

PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA SUSUN LINIER BENTUK HEKSAGONAL UNTUK RADAR KAPAL

Oleh :

Muhamad Saipullah¹⁾, Mochamad Yunus²⁾, Agustini Rodiah Machdi³⁾

ABSTRAK

Antena susun linier bentuk heksagonal untuk radar kapal adalah antena yang dibuat menggunakan material *substrat* dimana elemen peradiasi (*patch*) menempel di atas elemen pentanahan (*ground plane*). Perancangan antena mikrostrip ini dirancang dalam bentuk *patch* 1x8 susun *patch* heksagonal dengan frekuensi kerja 3 GHz untuk memperbaiki karakteristik antena seperti frekuensi kerja, *return loss*, *bandwidth*, *gain*, pola radiasi, *beamwidth* dan VSWR. Antena ini menggunakan bahan material *substrat* FR-4 (*lossy*) dengan ketebalan material *substrat* sebesar 1,6 mm. Hasil simulasi antena mikrostrip susun *patch* heksagonal 1x8 elemen dengan bahan *substrat* FR-4 (*lossy*) mampu bekerja pada frekuensi 3,076 GHz, dengan *range* frekuensi 2,940 – 3,090 GHz, nilai *return loss* sebesar -37,868 dB dengan *bandwidth* 76,2 MHz, VSWR 1,025, *gain* sebesar 7,115 dB dan *beamwidth* 9,9^o, sedangkan hasil pengukuran bekerja pada frekuensi 3 GHz, dengan *range* frekuensi 2,975 – 3,047 GHz, nilai *return loss* sebesar -18,809 dB dengan *bandwidth* 93 MHz, nilai VSWR 1,263.

Kata Kunci : Antena Susun, Antena Mikrostrip, Bentuk Heksagonal, Radar Kapal

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah sebuah negara kepulauan yang memiliki beribu pulau dan perairan yang sangat luas. Bahkan luas perairannya dua kali lipat dari luas kepulauannya. Luasnya laut Indonesia membuat kapal-kapal asing yang berada disekitar perbatasan Indonesia dengan leluasa memasuki wilayah perairan Indonesia dan melakukan ilegal *fishing*, ilegal *logging*, penyelundupan dan lain –lain di Indonesia. [1] *Radio Detection and Ranging* (RADAR) untuk kapal merupakan peralatan navigasi elektronik terpenting dalam pelayaran. Pada dasarnya RADAR berfungsi untuk mendeteksi dan mengukur jarak suatu objek di sekitar area kapal. Penggunaan RADAR diharapkan mampu mengawasi aktifitas kapal-kapal laut sehingga mampu meminimalisasi tindakan yang merugikan seperti tabrakan antar kapal atau sejenisnya [2]. Radar pada kapal juga dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan kapal asing yang diduga pelaku ilegal *fishing*, ilegal *logging*, penyelundupan dan lain –lain. Pada sistem radar, antena adalah salah satu komponen yang mempunyai peranan sangat penting dalam sistem komunikasi [2] Antena mikrostrip merupakan salah satu bahan antena yang terdiri atas 3 komponen utama yaitu: *ground plane*, *substrat*, dan elemen peradiasi (*patch*). dimana konduktor metal (*patch*) menempel di atas *substrat* dan *ground plane* pada bagian bawah *substrat*. karena

bentuk dan ukuran antena mikrostrip yang kecil dan beratnya yang ringan membuat jenis antena ini sederhana dan mudah untuk diintegrasikan serta banyak diaplikasikan pada perangkat seluler, WiFi, RFID dan sejenisnya. [3]

Penelitian ini dilakukan untuk merancang sebuah antena mikrostrip yang dapat diaplikasikan untuk antena radar kapal dengan menghasilkan *beamwidth* $\leq 10^0$ yang bekerja pada frekuensi 3 GHz dan mengikuti standarisasi spesifikasi antena radar yang dibutuhkan. [2]

II. TEORI DASAR

2.1 Pengertian Antena

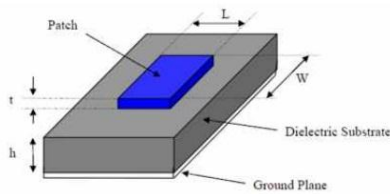
Antena adalah suatu piranti transisi antara saluran transmisi dengan ruang hampa dan sebaliknya. Antena terbuat dari bahan logam yang berbentuk batang atau kawat dan berfungsi untuk memancarkan atau menerima gelombang radio, atau sebaliknya. Selain itu, antena juga merupakan piranti pengarah karena digunakan untuk mengarahkan energi pancaran pada suatu arah dan menekan pada arah yang lain. [4]

2.2 Mikrostrip patch antena

Sebuah *patch* antena mikrostrip terdiri dari sebuah *patch* dengan bentuk geometri planar pada satu sisi *substrat* dielektrik, serta bagian pertanahan (*grounding*) pada sisi yang lain

terdapat banyak pola *patch* untuk antena mikrostrip, namun pada dasarnya bentuk konfigurasi *patch* yang dapat digunakan di dalam merancang suatu antena mikrostrip seperti bujur sangkar, persegi empat, *ring*, dan *ellips*.

Perancangan sebuah *patch* peradiasi dari sebuah antena mikrostrip dibuat pada sisi permukaan lapisan atas dari dielektrik *substrat*. Salah satu bentuk umum dari *patch* peradiasi adalah persegi panjang (*rectangular*), bentuk lingkaran (*circular*) dan segi tiga (*triangular*). Bentuk struktur dan *patch* antena mikrostrip dapat dilihat pada gambar 1 di bawah ini : [2]



Gambar 1. Struktur dan Patch Antena Mikrostrip

2.3 Dimensi Antena

Dalam mencari bentuk dimensi antena 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 antena mikrostrip untuk mengetahui nilai *bandwidth* agar sesuai. Jika panjang antena 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 antena (*w*), maka nilai impedansi masukan juga akan berubah. Untuk mengetahui panjang dan lebar antena mikrostrip dapat menggunakan persamaan (1) berikut : [5]

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

Keterangan :

- w* : Lebar konduktor (mm)
- ϵ_r : Konstanta dielektrik relative (V/m)
- c* : Kecepatan cahaya di ruang bebas (3x10⁸m/s)
- f*₀ : Frekuensi kerja antena (Hz)

Sedangkan untuk menentukan panjang *patch* antena (*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) : [5]

$$\Delta l = 0,412 h \frac{(\epsilon_{reff} + 0,3) \frac{w}{h} + 0,264}{(\epsilon_{reff} + 0,258) \frac{w}{h} + 0,8} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana *h* merupakan tebal substrat dan (ϵ_{reff}) adalah konstanta dielektrik efektif yang dirumuskan menggunakan persamaan (3) yaitu: [5]

$$\epsilon_{reff} = \frac{(\epsilon_r + 1)}{2} + \frac{(\epsilon_r - 1)}{2} \left[\frac{1}{1 + 12 \frac{h}{w}} \right] \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

- ϵ_{reff} : 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 (4) : [5]

$$L = L_{eff} - 2\Delta l \dots \dots \dots (4)$$

Dimana L_{eff} merupakan panjang *patch* efektif yang dapat dirumuskan dengan persamaan (5) berikut : [5]

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{reff}}} \dots \dots \dots (5)$$

Untuk menghitung nilai dari saluran pencatu dilakukan dengan menghitung lebar dan panjang *inset feed*. Lebar saluran pencatu (W_0) untuk $\frac{W_0}{h} > 2$ menggunakan persamaan (6) di bawah ini : [8]

$$\frac{W_0}{h} = \frac{2h}{\pi} \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} (\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r}) \right] \dots \dots \dots (6)$$

Dengan nilai B didapat dengan persamaan (7) di bawah ini : [6]

$$B = \frac{377 \pi}{2Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan:

- B* : Besarnya impedansi pada saluran (Ω)
- Z_0 : Impedansi karakteristik (50 Ω)

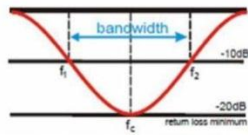
2.4 Parameter Antena Mikrostrip

Kinerja suatu antena dapat dilihat dari nilai parameter-parameter antena tersebut. Parameter-parameter antena yang biasanya digunakan untuk menganalisis suatu antena adalah sebagai berikut :

2.4.1 Bandwidth

Bandwidth pada suatu antena didefinisikan sebagai rentang frekuensi dimana performa antena 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* ≤ -10 dB. Rentang frekuensi

yang menjadi *bandwidth* akan dijelaskan pada gambar 2 di bawah ini : [7]



Gambar 2. Rentang Frekuensi Bandwidth

Dengan melihat gambar 2 *bandwidth* yang dapat dicari dengan menggunakan persamaan (8) di bawah ini : [7]

$$BW = f_2 - f_1 \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan :

f_2 : Frekuensi tertinggi (Hz)

f_1 : Frekuensi terendah (Hz)

2.4.2 Return Loss

Return loss merupakan besaran daya pantul (faktor refleksi) yang disebabkan oleh tidak *match* beban dengan *transmission line* dalam dB. Besarnya *return loss* sangat tergantung faktor refleksi yaitu perbandingan antara tegangan yang dipantulkan dengan tegangan yang datang dari sumber dirumuskan menggunakan persamaan (9) : [8]

$$RL = 20 \text{ Log } |\Gamma| \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan :

RL : *Return Loss* (dB)

Γ : Koefisien refleksi

Nilai *return loss* yang sering dijadikan acuan adalah -9,54 dB sehingga $VSWR \leq 2$ atau dapat diartikan bahwa daya yang dipantulkan tidak terlalu besar dibandingkan daya yang dikirimkan atau terjadi kesesuaian antara antena dan saluran transmisi (*matching*) : [8]

2.4.3 VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)

VSWR adalah perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum ($|V|_{\max}$) dengan minimum ($|V|_{\min}$). 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) atau *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR), yang dapat dinyatakan seperti pada persamaan (10) dan (11) berikut : [9]

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan :

Z_L : Impedansi beban (antena) (Ω)

Z_0 : Impedansi karakteristik (Ω)

, yaitu: [8]

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \dots\dots\dots (11)$$

2.4.4 Gain

Gain adalah penguatan atau kemampuan pada antena yang berhubungan dengan *directivity* dan efisiensi antena. *Gain* merupakan nilai perbandingan dari daya yang diradiasikan oleh antena dibandingkan dengan daya yang masuk ke antena atau dapat dinyatakan sebagai hasil perkalian antara *directivity* dengan efisiensi dari antena, dengan menggunakan persamaan friis berikut (12) : [8]

$$G = 20 \log \left(\frac{4 \pi R}{\lambda} \right) + 10 \log \left(\frac{P_r}{P_t} \right) \dots\dots\dots (12)$$

Keterangan :

G : *Gain* antena (dB)

R : jarak pisah antara antena pemancar dan penerima (meter)

λ : Panjang gelombang pada frekuensi yang digunakan (meter)

P_t : Daya pengirim (Watt)

P_r : Daya penerima (Watt)

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. [8]

2.4.5 Beamwidth

Beamwidth adalah sudut *aperture* dari antena dimana sebagian besar daya terpancar. *Beamwidth* sendiri terbagi atas beberapa bagian diantaranya *main beam*, *sidelobe* dan *backlobe*. *Main beam* merupakan daerah dimana daya yang dipancarkan maksimum. Daerah *main beam* umumnya adalah sudut antara daya puncak dengan daya lebih dari sama dengan 50% (-3dB) daya pancar antena. *Sidelobe* merupakan daerah beam yang kecil dimana berada jauh dari beam utama. *Sidelobes* ini biasanya merupakan pancaran radiasi antena dengan arah yang tidak diinginkan yang tidak akan pernah bisa dihilangkan sama sekali. Sedangkan *backlobe* merupakan daerah dimana pancaran radiasi antena yang muncul berkebalikan 180° dari *beam* utama antena. [10]

2.4.6 Pola Radiasi

Pola radiasi merupakan gambaran secara grafik dari sifat – sifat radiasi suatu antena sebagai fungsi koordinat ruang. Dalam banyak keadaan, pola radiasi ditentukan pada pola daerah medan jauh dan digambarkan sebagai fungsi koordinat – koordinat arah sepanjang radius konstan, dan digambarkan pada koordinat ruang. Sifat – sifat radiasi ini mencakup intensitas radiasi, kekuatan medan (*field strenght*) dan polarisasi. Sedangkan

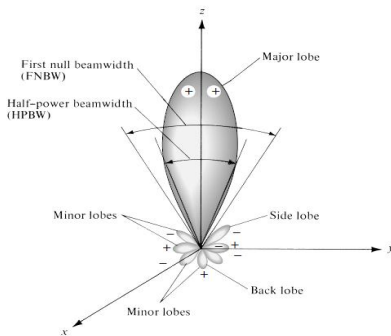
untuk pola radiasi *antenna microstrip* mempunyai fenomena yang sama dengan pola radiasi antena konvensional [11]. Medan radiasi antena terbagi menjadi medan jauh (*far field*) dan medan dekat (*near field*). Jarak minimum antara antena pemancar dengan antena penerima dengan persamaan (13) : [12]

$$R_{min} = \frac{2D}{\lambda} \dots\dots\dots (13)$$

Keterangan :

- R_{min} = jarak minimum pemancar dengan penerima (cm)
- D = dimensi terbesar dari antena (cm)
- λ = panjang gelombang (cm)

Gambar pola radiasi dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini : [12]

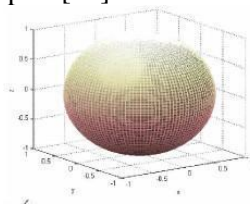


Gambar 3. Pola Radiasi Antena

Pola radiasi dapat dibedakan menjadi tiga yaitu:

a. Pola Isotropik

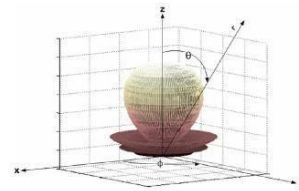
Antena Isotropik disebut sebagai antena tanpa rugi-rugi yang mempunyai radiasi sama besar ke setiap arah. Gambar 4 menunjukkan pola radiasi isotropik: [13]



Gambar 4. Pola Radiasi Isotropik

b. Pola Direksional

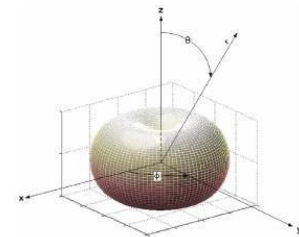
Antena yang memiliki pola radiasi *directional* atau searah dapat menerima radiasi elektromagnetik secara efektif pada arah-arah tertentu saja. Pola radiasi *directional* dapat dilihat pada gambar 5 berikut : [13]



Gambar 5. Pola Radiasi Direksional

c. Pola Omnidireksional

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 6 menunjukkan pola radiasi omnidireksional : [13]



Gambar 6. Pola Radiasi Omnidireksional

2.5 Radar Kapal

Radar (*Radio Detection and Ranging*) adalah suatu sistem gelombang elektromagnetik yang berguna untuk mendeteksi, mengukur jarak, ketinggian dan memetakan suatu objek. Radar bisa digunakan untuk mendeteksi pesawat, kapal, *spacecraft*, misil, kendaraan bermotor, cuaca dan lain sebagainya. [10]

Radio Detection and Ranging (Radar) berfungsi untuk mendeteksi, mengukur jarak, ketinggian dan memetakan suatu objek. Karena kemampuannya itu radar dapat digunakan untuk melihat objek-objek di laut dan udara pada jarak jangkauan yang luas meskipun cuaca buruk seperti hujan badai dan kabut. Pada sistem radar, antena adalah salah satu komponen yang mempunyai peranan sangat penting dalam sistem komunikasi karena berfungsi sebagai pemancar atau penerima gelombang elektromagnetik [6]. Adapun spesifikasi antena radar yang dirancang berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini : [2]

Tabel 1. Spesifik Antena Radar

Parameter	Nilai
Frekuensi Kerja	3 GHz
Bandwidth	≥ 60 MHz
Gain	≥ 9 dB
VSWR	≤ 1.5
Beamwidth	≤ 10 ⁰

III. PERANCANGAN ANTENA

Dalam proses perancangan antena mikrostrip ada beberapa hal yang harus ditentukan sebagai berikut :

3.1 Menentukan Karakteristik Antena

Dalam merancang antena mikrostrip, harus menentukan karakteristik antena seperti frekuensi kerja, *return loss*, *bandwidth*, *gain*, pola radiasi, *beamwidth* dan VSWR.

Spesifikasi antena radar kapal dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini : [14]

Tabel 2. Spesifikasi Antena Radar Kapal

Parameter	Nilai
Frekuensi Kerja	3,076 GHz
<i>Bandwidth</i>	76,2 MHz
<i>Gain</i>	7,115 dB
VSWR	1.025
<i>Beamwidth</i>	9,9 ⁰
Impedansi Terminal	50 Ω koaksial konektor SMA

Tabel 2 di atas menunjukkan spesifikasi antena untuk radar kapal yang akan digunakan dalam proses perancangan antena mikrostrip *patch* heksagonal.

3.2 Bahan Substrat yang Digunakan

Bahan *substrat* yang digunakan pada perancangan antena ini adalah *substrat* jenis FR-4 (*lossy*) dengan ketebalan 1,6 mm. Adapun spesifikasi bahan *substrat* yang digunakan dapat dilihat pada tabel 3 berikut : [14]

Tabel 3. Spesifikasi Substrat FR-4 (Lossy)

Parameter	Nilai
Jenis <i>Substrat</i>	FR-4 (<i>lossy</i>)
Konstanta Dielektrik Relatif (ϵ_r)	4,03
Tebal Dielektrik	1,6 mm
Rugi Tangensial ($\tan \delta$)	0,0009

Tabel 3 di atas menunjukkan spesifikasi *substrat* yang akan digunakan dalam proses perancangan antena mikrostrip *patch* heksagonal.

Spesifikasi *substrat* FR-4 (*Lossy*) berpengaruh terhadap gelombang permukaan (*surface wave*) dan *bandwidth*. Impedansi terminal yang digunakan 50 Ω sesuai dengan standar yang digunakan untuk sistem komunikasi radio.

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

Dalam rancangan antena mikrostrip ini juga bahan yang digunakan untuk *patch* dan *ground* adalah tembaga (*copper*) dengan ketebalan 0,035 mm.

3.3 Perancangan Antena Patch Heksagonal Tunggal

Perancangan ini merupakan awal dari percobaan untuk mendapatkan hasil karakteristik antena yang baik. Antena *patch* heksagonal tunggal dirancang dengan tujuan untuk menentukan dimensi *patch* yang tepat, sehingga mendapatkan hasil yang optimal. Dalam rancangan antena mikrostrip *patch* heksagonal tunggal perlu ada perhitungan dari dimensi antena tersebut seperti yang dapat dijelaskan di bawah ini :

a. Perhitungan Dimensi Antena Heksagonal Tunggal

Tahap selanjutnya adalah menghitung panjang (l), lebar (w), antena persegitunggal spesifikasi $f_0 = 3 \times 10^9$ Hz (ϵ_r) = 4,03 v/m, $h = 1,6$ mm, dan $c = 3 \times 10^8$ m/s. untuk menghitung lebar *patch* antena menggunakan persamaan (1) di bawah ini :

$$W = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 4,4 \times 10^9 \sqrt{\frac{4,03 + 1}{2}}} = 35,23 \text{ mm}$$

Sedangkan untuk menentukan panjang *patch* (l) diperlukan parameter Δl atau pertambahan panjang dari l akibat adanya *fringing effect*.

Pertambahan panjang dari l (Δl) tersebut dirumuskan pada persamaan (2). sebelum menghitung Δl , menghitung konstanta dielektrik relatif yang dirumuskan pada persamaan (3) di bawah ini :

$$\epsilon_{r_{eff}} = \frac{(\epsilon_r + 1)}{2} + \frac{(\epsilon_r - 1)}{2} \left[\frac{1}{1 + 12 \frac{h}{w}} \right] = \frac{4,03 + 1}{2} +$$

$$\frac{4,03 - 1}{2} \left[\frac{1}{1 + 12 \frac{1,6}{35,23}} \right] = 2,61 \text{ mm}$$

Sehingga Δl dapat dicari menggunakan persamaan (2) berikut:

$$\Delta l = 0,412 h \frac{(\epsilon_{r_{eff}} + 0,3) \frac{W}{h} + 0,264}{(\epsilon_{r_{eff}} + 0,258) \frac{W}{h} + 0,8}$$

Sehingga dapat dihitung :

$$\Delta l = 0,412 \times 1,6 \frac{(2,61 + 0,3) \frac{35,23}{1,6} + 0,264}{(2,61 + 0,258) \frac{35,23}{1,6} + 0,8} = 0,668 \text{ mm}$$

Sebelum mencari l , maka dihitung terlebih dahulu l_{eff} yaitu panjang *patch* efektif seperti yang dirumuskan pada persamaan (5) sebagai berikut:

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{r_{eff}}}} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 3 \times 10^9 \sqrt{2,61}} = \frac{30}{2 \times 3 \sqrt{2,61}} = 30,09 \text{ mm}$$

Sehingga l dapat dihitung menggunakan persamaan (4) seperti :

$$L = L_{eff} - 2\Delta l = 30,09 - 2 \times 0,668 = 28,624 \text{ mm}$$

Ukuran *patch* antena heksagonal tunggal seperti pada gambar 3.3 disesuaikan dengan iterasi panjang *patch*, lebar *patch*, dan ujung

feeder (W_0). Pada perhitungan ukuran lebar (w) = 35,23 mm, panjang (L) = 30.09 mm, dan lebar feed (W_0) = 2,475 mm.

Sedangkan ukuran panjang feeder (Y_0) dibuat saat simulasi menggunakan software 3D Simulator yaitu 8 mm.

b. Perhitungan Saluran Pencatu Antena Heksagonal Tunggal

Untuk menghitung lebar saluran pencatu dengan $\frac{W_0}{h} > 2$, menggunakan persamaan (6) dan (7) dengan memasukkan nilai (ϵ_r) = 4,03 dan $Z_0 = 50 \Omega$ adalah :

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

Dimana nilai B adalah :

$$B = \frac{377 \pi}{2Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} = \frac{377 \times 3,14}{2 \times 50 \sqrt{4,03}} = 5,90$$

Sehingga untuk $\frac{W_0}{h} > 2$:

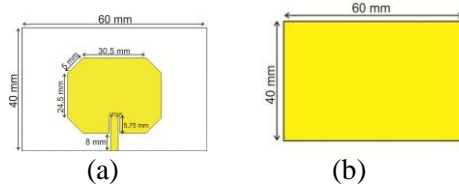
$$W_0 = \frac{2 \times 1,6}{3,14} \left[5,90 - 1 - \ln(2 \times 5,90 - 1) + \frac{4,03 - 1}{2 \times 4,03} (\ln(5,90 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{4,03}) \right] = 2,475 \text{ mm}$$

Keterangan :

h : Tebal Substrat (1,6 mm)

ϵ_r : Konstanta dielektrik relatif (4,03 V/m)

Di gambar 7 menjelaskan tampak depan dan belakang dari antena heksagonal tunggal :



Gambar 7. Antena Heksagonal Tunggal; (a) tampak depan, (b) tampak belakang

Adapun dimensi antena mikrostrip patch heksagonal tunggal dapat dilihat pada tabel 4 di bawah ini :

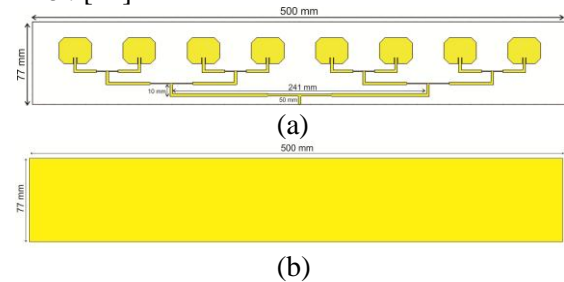
Tabel 4. Keterangan Dimensi Antena Mikrostrip Patch Heksagonal Tunggal

Komponen	Dimensi (mm)
Panjang dimensi substrat	60
Lebar dimensi substrat	40
Panjang dimensi patch	30.5
Lebar dimensi patch	24.5
Diagonal patch	5
Panjang feedline	8
Inset feedline	5,75
Lebar pencatu	2,475
Ground	=Substrat

Sumber hasil analisa (2017)

3.4 Perancangan Antena Patch Heksagonal 1x8

Antena patch heksagonal 1x8 dirancang dengan tujuan untuk mendapatkan hasil yang optimal. Di gambar 8 menjelaskan tampak depan dan belakang dari antena heksagonal 1x8 : [14]



Gambar 8. Antena Heksagonal 1x8 ; (a) tampak depan, (b) tampak belakang

Adapun dimensi antena mikrostrip patch heksagonal 1x8 dapat dilihat pada tabel 5 di bawah ini :

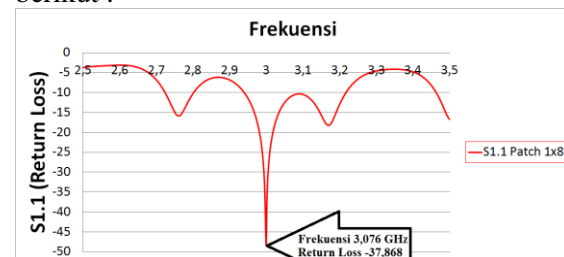
Tabel 5. Keterangan Dimensi Antena Mikrostrip Patch Heksagonal 1x8

Komponen	Dimensi (mm)
Panjang dimensi substrat	500
Lebar dimensi substrat	77
Panjang feeder	10
Panjang stripline	241
Panjang pencatu	6,5
Lebar pencatu	2,475
Ground	=Substrat

Sumber hasil analisa (2017)

Dengan dimensi antena seperti yang ada pada tabel 5 di atas, maka dapat dilihat hasil seperti frekuensi kerja, return loss, bandwidth, gain, pola radiasi, beamwidth dan VSWR pada simulasi Software 3D Simulator.

Hasil simulasi ini dipaparkan dengan melakukan iterasi terhadap kombinasi berbagai nilai parameter dimensi slot dan feeder. Berikut ini merupakan gambar grafik S_{11} (return loss) antena mikrostrip patch heksagonal 1x8 dapat dilihat pada gambar 9 berikut :



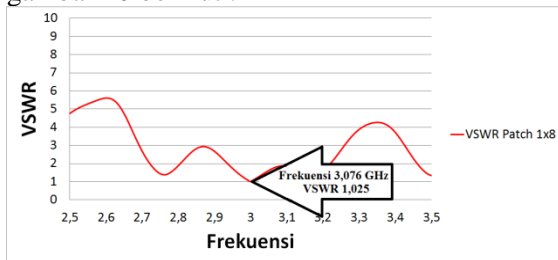
Gambar 9. Grafik S_{11} (Return Loss) Antena Mikrostrip Patch Heksagonal 1x8

Dari gambar 9 di atas dapat dilihat bahwa nilai *return loss* yang didapat pada simulasi sebesar -37,868 dB dengan frekuensi kerja 3,076 GHz, rentan frekuensi 3,0396 GHz sampai 3,1158 GHz, maka untuk mendapatkan nilai *bandwidth* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (8) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} BW &= f_2 - f_1 \\ &= 3,1158 - 3,0396 \\ &= 0,0762 \text{ GHz} \\ &= 76,2 \text{ MHz} \end{aligned}$$

Dari perhitungan nilai *bandwidth* yang diperoleh tersebut menunjukkan bahwa hasil simulasi antenna mikrostrip *patch* heksagonal 1x8 dengan perolehan *bandwidth* 76,2 MHz.

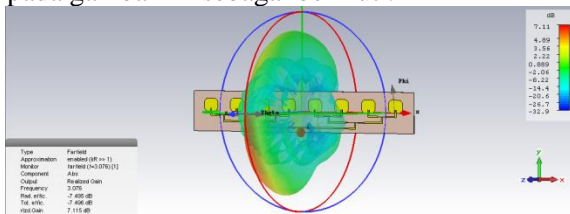
Hasil simulasi grafik VSWR antenna mikrostrip *patch* heksagonal 1x8 dapat dilihat pada gambar 10 berikut :



Gambar 10. Grafik VSWR Antena Mikrostrip Patch Heksagonal 1x8

Dari gambar 10 di atas dapat dilihat bahwa nilai VSWR antenna mikrostrip *patch* heksagonal 1x8 yang diperoleh pada frekuensi 3,076 GHz adalah 1,025.

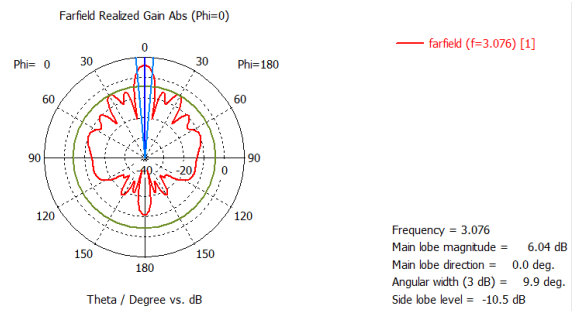
Hasil simulasi bentuk farfield 3D antenna mikrostrip *patch* heksagonal 1x8 dapat dilihat pada gambar 11 sebagai berikut :



Gambar 11. Farfield 3D Antena Mikrostrip Patch Heksagonal 1x8

Pada gambar 11 di atas menunjukkan nilai *gain* pada frekuensi 3,076 GHz adalah 7,115 dB.

Hasil simulasi bentuk pola radiasi dan nilai *Beamwidth* antenna mikrostrip *patch* heksagonal 1x8 dapat dilihat pada gambar 12 berikut :



Gambar 12. Bentuk Pola Radiasi Dan Nilai Beamwidth Antena Mikrostrip Patch Heksagonal 1x8

Pada gambar 12 di atas menunjukkan nilai *beamwidth* pada *angular width* (3 dB) pada pola radiasi sebesar 9,9^o.

Dari hasil simulasi untuk percobaan perancangan antenna *patch* heksagonal 1x8 di atas maka didapat parameter-parameter seperti pada tabel 6 di bawah :

Tabel 6. Hasil Simulasi Perancangan Antena Patch Heksagonal 1x8

Parameter	Hasil Simulasi
Frekuensi Tengah	3,076 GHz
Range Frekuensi	2,039 – 3,115 GHz
Bandwidth	76,2 MHz
Return Loss	-37,868
VSWR	1,025
Gain	7,115 dB
Beamwidth	9,9 ^o

Sumber hasil analisa (2017)

IV. FABRIKASI DAN ANALISA PENGUKURAN ANTENA

Setelah desain antenna selesai dibuat dan disimulasikan dengan menggunakan *Software 3D Simulator* didapat rancangan antenna dengan hasil yang terbaik yaitu antenna mikrostrip susun *patch* heksagonal 1x8 elemen, untuk kemudian difabrikasi. Pada gambar 13 di bawah ini menunjukkan bentuk fisik antenna mikrostrip susun *patch* heksagonal 1x8 : [14]



(a)



(b)

Gambar 13. Antena Hasil Fabrikasi ; (a) tampak depan, (b) tampak belakang

4.1 Pengukuran Antena

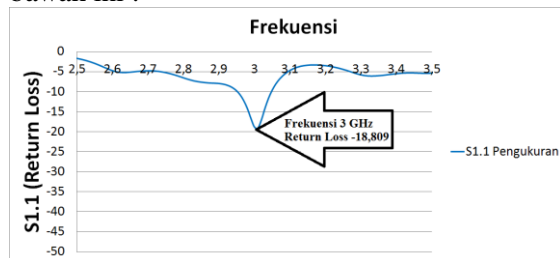
Setelah selesai fabrikasi antena, antena mikrostrip kemudian diukur parameter *return loss*, *bandwidth*, *VSWR* dan polaradiasi, agar dapat mengetahui kinerja dari antena yang dibuat apakah sudah memenuhi kriteria yang sesuai atau tidak.

4.1.2 Pengukuran S_{11} (*return loss*)

Setelah melakukan fabrikasi, tahapan selanjutnya adalah melakukan pengukuran S_{11} (*return loss*) menggunakan *Network Analyzer* yang mengandung informasi frekuensi kerja antena, *VSWR*, dan *bandwidth*.

Sebelum mengukur terlebih dahulu menyambungkan konektor menggunakan solder dengan jenis konektor yang digunakan adalah konektor *female SMA* dengan impedansi 50 Ω .

Hasil pengukuran *port* tunggal terhadap antena dapat ditampilkan melalui layar monitor dan berupa grafik *return loss*, *VSWR*, dan *Polaradiasi*. Berikut gambar grafik pengukuran *return loss* ditampilkan pada gambar 14 di bawah ini :



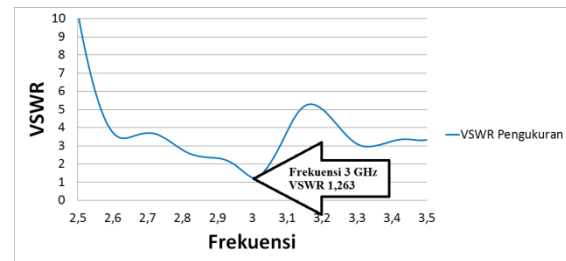
Gambar 14. Grafik Hasil Pengukuran Return Loss

Dapat dilihat dari gambar 14 dimana pada *return loss* < -10 dB ($VSWR \leq 1,5$) *bandwidth* antena pada rentang frekuensi 2,954 – 3,047 GHz dengan nilai *return loss* yang diperoleh pada frekuensi tengah 3 GHz sebesar -18,809 dB dan *bandwidth* 93 MHz. menggunakan persamaan (8) yaitu :

$$\begin{aligned} BW &= f_2 - f_1 \\ &= 3,047 - 2,954 \\ &= 0,093 \text{ GHz} \\ &= 93 \text{ MHz} \end{aligned}$$

4.1.3 Pengukuran VSWR

Pengukuran *VSWR* hampir sama pengukuran S_{11} (*return loss*). Gambar 15 menunjukkan gambar grafik hasil pengukuran *VSWR* seperti di bawah ini :



Gambar 15. Grafik Hasil Pengukuran VSWR

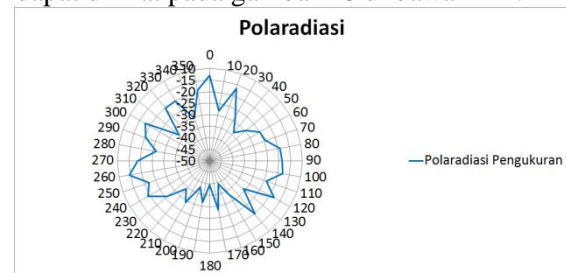
Dari gambar 16 dan 17 di atas menunjukkan bahwa untuk nilai *VSWR* yang diperoleh pada frekuensi 3 GHz adalah 1,263 dB. Dari gambar di atas untuk mencari nilai *bandwidth* pada antena mikrostrip susun *patch* persegi untuk $VSWR \leq 1,5$ menggunakan persamaan (9) dan (10) yaitu :

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{50 - 50}{50 + 50} = \frac{0}{100} = 0$$

$$VSWR = \frac{1 + (\Gamma)}{1 - (\Gamma)} = \frac{1 + 0}{1 - 0} = 1$$

4.1.4 Pengukuran Polaradiasi

Pengukuran polaradiasi menggunakan teknik pengukuran manual dengan alat dibantu alat *Spectrum Analyzer* untuk melihat hasil pengukuran. Polaradiasi dari hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar 16 di bawah ini :



Gambar 16. Polaradiasi Dari Hasil Pengukuran

Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan, maka didapat parameter-parameter seperti pada tabel 7 di bawah :

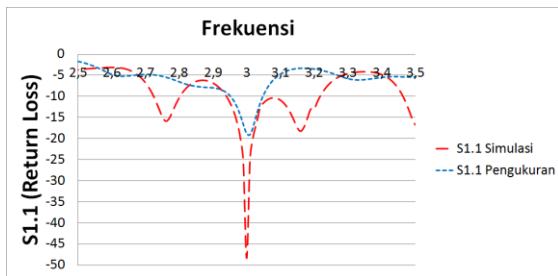
Tabel 7. Hasil Pengukuran Antena

Parameter	Hasil Simulasi
Frekuensi Tengah	3 GHz
Range Frekuensi	2,954 – 3,047 GHz
Bandwidth	93 MHz
Return Loss	-18,809
VSWR	1,263

Sumber hasil analisa (2017)

4.2 Analisa Simulasi & Pengukuran

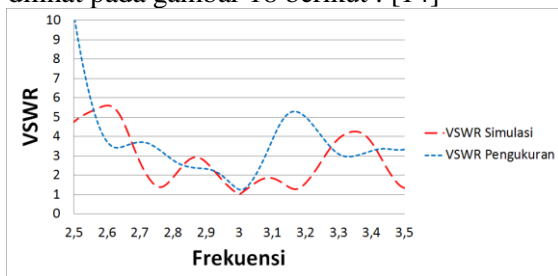
Dari pengukuran yang telah dilakukan terdapat perbedaan, sehingga dapat dibuat perbandingan grafik S_{11} (*return loss*) yang dapat dilihat pada gambar 17 di bawah ini : [14]



Gambar 17. Perbandingan Grafik S₁₁ (Return Loss)

Dari gambar 17 di atas menunjukkan nilai grafik S₁₁ (return loss) hasil simulasi adalah -37,868 dB pada frekuensi 3,076 GHz, sedangkan hasil pengukuran lebih besar dari hasil simulasi yaitu -18,809 dB pada frekuensi 3 GHz, akan tetapi perbedaan kedua nilai tersebut masih sesuai dengan spesifikasi antenna secara umum yaitu ≤ -10 dB.

Hasil grafik VSWR dari percobaan simulasi yang dilakukan terdapat perbedaan yang dapat dilihat pada gambar 18 berikut : [14]

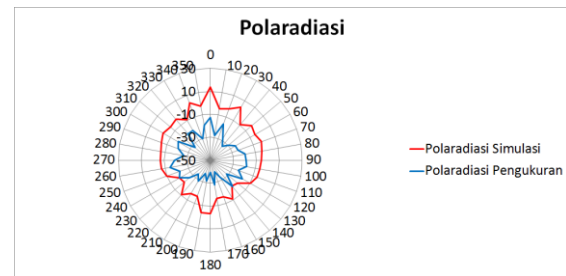


Gambar 18. Perbandingan Grafik VSWR

Dari gambar 18 di atas menunjukkan nilai grafik VSWR hasil simulasi adalah 1,025 pada frekuensi 3,076 GHz, sedangkan hasil pengukuran lebih besar dari hasil simulasi yaitu 1,263 pada frekuensi 3 GHz, akan tetapi perbedaan kedua nilai tersebut masih sesuai dengan spesifikasi antenna untuk radar kapal yaitu $\leq 1,5$.

Adanya perbedaan dari nilai return loss dan VSWR hasil simulasi dan pengukuran diakibatkan karena pemilihan konektor yang kurang tepat, penyolderan yang kurang baik dan proses fabrikasi menyebabkan kurang presisinya dimensi dari antenna sehingga mempengaruhi nilai karakteristik antenna tersebut.

Perbandingan polaradiasi dari hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar 19 di bawah ini : [14]



Gambar 19. Perbandingan Polaradiasi Simulasi dan Pengukuran

Dari gambar 19 di atas menunjukkan perbedaan polaradiasi dikarenakan pada saat pengukuran tidak berada dalam ruang antiradiasi, sehingga memungkinkan banyak gangguan yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran tersebut.

Pada tabel 8 merupakan perbandingan parameter hasil simulasi dan pengukuran seperti di bawah ini : [14]

Tabel 8. Perbandingan Parameter Hasil Simulasi dan Pengukuran

Parameter	Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran
Frekuensi Tengah	3,076 GHz	3 GHz
Range Frekuensi	2,020 – 3,115 GHz	2,945 – 3,047 GHz
Bandwidth (MHz)	76,2 MHz	93 MHz
VSWR	1,025	1,263
Return Loss	-37,868 dB	-18,809 dB

Sumber hasil analisa (2017)

Dari tabel 8 menunjukkan hasil perbedaan dari hasil simulasi dan pengukuran, ada pergeseran frekuensi dimana hasil simulasi bekerja pada frekuensi 3,076 GHz, dengan range frekuensi 2,940 – 3,090 GHz, nilai return loss sebesar -37,868 dB dengan bandwidth 76,2 MHz, nilai VSWR 1,025, gain sebesar 7,115 dB dan beamwidth 9,9°, sedangkan hasil pengukuran bekerja pada frekuensi tengah 3 GHz, dengan range frekuensi 2,975 – 3,047 GHz, nilai return loss sebesar -18,809 dB dengan bandwidth 93 MHz, nilai VSWR 1,263.

V. KESIMPULAN

Dapat disimpulkan bahwa dari perancangan antenna susun linier bentuk heksagonal untuk radar kapal dari hasil simulasi mampu bekerja pada frekuensi 3,076 GHz, dengan range frekuensi 2,940 – 3,090 GHz, nilai return loss sebesar -37,868 dB dengan bandwidth 76,2 MHz, nilai VSWR 1,025, gain sebesar 7,115 dB dan beamwidth 9,9°, sedangkan hasil pengukuran bekerja pada frekuensi tengah 3 GHz, dengan range frekuensi 2,975 – 3,047

GHz, nilai *return loss* sebesar -18,809 dB dengan *bandwidth* 93 MHz, nilai VSWR 1,263.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa rancangan antenna yang telah dibuat masih sesuai dengan spesifikasi antenna radar yaitu bekerja pada frekuensi tengah 3 GHz, *bandwidth* ≥ 60 MHz, *gain* ≥ 9 dB, VSWR ≤ 1.5 dan *beamwidth* $\leq 10^\circ$, sehingga antenna tersebut bisa digunakan untuk antenna radar kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fitriadi, A. 2016. Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Sirkular Susunan Linier S-band Untuk Radar Kapal. Fakultas Teknik Elektro. Universitas Telkom. Bandung.
- [2] Nicolas, A. 2015. Perancangan Dan Realisasi Antena Mikrostrip S-band Susunan Linier untuk Radar Kapal. Fakultas Teknik Elektro. Universitas Telkom. Bandung.
- [3] Syahrial. 2015. Simulasi Perancangan Dan Analisa Antena Mikrostrip Patch Circular pada Frekuensi 2,4 GHz untuk Aplikasi WLAN. Fakultas Teknik. Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.
- [4] Wisnu. 2009. Desain dan Realisasi Susunan Antena Mikrostrip 12,15 Ghz untuk Aplikasi Mobile VSAT pada Frekuensi Downlink ku-Band. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- [5] Balanis, C, A. 1982. Antenna Theory : Analysis and Design. New York : Harper& Row Publisher Inc.
- [6] Sidauruk, F,H. H,A, Rambe. 2015. Analisa Penentuan Ukuran Slot pada Karakteristik Antena Mikrostrip Patch Segiempat Dengan Pencatu Aperture Coupled. Medan : Fakultas Teknik Universitas. Sumatera utara.
- [7] Rahim, M,K. 2008. Electromagnetic Band Gap (EBG) Structure In Microwave Device Design. University Technology Malaysia, Research Notes, No. 79017.
- [8] Samsul, M, S. 2015. Perancangan Antena Mikrostrip Pada Frekuensi 2,3 GHz Untuk Aplikasi LTE (Long Term Evolution). Universitas Darma Persada, Jakarta.
- [9] Samsul, S,M. 2015. Perancangan Antena Mikrostrip Pada frekuensi 2,3 Ghz Untuk Aplikasi LTE (Long Term Evolution). Jakarta : Universitas Darma Persada.
- [10] Wibowo, R, P. 2017. Perancangan dan Pembuatan Antena Array dengan Beamwidth $\leq 5^\circ$ pada Frekuensi S-Band dengan Menggunakan Elemen Mikrostrip Bow-Tie. Departemen Teknik Elektro. Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- [11] Liu, H., Z. Li, X. Sun, and J. Mao. Feb 2005. Harmonic suppression with photonic bandgap and defected ground structure for a microstrip patch antenna. IEEE Microw. And Wireless Components Lett. Vol. 15. No. 2, 55–56.
- [12] Balanis, C. A. 1997. Antenna Theory Analysis And Design. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [13] James, JR. dan PS. Hall. 1989. Handbook Of Microstrip antenna. Peter Peregrinus Ltd, London.
- [14] Saipullah, M., M, Yunus., A, M, Rodiah. December 2017. Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Bentuk Heksagonal untuk Radar Kapal. Engineering Faculty. Bogor Pakuan University. Proceeding Seminar Nasional Microwave, Antena, and Propagasi (SMAP).

PENULIS



1) **Muhamad Saipullah, ST.**, Alumni (2017) Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Pakuan Bogor.

2) **Dr. Ir. Mochamad Yunus, M.Eng.**, Staf Dosen /Pembimbing I

program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Pakuan Bogor.

3) **Agustini Rodiah Machdi, ST., MT.**, Staf Dosen / Pembimbing II Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Pakuan Bogor.