

2.3. Teori Pendukung

2.3.1 Radio Frekuensi

Frekuensi radio adalah gelombang elektromagnetik yang dihunakan untuk komunikasi dengan media udara. Spektrum frekuensi radio adalah susunan pita frekuensi radio yang mempunyai frekuensi lebih kecil dari 3000 GHz sebagai satuan getaran gelombang elektromagnetik yang merambat. Sinyal radio frekuensi dapat dihasilkan dari telepon seluler, pemancar radio, pemancar televisi, BTS, transmitter untuk wireless internet, radar, komunikasi satelit, dan lain sebagainya.

Tabel Frekuensi Radio

Nama Frekuensi	Frekuensi (Hz)	Panjang Gelombang
Very Low (VLF)	<30 k	> 10 km
Low (LF)	30-300 k	1-10 km
Medium (MF)	300-3000 k	100-1000 km
High (HF)	3-30 M	10-100 m
Very High (VHF)	30-300 M	1-10 m
Ultra High (UHF)	300-3000 M	10-100 cm
Super High (SHF)	3-30 G	1-10 cm
Extreme High (EHF)	30-300 G	1-10 mm

Dari table 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.

2.3.2 Gelombang radio GSM (Radio Seluler)

Radio seluler merupakan salah satu bentuk dari dari pancaran gelombang radio yang juga bisa menjadi suatu bentuk komunikasi dua arah antar pengguna dengan menggunakan

gelombang radio sebagai penghantarnya Radio seluler digunakan secara luas dan umum dalam bidang komunikasi mobile, seperti modem nirkabel dan telepon genggam.

GSM (*global system for mobile communication*) merupakan jaringan telekomunikasi bergerak yang dibangun dan dioperasikan oleh operator telekomunikasi untuk melayani sistem komunikasi publik dalam satu area tertentu. Teknologi GSM saat lebih banyak digunakan untuk komunikasi seluler dengan berbagai macam layanannya. Dalam kehidupan sehari-hari kita lebih mengenal *Handphone* (HP) sebagai aplikasi teknologi GSM yang paling populer.

2.3.3 Energy Harvesting

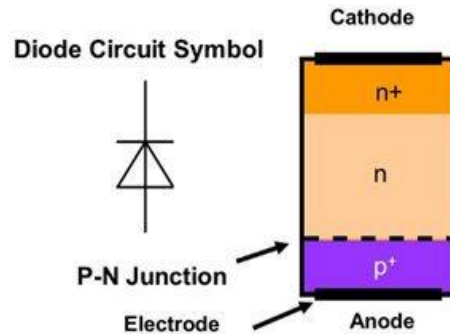
Energy harvesting atau pemanenan energi adalah proses dimana energi didapatkan dari sumber eksternal seperti energi solar, energi panas, energi dari angin energi kinetik. Energi tersebut diambil dan disimpan untuk perangkat kecil dan wireless seperti digunakan pada perangkat elektronik yang dapat dipakai dan rangkaian sensor. Energy harvesting memberikan daya yang sangat kecil untuk perangkat daya rendah. Tidak seperti bahan yang digunakan untuk sumber berskala besar.

Energi radio frekuensi saat ini dihasilkan oleh sumber-sumber yang menghasilkan medan elektromagnetik tinggi diantaranya telepon genggam, *handytalky*, 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.

Mendapat energi (energy harvesting) dapat diperoleh dari sinyal-sinyal yang berpropagasi pada frekuensi GSM 900 MHz yang banyak digunakan oleh masyarakat. Karena sinyal-sinyal tersebut memiliki level dayanya sendiri, maka dimungkinkan untuk memperoleh sebagian dari daya itu dengan menggunakan rectenna. Dari karakteristik ini muncul ide untuk memperoleh daya dari sinyal-sinyal itu untuk kemudian diolah dan disimpan bagi keperluan tertentu.

2.3.4 Dioda

Dioda adalah komponen elektronika aktif yang terdiri dari dua kutub dan berfungsi menyearahkan arus. Komponen ini terdiri dari penggabungan dua semikonduktor yang masing-masing diberi doping (penambahan material) yang berbeda, dan tambahan material konduktor untuk mengalirkan listrik.



Gambar. Dioda

Struktur utama dioda adalah dua buah kutub elektroda berbahan konduktor yang masing-masing terhubung dengan semikonduktor silikon jenis p dan silikon jenis n. Anoda adalah elektroda yang terhubung dengan silikon jenis p dimana elektron yang terkandung lebih sedikit, dan katoda adalah elektroda yang terhubung dengan silikon jenis n dimana elektron yang terkandung lebih banyak. Pertemuan antara silikon n dan silikon p akan membentuk suatu perbatasan yang disebut P-N Junction.

Secara sederhana, cara kerja dioda dapat dijelaskan dalam tiga kondisi, yaitu kondisi tanpa tegangan (unbiased), diberikan tegangan positif (forward biased), dan tegangan negatif (reverse biased).

1) Kondisi tanpa tegangan

Pada kondisi tidak diberikan tegangan akan terbentuk suatu perbatasan medan listrik pada daerah P-N junction. Hal ini terjadi diawali dengan proses difusi, yaitu Bergeraknya muatan elektro dari sisi n ke sisi p. Elektron-elektron tersebut akan menempati suatu tempat di sisi p yang disebut dengan holes. Pergerakan elektron-elektron tersebut akan meninggalkan ion positif di sisi n, dan holes yang terisi dengan elektron akan menimbulkan ion negatif di sisi p. Ion-ion tidak bergerak ini akan membentuk medan listrik statis yang menjadi penghalang pergerakan elektron pada dioda.

2) Kondisi tegangan positif (Forward-bias)

Pada kondisi ini, bagian anoda disambungkan dengan terminal positif sumber listrik dan bagian katoda disambungkan dengan terminal negatif. Adanya tegangan eksternal akan mengakibatkan ion-ion yang menjadi penghalang aliran listrik menjadi tertarik ke masing-masing kutub. Ion-ion negatif akan tertarik ke sisi anoda yang positif, dan

ion-ion positif akan tertarik ke sisi katoda yang negatif. Hilangnya penghalang-penghalang tersebut akan memungkinkan pergerakan elektron di dalam dioda, sehingga arus listrik dapat mengalir seperti pada rangkaian tertutup.

3) Kondisi tegangan negatif (Reverse-bias)

Pada kondisi ini, bagian anoda disambungkan dengan terminal negatif sumber listrik dan bagian katoda disambungkan dengan terminal positif. Adanya tegangan eksternal akan mengakibatkan ion-ion yang menjadi penghalang aliran listrik menjadi tertarik ke masing-masing kutub. Pemberian tegangan negatif akan membuat ion-ion negatif tertarik ke sisi katoda (n-type) yang diberi tegangan positif, dan ion-ion positif tertarik ke sisi anoda (p-type) yang diberi tegangan negatif. Pergerakan ion-ion tersebut searah dengan medan listrik statis yang menghalangi pergerakan elektron, sehingga penghalang tersebut akan semakin tebal oleh ion-ion. Akibatnya, listrik tidak dapat mengalir melalui dioda dan rangkaian diibaratkan menjadi rangkaian terbuka.

2.3.4.1 Dioda RF

Dioda dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan karakteristik dan fungsinya. Dioda RF dirancang untuk menangani sinyal frekuensi radio berdaya tinggi (RF) dalam perangkat seperti amplifier stereo, pemancar radio, monitor televisi, dan frekuensi radio atau perangkat microwave lainnya.

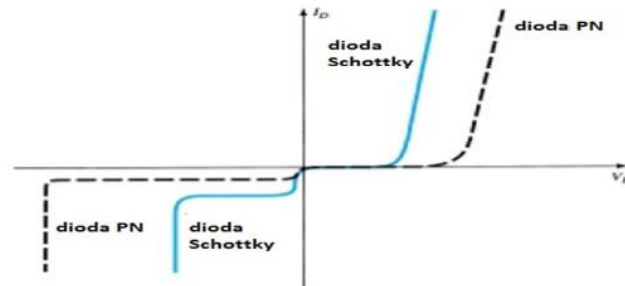
2.3.4.2 Dioda Schottky

Untuk *power harvesting* dengan daya yang rendah, *dioda Schottky* seringkali digunakan karena memiliki drop tegangan terendah dan kecepatan *switching* yang tinggi, oleh karena itu memiliki kerugian daya terendah akibat konduksidan *switching*. 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 *switching*, 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 memiliki waktu pemulihan.

Perbedaan diode *Schottky* dengan dioda germanium atau silikon dapat dilihat pada gambar di bawah.

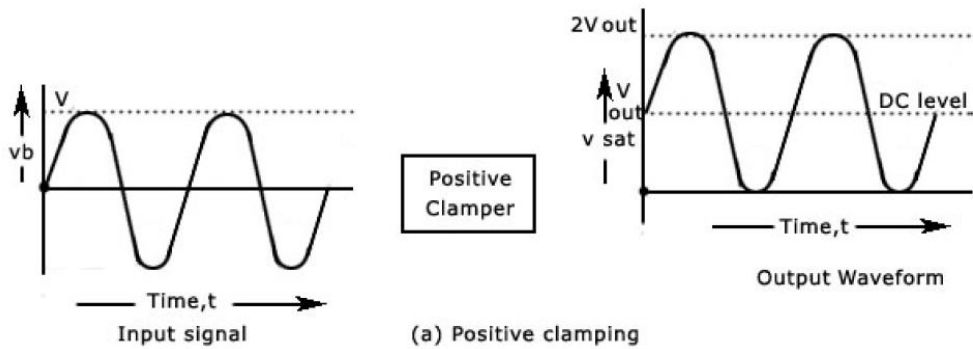


Gambar. Perbandingan Kurva Karakteristik Schottky dan Silikon

Seperti ditunjukkan dalam Gambar, 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 diode biasa pada saat diberi tegangan maju. Tetapi untuk kondisi bias terbalik (reverse bias), lapisan penahan yang tipis ini menyebabkan tegangan *breakdown* diode *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*.

2.3.5 Clamper

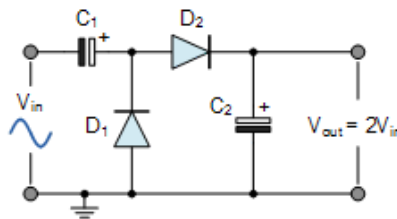
Rangkaian clamper digunakan untuk menempatkan puncak positif atau negatif sinyal pada level yang diinginkan. Untuk rangkaian clamper dibutuhkan tiga komponen yaitu dioda, kapasitor dan resistor. Komponen dc sederhananya ditambahkan atau dikurangkan kea tau dari input sinyal. Rangkaian disebut clamper positif, saat sinyal didorong oleh rangkaian. Saat sinyal bergerak keatas, puncak negatif sinyal bersamaan berada di level nol. Seperti yang dijelaskan pada gambar.



Gambar. Clamper Positif

2.3.5.1 Clamper sebagai voltage doubler

Rangkaian clamper positif apabila bekerja 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. *Voltage doubler* merupakan salah satu dari berbagai jenis *voltage multiplier*. Hampir sebagian besar dari rangkaian *voltage doubler* dapat dilihat sebagai single stage dari *multiplier*.



Gambar. Rangkaian Voltage Doubler Satu Stage

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.

2.3.6 Rectifier

Rectifier atau disebut juga penyearah gelombang adalah sebuah bagian dari catu daya atau Power Supply. Cara kerja rectifier adalah berfungsi untuk mengubah sinyal bolak balik atau sering di sebut sinyal AC (Alternating Current) Menjadi sinyal searah atau sinyal DC (Direct Current).

Pada umumnya, penyearah gelombang atau Rectifier menggunakan dioda sebagai komponen utama. Hal ini dikarenakan dioda memiliki karakteristik yang melewatkan arus listrik hanya ke satu arah dan menghambat arus listrik dari arah yang sebaliknya.

Apabila arus bolak balik (AC) dialirkan pada sebuah dioda, maka dioda tersebut akan melewatkan setengah gelombang, sedangkan setengah gelombang yang lain akan terblokir. Rectifier atau penyearah gelombang, di bagi menjadi dua jenis yaitu Half wave Rectifier atau penyearah setengah gelombang dan Full wave rectifier atau penyearah gelombang penuh.

1) Half Wave Rectifier (Penyearah Setengah Gelombang)

Half Wave Rectifier atau Penyearah Setengah Gelombang merupakan Penyearah yang paling sederhana karena hanya menggunakan 1 buah Dioda untuk menghambat sisi sinyal negatif dari gelombang AC dari Power supply dan melewatkan sisi sinyal Positif-nya.

2) Full Wave Rectifier (Penyearah Gelombang Penuh)

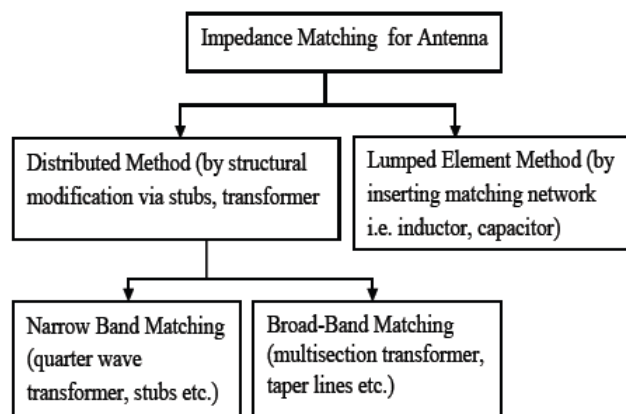
Terdapat 2 cara untuk membentuk Full Wave Rectifier atau Penyearah Gelombang Penuh. Kedua cara tersebut tetap menggunakan Dioda sebagai Penyearahnya namun dengan jumlah Dioda yang berbeda yaitu dengan menggunakan 2 Dioda dan 4 Dioda. Penyearah Gelombang Penuh dengan 2 Dioda harus menggunakan Transformer CT sedangkan Penyearah 4 Dioda tidak perlu menggunakan Transformer CT, Penyearah 4 Dioda sering disebut juga dengan Full Wave Bridge Rectifier.

2.3.7. Rectifier Antena

Rectenna merupakan suatu elemen penting dalam sistem transmisi daya nirkabel. Antena ini berperan menerima dan mengkonversi energy gelombang mikro menjadi listrik arus searah. Rectenna biasa digunakan untuk sistem daya nirkabel, kapal tanpa awak (UAV), dan lain sebagainya. Desain rectenna yaitu kecil dan memiliki efisiensi yang tinggi, dan dapat dijadikan aplikasi untuk *power harvesting*. Parameter penting pada rectenna yaitu efisiensi dan desain yang kecil dan praktis.

2.3.8 Rangkaian Matching Impedansi

Rangkaian matching impedansi bertujuan untuk menyesuaikan impedansi satu ke impedansi yang lain agar terjadi konektifitas antar media. Media disini dapat diartikan sebagai suatu jaringan atau rangkaian yang berupa suatu sumber, saluran transmisi dan beban atau penerima. Bila impedansi kedua media tersebut tidak sama, maka akan terdapat daya yang dipantulkan. Daya pantul ini dapat mengurangi daya yang dikirimkan. Akibatnya daya yang sampai pada penerima menjadi sangat kecil dan kemungkinan tidak dapat dideteksi oleh penerima. Oleh sebab itu untuk meng-eliminasi refleksi akibat perbedaan impedansi beban dengan impedansi gelombang, dipakai teknik penyamaan/penyesuaian impedansi.



Gambar. Metoda Matching Impedansi untuk Antenna

Metoda matching untuk antenna seperti pada gambar terdiri dari dua metoda yaitu lumped elemen dan distribusi. Metoda lumped elemen dilakukan dengan cara menambahkan induktor atau kapasitor. Metoda ini dapat diimplementasikan tanpa mengubah struktur antenna dengan rangkaian terpisah atau menambahkan slots/notch.

Metoda distribusi menggunakan stub atau saluran yang memiliki karakteristik sama dengan saluran utama. Kelebihan metoda ini adalah tidak ada kebutuhan untuk mengubah geometris dari struktur radiasi sehingga radiasi tidak tergantung dengan rangkaian matching. Disamping itu, metoda ini memiliki kekurangan yaitu penambahan dimensi antenna, berkurangnya efisiensi sistem dan tidak cocok untuk sistem array.

2.3.9 Perangkat daya rendah

Perangkat daya rendah adalah elektronik yang telah didesain untuk penggunaan daya yang rendah. Tidak sedikit dari manufaktur mulai membuat perangkat daya rendah. Selain penggunaan sumber daya yang minimum, perangkat yang dapat memenuhi kebutuhan

manusi juga dapat menghemat energy. Terdapat banyak aplikasi pada perangkat daya rendah. Beberapa dari perangkat hanya membutuhkan daya kurang dari 10 mW.