

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada kehidupan manusia dewasa ini, dengan adanya perkembangan ilmu dan teknologi menyebabkan perangkat listrik makin banyak digunakan untuk memperoleh kemudahan. Peran listrik juga semakin banyak digunakan dalam berbagai prasarana kehidupan antara lain dalam bidang telekomunikasi, transportasi, dan manufaktur, sehingga disekitar kita dikelilingi oleh medan elektromagnetik (Turana, 2003).

Disisi lain, seiring dengan berkembangnya berbagai perangkat telekomunikasi yang bermunculan terutama dari perangkat nirkabel (*wireless*) yang dapat memancarkan radio frekuensi dan memiliki gelombang elektromagnetik kemudian terhubung pada suatu jaringan, maka dari perangkat itulah terdapat gelombang yang tersebar secara tidak langsung disekitarnya, apabila terdapat banyak perangkat yang terhubung otomatis penyebaran gelombang akan semakin meluas. Maka dari hal itulah di buat suatu teknologi untuk mengurangi radiasi gelombang elektromagnetik yang berlebihan pada suatu perangkat. Salah satu alat utamanya adalah antena dengan polarisasi yang berbeda pada umumnya yaitu pengubah polarisasi (*switch polarity*).

Beberapa persyaratan dari antena adalah mampu memberi kestabilan kinerjanya terhadap faktor meteorologi, khususnya dalam kondisi suhu lingkungan yang bervariasi. Perubahan suhu lingkungan dapat mempengaruhi perluasan materi dan nilai konstanta bahan dielektrik antena yang menyebabkan terjadinya perubahan frekuensi resonansi. Perubahan tersebut mempengaruhi kinerja dari sebuah antena, seperti turunnya nilai VSWR dan juga *Return Loss*.

Pada skripsi ini akan membahas perancangan serta pengujian dari antena dengan menggunakan satu polarisasi (*single polarity*) dan pengubah polarisasi (*switch polarity*) pada beberapa perangkat yang menimbulkan gelombang elektromagnetik. Kemudian analisis juga dilakukan terhadap perubahan temperatur melalui simulasi dengan *software CST Microwave Studio 2014* dan pengukuran antena.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penyusunan skripsi ini adalah

- 1). Bagaimana merancang antenna *mikrostrip* dengan satu polarisasi (*single polarity*) dan pengubah polarisasi (*switch polarity*) sebagai pengurang radiasi gelombang elektromagnetik?
- 2). Bagaimana menguji parameter antenna *mikrostrip* dengan satu polarisasi (*single polarity*) dan pengubah polarisasi (*switch polarity*) meliputi *VSWR*, *Return Loss*, *Bandwidth*, *Gain*, Pola Radiasi dan Polarisasi?
- 3). Bagaimana performansi antenna *mikrostrip* dengan satu polarisasi (*single polarity*) dan pengubah polarisasi (*switch polarity*) yang telah difabrikasi meliputi *VSWR*, *Return Loss*, *Bandwidth*, *Gain*, Pola Radiasi dan Polarisasi?
- 4). Bagaimana pengaruh perubahan temperatur terhadap kinerja antenna *mikrostrip* dengan satu polarisasi (*single polarity*) dan pengubah polarisasi (*switch polarity*) yang digunakan sebagai pengurang radiasi gelombang elektromagnetik?

1.3 Batasan Masalah

Skripsi ini membahas perancangan dan kinerja antenna *mikrostrip* dengan satu polarisasi (*single polarity*) dan pengubah polarisasi (*switch polarity*) sebagai pengurang radiasi gelombang elektromagnetik. Dengan batasan sebagai berikut :

- 1). Terdapat 3 antenna yang dibuat, yaitu 1 jenis *single polarity* dan 2 jenis *switch polarity* dengan port dan tanpa port.
- 2). Antenna *mikrostrip* pengubah polarisasi (*switch polarity*) tanpa port memiliki 2 polarisasi yang saling berhubungan (vertikal dan horizontal), sedangkan yang dengan port hanya memiliki 1 kutub (*single pole*).
- 3). Simulasi dan optimasi menggunakan *software* CST 2014.
- 4). Monitoring kekuatan sinyal (*signal strenght*) menggunakan *software* *WirelessMon Evaluation*.
- 5). Menggunakan alat ukur antenna tanpa membahas karakteristiknya.
- 6). Rumus-rumus yang digunakan merupakan rumus jadi yang di kutip dari referensi.

1.4 Tujuan

Tujuan dalam penulisan skripsi ini adalah merencanakan dan merealisasikan antenna *mikrostrip* dengan satu polarisasi (*single polarity*) dan pengubah polarisasi (*switch polarity*) sebagai pengurang radiasi gelombang elektromagnetik serta menganalisa kinerja dari tiap antenna dengan temperatur yang mempengaruhinya.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam skripsi ini tersusun atas 6 bab, yaitu :

BAB I Pendahuluan

Memuat latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Membahas teori dasar mengenai antena dan parameternya, bentuk umum dari antena *mikrostrip*, radiasi gelombang elektromagnetik, dan *rectenna*.

BAB III Metode Penelitian

Menjelaskan tentang tahapan penyelesaian skripsi yang meliputi studi literatur, pengumpulan data, perancangan, pembuatan, pengujian, analisis, serta pengambilan kesimpulan dan saran.

BAB IV Perancangan dan Pembuatan Antena dengan *Single* dan *Switch Polarity*

Memuat proses perancangan, simulasi, dan pembuatan antena *mikrostrip* dengan *single* dan *switch polarity*.

BAB V Pengujian dan Analisis

Menjelaskan tentang langkah-langkah pengujian, hasil pengujian serta analisis terhadap hasil pengukuran antena dan performansinya.

BAB VI Penutup

Memuat kesimpulan dan saran berdasarkan apa yang telah dicapai dalam penyelesaian skripsi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pemanfaatan gelombang elektromagnetik dalam bidang telekomunikasi diantaranya adalah teknologi pengiriman informasi tanpa kabel atau *wireless*. Teknologi *wireless* ini dipakai dalam berbagai macam teknologi seperti telepon genggam, *wireless fidelity (wifi)* dan lain – lain. Pada bab ini akan dijelaskan teori dasar mengenai antena dan parameternya, bentuk umum dari antena *mikrostrip*, radiasi gelombang elektromagnetik, dan *rectenna*.

2.1 Antena

Antena merupakan komponen yang sangat penting untuk mendukung sistem komunikasi nirkabel karena antena berfungsi sebagai sarana untuk memancarkan dan menerima gelombang elektromagnetik yang di dalamnya terkandung sinyal informasi. Selain itu, antena merupakan media peralihan antara ruang bebas dengan saluran transmisi (Balanis, 1982:1).

Menurut Syam (2011), secara umum terdapat dua jenis antena yaitu: antena *omni directional* dan antena *directional*. Antena *omni directional/non directional* memiliki kemampuan mengirim dan menangkap sinyal dari segala arah. Sedangkan antena *directional* mempunyai pola pemancaran sinyal satu arah tertentu atau konfigurasi *point to point*.

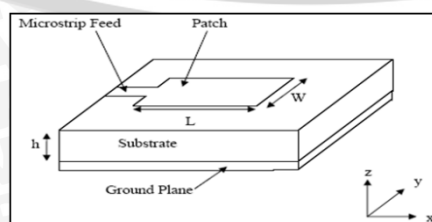
Untuk menggambarkan performa dari suatu antena maka diperlukan pendefinisian berbagai parameter antena. Beberapa diantara parameter tersebut saling berhubungan dan semuanya tidak harus disebutkan untuk menggambarkan performa antena secara keseluruhan (Balanis, 2005:27).

Beberapa parameter antena yang perlu dan penting untuk diketahui dalam perancangan sebuah antena antara lain : impedansi terminal antena, *VSWR*, *Return Loss*, *bandwidth*, pola radiasi, polarisasi, dan *gain*.

2.2 Bentuk Umum Antena Mikrostrip

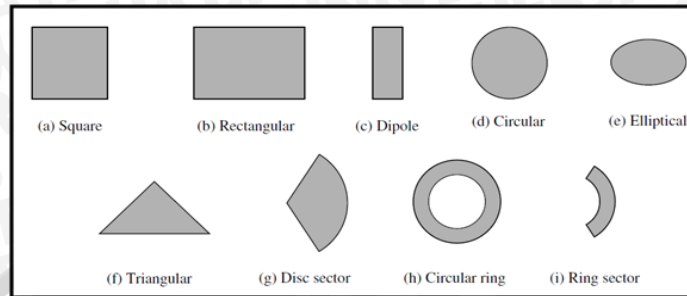
Antena *mikrostrip* merupakan antena yang terdiri dari elemen konduktor (sebagai elemen radiasi), yang diletakkan di bidang tanah (*ground plane*) dimana di antaranya terdapat bahan dielektrik. Antena mikrostrip memiliki kelebihan seperti bobot yang ringan serta ukuran yang kecil, mampu beroperasi pada *single*, dual ataupun *multi band*, dan dapat menghasilkan polarisasi sirkular maupun linear. Akan tetapi antena *mikrostrip* juga memiliki kekurangan seperti *bandwidth* yang sempit, *gain* yang kecil, dan efisiensi yang rendah.

Pada antena *mikrostrip*, terdapat empat elemen paling sederhana yaitu *patch* sebagai elemen peradiasi, substrat dielektrik, *feed*, serta *ground* yang dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Antena Mikrostrip.
Sumber : Punit S. Nakar, 2004 : 40

Patch merupakan elemen peradiasi pada antenna *mikrostrip*. Berupa lembaran metal yang berada diatas substrat dielektrik. Adapun beberapa bentuk *patch* antenna *mikrostrip* dapat dilihat dalam **Gambar 2**. Tiap bentuk *patch* memiliki karakteristik masing - masing.



Gambar 2. Bentuk-Bentuk *Patch* Antena *Mikrostrip*.
Sumber : Balanis, 2005 : 813

Substrat dielektrik berada di lapisan antara *patch* dan *ground*. Setiap substrat memiliki nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) yang berkisar antara $2,2 \leq \epsilon_r \leq 12$ dan ketebalan substrat yang berkisar antara $0,003 \lambda_0 \leq h \leq 0,05 \lambda_0$. Untuk kinerja antenna, pemilihan substrat sangat berpengaruh, semakin tebal substrat maka konstanta dielektriknya kecil sehingga *bandwidth* juga semakin lebar tetapi dimensi akan bertambah besar begitu juga sebaliknya. (Balanis, 2005 : 812)

Feed atau pencatuan adalah teknik yang digunakan untuk menghubungkan antenna mikrostrip dengan saluran transmisi lainnya, umumnya yang dihubungkan adalah bagian *patch* antenna *mikrostrip*.

Ground merupakan bagian metalik pada sisi belakang substrat dielektrik. Berfungsi sebagai reflektor yang memantulkan sinyal yang tidak diinginkan.

2.2.1 Dimensi Antena *Mikrostrip*

Untuk menentukan dimensi elemen peradiasi, maka terlebih dahulu harus ditentukan frekuensi kerja (f_r) yang digunakan untuk mencari panjang gelombang diruang bebas (λ_0).

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \tag{1}$$

Setelah nilai λ_0 diperoleh, maka panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip (λ_d) dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \tag{2}$$



Keterangan :

ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

2.2.2 Dimensi Elemen Peradiasi Kotak

Untuk menentukan lebar elemen peradiasi kotak (W), dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$W = \frac{c}{2 \cdot f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (3)$$

Sedangkan untuk menentukan panjang elemen peradiasi (L), terlebih dahulu harus ditentukan konstanta dielektrik efektif yang dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (4)$$

Sehingga panjang elemen peradiasi (L) dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$L = \frac{c}{2 \cdot f_r \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} - 2 \cdot \Delta L \quad (5)$$

dengan :

$$\Delta L = 0,412 \cdot h \cdot \frac{(\epsilon_{\text{reff}} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{\text{reff}} - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,8 \right)} \quad (6)$$

2.2.3 Dimensi Elemen Peradiasi Lingkaran

Untuk menentukan radius elemen peradiasi lingkaran, dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$a = \frac{F}{\left\{ 1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) + 1,7726 \right] \right\}^{1/2}} \quad (7)$$

Keterangan :

a = jari-jari elemen peradiasi (cm)

h = ketebalan substrat (m)

ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

F = fungsi logaritmik (F) dari elemen peradiasi

Sedangkan fungsi logaritmik (F) dari elemen peradiasi lingkaran dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$F = \frac{8,791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (8)$$

Keterangan :

f_r = frekuensi kerja pada antena (GHz)

ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

2.2.4 Dimensi Saluran Transmisi

Untuk menghitung lebar saluran transmisi *mikrostrip* dapat dinyatakan dengan persamaan (Liao, 1987 : 140) :

$$W_0 = \frac{k}{Z_0} \times \frac{h}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (9)$$

Keterangan :

W_0 = lebar saluran transmisi (mm)

k = impedansi karakteristik ruang bebas (Ω)

h = ketebalan substrat (mm)

Z_0 = impedansi karakteristik (Ω)

ϵ_r = konstanta dielektrik bahan (F/m)

Untuk menghitung panjang saluran transmisi dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$L_o = \frac{1}{4} \lambda_d \quad (10)$$

Keterangan :

L_o = panjang saluran transmisi (mm)

λ_d = panjang gelombang pada saluran transmisi *mikrostrip* (mm)

Sedangkan untuk mengetahui panjang *inset feed* dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

- Elemen peradiasi kotak

$$R_{in}(y = y_o) = R_m(y = 0) \cos^2\left(\frac{\pi}{L} y_o\right) \quad (11)$$

Keterangan :

y_0 = kedalaman saluran transmisi yang menjorok ke dalam elemen peradiasi (mm)

L = panjang elemen peradiasi (mm)

- Elemen peradiasi lingkaran

$$y_0 = 0,3d \quad (12)$$

Keterangan :

y_0 = kedalaman saluran transmisi yang menjorok ke dalam elemen peradiasi (mm)

d = diameter elemen peradiasi (mm)

2.2.5 Jarak Antar Elemen

Jarak antar elemen peradiasi dapat dinyatakan dengan persamaan (Johan L, 2002 : 24) :

$$r \geq 0,6\lambda_d \quad (13)$$

Keterangan :

r = jarak antar elemen peradiasi (mm)

λ_d = panjang gelombang pada saluran transmisi *mikrostrip* (mm)

2.2.6 Parameter Dasar Antena

Untuk menjelaskan unjuk kerja dari suatu antena, terlebih dahulu perlu memahami parameter-parameter antena itu sendiri. Parameter - parameter antena adalah hal yang sangat penting untuk menjelaskan kinerja suatu antena. Berkaitan dengan penulisan skripsi ini, diperlukan beberapa parameter-parameter antena yang akan memberi informasi kinerja suatu antena.

2.2.6.1 Impedansi Terminal Antena

Impedansi terminal antena perlu diketahui, hal ini untuk keperluan pemindahan daya dari atau menuju antena. Secara umum impedansi terminal antena didefinisikan sebagai impedansi yang ditimbulkan antena pada terminalnya atau perbandingan antara tegangan terhadap arus pada pasangan terminalnya, dapat dituliskan (Balanis, 2005: 80) :

$$Z_A = R_A + jX_A \quad (14)$$

Keterangan :

Z_A = Impedansi terminal antenna (Ω)

R_A = Resistansi terminal antenna (Ω)

X_A = Reaktansi terminal antenna (Ω)

Daya total yang disuplai ke antenna adalah (Balanis, 2005) :

$$P_{in} = I^2 \cdot R_A \quad (15)$$

Dengan daya yang dipancarkan :

$$P_{rad} = I^2 \cdot R_{rad} \quad (16)$$

Keterangan :

P_{in} = daya *input* antenna (Watt)

I = arus rms pada terminal antenna (Ampere)

P_{rad} = daya yang diradiasikan antenna (Watt)

Sedangkan impedansi antenna dapat diperoleh dari koefisien pantul dengan persamaan sebagai berikut (Edgar Hund, 1989: 44) :

$$|\Gamma| = \left| \frac{Z_{ant} - Z_c}{Z_{ant} + Z_c} \right| \quad (17)$$

sehingga diperoleh :

$$Z_{ant} = Z_c \left(\frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \right) \quad (18)$$

Keterangan :

Z_{ant} = impedansi antenna (Ω)

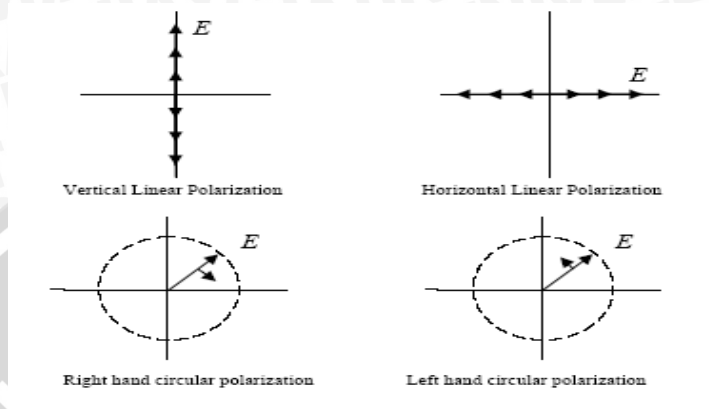
Z_c = impedansi karakteristik (Ω)

Γ = koefisien pantul

2.2.6.2 Polarisasi

Polarisasi merupakan salah satu parameter antenna yang digambarkan sebagai arah vektor gelombang medan elektrik yang diradiasikan. Polarisasi juga dapat diartikan sebagai arah getaran gelombang radio atau dalam bahasa yang lebih tepat adalah arah medan elektrik gelombang radio yang dibangkitkan dari sebuah antenna. Polarisasi gelombang dapat didefinisikan pemancaran atau penerimaan gelombang oleh antenna dalam arah tertentu.

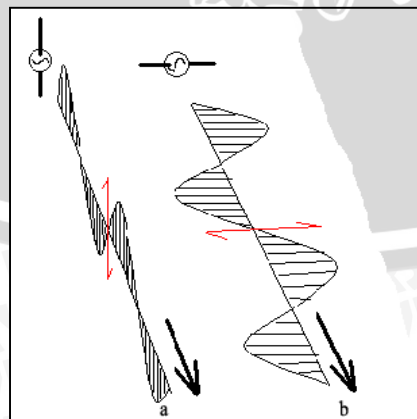
Polarisasi dapat dikelompokkan sebagai linier, lingkaran, elips seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 3**. Jika vektor, yang menggambarkan medan elektrik sebagai fungsi waktu, selalu searah sepanjang garis lurus, maka medan tersebut dikatakan sebagai polarisasi linier (Balanis, 2005: 72).



Gambar 3. Bentuk Umum Polarisasi.
Sumber : Punit S. Nakar, 2004: 21

Secara umum medan elektrik antenna total (medan E) mempunyai dua komponen dalam satu bidang. Dua komponen medan E ini mungkin mempunyai besar dan arah sudut yang berbeda. Kedua antenna, baik pada pemancar maupun pada penerima, harus memiliki polarisasi yang sama agar gelombang yang dipancarkan dapat diterima secara maksimum. Jika kedua antenna yang terpolarisasi secara linier tidak sama orientasinya, maka akan terjadi penurunan transfer energi akibat ketidaksetaraan (*mismatch*) polarisasi.

Polarisasi linier terbagi menjadi dua macam bentuk, yaitu polarisasi linier secara horisontal dan secara vertikal yang dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Gelombang Dengan Polarisasi Linier: (a) Vertikal, (b) Horisontal.
Sumber : www.signalengineering.com

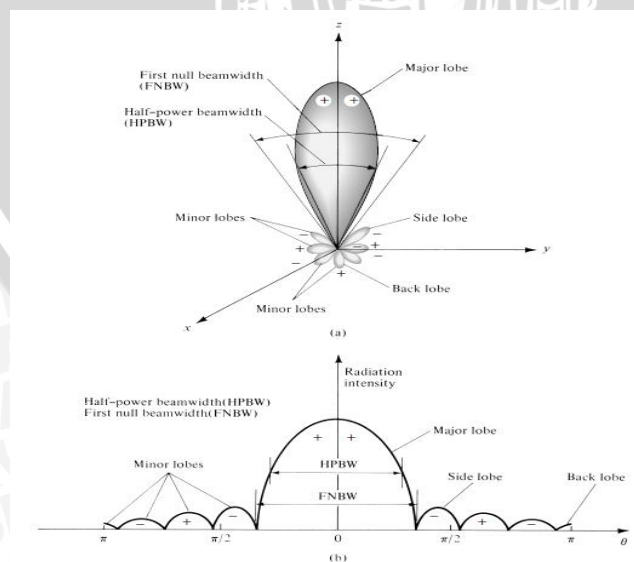
2.2.6.3 Pola Radiasi

Pola radiasi antenna didefinisikan sebagai gambaran secara grafis sifat-sifat radiasi medan jauh dari antenna sebagai fungsi koordinat ruang (tiga dimensi). Sifat-sifat radiasi ini meliputi intensitas radiasi, kuat medan, dan polarisasi (Balanis, 2005: 27). Karakteristik antenna seperti *Beamwidth*, *Front to Back Ratio (F/B)* akan lebih mudah ditentukan bila diketahui bentuk pola radiasinya seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 5**.

Berdasarkan pola radiasinya, antenna terbagi atas antenna dengan pola radiasi *Isotropic*, *Directional*, dan *Omnidirectional*. Radiasi isotropis didefinisikan sebagai hipotesis antenna tanpa rugi yang mempunyai radiasi sebanding dalam semua arah. Meskipun pola seperti ini adalah pola ideal yang secara fisik tidak mungkin direalisasikan, namun seringkali dijadikan acuan untuk menyatakan sifat keterarahan suatu antenna. Antenna *directional* adalah antenna yang mempunyai sifat radiasi atau penerimaan gelombang EM yang lebih efektif pada suatu arah tertentu dibandingkan arah lainnya. Sedangkan antenna *omnidirectional* adalah antenna yang mempunyai pola *directional* pada suatu bidang tertentu dan pola *non-directional* pada bidang tegak lurus lainnya.

Pengukuran pola radiasi dilakukan dari sudut 0° sampai 360° . Hasil perhitungan dapat diplot pada grafik polar, yang selanjutnya dapat dicari nilai -3 dB *beamwidth* setengah dayanya. Nilai -3 dB *beamwidth* setengah daya yang telah diketahui diplot terhadap fungsi frekuensi kerja, baik untuk pola radiasi horisontal maupun pola radiasi vertikal.

Pola radiasi dapat diukur dengan menggerakkan probe antenna di sekitar antenna yang diukur pada jarak yang tetap, kemudian mencatat respon sebagai fungsi koordinat sudut (θ, ϕ) pada radius konstan.

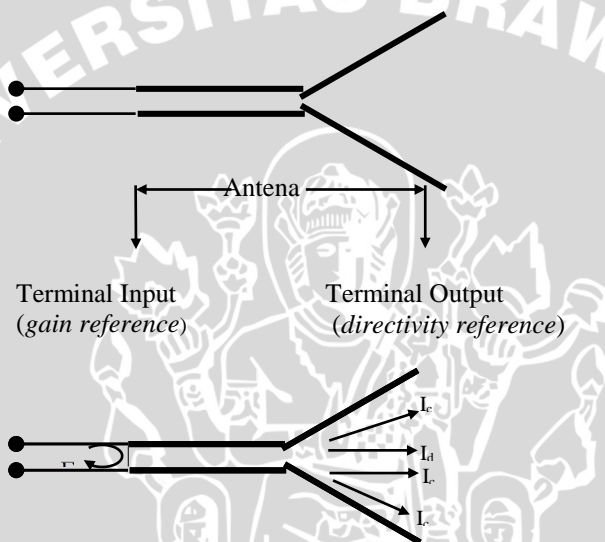


Gambar 5. (a) Pola Radiasi Antena, (b) Pola Radiasi Antena Dalam Koordinat *Square*.

Sumber : Balanis, 2005: 30

2.2.6.4 Gain Antena

Penguatan daya pada antena mempunyai pengertian yang tidak sama dengan penguatan daya yang sering dijumpai pada *amplifier*. Penguatan daya disini berarti perbandingan daya yang dipancarkan oleh suatu antena tertentu dibandingkan dengan daya yang dipancarkan oleh suatu antena *isotropis* yang bentuk polanya seperti bola. Salah satu pengukuran yang penting untuk menggambarkan performa suatu antena adalah *gain* (penguatan). Meski *gain* antena erat kaitannya dengan *directivity*, *gain* adalah pengukuran yang memperhitungkan efisiensi antena maupun keterarahannya. *Gain* antena dibedakan atas : *absolute gain* dan *relative gain*. Untuk membahas kedua jenis gain ada baiknya melihat **Gambar 6** yaitu terminal referensi dan rugi-rugi antena.



Gambar 6. Terminal Referensi Dan Rugi-Rugi Antena.
Sumber : Balanis, 2005 : 59

Absolute gain suatu antena (pada arah tertentu) didefinisikan sebagai perbandingan intensitas radiasi antena pada arah tertentu terhadap intensitas radiasi yang akan diperoleh jika daya yang diterima antena diradiasikan secara isotropis. Intensitas radiasi dari daya yang diradiasikan secara isotropis sebanding dengan daya yang diterima (pada terminal *input*) antena dibagi dengan 4π . Dinyatakan dalam Persamaan (19).

$$G = 10 \cdot \log \frac{4\pi \cdot U_m}{P_{in}} \text{ (dB)} \quad (19)$$

Keterangan:

- G = gain antena (dB)
- U_m = intensitas radiasi antena (watt)

P_{in} = daya *input* total yang diterima oleh antena (watt)

Relative gain suatu antena didefinisikan sebagai perbandingan penguatan daya pada arah tertentu terhadap penguatan daya antena referensi dalam arah acuannya (dengan catatan bahwa kedua antena mempunyai daya masukan yang sama). Untuk *gain* relatif, antena referensi yang digunakan berupa antena sumber isotropis tanpa rugi. Sehingga

$$G = \frac{4\pi I(\theta, \phi)}{P_{in} \text{ (lossless isotropic source)}} \quad (20)$$

Penguatan daya disini mempunyai pengertian yang tidak sama dengan penguatan daya yang sering dijumpai pada amplifier. Penguatan daya disini mempunyai pengertian perbandingan daya yang dipancarkan oleh suatu antena tertentu dibandingkan dengan daya yang dipancarkan oleh suatu antena isotropis yang bentuk polanya seperti bola. *Radiator* isotropis sebenarnya adalah konsep teoritis, sedang pada praktiknya *gain* antena biasanya dibandingkan dengan intensitas radiasi sebuah antena standar dipole $\frac{1}{2} \lambda$ yang kira-kira 1,64 kali atau 2,15 dB dibandingkan dengan suatu radiator isotropis. Sehingga besar *gain* terhadap sumber isotropis adalah :

$$G = 1,64 \times \frac{P_U}{P_R} \quad (21)$$

$$G(\text{dB}) = 10 \log 1,64 \frac{P_U}{P_R} \quad (22)$$

$$G = 2,15 + P_U(\text{dBm}) - P_R(\text{dBm}) \quad (23)$$

Keterangan :

G = *gain* antena uji (dB)

P_U = daya yang diterima antena uji (W)

P_R = daya yang diterima antena referensi (W)

2.2.6.5 VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)

VSWR suatu antenna merupakan perbandingan antara jumlah tegangan datang dan tegangan pantul dengan selisih antara tegangan datang dan tegangan pantul. Nilai VSWR dapat diperoleh dari koefisien pantul dengan persamaan (Edgar Hund, 1989: 43):

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (24)$$

dengan Γ dapat diperoleh dari persamaan :

$$P_r = \Gamma^2 \cdot P_{out} \quad (25)$$

$$\Gamma^2 = \frac{P_r}{P_{out}} \quad (26)$$

Keterangan :

- Γ = koefisien pantul
- P_r = daya terpantul (W)
- P_{out} = daya keluaran (W)

2.2.6.6 Return Loss

Return loss adalah salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui berapa banyak daya yang hilang pada beban dan tidak kembali sebagai pantulan. RL adalah parameter seperti VSWR yang menentukan *matching* antara antenna dan *transmitter*.

Koefisien pantulan (*reflection coefficient*) adalah perbandingan antara tegangan pantulan dengan tegangan maju (*forward voltage*). Antena yang baik akan mempunyai nilai *return loss* dibawah -10 dB, yaitu 90% sinyal dapat diserap, dan 10%-nya terpantulkan kembali.

Koefisien pantul dan *return loss* didefinisikan sebagai (Punit, 2004: 19) :

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} \quad (27)$$

$$RL = -20 \cdot \log \Gamma \quad (dB) \quad (28)$$

Keterangan :

- Γ = koefisien pantul
- V_r = tegangan gelombang pantul (*reflected wave*)
- V_i = tegangan gelombang maju (*incident wave*)
- RL = *return loss* (dB)

Untuk *matching* sempurna antara transmitter dan antena, maka nilai $\Gamma = 0$ dan $RL = \infty$ yang berarti tidak ada daya yang dipantulkan, sebaliknya jika $\Gamma = 1$ dan $RL = 0$ dB maka semua daya dipantulkan.

2.2.6.7 Bandwidth

Bandwidth antena didefinisikan sebagai "jangkauan frekuensi antena dengan beberapa karakteristik, sesuai dengan standar yang telah ditentukan". Untuk *Broadband* antena, lebar bidang dinyatakan sebagai perbandingan frekuensi operasi atas (*upper*) dengan frekuensi bawah (*lower*). Sedangkan untuk *Narrowband* antena, maka lebar bidang antena dinyatakan sebagai persentase dari selisih frekuensi di atas frekuensi tengah dari lebar bidang (Balanis, 2005: 47).

Untuk persamaan *bandwidth* dalam persen (B_p) atau sebagai *bandwidth* rasio (B_r) dinyatakan sebagai (Punit, 2004: 22) :

$$B_p = \frac{f_u - f_l}{f_c} \times 100\% \quad (29)$$

$$f_c = \frac{f_u + f_l}{2} \quad (30)$$

$$B_r = \frac{f_u}{f_l} \quad (31)$$

Keterangan :

- B_p = bandwidth dalam persen (%)
- B_r = bandwidth rasio
- f_u = jangkauan frekuensi atas (Hz)
- f_l = jangkauan frekuensi bawah (Hz)

2.2.7 Teknik Pencatuan Antena Mikrostrip

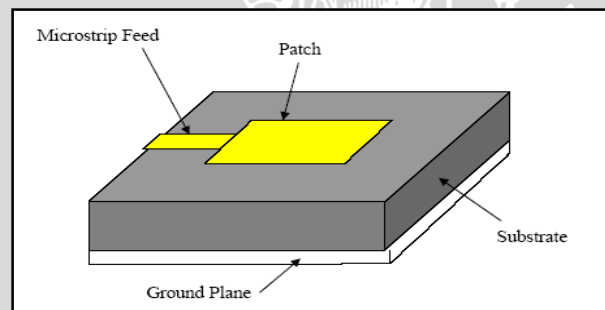
Teknik *feed* atau pencatuan adalah teknik yang digunakan untuk menghubungkan antena *mikrostrip* dengan saluran transmisi lainnya, umumnya yang dihubungkan adalah bagian *patch* antena *mikrostrip*. *Patch* antena *mikrostrip* dapat dicatu dengan berbagai macam metode. Metode-metode tersebut dapat dikelompokkan ke dalam dua kategori : metode

kontak langsung (*contacting method*) dan metode kontak tak langsung (*non-contacting method*).

Dalam *contacting method*, daya RF dicatu secara langsung ke *patch* peradiasi melalui saluran mikrostrip, sedangkan *non-contacting method*, daya RF tidak dicatu secara langsung ke *patch* peradiasi namun menggunakan kopling medan elektromagnet sebagai elemen penghubung. Ada 4 teknik pencatuan yang umum digunakan yaitu *mikrostrip line*, *coaxial feed* (keduanya menggunakan skema kontak langsung), *aperture coupling* dan *proximity coupling* (keduanya menggunakan skema kontak tak langsung).

2.2.7.1 Microstrip Line Feed

Pada tipe pencatuan ini, bagian konduktor dihubungkan secara langsung dengan bagian tepi *patch mikrostrip*. Lebar *strip* konduktor lebih kecil dari pada elemen peradiasi antenna *mikrostrip*, seperti terlihat pada lebih jelasnya **Gambar 7**.

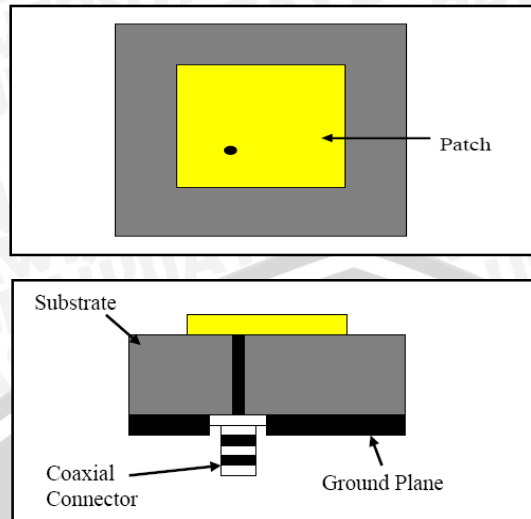


Gambar 7. *Microstrip Line Feed*.
Sumber : Punit S. Nakar, 2004:34

Teknik pencatuan ini dapat dikembangkan dengan cara memberikan potongan menjorok (*inset*) ke dalam *patch*. Tujuannya adalah untuk menyesuaikan impedansi saluran dengan *patch* tanpa memerlukan elemen penyesuai tambahan. Hal ini dapat diperoleh melalui pengaturan posisi *inset* yang benar. Oleh karena itu metode *Microstrip Line Feed* secara umum menawarkan skema pencatuan yang mudah disamping kemudahan dalam proses pembuatan dan pemodelan untuk mendapatkan kesesuaian impedansi.

2.2.7.2 Coaxial Feed

Coaxial feed atau *probe feed* adalah teknik yang umum digunakan pada pencatuan antenna. Seperti terlihat pada **Gambar 8** konduktor bagian dalam dari kabel koaksial dihubungkan dengan elemen peradiasi dan konduktor bagian luar dari kabel koaksial dihubungkan dengan bidang pentanahan (*ground plane*).



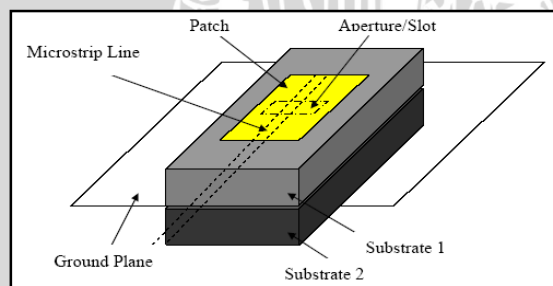
Gambar 8. Metode *Coaxial feed*.

Sumber : Punit S. Nakar, 2004:35

Kelebihan dari metode pencatuan seperti ini adalah pencatuan dapat diletakkan pada setiap lokasi didalam *patch* yang diinginkan untuk mendapatkan *matching* impedansi dari antenna. Akan tetapi metode ini mempunyai kekurangan yaitu kesulitan dalam pemodelan.

2.2.7.3 Aperture Coupling

Pada tipe pencatuan ini elemen peradiasi dan bagian pencatu terpisah dengan bidang pentanahan (*ground plane*) seperti pada **Gambar 9** kopling antara elemen peradiasi antenna (*patch*) dan saluran pencatu (*line feed*) dibuat melalui *slot* atau *aperture*.



Gambar 9. *Aperture Coupling Feed*.

Sumber : Punit S. Nakar, 2004:36

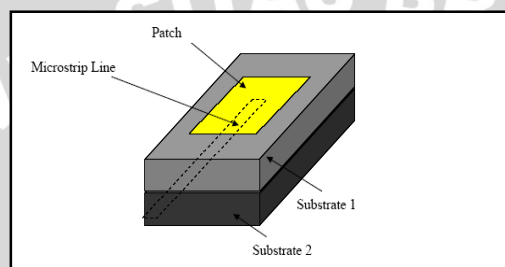
Celah kopling biasanya diposisikan ditengah pada bagian bawah *patch*, sehingga mengurangi *cross-polarization* yang disebabkan struktur yang simetris. Untuk mengoptimalkan radiasi dari *patch*, biasanya digunakan bahan dengan konstanta dielektrik yang berbeda untuk lapisan/substrat bagian atas dan bawah. Kekurangan dari metode ini



terletak pada teknik pencatuan yang sulit untuk difabrikasi dikarenakan lapisan ganda (*multiple layer*) yang tentunya juga menambah ketebalan antenna.

2.2.7.4 Proximity Coupling

Metode pencatuan semacam ini disebut juga skema kopling elektromagnetik. Seperti ditunjukkan pada **Gambar 10** dua bahan dielektrik digunakan sehingga saluran pencatu berada diantara kedua substrat dan bagian elemen peradiasi berada di substrat bagian atas. Kelebihan dari metode ini adalah *bandwidth* yang lebih lebar dari pada teknik pencatuan yang lain. Untuk optimasi antenna dapat digunakan media dielektrik yang berbeda.



Gambar 10. *Proximity Coupling Feed.*
Sumber : Punit S. Nakar, 2004:37

Matching dapat diperoleh dengan mengatur panjang saluran pencatu dan perbandingan lebar saluran pencatu terhadap lebar elemen peradiasi. Adapun kekurangan yang paling mendasar dari metode ini adalah kesulitan dalam hal fabrikasinya, dikarenakan penggunaan dua lapisan dielektrik yang betul-betul memerlukan ketelitian dalam penyusunannya.

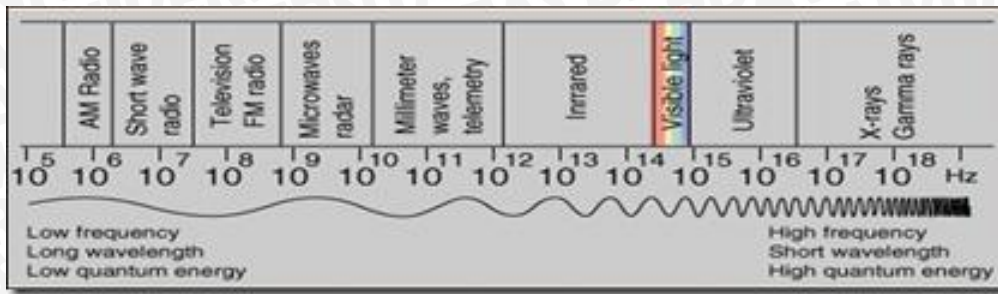
2.3 Gelombang Elektromagnetik dan Frekuensi RF

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang mempunyai sifat listrik dan sifat magnet secara bersamaan. Gelombang radio merupakan bagian dari gelombang elektromagnetik dalam spektrum frekuensi radio seperti ditunjukkan pada **Gambar 11**. Gelombang dikarakteristikan oleh panjang gelombang dan frekuensi. Panjang gelombang (λ) memiliki hubungan dengan frekuensi (f) dan kecepatan (v) yang ditunjukkan pada Persamaan (32):

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (32)$$

Kecepatan (v) bergantung pada medium. Ketika medium rambat adalah hampa udara (*free space*), maka :

$$v = c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$



Gambar 11. Spektrum gelombang elektromagnetik.
Sumber : hyperphysics.phy-astr.gsu.edu

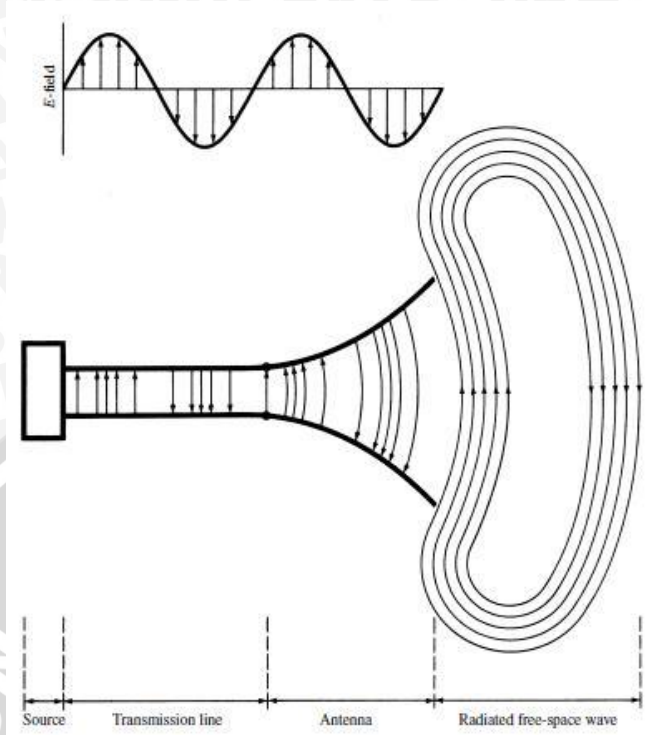
Radio Frequency (RF) mengarah kepada gelombang elektromagnetik yang mempunyai panjang gelombang yang biasa digunakan pada *radio communication*. Gelombang radio diklasifikasikan menurut frekuensinya, yang diukur dalam satuan Hertz. *Radio frequency* (RF) berkisar dari *Very Low Frequency* (VLF), yang berkisar antara 10 sampai 30 KHz, hingga *Extremely High Frequency* (EHF), yang berkisar antara 30 sampai 300 GHz (Medianata, 2008: 5).

2.3.1 Proses Energi RF menjadi Energi Elektrik oleh Antena

Antena merupakan sebuah *device* yang mengubah gelombang terbimbing dari saluran transmisi menjadi gelombang elektromagnetik di ruang bebas, dan sebaliknya seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 12**. Saluran transmisi adalah alat yang berfungsi sebagai penghantar atau penyalur energi gelombang elektromagnetik. Suatu sumber yang dihubungkan dengan saluran transmisi yang tak berhingga panjangnya menimbulkan gelombang berjalan yang *uniform* sepanjang saluran itu.

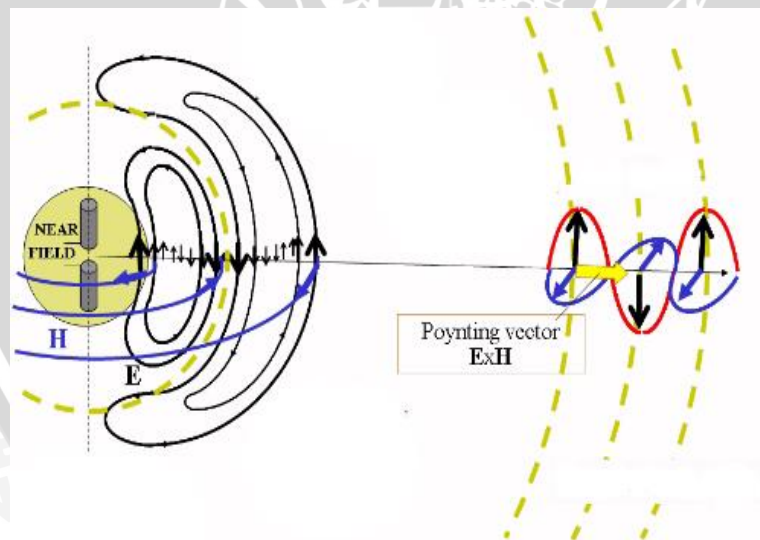
Jika saluran ini dihubung singkat maka akan muncul gelombang berdiri yang disebabkan oleh interferensi gelombang datang dengan gelombang yang dipantulkan. Jika gelombang datang sama besar dengan gelombang yang dipantulkan akan dihasilkan gelombang berdiri murni. Konsentrasi - konsentrasi energi pada gelombang berdiri ini beresilasi dari energi listrik seluruhnya ke energi magnet total dua kali setiap periode gelombang itu.

Pada **Gambar 6** memperlihatkan sumber atau pemancar yang dihubungkan dengan saluran transmisi ke antena. Di daerah antena, energi diteruskan ke ruang bebas sehingga daerah ini merupakan transisi antara gelombang terbimbing dengan gelombang bebas. Begitu pula sebaliknya, apabila antena bekerja sebagai penerima.



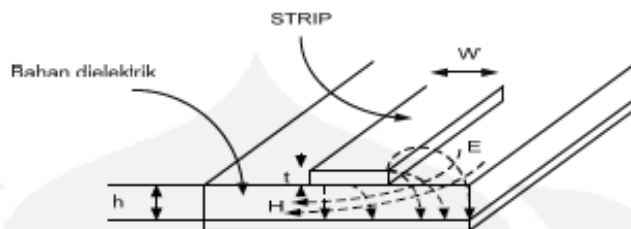
Gambar 12. Antena sebagai *device* transisi pengubah energi elektromagnetik menjadi energi listrik atau sebaliknya.

Sumber : Balanis, 2005: 2



Gambar 13. Proses antena menangkap Gelombang Elektromagnetik.

Sumber : <http://www.microwaves101.com>

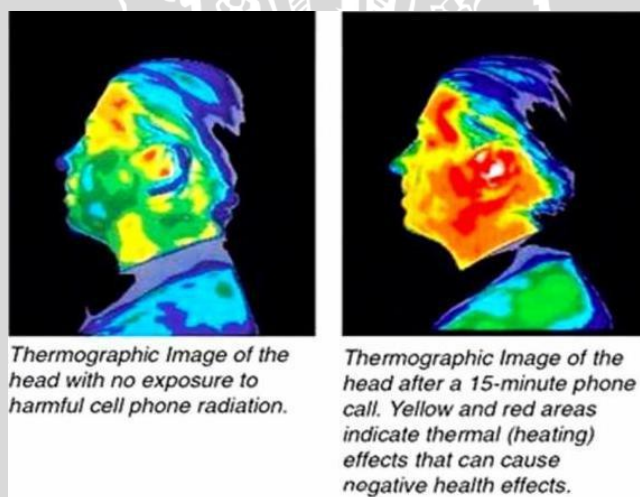


Gambar 14. Penampang melintang saluran *mikrostrip* dan distribusi medan magnetik H dan medan listrik E.

Sumber : Balanis, 2005: 2

2.3.2 Radiasi Gelombang Elektromagnetik

Radiasi Elektromagnetik merupakan kombinasi medan listrik dan medan magnet yang berisolasi, serta merambat lewat ruang membawa energi dari satu tempat ke tempat lain. Gelombang Elektromagnetik termasuk gelombang transversal, setiap muatan listrik yang memiliki percepatan memancarkan radiasi elektromagnetik seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 15.**



Gambar 15. Foto Thermal seseorang yang terpapar radisi telepon selular, sebelum dan sesudah pemakaian selama 15 menit.

Sumber : <http://marinalovemovement.files.wordpress.com>

Radiasi elektromagnetik merambat pada frekuensi yang sama dengan arus listrik. Bergantung pada situasi, gelombang elektromagnetik dapat bersifat seperti gelombang ataupun partikel. Sebagai gelombang, dicirikan oleh kecepatan (kecepatan cahaya), panjang gelombang, dan frekuensi. Kalau dipertimbangkan sebagai partikel, mereka diketahui sebagai foton, dan masing – masing mempunyai energi yang ditunjukkan oleh hubungan Planck berikut :

$$E = h \cdot f \tag{33}$$

Keterangan :

E = energi foton

h = konstanta Planck (6.626×10^{-34} J•s atau 4.14×10^{-15} eV•s)

f = frekuensi gelombang

2.3.3 Hubungan Gelombang Elektromagnetik dengan Kalor

Radiasi Kalor merupakan emisi gelombang elektromagnetik dari materi yang memiliki suhu lebih besar dari nol mutlak. Pada dasarnya energi kalor pada suatu materi merupakan hasil dari energi kinetik dari gerakan acak atom dan molekul dari materi tersebut.

Salah satu contoh radiasi kalor adalah pancaran panas dari cahaya matahari yang tidak memerlukan media penghantar. Untuk menghitung kalor dari suatu benda dapat menggunakan persamaan berikut :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t \tag{34}$$

Keterangan :

Q = kalor yang diterima suatu zat (Joule, Kilojoule, Kalori, Kilokalori)

m = massa zat (Gram, Kilogram)

c = kalor jenis (Joule/kilogram°C, Joule/gram°C, Kalori/gram °C)

Δt = perubahan suhu (°C) $\rightarrow (t_2 - t_1)$

2.3.4 Pengaruh Perubahan Temperatur Terhadap Kinerja Antena

Ketahanan radiasi suatu antena dipengaruhi oleh suhu antena dan suhu lingkungan yang menyebabkan hilangnya sinyal dari antena tersebut serta mengganggu kinerjanya. Jika suatu temperatur pada bahan antena cukup tinggi, maka nilai konstanta dari bahan dielektrik akan menurun dan dapat mengganggu kemampuan penerimaan sinyal antena. Mckeen telah mengemukakan ekspansi termal linier dengan menunjukkan hubungan antara rasio termal, l , dan temperatur sebagai berikut :

$$\Delta l_{thermal} = l \cdot \alpha \cdot \Delta T \tag{35}$$



Keterangan :

- $\Delta l_{thermal}$ = pertambahan panjang
- l = panjang pada suhu normal
- α = koefisien ekspansi termal ($50 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)

Jadi ekspansi termal adalah rasio antara $\Delta l_{thermal}$ dan l ditunjukkan pada persamaan :

$$\frac{\Delta l_{th}}{l} = 7,2 \cdot 10^{-8}T^3 + 3.5 \cdot 10^{-8}T^2 + 0.013T - 0.26 \quad (36)$$

Untuk hubungan antara temperatur dan ϵ_r , dituliskan dengan persamaan berikut :

$$\epsilon_r = 0.00027T + \epsilon_r(at T = 27^{\circ}\text{C}) \quad (37)$$

Dari persamaan di atas, dapat dihitung pengaruh perubahan temperatur pada perluasan dimensi substrat dan konstanta dielektrik antenna mikrostrip. Panjang dan lebar baru antenna mikrostrip dapat dihitung dengan persamaan :

$$L = l_0 + \Delta l_{fringing} + \Delta l_{thermal} \quad (38)$$

Maka nilai frekuensi resonansi dapat dihitung dengan persamaan :

$$fr = \frac{c}{2\sqrt{\epsilon\epsilon L}} \quad (39)$$

Keterangan :

- c = kecepatan cahaya

Perubahan frekuensi resonansi dan perubahan dimensi yang disebabkan oleh perubahan temperatur dinyatakan dalam persamaan :

$$\frac{\delta f}{f_0} = - \frac{\delta l}{l} = - \alpha \cdot \delta T \quad (40)$$



Hubungan antara frekuensi resonansi dan konstanta dielektrik dapat dituliskan dalam persamaan :

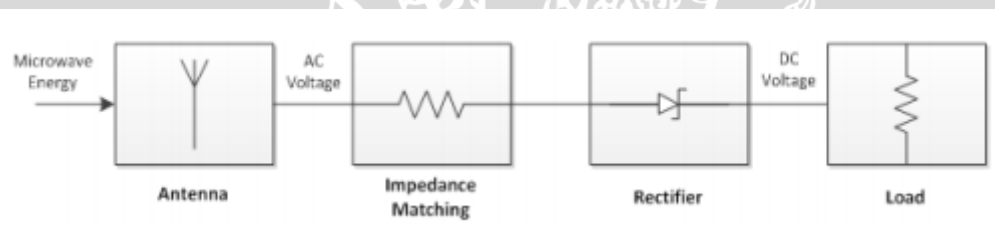
$$\frac{\delta f}{f_0} = -\frac{1}{2} \frac{\delta \epsilon_r}{\epsilon_r} \quad (41)$$

2.4 Rectenna

Rectenna merupakan gabungan dari kata "*rectifying*" dan "*antenna*" yaitu sebuah teknologi yang memanfaatkan gelombang elektronik untuk dikonversi ke energi listrik. *Rectenna* pertama kali ditemukan oleh W. C Brown pada tahun 1960.

Rectenna yang saat ini dikembangkan memungkinkan kita bisa mendapatkan sumber listrik dari gelombang elektronik yang ada di sekitar, hal tersebut karena *rectenna* terdiri dari komponen pasif dan dioda yang dapat menerima dan memperbaiki daya gelombang mikro menjadi tegangan DC. Sumber listrik yang dihasilkan dapat digunakan untuk menjalankan alat elektronik yang punya daya listrik rendah seperti sebuah sensor (Escala, 2010).

Secara umum perancangan *rectenna* dengan frekuensi RF terdiri dari antena, rangkaian *impedance matching*, *filter* dan *rectifier* seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 16**.



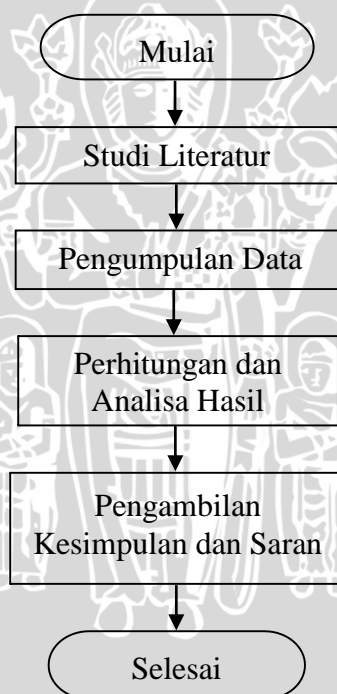
Gambar 16. Blok Diagram *Rectenna* dengan RF frekuensi.
Sumber : Dan S, tefan Tudose, 2013

BAB III

METODE PENELITIAN

Kajian yang dilakukan dalam skripsi ini adalah kajian yang bersifat analisis, dan didasarkan pada studi literatur. Metode analisis yang digunakan adalah analisis matematis, yaitu dengan mengumpulkan nilai – nilai parameter berupa data primer dan sekunder, serta melakukan perhitungan menggunakan persamaan – persamaan yang telah dijelaskan pada Bab II.

Dalam menyusun skripsi ini diperlukan tahapan – tahapan metode penelitian yang saling berhubungan dan berurutan. Hal ini bertujuan agar mendapatkan hasil yang maksimal dalam pengerjaan skripsi ini. Adapun metode penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut.



Gambar 17. Diagram Alir Metode Penelitian.

3.1 Studi Literatur

Melakukan kajian pustaka untuk memahami analisis dan desain dari antenna *mikrostrip* dengan *single* dan *switch polarity*.

3.2 Pengumpulan Data

Data-data yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah berupa data primer dan data sekunder.

a. Data primer

Data primer adalah data yang didapatkan dari hasil simulasi seperti CST *Microwave Studio* 2014 dan *WirelessMon Evaluation*, serta pengukuran secara praktik.

b. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari studi literatur seperti buku, jurnal-jurnal, dan internet. Data sekunder lain yang diperlukan dalam kajian ini adalah:

- Spesifikasi dari dimensi substrat, yang meliputi :
 - 1) Bahan substrat yang digunakan adalah Epoxy fiberglass – FR4.
 - 2) Konstanta dielektrik relatif substrat Epoxy fiberglass – FR4.
 - 3) Ketebalan lapisan dielektrik substrat Epoxy fiberglass – FR4.
- Spesifikasi dari bahan pelapis substrat (konduktor), yang meliputi :
 - 1) Konduktor yang digunakan adalah tembaga.
 - 2) Konduktifitas tembaga.

3.3 Perancangan Simulasi dengan Menggunakan Program CST 2014 dan Pembuatan Antena Mikrostrip

Perancangan antena *mikrostrip* dilakukan secara matematis berdasarkan pada materi dan referensi yang diperoleh dari hasil studi literatur. Hasil rancangan kemudian disimulasikan menggunakan *software* perancangan untuk mengetahui parameter antena. Tahap perancangan dan simulasi antena ini penting untuk melihat kualifikasi dari hasil rancangan apakah sudah sesuai atau belum dengan yang direncanakan seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 18**. Bahan substrat yang digunakan adalah sebagai berikut :

Bahan Epoxy fiberglass – FR 4

Konstanta dielektrik (ϵ_r) = 3,9

Ketebalan dielektrik (h) = 0,0016 m = 1,6 mm

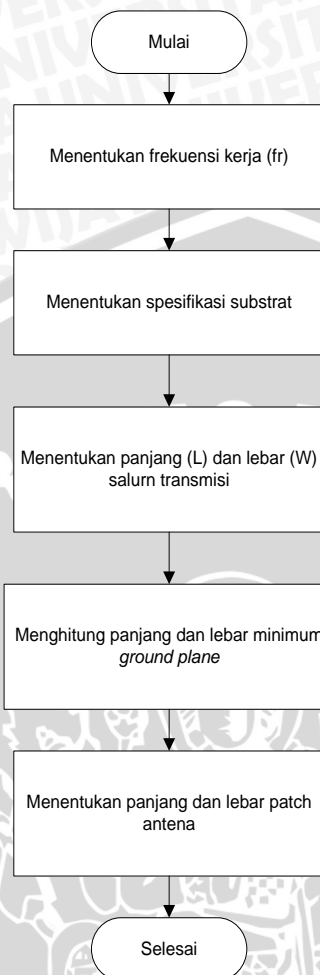
Loss tangen ($\tan \delta$) = 0,018

Bahan pelapis substrat (konduktor) tembaga :

Ketebalan bahan konduktor (t) = 0,0001 m

Konduktifitas tembaga (σ) = $5,80 \times 10^7$ mho m^{-1}

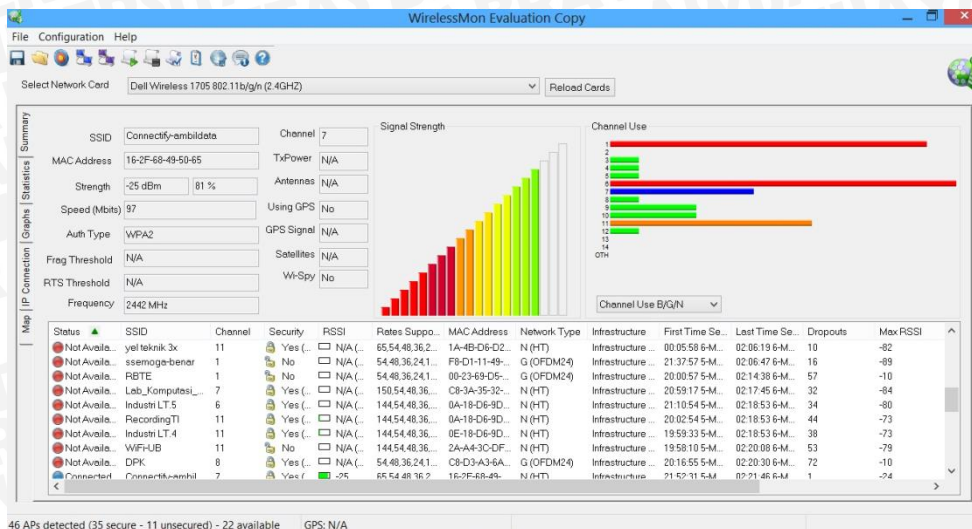
Impedansi karakteristik saluran (Z_0) = 50 Ω



Gambar 18. Diagram Alir Perhitungan Dimensi Antena Mikrostrip.

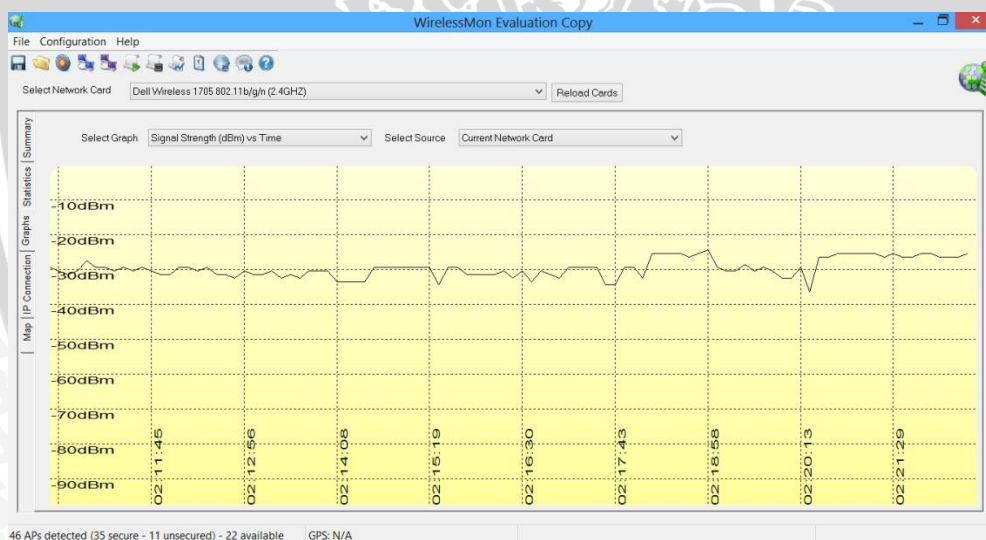
3.4 Simulasi Kekuatan Sinyal (*Signal Strength*) Access Point Menggunakan Program *WirelessMon Evaluation Copy*

Access point adalah alat bagi jaringan wireless dalam ruangan maupun jaringan dalam kota, yang menggunakan gelombang radio dengan frekuensi 2,4 GHz sebagai sarana komunikasi. Pada skripsi ini, sebelum perangkat terkoneksi pada *access point*, terlebih dahulu dilakukan simulasi kekuatan sinyal (*signal strength*) menggunakan *software* monitoring untuk melihat seberapa baiknya suatu *access point*. Warna merah pada *signal strength* menunjukkan lemahnya level daya sinyal disebabkan jarak koneksi yang jauh, sedangkan warna hijau menunjukkan kuatnya level daya sinyal disebabkan jarak koneksi yang dekat seperti ditunjukkan pada Gambar 19.



Gambar 19. Monitor Kekuatan Sinyal (Signal Strength) Pada Access Point.

Gambar 20 menunjukkan grafik perbandingan antara kekuatan sinyal (signal strength) yang memiliki nilai -30 dBm dengan waktu yang kontinyu. Naik dan turunnya grafik disebabkan oleh kekuatan perangkat dalam menangkap sinyal dari satu access point.

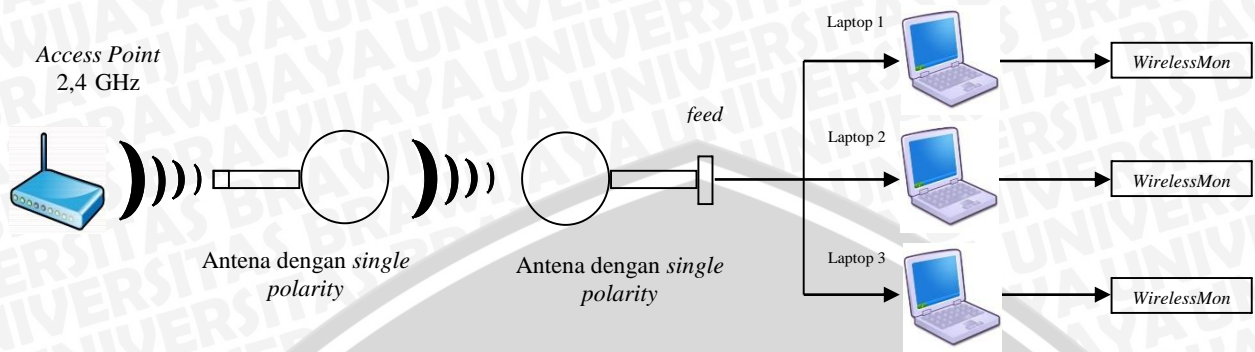


Gambar 20. Grafik Perbandingan Kekuatan Sinyal (Signal Strength) Dengan Waktu Pada Access Point.

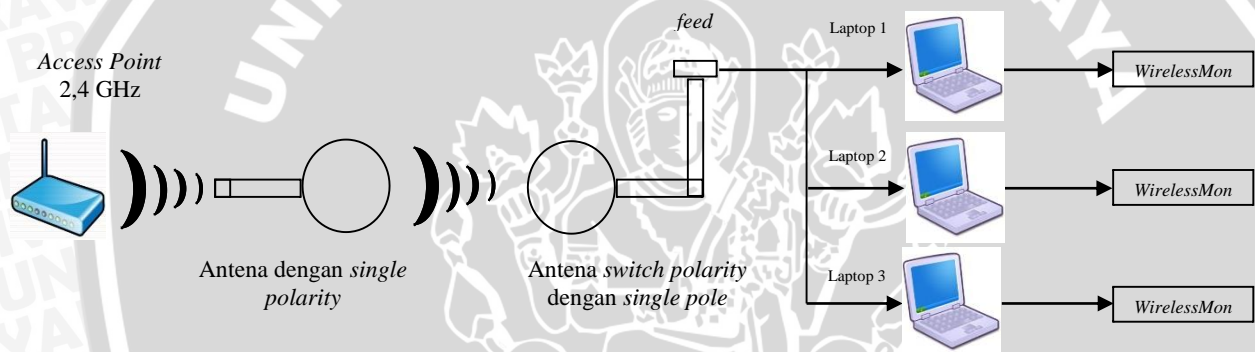
3.5 Pengukuran

Untuk mendapatkan data pengukuran, digunakanlah 3 antenna yang terdiri dari 1 jenis single polarity dan 2 jenis switch polarity, serta 3 perangkat laptop. Perangkat bantuan lainnya yaitu 1 jenis antenna dengan single polarity dan access point milik Laboratorium Gelombang Mikro, rectenna, serta software WirelessMon Evaluation untuk menampilkan

keluaran level daya dan kekuatan sinyal. Pada **Gambar 21**, **22**, dan **23** ditampilkan blok diagram pengukuran :

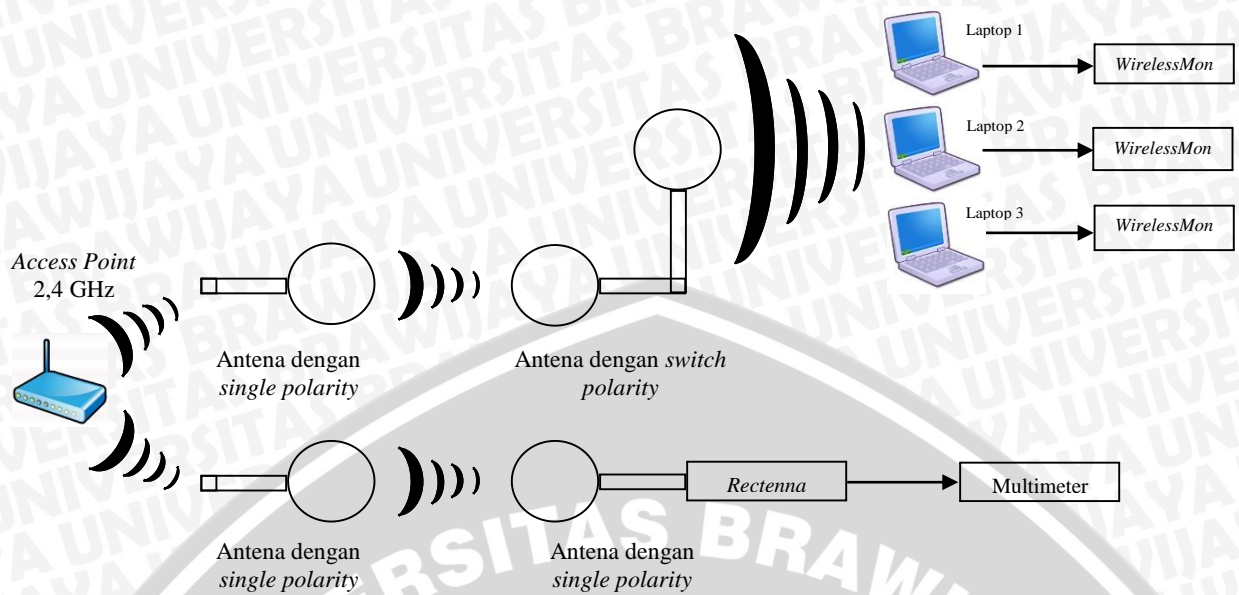


Gambar 21. Blok Diagram Pengukuran Antena Dengan *Single Polarity* Terhadap Laptop.



Gambar 22. Blok Diagram Pengukuran Antena *Switch Polarity* Dengan *Single Pole* Terhadap Laptop.

Sinyal *access point* yang berbentuk gelombang elektromagnetik akan merambat melalui antena *single polarity*, kemudian akan diteruskan ke antena berikutnya yaitu *single polarity* (**Gambar 21**) ataupun *switch polarity* (**Gambar 22**) melalui pendekatan dua antena. Selanjutnya gelombang elektromagnetik akan masuk kedalam *feed* yang berfungsi sebagai *port* khusus yang menghubungkan antena dengan laptop sebagai output. Pada laptop gelombang elektromagnetik akan ditampilkan kembali dalam bentuk sinyal dengan *software WirelessMon Evaluation*, sehingga dapat dilihat terjadinya pengurangan level daya dan kekuatan sinyal.

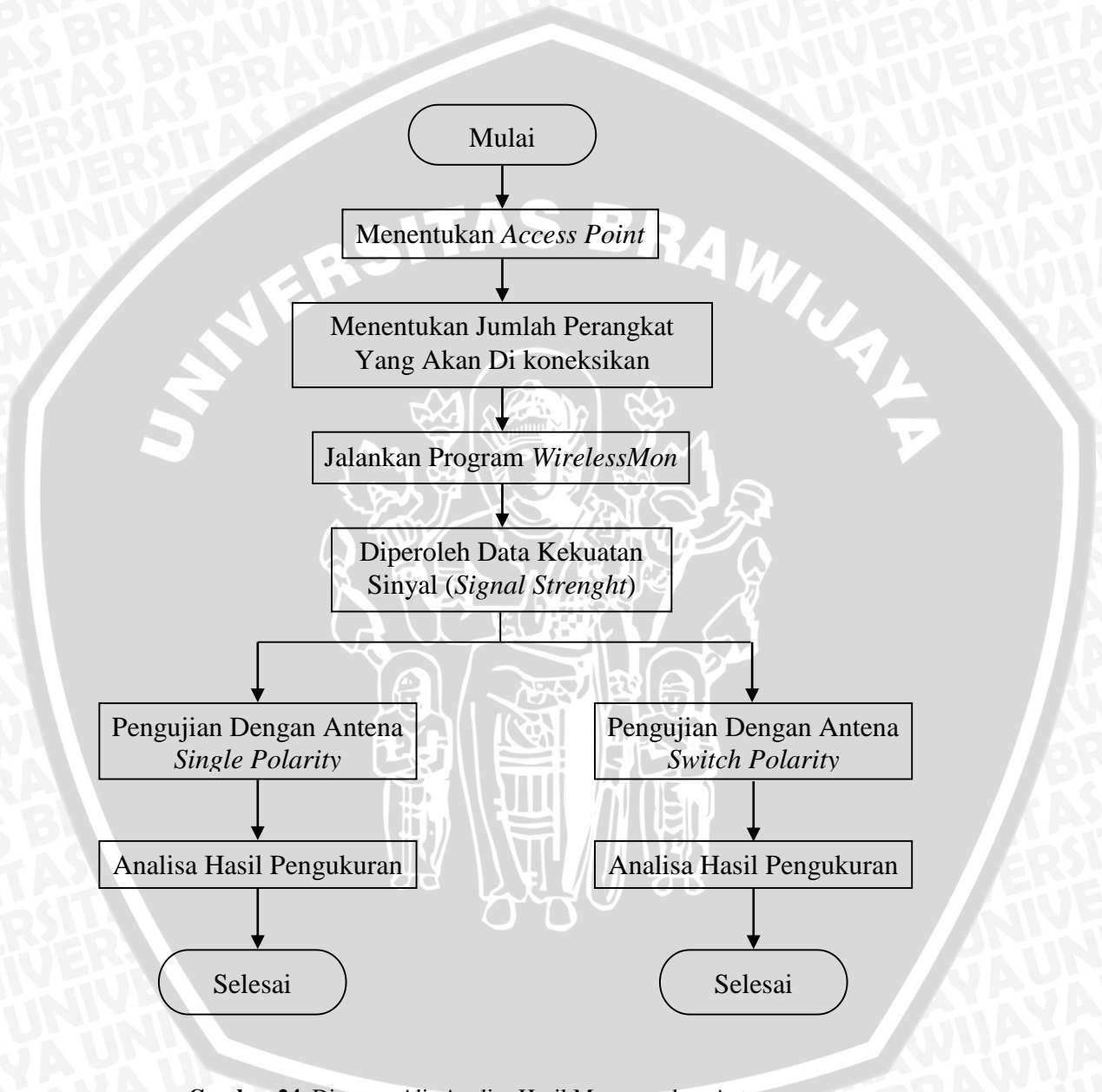


Gambar 23. Blok Diagram Pengukuran Antena *Switch Polarity* Terhadap Laptop (atas). Pengukuran Antena *Single Polarity* Dengan *Rectenna* (bawah).

Pada blok diagram **Gambar 23** terdapat dua pengukuran. Pertama, menggunakan antena *switch polarity* dengan cara yang sama seperti **Gambar 21** dan **22**, tetapi tanpa menggunakan *feed* karena terdapat 2 pole (kutub) yang saling berhubungan. Gelombang elektromagnetik dari antena *switch polarity* akan dipancarkan kembali dalam bentuk sinyal yang kemudian ditangkap oleh antena didalam laptop. Selanjutnya sinyal tersebut akan terdeteksi oleh *software WirelessMon* sebagai hasil terjadinya pengurangan level daya dan kekuatan sinyal. Kedua, dengan menggunakan *rectenna* sebagai pengganti 3 perangkat laptop, sehingga dapat mengurangi konsumsi daya yang berlebihan. Hasil keluaran dari *rectenna* yang berupa tegangan dapat dilihat dengan menggunakan multimeter.

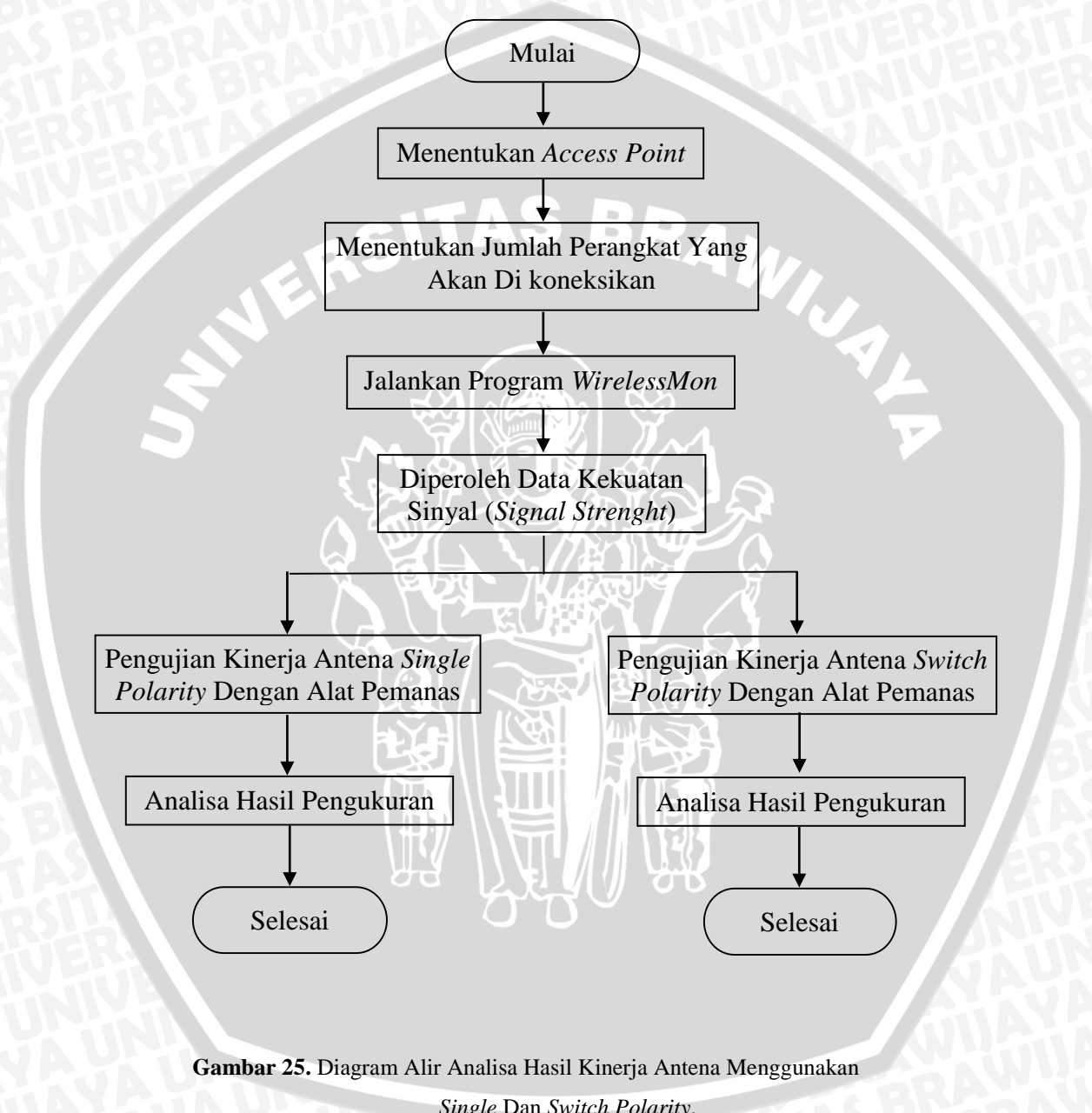
3.6 Analisis

Analisis pertama dilakukan untuk melihat hasil pengujian antenna yang menggunakan jenis *single polarity* dan *switch polarity* terhadap perangkat yang telah terhubung dengan *access point* untuk mendapatkan penurunan Level Daya Sinyal (*Signal Power Level*) yang berarti telah terjadi pengurangan Radiasi Gelombang Elektromagnetik seperti pada **Gambar 24**.



Gambar 24. Diagram Alir Analisa Hasil Menggunakan Antena *Single* Dan *Switch Polarity* Untuk Mengurangi Radiasi.

Analisis kedua dilakukan untuk melihat kinerja tiap antenna, menggunakan jenis *single polarity* dan *switch polarity* pada perangkat yang telah terhubung dengan *access point* untuk melihat seberapa baik antenna dalam mengurangi radiasi gelombang elektromagnetik jika dipengaruhi oleh perubahan temperatur seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 25**.



Gambar 25. Diagram Alir Analisa Hasil Kinerja Antena Menggunakan *Single* Dan *Switch Polarity*.



3.7 Pengambilan Kesimpulan, dan Saran

Pengambilan kesimpulan ditulis berdasarkan hasil analisis dan pengujian antenna yang dilakukan. Pada bagian ini dijelaskan secara singkat tentang hasil yang telah dicapai beserta saran untuk pengembangan selanjutnya.

3.8 Rencana Kegiatan

Agar penulisan skripsi ini terarah dan tepat waktu maka disusun rencana kegiatan sebagai berikut :

Tabel 1. Rencana Kegiatan

Kegiatan	Bulan ke-			
	5	6	7	8
Pengajuan Proposal				
Studi Literatur				
Perancangan dan Pembuatan				
Pengujian dan Analisa				
Penulisan Laporan				

DAFTAR PUSTAKA

- Balanis, Constantine A. 2005. *Antena Theory: Analysis and Design, 3rd Edition*. John Wiley and Sons, Inc.
- Chandra, Nemai K., Preradovic, Stevan. 2012. *Multiresonator-Based Chipless RFID: Barcode of The Future, 1st Edition*. New York: Springer.
- Mckeen, L.W. 2007. *The Effect of Temperature and Other Factors on Plastic and Elastomers*. William Andrew, New York.
- Liang, J., C. C. Chiau, X. Chen, and C. G. Parini, "Printed Circular Disc Monopole Antenna for Ultrawideband Applications", *Electronics Letters*, Vol. 40, No. 20, September 30, Jurnal IEEE 2004.
- Syam, Syabaniah. 2011. *Antena Jaringan*. <http://niiasaba.wordpress.com/2011/09/30/antena-jaringan/>. Diakses tanggal 29 Mei 2015.
- Visser. Hubregt J. 2001. *Ambient RF Energy Scavenging: GSM and WLAN Power Density Measurements. Proceedings of the 38th European Microwave Conference* p.721-724.
- Susilo, Anto. 2009. *Pengaruh Gelombang Elektromagnetik Terhadap Kesehatan*. <http://antosusilo.blog.uns.ac.id/2009/09/04/pengaruh-gelombang-elektromagnet-terhadap-kesehatan/>. Diakses tanggal 31 Mei 2015.
- Marbun, Adi Jexson. 2008. *Rancang Bangun Chebysev Power Combiner 2:1 Frekuensi 2400 MHz menggunakan PCB*. Skripsi, Universitas Indonesia.
- Nakar, Punit S. 2004. *Design of a Compact Microstrip Patch Antena for use in Nirkabel/Cellular Devices*. Thesis, The Florida State University.
- Mujahidin, Irfan. 2015. *Rancang Bangun Antena Mikrostrip UFO Pada Frekuensi Ultra Wideband (UWB) sebagai Penyearah (Rectifier Antenna) Untuk Pemanen Energi Elektromagnetik*. Skripsi, Universitas Brawijaya.
- Mumpuni, Joko I. 2015. *Analisis Kinerja Antena Mikrostrip Rectangular Patch Double Slot Frekuensi 2,4 GHz Terhadap Perubahan Temperatur*. Skripsi, Universitas Brawijaya.
- Ananda A. S., Rochman. 2015. *Analisis Thermal Noise Akibat Radiasi Gelombang Elektromagnetik Pada Telekomunikasi Wireless*. Skripsi, Universitas Brawijaya.
- Fajariyanto, Arif. 2012. *Analisa Perancangan Wireless Distribution System Berdasarkan Jarak Antar Access Point Pada Perpustakaan Provinsi Sumatera Selatan*. Jurnal, STMIK PalComTech Palembang.