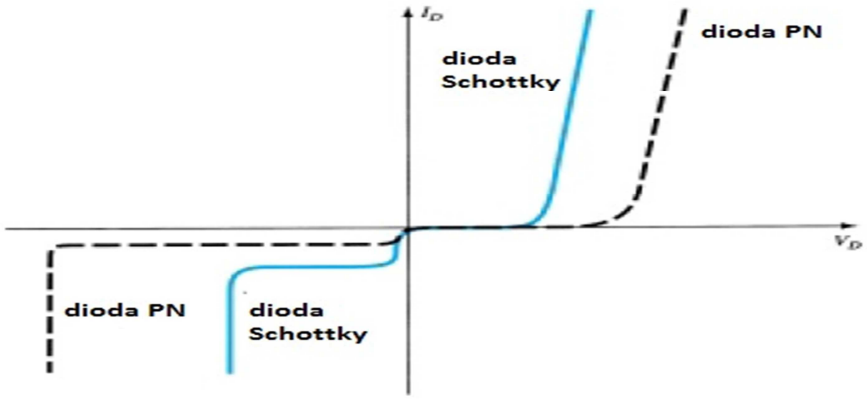
Dioda *Schottky* adalah dioda dengan drop tegangan maju yang sangat rendah dan memilki proses *switching* yang cepat. Sebuah dioda silikon normal memiliki drop tegangan maju antara 0.6 – 1.7 volt, sementara dioda *Schottky* drop tegangan maju bernilai sekitar 0.15 - 0.45 volt. Karena drop tegangan rendah ini dioda *Schottky* dapat memberikan kecepatan *switching* yang lebih tinggi dan efisiensi sistem yang lebih baik. Berbeda dengan dioda pada umumnya yang tersusun dari gabungan bahan semikonduktor tipe P dan N, diode *Schottky* hanya menggunakan bahan semikonduktor tipe N dan disambung dengan bahan logam atau tipe P dan disambung dengan logam. Karena memiliki susunan bahan yang berbeda dengan dioda P dan N, maka dioda *Schottky* memiliki karakteristik yang berbeda dengan dioda P dan N seperti *range* kerja frekuensi, kecepatan swithcing, hingga tegangan yang lebih rendah dari pada dioda silikon atau germanium. Perbedaan yang paling penting

antara P dan N dengan dioda *Schottky* adalah pada proses baliknya waktu pemulihan, ketika beralih dari keadaan tidak menghantarkan ke keadaan menghantarkan dan sebaliknya. Dimana dalam dioda P dan N waktu pemulihan balik dapat dalam orde ratusan nano-detik dan kurang dari 100 nano-detik untuk dioda cepat sedangkan pada diode *Schottky* tidak memilki waktu pemulihan.



Gambar 2.5 Dioda *Schottky*

Dioda *Schottky* juga memilki kurva karakteristik yang menjelaskan tentang karakter – karakter istimewa yang membedakan dengan dioda lainnya. Perbedaan dioda *Schottky* dengan dioda germanium atau silikon dapat dilihat pada gambar di bawah.



Gambar 2.6 Kurva Karakteristik Dioda Schottky

Seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.6 menjelaskan apabila dioda *Schottky* dikondisikan pada bias maju (forward bias). Tegangan maju yang dihubungkan pada dioda *Schottky* membuat lapisan penahan akan melemah akibat tarikan tegangan positif sumber tegangan terhadap elektron yang menempel dilapisan penahan ini. Apabila tegangan ini cukup besar, maka lapisan penahan tersebut akan jebol dan arus dapat melewati dioda *Schottky* dimana besar arusnya ditentukan oleh nilai tegangan pada dioda *Schottky* tersebut. Lapisan penahan pada dioda *Schottky* "lebih tipis" dibandingkan daerah pemisah pada sambungan P dan N dioda biasa. Sehingga arus yang dihasilkan pada saat bias maju, lebih besar pada dioda *Schottky* daripada dioda biasa pada saat diberi tegangan maju. Tetapi untuk kondisi bias terbalik (reverse bias), lapisan penahan yang tipis ini menyebabkan tegangan *breakdown* dioda *Schottky* lebih rendah dibanding dioda biasa. Sama seperti dioda biasa, pada kondisi bias terbalik, terdapat arus bocor (I_s) yang mengalir pada dioda *Scottky*. Arus bocor pada dioda *Schottky* disebabkan elektron pada bahan logam bergerak menuju bahan semikonduktor. Salah satu penelitian yang masih berjalan adalah bagaimana cara meminimalisir arus bocor pada dioda *Schottky* ini. Sedangkan untuk tegangan bias maju, dioda *Schottky* memiliki level tegangan on yang lebih rendah daripada dioda Germanium dan Silikon. Tegangan on pada dioda *Schottky* bernilai sekitar 0.1 hingga 0.2 V.

2.6 Karakteristik Pengisian Baterai Telepon Seluler (Li-on)

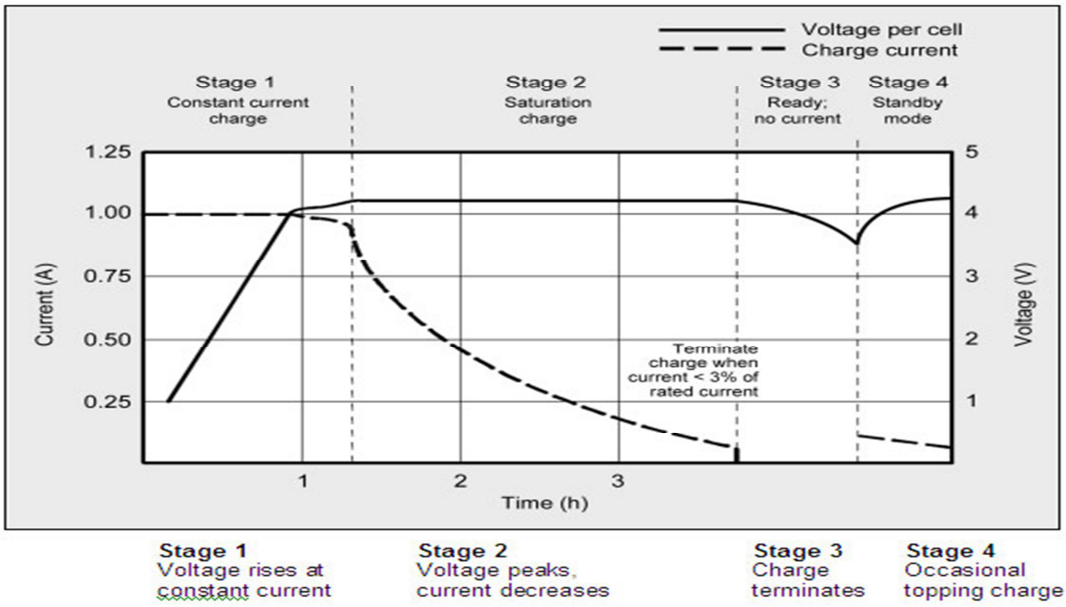
Baterai Li-on adalah baterai generasi ketiga dari baterai yang dapat diisi ulang tenaganya. Keuntungan dari baterai ini adalah ukurannya yang kecil dan ringan sehingga dapat memberikan efektifitas dalam penggunaanya. Keunggulan baterai ini

adalah tidak ada pengaruh memori efek pada saat mengisi baterai sehingga tidak memerlukan energi baterai habis untuk melakukan pengisian kembali. Selain itu, tidak ada efek "*over charge*" untuk mendapatkan *trickle charge* dalam kondisi full karena dapat menurunkan kemampuan baterai tersebut. Baterai Li-on yang mempunyai tegangan minimal 3,6 V dengan tegangan pengisian maksimum adalah 4,2 V.

Tabel 2.2 Tegangan Baterai Li-on

Charge V/cell	Capacity at cut-off voltage	Charge time	Capacity with full saturation
3.80	60%	120 min	65%
3.90	70%	135 min	76%
4.00	75%	150 min	82%
4.10	80%	165 min	87%
4.20	85%	180 min	100%

Proses pengisian baterai Li-on terjadi saat nilai tegangan yang memasuki baterai naik secara konstan sampai batas yang ditentukan (*stage* 1) sedangkan kondisi baterai penuh pada saat nilai arus yang mengisi baterai akan mengalami penurunan atau berada di bawah nilai yang telah ditetapkan (*stage* 2 – *stage* 3) hal ini di tandai dengan baterai telah mencapai tegangan *threshold* dan arus telah mencapai nilai tiga persen dari rating arus yang telah ditentukan atau dapat dikatakan baterai dalam kondisi penuh saat nilai arus jatuh dan tidak bisa turun lebih jauh lagi sehingga dapat disimpulkan bahwa pengisian baterai Li-on tidak harus sampai benar – benar penuh untuk digunakan. Hal ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini



Gambar 2.7 Karateristik pengisian Baterai Li-on [16]

2.7 Antena

Antena merupakan alat untuk mengirim dan menerima gelombang elektromagnetik yang bergantung kepada pemakaian dan penggunaan frekuensinya, antena bisa berwujud dalam berbagai bentuk, mulai dari seutas kabel, *dipole*, atau pun yagi. Selain itu antena juga merupakan alat pasif tanpa catu daya (*power*), yang tidak bisa meningkatkan kekuatan sinyal radio, seperti reflektor pada lampu senter, tetapi hanya membantu mengkonsentrasi dan memfokuskan sinyal. Kekuatan dalam mengkonsentrasi dan memfokuskan sinyal radio, satuan ukurnya adalah dB (*decibel*). Jadi ketika dB bertambah, maka jangkauan jarak yang bisa ditempuh pun bertambah. Jenis antena yang akan dipasang harus sesuai dengan sistem yang akan kita bangun, juga disesuaikan dengan kebutuhan penyebaran sinyalnya. Bentuk antena bermacam

macam sesuai dengan desain, pola penyebaran dan frekuensi dan gain. Panjang antena secara efektif adalah panjang gelombang frekuensi radio yang dipancarkannya.

2.7.1 Parameter Antena

Pada antena terdapat parameter yang digunakan untuk mengukur kinerja dari antena. Parameter-parameter tersebut adalah pola radiasi, direktifitas, impedansi input dan VSWR *(Voltage Standing Wave Ratio)*, efisiensi antenna, *return loss*, *Gain*, dan *bandwidth*.

1. Pola Radiasi

Pola radiasi pada antena merupakan sebuah fungsi matematis atau gambaran grafis dari komponen – komponen radiasi sebuah antena. Pola radiasi biasanya digambarkan dalam daerah medan jauh dan ditunjukkan sebuah fungsi koordinat direksional.

2. Direktifitas

Directifitas merupakan perbandingan dari intensitas radiasi sebuah antena pada suatu arah tertentu dengan intensitas radiasi rata-rata, yang dinyatakan sebagai berikut

$$D(\theta,\phi) = \frac{U(\theta.\phi)}{Uave} \qquad (2.3)$$

Dimana :

$U(\theta,\phi)$ = intensitas radiasi

U_{ave} = intensitas radiasi rata-rata

3. Impedansi Input dan VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*)

Impedansi input suatu antena adalah impedansi pada terminalnya. Impedansi input akan dipengaruhi oleh antena-antena lain atau obyek-obyek yang dekat dengannya. Untuk mempermudah dalam pembahasan diasumsikan antena terisolasi.

Impedansi antena terdiri dari bagian riil dan imajiner, yang dapat dinyatakan dengan :

$$Z_{in} = R_{in} + j X_{in} \qquad (2.4)$$

Dimana :

R_{in} = impedansi riil

X_{in} = impedansi imajiner

Sedangkan *Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)* adalah perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri maksimum dengan minimum. VSWR dinyatakan sebagai berikut :

$$VSWR = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \qquad (2.5)$$

Dimana :

Γ = koefisien pantul

Dalam prakteknya *VSWR* harus bernilai lebih kecil dari 2 (dua).

4. Efisiensi Antena

Efisiensi antena merupakan parameter yang menentukan seberapa banyak rugi – rugi daya yang muncul pada terminal dan struktur antena.

5. *Return Loss*

Return Loss merupakan parameter yang menunjukkan jumlah daya yang hilang akibat pemberian beban dan tidak memantul kembali di saluran transmisi. VSWR dan *Return Loss* (RL) merupakan parameter yang menentukan kondisi *matching* pada antena dan saluran transmisi.

6. *Gain*

Ada dua jenis penguatan pada antena yaitu penguatan absolut dan penguatan relatif. Penguatan absolut pada antena adalah perbandingan antara intensitas pada arah tertentu dengan intensitas radiasi yang diperoleh. Sedangkan penguatan relatif adalah perbandingan antara perolehan daya pada sebuah arah dengan perolehan daya pada antena referensi pada arah yang direferensikan juga.

7. *Bandwidth*

Bandwidth pada antena didefinisikan sebagai rentang frekuensi dimana kinerja antena yang berhubungan dengan beberapa karakteristik (impedansi masukan, polarisasi, *gain*, efisiensi, VSWR, *return loss*) memenuhi spesifikasi standar. *Bandwidth* antena dirusumuskan sebagai berikut :

$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \; x\,100\,\% \qquad (2.6)$$

Dimana :

f_2 = frekuensi kerja yang kedua

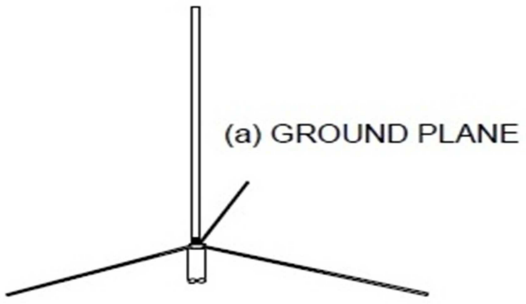
f_1 = frekuensi kerja yang pertama

f_c = frekuensi *center*

2.7.2 Jenis Antena

1. Antena *Monopole*

Antena *monopole* merupakan antena yang memiliki satu kutub untuk menangkap gelombang (*mono* = satu dan *pole* = kutub). Antena *monopole* merupakan gabungan dari bidang konduktor yang dipasang di bawah elemen tunggal pembawa arus dengan panjang tertentu dimana radiasi elektromagnetik hanya terjadi di atas bidang konduktor.



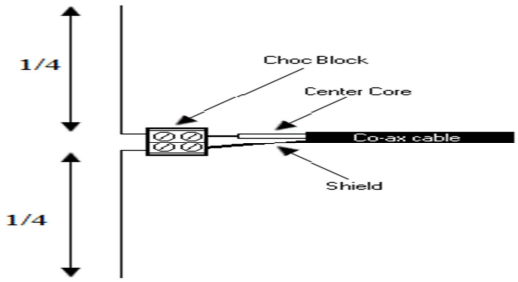
Gambar 2.8 Antena Monopole

Panjang antena *monopole* merupakan seperempat dari panjang gelombang (λ) yang digunakan. Besar Penguatan (*gain*) kebanyakan antena *monopole* sekitar 2 – 6

dB dan mempunyai lebar *bandwidth* sekitar 10%. Hambatan radiasi sekitar 36,5 ohm dan mempunyai nilai direktifitas sebesar 3,28 (5,16 dB).

2. Antena *Dipole*

Antena *dipole* setengah gelombang memiliki panjang yang besarnya sama dengan besar setengah panjang gelombang kerjanya. Walaupun panjang dari antena tersebut bisa lebih besar dan lebih kecil dari nilai setengah panjang gelombang tersebut.



Gambar 2.9 Antena Dipole

Pada gambar di atas menunjukkan bahwa bentuk dari antena *dipole* setengah (1/2) panjang gelombang yang dimana panjang dari sisi – sisinya bernilai seperempat (1/4) dari panjang gelombang kerjanya. Besar *gain* pada antena *dipole* umumnya sekitar 2 dB dan mempunyai lebar *bandwidth* sekitar 10 % dengan direktifitas 1,64 (2,15 dB).

2.8 Spesifikasi Telepon Genggam Nokia 8210

Jenis telepon genggam yang digunakan pada tugas akhir ini menggunakan Nokia 8250. Telepon genggam ini mendukung fasilitas standar yang dimiliki telepon genggam biasa antara lain : proses telepon, pengiriman sms dan beberapa aplikasi standar seperti *games*, *browsing* dan lain-lain. Walaupun hanya mendukung proses mengiriman data standar, telepon genggam ini memiliki beberapa kelebihan tampilan layar warna serta kapasitas waktu operasi baterai lebih lama dari pada telepon genggam canggih yang ada saat ini. Nokia 8250 ini memiliki sumber daya berupa baterai LI-ION (lithium ion) yang dapat disi ulang (*rechargeable*).



Gambar 2.10 Telepon Genggam dan Baterai Nokia 8210

Pada sistem yang dilakukan di tugas akhir ini proses *charging* dilakukan saat baterai terpasang pada telepon genggam, dengan demikian proses *charging* dapat diamati melalui indikator *charging* yang ada pada telepon genggam pada umumnya.

Tabel 2.3 Spesifikasi Telepon Genggam Nokia 8250

Spesifikasi	Ukuran
SIM card	Mini Sim
GSM	900. 1800
Dimensi	102,5 x 45 x 19 mm, Vol 69 cm^3
Tampilan	STN 84 x 48 px
Berat	81 gram
Baterai	Li-ion 650 Mah

2.9 Spesifikasi *Handy Talky Firstcomm* FC 08

Pada tugas akhir ini sinyal radio frekuensi dihasilkan oleh *handy talky*. *Handy talky* merupakan alat komunikasi radio yang dapat dibawa kemana-mana dan berfungsi untuk melakukan pertukaran data dalam hal ini suara. Pada proses pengiriman data *handy talky* mengeluarkan sinyal radio frekuensi yang digunakan sebagai sumber energi pada pengisian baterai telepon genggam. Dalam pengerjaan tugas akhir *handy talky* yang digunakan yaitu firstcomm Fc 08. *Handy talky firstcomm* Fc 08 memiliki beberapa karakteristik atau spesifikasi standar. Spesifikasi tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.4 Spesifikasi *Handy Talky Fisrtcom* Fc 08

Spesifikasi	Ukuran
Frekuensi range	135 – 174 Mhz (VHF)
Tegangan operasi	7.4 volt DC
Suhu	-20 – 50 celcius
Impedansi antena	50 ohm
Berat	250 g
Dimensi	111 x 55 x 36 mm
Output Power	5 watt / 1 watt (VHF)