

MICROSTRIP ANTENA PADA FREKUENSI 9GH FREKUENSI APLIKASI RADAR

Ir Herry Satria Utama ,MT

Abstrak

Indonesia adalah Negara kepulauan yang tersusun dari pulau besar dan sejumlah pulau kecil yang letaknya sangat strategis. letak geografis Indonesia menyebabkan harus ada pengamanan dan pengawasan wilayah perairan yang memerlukan aparat petugas dan kapal. Kapal TNI_AL 117 buah dan 77 kapal diantaranya berusia 21-0 tahun. Perbandingan jumlah kapal terhadap luas wilayah perairan Indonesia 1:72 ribu km². Dengan kondisi itu tidak semua daerah perairan Indonesia dapat diawasi, akibatnya sering adanya pencurian ikan di wilayah Indonesia, perampokan dan penyelundupan. Selain itu sering adanya pencurian ikan di wilayah Indonesia seperti halnya pulau sipadan dan ligitan yang akhirnya menjadi wilayah Malaysia.

Untuk mengatasi masalah diatas, dirancanglah antenna radar.

PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia yang terdiri dari lebih 17 ribu pulau dengan 2/3 wilayah terdiri dari lautan memerlukan pengawasan dan pengamanan ekstra tinggi sehingga pihak – pihak asing tidak melakukan perbbuatan yang merugikan pihak Indonesia seperti pencurian ikan, perampokan (pembajakan kapal), perdagangan illegal dan pelanggaran batas wilayah sehingga mengakibatkan konflik seperti halnya pulau Sipadan dan pulau Ligitan. Pengawasan dan pengamanan wilayah Indonesia oleh TNI?POLRI dapat ditingkatkan dengan menggunakan radar yang andal yang dipasang disepanjang garis pantai wilayah Indonesia. Dan kapal-kapal nelayanindonesia memerlukan radar untuk kemudahan navigasi sehingga tidak melanggar wilayah Negara lain serta mencegah tabrakan dengan kapal lain.

Antenna mikrostrip mempunyai keunggulan karena memiliki ukuran kecil, ringan dan kompetibel dengan rangkaian terintegrasi. Antenna ini memiliki bentuk seperti doard yang beukuran kecil, sesuai dengan substrat dan frekuensi yang digunakan relative ringan dan cukup kuat walaupun demikian antenna mikrostrip mempunyai kekurangan, yaitu bandwidth yang sempit, efisiensi daya yang rendah dan tingginya rugi-rugi daya akibat polarisasi silang.

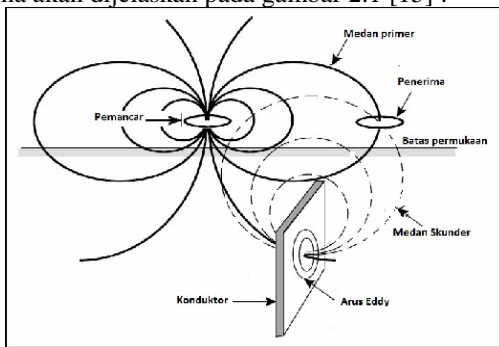
DASAR TEORI

1. Antena

Antena dalam perangkat dalam komunikasi nirkabel berfungsi mengubah sinyal listrik (*volt – ampere*) menjadi medan listrik dan magnet yang dapat merambat di udara sehingga dapat menerima gelombang radio kemudian meradiasikannya ke ruang bebas (*free space*) atau sebaliknya.

Berdasarkan *IEEE Standard Definitions of Terms for Antenna* (IEEE Std 145-1983), antena didefinisikan sebagai sesuatu untuk meradiasikan atau menerima gelombang radio [13]. Antena merupakan terminal akhir pada sisi *transmitter* sebagai perangkat yang berfungsi meradiasikan sinyal informasi dari sumber dalam bentuk gelombang RF (*Radio Frequency*) dan merupakan terminal pertama yang menerima gelombang RF yang membawa sinyal informasi di dalamnya pada sisi penerima (*receiver*).

Plot medan elektromagnetik yang diradiasikan oleh antena akan dijelaskan pada gambar 2.1 [15] :

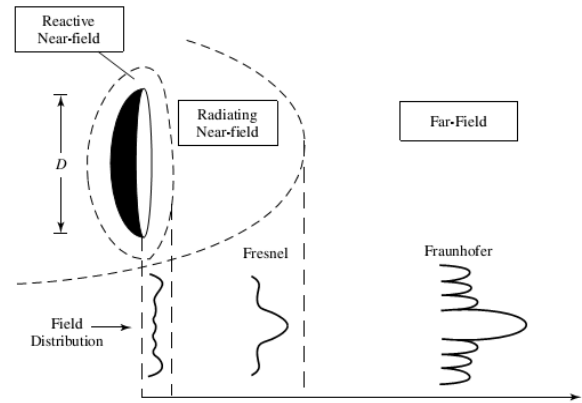


Gambar 2.1 Plot Medan Elektromagnetik yang Diradiasikan oleh Antena

Antena memiliki beberapa parameter yang menentukan performansi kerja dari antena tersebut. Parameter-parameter tersebut antara lain frekuensi kerja, *bandwidth*, impedansi masukan, *return loss*, pola radiasi, *beamwidth*, *gain*, dan *directivity*.

2. Parameter Antena

Antena bekerja dengan normal pada daerah medan jauh dari antena tersebut, karena pada daerah ini hanya terdapat energi radiasi dari antena tanpa dipengaruhi medan reaktif dari antena yang nilainya relatif terhadap jarak seperti pada gambar 2.2 [14]:



Gambar 2.2 Daerah Radiasi Antena

Daerah medan jauh ini dapat dinyatakan dengan persamaan 2.1 di bawah [14] :

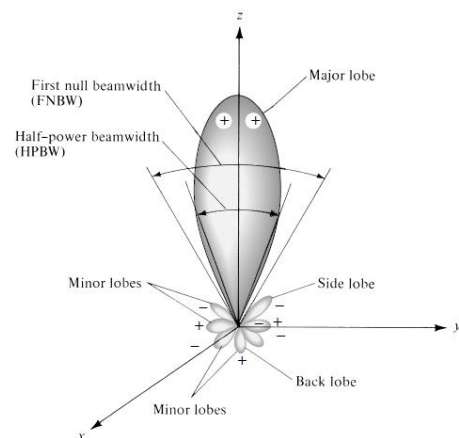
$$R > 2 \frac{D}{\lambda} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana D adalah dimensi terbesar dari antena, dan λ adalah panjang gelombang dari antena.

Radiasi yang dihasilkan antena akan memiliki pola tertentu dan pola ini akan berbeda untuk jenis antena yang berbeda. Pola radiasi antena didefinisikan sebagai fungsi matematis atau sebuah representasi grafik dari radiasi antena sebagai sebuah fungsi dari koordinat ruang.

Pada umumnya, pola radiasi ditentukan pada daerah *far-field* dan direpresentasikan sebagai suatu fungsi koordinat arah. Pola radiasi ini ditunjukkan dengan *lobes* dimana terdapat bagian yang disebut sebagai *main/major* (utama), *side* (samping), serta *back* (belakang) [16].

Beamwidth, atau yang lebih sering digunakan yaitu *half power beamwidth* (HPBW) yaitu sudut dimana amplitudo dari *Majorlobe* berkurang separuhnya. *Main/major lobe* adalah radiasi yang memiliki arah radiasi maksimum sedangkan *side lobe* dan *back lobe* merupakan bagian dari *minor lobe* yang keberadaannya tidak diharapkan. Pola radiasi ini menunjukkan medan radiasi antena yang terdiri dari medan listrik dan medan magnetik. Representasi pola radiasi dapat dilihat pada gambar 2.3 [17]:

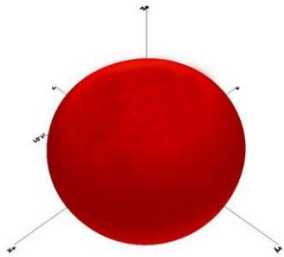


Gambar 2.3 Representasi Pola Radiasi

. Pola radiasi dapat dibedakan menjadi tiga yaitu :

1. Pola Isotropik

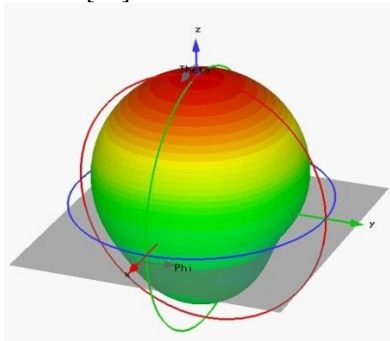
Antena Isotropik disebut sebagai antena tanpa rugi-rugi yang mempunyai radiasi sama besar ke setiap arah. Gambar 2.4 menunjukkan pola radiasi isotropik [29] :



Gambar 2.4 Pola Radiasi Isotropik

2. Pola Directional

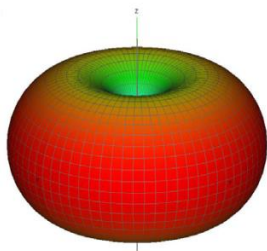
Antena yang memiliki pola radiasi *directional* atau searah dapat menerima radiasi elektromagnetik secara efektif pada arah-arah tertentu saja. Pola radiasi *directional* dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut [29] :



Gambar 2.5 Pola Radiasi Direksional

3. Pola Omnidirectional

Pola radiasi ini dibentuk dengan penggabungan pola dari dua bidang yang saling *orthogonal* dimana pola pada salah satu bidang tidak terarah sedangkan pola pada bidang lainnya merupakan pola terarah. Pada gambar 2.6 menunjukkan pola radiasi *omnidirectional* [29] :



Gambar 2.6 Pola Radiasi Omnidireksional

Pengarahan (*directivity*) dari antena didefinisikan sebagai perbandingan (rasio) intensitas radiasi pada sebuah antena pada arah tertentu dengan intensitas radiasi rata-rata pada semua arah. Keterarahan ini dapat dihitung menggunakan persamaan 2.2 di bawah ini [18] :

$$D = \frac{U}{U_0} = \frac{4\pi}{P_{rad}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :
D : Keterarahan (dB)

- U : Intensitas Radiasi (rad)
- U₀ : Intensitas Radiasi pada sumber isotropik (rad)
- P_{rad} : Daya total radiasi (rad)

Keterarahan dapat diartikan sebagai pengukuran dari intensitas radiasi dari

antena sebagai fungsi arah [14]. *Gain* merupakan nilai perbandingan dari daya yang diradiasikan oleh antena dibandingkan dengan daya yang masuk ke antena [14], atau dapat dinyatakan sebagai hasil perkalian antara *directivity* dengan efisiensi dari antena, dengan menggunakan persamaan 2.3 [14] :

$$G = D * \eta_{eff} = \frac{4\pi}{\lambda^2} * \eta_{eff} = \frac{4\pi A_{eff}}{\lambda^2} \dots\dots\dots(2.3)$$

- Dimana :
- G : *Gain* antena (dB)
 - A : Area dari permukaan antena (meter)
 - η_{eff} : Efisiensi radiasi dari antena
 - A_{eff} : Area efektif dari antena (meter)

Nilai *gain* akan selalu lebih kecil dari nilai *directivity*, karena pada antena terdapat rugi-rugi transmisi dan ketidaksesuaian impedansi antara saluran pencatu dan antena yang menyebabkan tidak semua daya yang masuk ke antena dapat diradiasikan.

Nilai efisiensi dari antena dapat dinyatakan dengan menggunakan persamaan 2.4 [14] :

$$\eta_{eff} = \frac{R_r}{R_r + R_l} \dots\dots\dots(2.4)$$

- Dimana :
- R_r : Tahanan radiasi (Ω)
 - R_l : Tahanan rugi (Ω)

Agar daya yang diradiasikan oleh antena dapat optimal, maka impedansi sumber harus sama dengan impedansi dari antena. Jika impedansi dari antena dengan sumber isotropik tidak sesuai maka sebagian dari daya yang akan dipantulkan kembali akan membentuk gelombang berdiri, nilai dari gelombang berdiri yang terbentuk dapat dihitung dengan menggunakan koefisien refleksi (Γ), yang dapat dinyatakan seperti pada persamaan 2.5 [14] :

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \dots\dots\dots(2.5)$$

- Dimana :
- Z_L : Impedansi beban (Antena) (Ω)
 - Z₀ : Impedansi karakteristik (Ω)

VSWR (*Standing Wave Ratio*) adalah perbandingan antara amplitude gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum (|V|_{max}) dengan minimum (|V|_{min}). VSWR tersebut juga memiliki korelasi dengan koefisien refleksi. Hal ini dapat dilihat pada persamaan untuk memperoleh VSWR, yaitu [14] :

$$VSWR = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \dots\dots\dots(2.6)$$

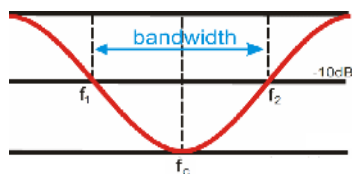
Pada prakteknya, kondisi *matched* sulit sekali dicapai. Kondisi tidak *matched* ini menyebabkan tidak semua daya dari sumber (*generator*) diterima oleh beban, sehingga ada daya yang

dikembalikan/dipantulkan. Adanya rugi-rugi yang dihasilkan ini disebut sebagai *Return Loss* dan dirumuskan menggunakan persamaan 2.7 :

$$RL = -20^{10} \text{Log} |\Gamma| \dots \dots \dots (2.7)$$

Nilai *return loss* yang sering dijadikan acuan adalah -10 dB sehingga $VSWR \leq 2$ atau dapat diartikan bahwa daya yang dipantulkan tidak terlalu besar dibandingkan daya yang dikirimkan atau terjadi kesesuaian antara antenna dan saluran transmisi (*matching*).

Bandwidth pada suatu antenna didefinisikan sebagai rentang frekuensi dimana performa antenna sesuai dengan standar yang ditetapkan. Untuk menentukan frekuensi kerja yaitu dengan *impedance bandwidth* dimana frekuensi kerja berdasarkan karakteristik impedansi atau *return loss* sehingga rentang frekuensi kerja didapatkan ketika memiliki nilai *return loss* di bawah -10 dB. Rentang frekuensi yang menjadi *bandwidth* akan dijelaskan pada gambar 2.7 [19]:



Gambar 2.7 Rentang Frekuensi Bandwidth

Dengan melihat gambar 2.7 *bandwidth* yang dapat dicari dengan menggunakan persamaan 2.8 di bawah ini [19] :

$$BW = f_2 - f_1 \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana :

f_2 : Frekuensi tertinggi (Hz)

f_1 : Frekuensi terendah (Hz)

f_c : Frekuensi tengah (Hz)

3. Miniaturisasi Antena

Perkembangan komunikasi bergerak dewasa ini menuntut perangkat dengan dimensi yang kecil, ringan, dan kompak. Sehingga diperlukan miniaturisasi perangkat untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Pada umumnya, miniaturisasi dimensi antenna planar dilakukan dengan menggunakan material substrat yang memiliki permitivitas dielektrik yang tinggi. Namun, penggunaan material dengan permitivitas dielektrik yang tinggi mengakibatkan meningkatnya gelombang permukaan pada material yang dapat menurunkan kinerja parameter antenna, di antaranya *return loss*, *gain*, dan pola radiasi. Salah satu cara untuk miniaturisasi dimensi antenna adalah menggunakan bahan metamaterial.

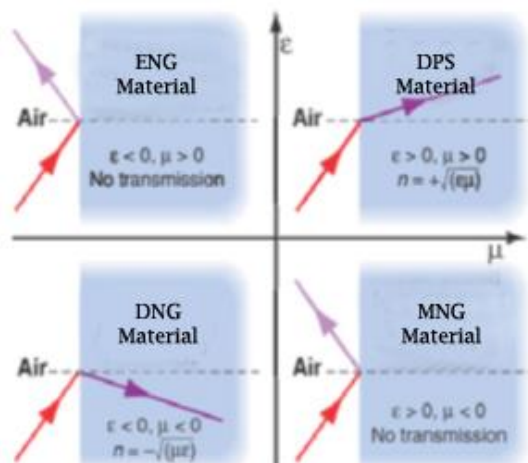
Metamaterial merupakan material yang tidak tersedia di alam yang memiliki sifat permitivitas (ϵ) dan atau permeabilitas (μ) negatif tetapi dapat direayasa. Nilai permitivitas yang terdapat di ruang bebas (ϵ_0) bernilai $8,85 \times 10^{-12}$ (F/m) [23]. Perbandingan antara permitivitas pada material dengan permitivitas ruang hampa menghasilkan konstanta dielektrik relatif (ϵ_r).

Sedangkan pada permeabilitas disebut sebagai ukuran dari parameter magnet yang terjadi pada sebuah material sebagai respons yang ditimbulkan terhadap

medan magnet yang mengenainya. Di dalam teori elektromagnetik medan magnet dinamai dengan (H) yang merupakan representasi adanya pengaruh fluks magnet (B) terhadap perpindahan dipol dan perubahan arah pada dipol magnet.

Hubungan antara medan magnet dan fluks magnet disebut permeabilitas yang dinyatakan sebagai perbandingan antara medan magnet (H) dengan fluks magnet (B). Permeabilitas yang terdapat pada ruang hampa (μ_0) memiliki nilai $4\pi \times 10^{-7}$ H/m. Perbandingan antara permeabilitas sebuah material terhadap permeabilitas ruang hampa menghasilkan permeabilitas relatif (μ_r).

Sebagian besar material yang tersedia di alam memiliki nilai permitivitas dan permeabilitas positif yang disebut *double positive* (DPS), sebaliknya jika keduanya memiliki nilai negatif disebut *double negative* (DNG). Bahan-bahan tersebut kemudian dibagi lagi ke dalam beberapa kategori yaitu *mu negative* (MNG) dan *epsilon negative* (ENG). Gambar 2.8 menjelaskan berupa klasifikasi material yang dipengaruhi oleh permitivitas dan permeabilitas [24] :



Gambar 2.8 Klasifikasi Material

Pada kuadran I, ($\epsilon > 0$ dan $\mu > 0$), yaitu material *double positive* (DPS) yang memiliki nilai permitivitas dan permeabilitas positif yang merupakan jenis material yang tersedia di alam sebagai dielektrik.

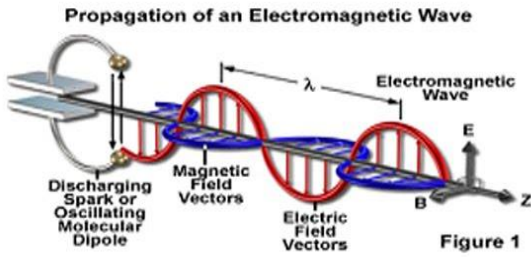
Pada kuadran II, ($\epsilon < 0$ dan $\mu > 0$) material jenis *epsilon negative* (ENG) dengan permitivitas kurang dari nol dan permeabilitas lebih dari nol. Jenis dari material ini adalah plasma.

Sedangkan kuadran III, ($\epsilon < 0$ dan $\mu < 0$) material *double negative* (DNG) material jenis ini tidak tersedia di alam dengan nilai permitivitas dan permeabilitas kurang dari nol.

Kuadran IV yaitu *mu negative* (MNG) ($\epsilon > 0$ dan $\mu < 0$) material ini menunjukkan *magnetic plasma* yang memiliki permitivitas lebih besar dari nol dan permeabilitas kurang dari nol.

Dari keempat kuadran yang diterangkan pada gambar 2.8, (ENG), (DNG), dan (MNG) merupakan bagian dari metamaterial yang tidak tersedia di alam.

Dibawah ini dijelaskan rambatan dari suatu gelombang elektromagnetik seperti pada gambar 2.9 di bawah ini [25]:



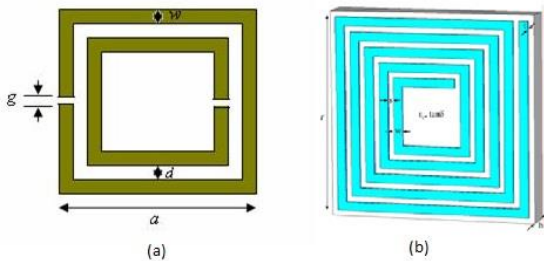
Gambar 2.9 Gelombang Elektromagnetik

Pada gelombang elektromagnetik terdapat arah medan magnet dan medan listrik yang terpolarisasi pada sudut yang berhubungan dengan arah propagasi.

Ketika gelombang tersebut memasuki suatu bahan material, yang terjadi adalah medan-medan gelombang saling berinteraksi dengan muatan-muatan dari atom dan molekul yang mengubah struktur material dan mengakibatkan bergerak.

Jenis material yang digunakan pada penelitian ini adalah material (MNG) karena memiliki permeabilitas yang tinggi pada frekuensi kerja tertentu serta tidak menyerap gelombang permukaan yang menurunkan efisiensi dari parameter antenna seperti *gain* dan *bandwidth*.

Sifat pada material (MNG) sangat diperlukan karena dapat mereduksi dimensi dan mampu menekan gelombang permukaan sehingga diperoleh perbaikan *gain* dan *bandwidth*. MNG memiliki beberapa jenis struktur, antara lain *Split Ring Resonator* (SRR) dan *Spiral Resonator* (SR) seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.10 [10] :



Gambar 2.10 Struktur MNG (a) Struktur Split Ring Resonator (SRR); (b) Struktur Spiral Resonator (SR)

Pada penelitian ini yang digunakan adalah struktur *Spiral Resonator* (SR). Struktur *patch* (SR) sebagai inklusi magnetik tiruan karena memiliki faktor reduksi dimensi antenna yang lebih besar [31]

4. Antena Planar

Antena planar merupakan salah satu jenis antenna yang mempunyai bentuk seperti bilah atau potongan yang mempunyai ukuran yang sangat tipis/kecil. Pada gambar 2.11 menjelaskan bentuk antenna planar [17]:

Gambar 2.11 Pola Dasar Antena Planar

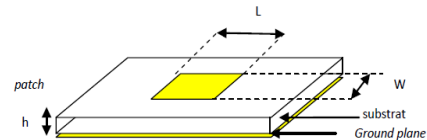
Dalam bentuk dasar, seperti yang digambarkan pada Gambar 2.11 antenna planar terdiri atas tiga lapisan, yaitu *patch* pada bagian paling atas dimana pada Gambar 2.11 digambarkan dengan warna kuning,

substrat dielektrik digambarkan dengan warna putih, dan *ground plane* pada bagian dasar antenna.

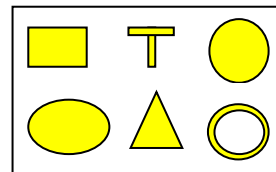
a. Conducting Patch

Patch terbuat dari bahan logam metal yang memiliki ketebalan tertentu. Jenis logam yang digunakan adalah bahan tembaga atau *copper* dengan konduktivitas sebesar $5,8 \times 10^7$ S/m. Elemen *patch* berfungsi dalam meradiasi gelombang radio yang nantinya dipancarkan kembali ke udara bebas. Besar, panjang, lebar, maupun radius dapat mempengaruhi frekuensi kerja antenna.

Elemen *patch* (peradiasi) dapat dibuat dalam berbagai bentuk seperti persegi panjang (*rectangular*), persegi, (*square*), *circular*, *elips*, segitiga, dan *circular ring*. Pada gambar 2.12 di bawah



memperlihatkan jenis *patch* dari antenna planar [17]:



Gambar 2.12 Jenis Patch pada Antena Planar

b. Substrat dielektrik

Substrat merupakan bahan dielektrik yang membatasi antara *patch* (peradiasi) dengan *ground* (pentanahan). Substrat dapat digolongkan berdasarkan konstanta dielektrik (ϵ_r) dan ketebalan (*h*) yang dapat mempengaruhi kinerja dari antenna seperti *bandwidth*, *gain*, *return loss*, dan pola radiasi.

Penggunaan bahan dielektrik yang berbeda akan mempengaruhi perhitungan pada pengukuran antenna secara keseluruhan. Bahan dielektrik yang digunakan memiliki nilai konstanta dielektrik $3,79 < \epsilon_r < 12$ [18]. Semakin tebal suatu substrat maka *bandwidth* yang dihasilkan akan semakin meningkat, namun dapat mengakibatkan terjadinya gelombang permukaan (*surface wave*) dan mengurangi daya masukan yang diterima oleh sebuah antenna dalam meradiasikan gelombang elektromagnetik ke udara bebas (*free space*) sesuai arah yang ditentukan.

c. Ground plane

Ground atau pentanahan berfungsi sebagai *reflector* dari gelombang elektromagnetik. Bahan dari *ground* sama-sama menggunakan logam tembaga seperti pada elemen *patch*.

5. Dimensi Antena

Dalam mencari bentuk dimensi antenna terlebih dahulu harus mengetahui parameter bahan yang digunakan seperti tebal substrat (*h*), konstanta dielektrik / ϵ_r , tebal konduktor (*t*), dan rugi-rugi yang dimiliki oleh bahan.

Setelah parameter bahan ditentukan selanjutnya menghitung panjang antenna planar untuk mengetahui nilai *bandwidth* agar sesuai.

Jika panjang antenna terlalu pendek maka berpengaruh terhadap nilai *bandwidth* yang sempit. Jika terlalu panjang maka *bandwidth* semakin lebar, namun berakibat terhadap efisiensi radiasi menjadi lebih kecil.

Dengan mengatur lebar dari antenna (w), maka nilai impedansi masukan juga akan berubah. Untuk mengetahui panjang dan lebar antenna planar dapat menggunakan persamaan 2.9 berikut [17] :

$$w = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

w : Lebar konduktor (mm)

ϵ_r : Konstanta dielektrik relatif (V/m)

c : Kecepatan cahaya di ruang bebas (3×10^8 m/s)

f_0 : Frekuensi kerja antenna (MHz)

Sedangkan untuk menentukan panjang *patch* antenna (L) diperlukan parameter ΔL yang merupakan pertambahan panjang dari L (ΔL) akibat adanya *fringing effect*. Pertambahan panjang dari L (ΔL) tersebut dirumuskan dengan persamaan 2.10 [17] :

$$\Delta L = 0,412 h \frac{(\epsilon_{r_{eff}} + 0,3) \frac{w}{h} + 0,264}{(\epsilon_{r_{eff}} + 0,258) \frac{w}{h} + 0,8} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana h merupakan tebal substrat dan

$(\epsilon_{r_{eff}})$ adalah konstanta dielektrik efektif yang dirumuskan menggunakan persamaan 2.11 yaitu [17] :

$$\epsilon_{r_{eff}} = \frac{(\epsilon_r + 1)}{2} + \frac{(\epsilon_r - 1)}{2} \left(\frac{1}{1 + 12 \frac{h}{w}} \right) \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

$\epsilon_{r_{eff}}$: Konstanta dielektrik relatif efektif bahan substrat (V/m)

ϵ_r : Konstanta dielektrik relatif (V/m)

h : Tebal substrat (mm)

w : Lebar konduktor (mm)

Dengan panjang *patch* (L) menggunakan persamaan 2.12 [17] :

$$L = L_{eff} - 2 \Delta L \dots\dots\dots(2.12)$$

dimana L_{eff} merupakan panjang *patch* efektif yang dapat dirumuskan dengan persamaan 2.13 berikut [17] :

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{r_{eff}}}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Untuk menghitung nilai dari saluran pencatu dilakukan dengan menghitung lebar dan panjang *inset feed*. Lebar saluran pencatu (w_0) untuk $w_0 < 2$ menggunakan persamaan 2.14 [20] :

$$w_0 = \frac{8e^A}{e^{2A} - 2} \cdot \frac{w_0}{h} < 2 \dots\dots\dots(2.14)$$

Sedangkan untuk $w_0 > 2$, persamaan 2.15 adalah [20] :

$$W_0 = \frac{h}{\pi} \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} (\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r}) \right] \dots\dots(2.15)$$

Dengan nilai A dan B didapat dengan persamaan 2.16 dan 2.17 yaitu [20] :

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2} \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1}} \left(0,23 + \frac{0,11}{\epsilon_r} \right) \dots\dots\dots(2.16)$$

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana :

Z_0 : Impedansi karakteristik (50Ω)

ϵ_r : Konstanta dielektrik relatif (V/m)

6. Teknik Pencatuan Saluran Mikrostrip

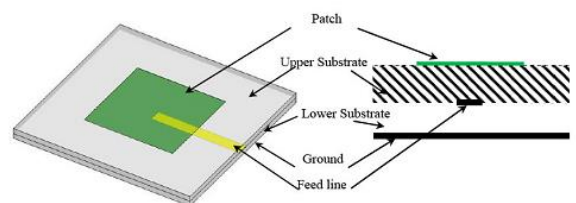
Teknik pencatuan digunakan untuk menghasilkan radiasi baik secara kontak langsung maupun tidak langsung.

Terdapat dua jenis metode pencatuan, yaitu: *Contacting (direct feeding)* dan *Non-contacting (Electromagnetically Coupled)* atau biasa disebut *Proximity coupled feeding*.

Saluran mikrostrip ini dibuat menggunakan dua tumpukan substrat dielektrik. Pada *patch* peradiasi terletak dengan posisi sebidang dengan substrat paling atas (layer pertama) dan untuk *feeding* atau pengumpanan terletak sebidang dengan substrat pada layer kedua. Pencatuan ini dikopel secara elektromagnetis yang juga secara tidak langsung dibatasi oleh substrat dielektrik

Teknik pencatuan *Electro-magnetically Coupled* (EMC) bertujuan untuk mengurangi radiasi yang tidak diinginkan serta memperbaiki *bandwidth* tanpa rangkaian *matching* tambahan [21].

Selain memiliki kelebihan dengan memperluas *bandwidth*, pencatuan ini memiliki kelemahan yaitu dibutuhkan ketepatan saat mendesain bagian atas dan bawah pada layer agar dapat terkopel dengan baik [22]. Gambar 2.10 merupakan pencatuan dengan *Proximity coupled feeding* seperti dibawah ini [19] :



Gambar 2.13 Proximity Coupled Feeding

7. Antena Planar Array

Salah satu teknik untuk meningkatkan performansi dari antenna planar yaitu dengan mendesain antenna array. Antena array biasanya didesain untuk mencapai spesifikasi yang tidak dapat dicapai menggunakan antenna satu elemen seperti bentuk pola radiasi tertentu, besar *gain*, dan lainnya. Selain itu antenna array juga biasa digunakan jika antenna membutuhkan pergeseran beam ke arah tertentu.

Salah satu masalah pada antenna array yaitu *mutual coupling*, adanya *mutual coupling* antar elemen dari

PEMBAHASAN

1. Perancangan Antena

Proses dalam merancang suatu antena yang pertama dilakukan adalah menentukan karakteristik antena seperti: frekuensi kerja, *return loss*, VSWR, *gain* dan *beamwidth*.

Pada tabel 3.1 berikut ini menjelaskan spesifikasi dalam merancang antena planar array dengan ketentuan sebagai berikut:

Tabel 3.1 Spesifikasi Perancangan Antena

Frekuensi Kerja	9 GHz (8,9 – 9,1 GHz)
Impedansi Terminal	50 Ω koaksial konektor SMA
VSWR	≤ 2
<i>Beamwidth</i>	< 10°
Gain	> 10 dB

Bahan substrat yang digunakan adalah jenis Taconic dan FR 4 dengan ketebalan substrat 1,52 mm dan 1,6 mm. Ketebalan substrat berpengaruh terhadap gelombang permukaan. Impedansi terminal yang digunakan 50 Ω karena pada umumnya standar yang digunakan untuk sistem komunikasi radio adalah 50 Ω.

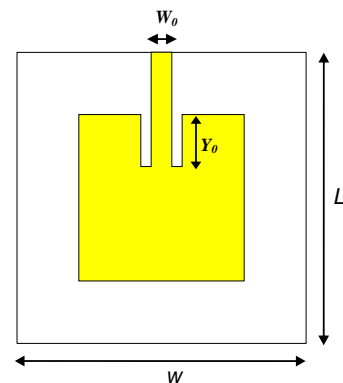
Semakin tipis ketebalan substrat maka efek gelombang permukaan semakin kecil. Dengan mengecilnya gelombang permukaan diharapkan dapat meningkatkan kinerja dari antena seperti : *gain*, *beamwidth*, dan *return loss*.

Pada penelitian ini dirancang dua jenis antena. Antena pertama yaitu antena konvensional (*patch* biasa) kemudian antena kedua yaitu antena *patch* (SR) dengan teknik planar array dimana nantinya dapat memperbaiki nilai *gain* dan *beamwidth*.

Antena dengan *patch* (SR) dengan metode MNG (*mu negative*) menggunakan teknik planar array yang tidak menyerap gelombang permukaan dan memperbaiki nilai *gain*, *beamwidth*, dan *return loss*.

2. Perancangan Antena Konvensional Patch Tunggal

Di bawah ini merupakan desain dari antena konvensional seperti pada gambar 3.3 berikut :



Gambar 3.3 Antena Konvensional

antena dapat mengurangi efisiensi dari antena yang akan berimbas pada menurunnya *gain* absolut dari antena. Pengurangan efisiensi dari antena ini terjadi karena adanya gelombang permukaan yang terjadi antar elemen yang mengakibatkan hilangnya sebagian daya dari antena. Cara untuk mengurangi *mutual coupling* yaitu dengan mengatur jarak antar elemen sebesar setengah lamda [27], selain itu dapat juga digunakan metamaterial dan *Defeat Ground System* (DGS) yang dibentuk dan diletakkan sedemikian rupa di antara elemen-elemen array [28].

Pola radiasi antena array lebih besar pada arah tertentu dan lebih kecil pada arah yang lain. Pola radiasi dari antena $F(\theta)$ dari suatu antena array merupakan perkalian antara faktor dari tiap elemen $F_e(\theta)$ dan array faktor dari antena $F_a(\theta)$, seperti dinyatakan pada persamaan 2.18 [18]:

$$F(\theta) = F_e(\theta) \times F_a(\theta) \dots\dots\dots 2.18$$

Sedangkan nilai array factor (AF) dapat dihitung sebagai berikut [18] :

$$AF = \sum_{n=1}^N A_{n-1} \exp(j(n-1)\psi) \dots\dots\dots 2.19$$

$$\psi = kd \cos \theta + \beta \dots\dots\dots 2.20$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda_0} \dots\dots\dots 2.21$$

Dimana :

β : phase eksitasi pada masing-masing single elemen

A_{n-1} : nilai amplitude yang digunakan pada tiap-tiap elemen

Untuk nilai $A_n = 1$, medan radiasi dapat dinormalisasi sebagai berikut [18]:

$$AF_n = \frac{1}{N} \cdot \frac{1 - e^{jN\psi}}{1 - e^{j\psi}} = \frac{1}{N} \cdot \frac{\sin(\frac{N\psi}{2})}{\sin(\frac{\psi}{2})} \dots\dots\dots 2.22$$

Main lobe yang dihasilkan dari antena array terjadi saat $\psi = 0$ sedangkan *grating lobe* terjadi saat

$$\psi = \pm 2n\pi$$

grating lobe dari antena array harus dihilangkan karena dapat menghasilkan sinyal yang diterima pada arah yang diinginkan. Nilai dari jarak antar elemen (d) agar *grating lobe* dapat dinyatakan sebagai berikut [18] :

$$\frac{d}{\lambda} < \frac{1}{1 + |\sin \theta_{0,max}|} \dots\dots\dots 2.23$$

Dimana $\sin \theta_{0,max}$ adalah arah sudut maksimum dari *main beam* dari antena.

3. Perhitungan Saluran Pencatu Antena Konvensional Patch Tunggal

Untuk menghitung lebar saluran pencatu dengan $w_0 > 2$, menggunakan persamaan (2.15) dengan memasukkan nilai $(\epsilon_r) = 2,2$ dan $Z_0 = 50 \Omega$ adalah :

$$w_0 = \frac{h}{\pi} \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} (\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r}) \right]$$

Dimana nilai B adalah :

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{377 \times 3,14}{2 \times 50 \sqrt{2,2}} = 7,98$$

Sehingga :

$$w_0 = \frac{1,52}{3,14} \left[7,98 - 1 - \ln(2 \times 7,98 - 1) + \frac{2,2 - 1}{2 \times 2,2} (\ln(7,98 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{2,2}) \right] = 2,34 \text{ mm}$$

Dimana :

h : Tebal substrat (1,52 mm)

ϵ_r : Konstanta dielektrik relatif (2,2 V/m)

4. Perhitungan Lebar, Panjang, dan Inset Feed

Tahap selanjutnya adalah menghitung panjang (L), lebar (w), antena konvensional dengan spesifikasi $f_0 = 9,031 \times 10^6$ MHz, $(\epsilon_r) = 2,2$, $h = 1,52$ mm, dan $c = 3 \times 10^8$ m/s. Untuk menghitung lebar antena menggunakan persamaan 2.9:

$$\begin{aligned} w &= \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \\ &= \frac{3 \times 10^8}{2 \times 9,031 \times 10^6 \sqrt{\frac{2,2 + 1}{2}}} \\ &= \frac{300}{2 \times 9,031 \sqrt{\frac{2,2 + 1}{2}}} \\ &= 13,13 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk menentukan panjang *patch* (L) diperlukan parameter ΔL yang merupakan pertambahan panjang dari L akibat adanya *fringing effect*.

Pertambahan panjang dari L (ΔL) tersebut dirumuskan pada persamaan 2.10. Sebelum menghitung ΔL , menghitung nilai konstanta dielektrik relatif yang dirumuskan pada persamaan 2.11 di bawah ini :

$$\begin{aligned} \epsilon_{r,eff} &= \frac{(\epsilon_r + 1)}{2} + \frac{(\epsilon_r - 1)}{2} \left(\frac{1}{1 + 12 \frac{h}{w}} \right) \\ &= \frac{2,2 + 1}{2} + \frac{2,2 - 1}{2} \left(\frac{1}{1 + 12 \frac{1,52}{13,13}} \right) \end{aligned}$$

$$= 1,851 \text{ mm}$$

Sehingga ΔL dapat dicari menggunakan persamaan 2.10 :

$$\Delta L = 0,412 h \frac{(\epsilon_{r,eff} + 0,3) \frac{w}{h} + 0,264}{(\epsilon_{r,eff} + 0,258) \frac{w}{h} + 0,8}$$

Sehingga dapat dihitung :

$$\Delta L = 0,412 \times 1,52 \frac{(1,851 + 0,3) \frac{13,13}{1,52} + 0,264}{(1,851 + 0,258) \frac{13,13}{1,52} + 0,8} = 0,621$$

mm

Sebelum mencari L , maka dihitung terlebih dahulu L_{eff} yaitu panjang *patch* efektif seperti yang dirumuskan pada persamaan 2.13 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} L_{eff} &= \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{r,eff}}} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 9,031 \times 10^6 \sqrt{1,851}} \\ &= \frac{30}{2 \times 9,031 \sqrt{1,851}} \end{aligned}$$

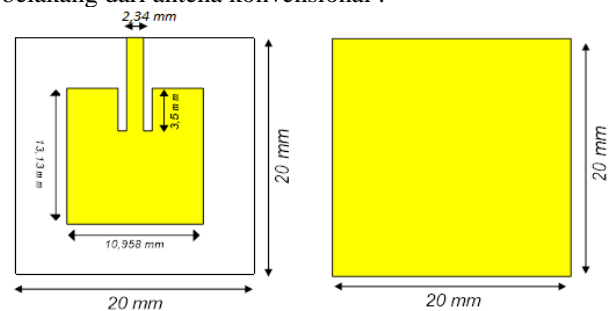
$$= 12,2 \text{ mm}$$

Sehingga L dapat dihitung menggunakan persamaan 2.12 seperti :

$$\begin{aligned} L &= L_{eff} - 2 \Delta L \\ &= 12,2 - 2 \times 0,621 \\ &= 10,958 \text{ mm} \end{aligned}$$

5. Desain Akhir Antena Konvensional Patch Tunggal

Antena konvensional dirancang dengan maksud untuk membandingkan nilai *gain* dan *beamwidth* kedua antena. Di bawah ini menjelaskan tampak depan dan belakang dari antena konvensional :

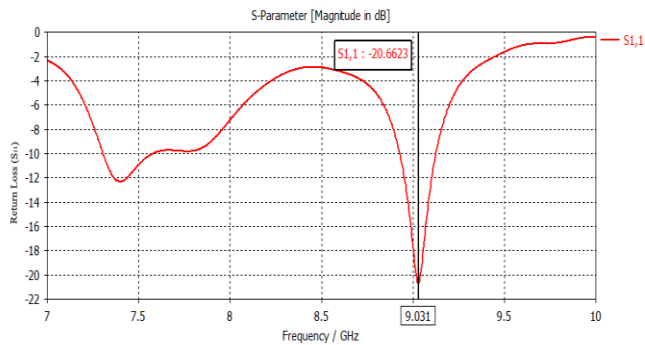


Gambar 3.4 Antena Konvensional; (a) tampak depan, (b) tampak belakang.

Ukuran *patch* antena konvensional seperti pada gambar 3.4 disesuaikan dengan iterasi panjang *patch*, lebar *patch*, dan ujung *feed* (w_0).

Pada perhitungan ukuran $w = 13,13$ mm, panjang (L) = 10,958 mm, dan $w_0 = 2,34$ mm.

Sedangkan ukuran *inset feed* (Y_0) dibuat saat simulasi menggunakan CST Microwave Studio yaitu 3,5 mm. Selanjutnya dilakukan simulasi antena konvensional seperti pada gambar 3.5 :

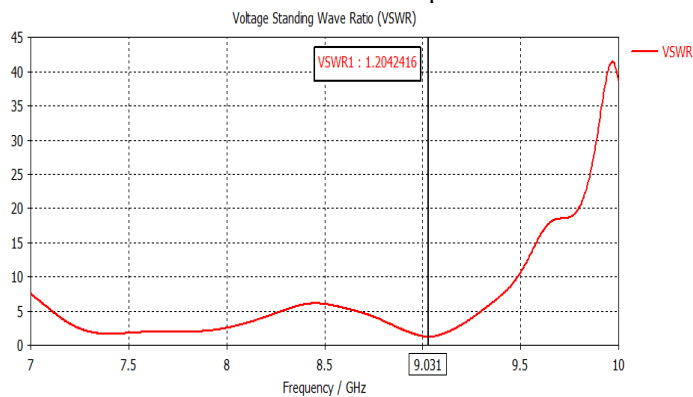


Gambar 3.5 Grafik S₁₁ Antena Konvensional Patch Tunggal

Dari gambar 3.5 hasil simulasi didapat frekuensi kerja 9,031 GHz, dengan *bandwidth* 19,7 MHz. Perhitungan *bandwidth* dapat dihitung dengan persamaan 2.11 :

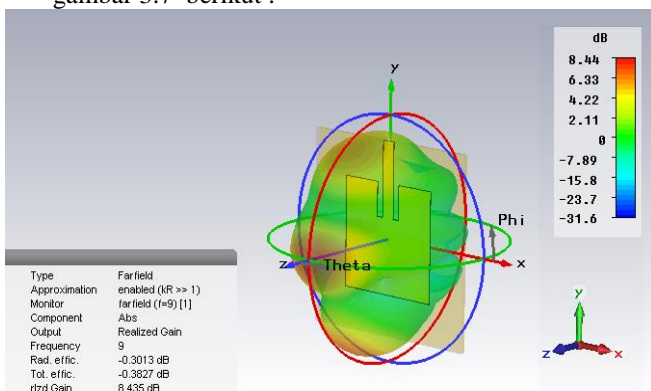
$$\begin{aligned}
 BW &= f_2 - f_1 \\
 &= 9,125 - 8,928 \\
 &= 19,7 \text{ MHz}
 \end{aligned}$$

Pada gambar 3.6 menjelaskan hasil simulasi grafik VSWR dari antena konvensional seperti di bawah ini :



Gambar 3.6 Grafik VSWR Antena Konvensional Patch Tunggal

Selanjutnya menjelaskan bentuk 3D hasil simulasi dari antena konvensional patch tunggal seperti pada gambar 3.7 berikut :

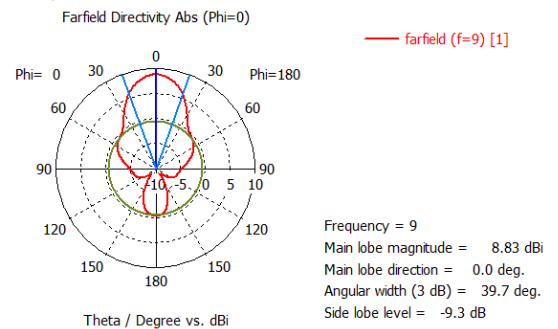


Gambar 3.7 Farfield 3D Antena Konvensional Patch Tunggal

Pada gambar 3.6 dan 3.7 berturut-turut adalah nilai VSWR pada antena konvensional yaitu 1,204 dan *gain* 8,435 dB.

Berikutnya menjelaskan bentuk pola radiasi dan nilai *beamwidth* yang dihasilkan oleh antena

konvensional yang ditunjukkan pada gambar 3.8 di bawah ini :



Gambar 3.8 Pola Radiasi Antena Konvensional Patch Tunggal

Pada gambar 3.8 menunjukkan pola radiasi yang dihasilkan dari antena konvensional patch tunggal, dan *beamwidth* (*Angular width* (3 dB)) yang dihasilkan adalah 39.7°.

PENUTUP

1. Kesimpulan

Dari hasil analisis yang dilakukan maka dapat disimpulkan beberapa hal berikut.

- a. Antena microstrip berukuran kecil dan dapat digunakan untuk radar perbatasan NKRI.

2. Saran

Saran yang dapat diberikan guna pengembangan jurnal ini sebagai berikut

- a. Perbanyak referensi, dan update berkala agar relevan dengan kondisi saat ini

DAFTAR PUSTAKA

- [1] **Chen, D and C.-H Cheng, 2011.** *A novel compact ultra-wideband (UWB) wide slot antenna with via holes.* **IEEE Progres In Electromagnetics Research**, Vol. 94,343-349,2009
- [2] **Satria, Herry (2015)** *BAHAN AJAR SALURAN GELOMBANG MIKRO BAB II & BAB III. : Tidak Diterbitkan*
- [3] **J.Liang, dkk 2005,** *Study of a Printed Circular Disc Monolole Antena for UWB systems,* **IEEE Transaction on Antennas and Propagation**, vol 3, no. 11, November 2005, pp.3500-3504