

RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP RECTANGULAR SERIES FEED ARRAY 3 x 2 UNIDIRECTIONAL UNTUK APLIKASI UP LINK EVOLVED SEASPARROW MISSILE (ESSM) FREKUENSI S-BAND

DESIGN AND DEVELOPMENT OF UNIDIRECTIONAL RECTANGULAR SERIES FEED MICROSTRIP
ANTENNA FOR THE APPLICATION OF UP LINK EVOLVED SEASPARROW MISSILE (ESSM) S-BAND
FREQUENCY

Desriana Sari ¹, Tri Nopiani Damayanti, S.T., M.T. ², Yussi Perdana Saputera, S.T., M.T. ³
^{1,2,3}Prodi D3 Teknologi Telekomunikasi, Universitas Telkom

¹Desrianasari88@gmail.com, ²damayanti@tass.telkomuniversity.ac.id, ³yussips@gmail.com

Abstrak

Salah satu contoh teknologi komunikasi yang saat ini sedang berkembang pesat pada bidang militer yaitu teknologi kendali roket, baik di luar maupun dalam negeri sedang berlomba melakukan kegiatan penelitian di bidang roket. Di dalam negeri sendiri sedang dikembangkan “pengembangan teknologi roket sonda menuju roket peluncur satelit” oleh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional. Dalam hal ini LAPAN belum melakukan penelitian kearah kendali roket tersebut, sehingga perlu adanya penelitian pendukung untuk kebutuhan roket nasional tersebut.

Pada proyek akhir ini dibuat Antena Mikrostrip Array *series feed* dengan menggunakan teknik array untuk meningkatkan *gain* yang dibutuhkan. Pada penelitian untuk mendapatkan *gain* yang cukup tinggi digunakan teknik pencatu yaitu teknik pencatu mikrostrip dan teknik pencatu series feed array, teknik tersebut digunakan untuk dapat menghasilkan *gain* yang tinggi dalam satu sektor nya. Antena setiap sektor akan di susun sebanyak 4 sisi melingkar. Perancangan antena ini menggunakan bahan substrat FR4, karena bahan material ini mudah didapatkan dan difabrikasi secara massal, murah, dan mudah dalam pengintegrasian.

Antena merupakan salah satu perangkat yang berperan penting bagi komunikasi roket ini, agar sasaran dan tujuan utama dari roket ini terpenuhi, dengan perkembangan antena yang mengarah ke dimensi dan *bandwidth* yang lebar. Antena ini bekerja pada frekuensi 3 GHz menggunakan substrat FR4. Antena mikrostrip telah dibuat dengan menggunakan software CST Suite Studio yang hasilnya akan direalisasikan kedalam bentuk fisik. Hasil pengukuran pada antena mikrostrip menunjukkan bahwa antena memiliki *bandwidth* yang lebar dan dapat bekerja pada frekuensi 3 GHz dengan nilai $VSWR \leq 2$, $return\ loss \leq -10\ dB$, dan $gain > 10\ dBi$.

Kata kunci: Software CST Suite Studio, ESSM, Antena Mikrostrip, Roket

Abstract

One example of communication technology that is currently developing rapidly in the military field is rocket control technology, both outside and within the country in a race to conduct research activities in the rocket field. Domestically, "developing the technology of the Honda rocket towards the satellite launch rocket" is being developed by the National Institute of Aviation and Space. In this case LAPAN has not conducted research into the control of the rocket, so it is necessary to have supporting research for the needs of the national rocket.

In this final project, a series of Microstrip Array Antenna series feeds are made using array techniques to increase the required gain. In the research to get a high enough gain used a feeder technique that is a microstrip feeder and series feed array feeder techniques, the technique is used to be able to produce high gain in one sector. Antennas for each sector will be arranged as much as 4 circular sides. This antenna design uses FR4 substrate material, because these materials are easily obtained and fabricated en masse, are inexpensive, and are easy to integrate.

Antenna is one device that plays an important role for this rocket communication, so that the main objectives and objectives of this rocket are met, with the development of antennas that lead to dimensions and wide bandwidth. This antenna works at a frequency of 3 GHz using FR4 substrate. Microstrip antenna has been made using CST Suite Studio software, the results of which will be realized into physical form. The measurement results on the microstrip antenna show that the antenna has a wide bandwidth and can work at a frequency of 3 GHz with a value of $VSWR \leq 2$, $return\ loss \leq -10\ dB$, and $gain > 10\ dBi$.

Key Words: CST Suite Studio Software, ESSM, Antenna Microstrip, Rocket.

1. Pendahuluan

Rudal atau peluru kendali adalah senjata yang dihantarkan menuju sasaran melalui proses penerbangan. Untuk mendapatkan waktu mencapai sasaran yang singkat umumnya mempunyai pendorong berbasis roket. Pada sistem rudal terdapat 2 moda untuk dapat mencapai sasaran, yakni secara balistik (hukum fisika tentang benda jatuh) atau dengan menggunakan daya angkat aerodinamis. Moda kedua menghasilkan rudal lebih efisien, terutama jika menggunakan motor yang menggunakan oksigen dari atmosfer (*air-breathing engine*), dan mudah dikendalikan, karena kecepatannya lebih rendah. Karena terbang pada trayektori datar, rudal moda ini disebut rudal jelajah (*cruise missile*).

Salah satu contoh teknologi komunikasi yang saat ini sedang berkembang pesat pada bidang militer yaitu teknologi kendali roket, baik di luar maupun dalam negeri sedang berlomba melakukan kegiatan penelitian di bidang roket. Di dalam negeri sendiri sedang dikembangkan "pengembangan teknologi roket sonda menuju roket peluncur satelit" oleh lembaga penerbangan dan antariksa nasional – LAPAN. Dalam hal ini LAPAN belum melakukan penelitian kearah kendali roket tersebut, sehingga perlu adanya penelitian pendukung untuk kebutuhan roket nasional tersebut. Dalam hal ini penulis bermaksud mengembangkan antena yang dapat di tempat kan di roket sebagai media pengendali roket tersebut ^[1].

Antena yang dibutuhkan untuk digunakan pada sistem ruket dan rudal kendali adalah antena yang mampu mencoverage area dengan sudut 360° yang menghasilkan polaradiasi omnidirectional dengan *gain* yang tinggi dan *bandwidth* yang lebar. Antena yang cocok dengan spesifikasi yang dibutuhkan untuk perangkat ini adalah antena monopole, dimana antena monopole memiliki pola radiasi omnidirectional dan memancarkan atau menerima gelombang secara merata pada sudut tertentu ^[2]. Namun antena monopole memiliki kekurangan yaitu *gain* yang sangat kecil dan *bandwidth* yang terbatas, sehingga tidak memungkinkan mencover area yang luas ^[2], untuk mengatasi masalah ini dapat digunakan antena mikrostrip dengan menggunakan teknik array untuk meningkatkan *gain* yang dibutuhkan.

Pada proyek akhir ini dibuat Antena Mikrostrip Array seris feed untuk mengatasi kekurangannya sehingga antena yang dibuat berukuran kecil namun memiliki spesifikasi *bandwidth* yang lebar. Pada penelitian untuk mendapatkan *gain* yang cukup tinggi digunakan teknik pencatu yaitu teknik pencatu mikrostrip dan teknik pencatu *series feed array*, teknik tersebut digunakan untuk dapat menghasilkan *gain* yang tinggi dalam satu sektor nya. Antena setiap sektor akan di susun sebanyak 4 sisi melingkar.

Perancangan antena ini menggunakan bahan substrat FR4, karena bahan material ini mudah didapatkan dan difabrikasi secara massal, murah dan mudah dalam pengintegrasian.

2. Dasar Teori

2.1. Peluru Kendali

Peluru kendali (rudal) atau misil adalah senjata roket militer yang bisa dikendalikan atau memiliki sistem pengendali otomatis untuk mencari target atau menyesuaikan arah. Dalam penggunaan sehari-hari, istilah "misil" merujuk kepada roket dengan sistem kendali, sedangkan "roket" digunakan untuk roket tanpa sistem kendali. Perbedaan utama dianggap sangat sedikit selain perbedaan sistem kendali.

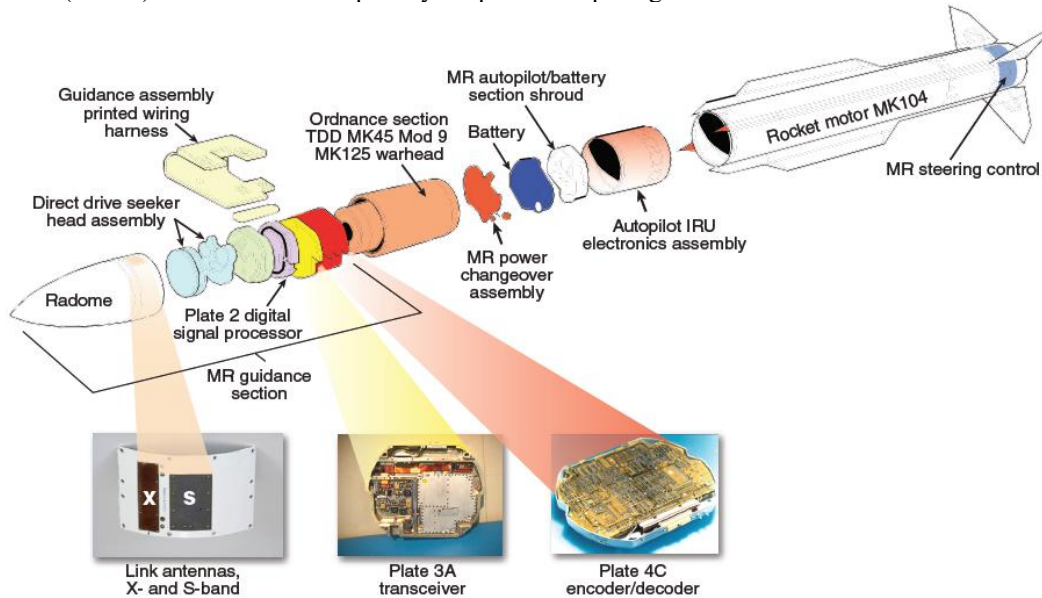
Peluru kendali pertama digunakan dalam sebuah operasi adalah peluru kendali Jerman dalam Perang Dunia II. Yang paling terkenal adalah V-1 dan V-2, keduanya menggunakan sistem autopilot sederhana untuk menjaga arah terbang peluru agar tetap pada yang rute telah ditentukan sebelumnya.

Rudal atau peluru kendali adalah senjata yang dihantarkan menuju sasaran melalui proses penerbangan. Untuk mendapatkan waktu mencapai sasaran yang singkat umumnya mempunyai pendorong berbasis roket. Pada sistem rudal terdapat 2 moda untuk dapat mencapai sasaran, yakni secara balistik (hukum fisika tentang benda jatuh) atau dengan menggunakan daya angkat aerodinamis. Moda kedua menghasilkan rudal lebih efisien, terutama jika menggunakan motor yang menggunakan oksigen dari atmosfer (*air-breathing engine*), dan mudah dikendalikan, karena kecepatannya lebih rendah. Karena terbang pada trayektori datar, rudal moda ini disebut rudal jelajah (*cruise missile*).

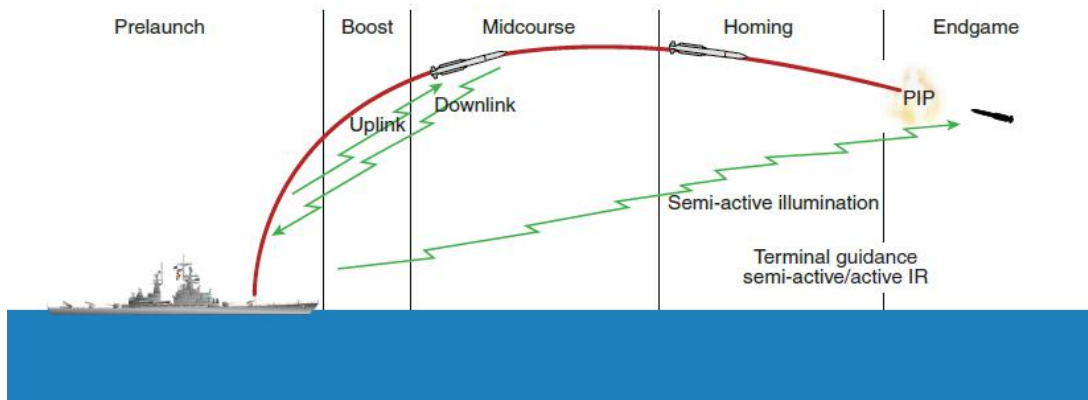
2.2 Peluru Kendali Jelajah

Peluru kendali jelajah adalah peluru kendali yang memakai sayap dan menggunakan jet sebagai tenaga penggerak. Peluru kendali jelajah intinya adalah bom terbang. Peluru kendali jelajah dirancang untuk membawa hulu ledak konvensional dalam jumlah besar atau nuklir dan dapat menjangkau ratusan mil dengan tingkat akurasi tinggi. Peluru kendali jelajah modern dapat terbang mencapai kecepatan supersonik atau di atas subsonik, menggunakan sistem kendali otomatis dan terbang pada ketinggian rendah untuk menghindari radar. Rudal jelajah pertama yang dikembangkan

adalah Kettering Bug yang dikembangkan oleh Amerika Serikat pada tahun 1917 untuk digunakan dalam Perang Dunia I. Rudal ini terbang lurus untuk waktu yang telah ditentukan sebelumnya kemudian sayapnya akan dilepaskan untuk kemudian badan rudal yang mengandung hulu ledak jatuh menghujam tanah. Rudal ini tidak pernah digunakan dalam perang karena Perang Dunia I selesai sebelum rudal ini dapat digunakan. Rudal jenis ini yang terkenal antara lain adalah BGM-109 Tomahawk AS yang dapat mencapai jangkauan 1.100 km. Salah satu contoh peluru kendali berjenis *link evolved seasparrow missile* (ESSM) roket MK104 komponennya dapat dilihat pada gambar 2.1.

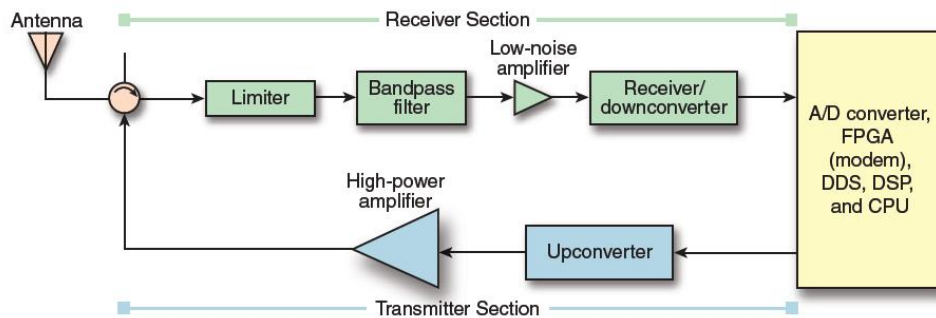


Gambar 2.1 Rangkaian pengganti sebuah roket MK104



Gambar 2.2 Contoh kontrol telekomunikasi roket MK104

Dari keseluruhan rancangan sistem, frekuensi 3-band digunakan sebagai uplink data dari rudal kontrol dengan rudal yang diluncurkan dari kapal perang. Adapun blok diagram yang digunakan dalam roket MK104 dapat dilihat pada gambar 2.3.



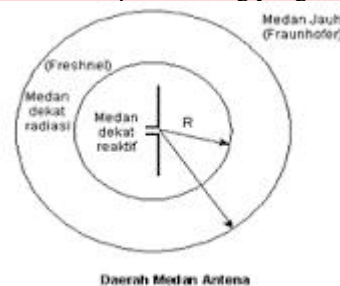
Gambar 2.3 blok diagram roket MK104

2.3 Antena

Antena secara umum merupakan suatu perangkat yang bisa memancarkan dan menerima gelombang elektromagnetik dan dapat didefinisikan sebagai transduser, karena mengubah arus listrik bolak balik (ac) menjadi gelombang elektromagnetik. Dalam penjarannya dari suatu pemancar menuju penerima yang jauh jaraknya, gelombang elektromagnetik mengalami pengurangan energi, sehingga ketika diterima oleh penerima kekuatan sinyal sudah berkurang. Untuk dapat diterima dengan baik oleh penerima atau receiver maka perlu diperhatikan parameter-parameter yang menjadi dasar antena seperti *gain*, polarisasi, polarisasi, dan direktivitas [12]. Sistem komunikasi wireless atau komunikasi yang tidak menggunakan kabel peranan antena sangat penting, yaitu untuk meradiasikan dan menerima gelombang elektromagnetik. Antena merupakan suatu alat transisi antara saluran transmisi dan udara bebas. Karena merupakan perangkat perantara antara media kabel dan udara, maka antena harus mempunyai sifat yang sesuai dengan media kabel pencatunya.

Antena mempunyai daerah elektromagnetik yaitu medan radiasi dekat, medan radiasi jauh dan medan reaktif yaitu sebagai berikut:

1. Daerah medan radiasi dekat berada dalam jarak $\lambda/2\pi < r < 2D^2/\lambda$, dimana D merupakan dimensi terbesar antena. Daerah medan radiasi dekat sering disebut juga zona Fresnel.
2. Daerah medan radiasi jauh berada pada $r > 2D^2/\lambda$ atau $r < 10\lambda$ (kriteria antena kecil). Daerah medan radiasi jauh sering disebut juga zona Fraunhofer.
3. Daerah medan reaktif, medan reaktif ini mencakup jarak $0 < r < \lambda/2\pi$, dimana λ merupakan panjang gelombang dari antena, daerah ini merupakan ruang yang berada di sekeliling antena.



Gambar 2. 4. Daerah Medan Elektromagnetik Antena [12].

2.4 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan salah satu jenis antena yang berbentuk papan (board) tipis dan mampu bekerja pada frekuensi yang sangat tinggi. Antena mikrostrip dibuat dengan menggunakan sebuah substrat yang mempunyai tiga lapisan struktur dari substrat. Lapisan-lapisan tersebut ialah sebagai berikut:

- a. Trace atau konduktor
Trace ini yang disebut juga *patch*, merupakan lapisan teratas dari substrat, lapisan ini biasanya terbuat dari konduktor. Konduktor umumnya terbuat dari bahan tembaga, aluminium, atau emas. Pada lapisan ini akan dibentuk menjadi suatu bentuk tertentu untuk mendapatkan suatu polarisasi seperti yang diinginkan.
- b. Dielektrik
Bagian tengah dari substrat, pada lapisan ini digunakan bahan dielektrik. Dielektrik dengan ketebalan h memiliki permitivitas relatif (r) berkisar antara 2,2 hingga 10. Konstanta dielektrik dibuat rendah untuk meningkatkan medan limpahan yang berguna dalam radiasi.
- c. Groundplane
Lapisan paling bawah dari substrat dinamakan groundplane, yang memiliki bentuk geometris sederhana, misalkan lingkaran, persegi panjang, segitiga atau bentuk lain yang berfungsi sebagai reflektor untuk memantulkan sinyal yang tidak diinginkan.

2.5 Antena Patch Rectangular

Patch rectangular atau *patch* segiempat antena merupakan konfigurasi yang paling banyak digunakan karena bentuknya memungkinkan dibaca secara analisa teoritik. *Patch* segiempat sejauh ini merupakan konfigurasi mikrostrip yang paling banyak digunakan. *Patch* segiempat lebih mudah dibuat karena bentuknya yang lebih sederhana. Hanya dengan menyisakan metal yang berbentuk segiempat pada proses metching antena ini dapat dibuat. Antena rectangular *patch* juga sering dimodelkan seperti saluran transmisi mikrostrip dengan panjang (L), lebar (W), dan ketebalan substrat (h). Persamaan yang digunakan untuk mencari panjang dan lebar dari antena mikrostrip adalah sebagai berikut [4][6] :

$$W = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \quad \dots(2.1)$$

Dimana:

c : kecepatan cahaya diruang bebas (3.10^8 m/s)

ϵ_r : konstanta dielektrik (F/m)

W : lebar konduktor (m)

f_0 : frekuensi kerja antenna yang diinginkan (Hz)

Sedangkan untuk menentukan dari panjang patch (L) diperlukan parameter ΔL yang merupakan pertambahan panjang dari L akibat adanya *fringing effect*. Diperlukan juga panjang *patch* efektif (L_{eff}) yang dirumuskan sebagai berikut [3] :

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{re}}} \quad \dots(2.2)$$

Sehingga panjang *patch* (L) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \quad \dots(2.3)$$

Pertambahan panjang dari L (ΔL) tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\frac{\Delta L}{h} = \frac{0,412 (\epsilon_{re} + 0,3) \left(\frac{w}{h}\right)^{0,264}}{(\epsilon_{re} - 0,258) \left(\frac{w}{h} + 0,8\right)} \quad \dots(2.4)$$

Dimana h adalah tebal dari substrat, dan ϵ_r merupakan konstanta dielektrik efektif yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\epsilon_{re} = \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2}\right) \left(\frac{\epsilon_r - 1}{2}\right) \left(1 + 12 \frac{h}{w}\right)^{-1/2} \quad \dots(2.5)$$

Diperlukan juga panjang *patch* efektif (L_{eff}) yang dirumuskan sebagai berikut:

$$l_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{re}}} \quad \dots(2.6)$$

Sehingga panjang *patch* (L) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$L = l_{eff} - 2\Delta L \quad \dots(2.7)$$

2.6 Groundplane Antena Mikrostrip

Idealnya *groundplane* yang digunakan memiliki luas dan tebal yang tidak terhingga (*Infinite Ground Plane*), namun hal ini tidak mungkin direalisasikan sehingga harus disiasati dengan cara menciptakan kondisi *finite ground plane*. Dimensi minimal *groundplane* yang dibutuhkan untuk menciptakan kondisi ini dapat dihitung dengan rumus berikut [4][6].

$$Ag = 6t + A \quad \dots(2.8)$$

Dimana:

t : tinggi substrat

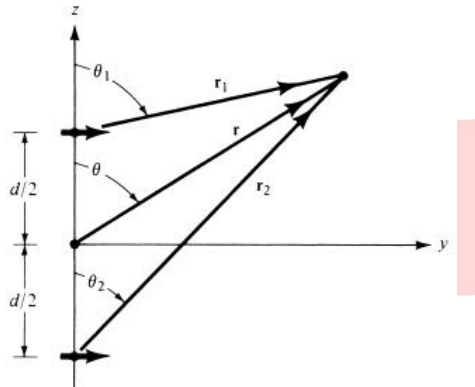
a : lebar dan panjang *patch* (W, L)

2.7 Antena Array

Antena mikrostrip array adalah pengembangan dari antena mikrostrip yang merupakan gabungan dari beberapa elemen peradiasi yang membentuk suatu jaringan. Ada beberapa macam konfigurasi antena array, diantaranya linear, planar, dan sirkular [7]. Pengelompokan elemen antena menghasilkan beberapa keuntungan seperti direktivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan elemen antena tunggal. Antena array merupakan susunan dari beberapa antena yang identik. Dalam mikrostrip yang disusun secara array adalah bagian patch. Ada beberapa konfigurasi antena array diantaranya linier, planar dan sirkular. Masing-masing konfigurasi memiliki keuntungan. Antena array planar adalah array dengan susunan elemen array membentuk area berbentuk kotak [8].

2.8 Linier Array

Pada susunan antena linier, elemen-elemen yang identik disusun dalam satu garis lurus [3][19] :



Gambar 2.6. Linier Array [4][8]

Element total pada 2 elemen array [4][8]:

$$E_t = E_1 + E_2 = \bar{a}_\theta j \eta \frac{kl_0 l}{4\pi} \left\{ \frac{e^{-j[kr_1 - (\frac{\beta}{2})l]}}{r_1} \cos \phi_1 + \frac{e^{-j[kr_2 + (\frac{\beta}{2})l]}}{r_2} \cos \phi_2 \right\} \dots(2.9)$$

Array faktor Untuk 2 elemen array, nilai array factor adalah [4][8]:

$$AF = 2 \cos \left[\frac{1}{2} (kd \cos \theta + \beta) \right] \dots(2.10)$$

$$E_{total} = E_{single \ element \ at \ reference \ point} \times Array \ Factor \dots(2.11)$$

Array faktor untuk N-elemen susunan adalah sebagai berikut [4][8]:

$$AF = 1 + e^{+j(kd \cos \theta + \beta)} + e^{+2j(kd \cos \theta + \beta)} + \dots + e^{j(N-1)(kd \cos \theta + \beta)} \dots(2.12)$$

$$AF = \sum_{n=1}^N e^{j(n-1)(kd \cos \theta + \beta)} \dots(2.13)$$

Maka dapat di tulis [4][8]:

$$AF = \sum_{n=1}^N e^{j(n-1)\phi} \dots(2.14)$$

Dimana

$$\phi = kd \cos \theta + \beta \dots(2.15)$$

Keterangan:

E_1 = medan listrik elemen pertama

E_2 = medan listrik elemen kedua

r_1 = jarak elemen pertama terhadap objek

r_2 = jarak elemen kedua terhadap objek

k = konstanta pergeseran fasa sebesar $\frac{2\pi}{\lambda}$

d = jarak antar elemen

θ = sudut main beam antenna array

β = beda fasa catuan tiap elemen

a_n = amplitudo elemen tunggal

2.9 Prinsip Perkalian Diagram

Pada susunan antenna yang sejenis, dapat dipakai prinsip perkalian diagram (Principle of pattern multiplication). Antena sejenis adalah antenna yang memiliki diagram arah medan dan fasa yang sama, dan orientasinya juga sama. Susunan dari sejumlah n antenna-antenna sejenis, dapat diperhatikan sebagai susunan sejumlah n sumber isotropik dengan catuan arus dan fasa tertentu, sehingga memiliki diagram arah dan diagram fasa yang terkoreksi dari diagram susunan isotropiknya.

Principle of pattern multiplication menyatakan pola radiasi array dihasilkan dari dot product dari pola antenna individu dengan pola array. Pola array adalah fungsi dari letak antenna-antenna dalam array dan amplitudo eksitasi yang kompleks relatif antenna-antenna tersebut.

Misalkan suatu antenna A , memiliki diagram arah yang dinyatakan sebagai berikut:

$$E_e = f(\theta, \phi) e^{jF_p(\theta, \phi)} \quad \dots(2.16)$$

Dan susunan sejumlah n antenna isotropis memiliki diagram arah :

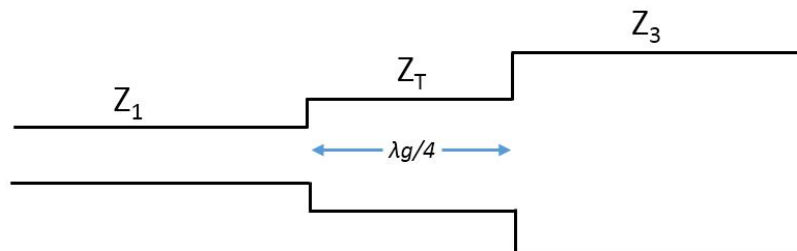
$$E_{ti} = E_0 F(\theta, \phi) e^{jF_p(\theta, \phi)} \quad \dots(2.17)$$

Maka susunan sejumlah n buah antenna A , akan memiliki diagram arah sesuai prinsip perkalian diagram sebagai berikut ^{[8][9]} :

$$E_{te} = E_0 f(\theta, \phi) F(\theta, \phi) < f_p(\theta, \phi) + F_p(\theta, \phi) \quad \dots(2.18)$$

2.10 Penyesuaian Impedansi

Perancangan suatu antenna tidak terlepas dari penyesuaian impedansi (*impedance matching*). Nilai Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) sama dengan satu merupakan kondisi yang menunjukkan bahwa impedansi antenna (Z_L) sama dengan impedansi karakteristik (Z_0) dan mentransmisikan sejumlah daya tanpa adanya pantulan ^[10]. Z_0 merupakan karakteristik impedansi suatu saluran transmisi dan biasanya bernilai 50 ohm. Z_L merupakan impedansi beban. Beban dapat berupa antenna atau rangkaian lain yang mempunyai impedansi ekuivalen Z_L . Karena kegunaan utama saluran transmisi adalah untuk mentransfer daya secara sempurna, maka beban yang *matched* sangat diperlukan. Metode pencatuan secara langsung sulit untuk mencapai kondisi *matching*. Oleh karena itu dibutuhkan suatu cara untuk mendapatkan kondisi yang *matching*, yaitu dengan cara menambahkan transformator $\lambda/4$ pada gambar 2.8 memperlihatkan pemberian single stub, dan double stub ^[11].



Gambar 2.7. Transformator $\lambda/4$ [11]

Transformator $\lambda/4$ adalah suatu teknik *impedance matching* dengan cara memberikan saluran transmisi impedansi Z_T di antara dua saluran transmisi yang tidak *match*. Panjang saluran transmisi transformator $\lambda/4$ ini sebesar $l = \frac{1}{4} \lambda g$, dimana λg merupakan panjang gelombang bahan dielektrik yang besarnya dapat dihitung dengan persamaan:

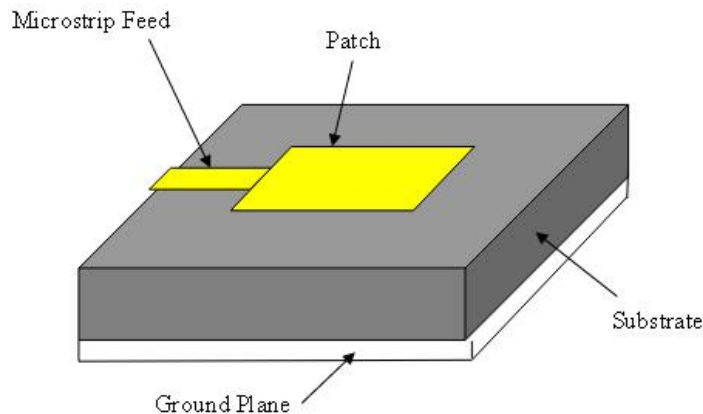
$$\lambda g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad \dots(2.19)$$

Dimana λ_0 adalah panjang gelombang pada ruang bebas. Nilai impedansi Z_T dapat dihitung dengan menggunakan persamaan ^[12] :

$$Z_T = \sqrt{Z_1 \times Z_3} \quad \dots(2.20)$$

2.11 Transmission Fed Line

Pada jenis saluran ini, sebuah garis langsung terhubung ke tepi dari *patch* mikrostrip seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6. Saluran mikrostrip tersebut lebih kecil jika dibandingkan dengan saluran *patch* dan dalam hal ini saluran dapat dibuat satu sket dengan substrat yang sama dan teknik ini disebut struktur planar.



Gambar 2.8. Transmission Fed Line [12]

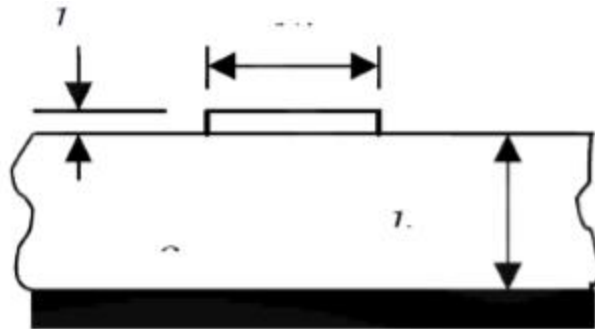
Tujuan dari penyisipan *cut in* dalam *patch* ini adalah untuk menyesuaikan impedansi dari saluran terhadap *patch* tanpa memerlukan penambahan elemen penyesuai lainnya. Hal ini dapat dicapai dengan benar dengan melakukan kontrol yang tepat pada posisi salurannya. Hal ini merupakan skema pembuatan saluran yang mudah, karena memberikan kemudahan dan kesederhanaan dalam pemodelan serta penyesuaian impedansi. Namun dengan ketebalan dielektrik substrat yang digunakan, gelombang permukaan dan penyebaran radiasi saluran juga meningkat, yang dapat menghambat *bandwidth* dari antena. Radiasi saluran juga menghasilkan radiasi terpolarisasi yang tidak di gunakan ^[12].

2.12 Impedansi Karakteristik Saluran Transmisi Mikrostrip

Antena mikrostrip array adalah pengembangan dari antena mikrostrip yang merupakan gabungan dari beberapa elemen peradiasi yang membentuk suatu jaringan. Ada beberapa macam konfigurasi antena array, diantaranya linear, planar, dan sirkular ^[7]. Pengelompokan elemen antena menghasilkan beberapa keuntungan seperti direktivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan elemen antena tunggal. Antena array merupakan susunan dari beberapa antena yang identik. Dalam mikrostrip yang disusun secara array adalah bagian *patch*. Ada beberapa konfigurasi antena array diantaranya linier, planar dan sirkular. Masing-masing konfigurasi memiliki keuntungan. Antena array planar adalah array dengan susunan elemen array membentuk area berbentuk kotak ^[8].

2.7 Impedansi Karakteristik Saluran Transmisi Mikrostrip

Semua saluran mempunyai Impedansi karakteristik dimana impedansi karakteristik suatu saluran dilambangkan Z_0 ^[10]. Impedansi karakteristik saluran digambarkan sebagai impedansi saluran dengan panjang saluran tak terbatas, atau impedansi diujung saluran terbebani sebesar impedansi karakteristiknya ^[10]. Dengan pengertian diatas yaitu panjang saluran yang tidak terbatas berarti apabila suatu energi (sebesar apapun) diberikan pada ujung pengirim, energi tersebut tidak pernah kembali lagi ke sumber atau dengan kata lain semua energi telah diserap oleh saluran ^[10].



Gambar 2.5 Penampang saluran transmisi mikrostrip [11]

Berikut dibawah ini, persamaan impedansi karakteristik dari saluran transmisi mikrostrip:

Untuk $w/d < 1$ [4]

$$\frac{60}{\sqrt{\epsilon_e}} \ln \left(\frac{8d}{W} + \frac{W}{4d} \right) \quad (2.21)$$

Untuk $w/d > 1$ [4]

$$\frac{120\pi/\sqrt{\epsilon_e}}{W/d + 1.393 + 0.667 \ln(W/d + 1.444)} \quad (2.22)$$

2.13 Lebar Saluran Transmisi

Antena ini menggunakan metode *coupled line* sebagai teknik pencatuannya. Untuk lebar saluran pencatu (W_0) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut [4].

$$W_{st} = \frac{2h}{\pi} \left\{ (B - 1 - \ln(2B - 1)) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (2.23)$$

$$B = \frac{60\pi}{z\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.24)$$

Dimana:

W_{st} = lebar saluran mikrostrip

Z = 50Ω

h = tinggi substrat (mm)

ϵ_r = konstanta dielektrik 4.3

π = 3.14

2.14 Konstanta Dielektrik Efektif

Konstanta dielektrik dari suatu saluran mikrostrip dipengaruhi oleh konstanta *dielektrik relative* (ϵ_r), tinggi (h) dari substrat dielektrik, lebar (w) dari konduktor strip dan juga frekuensi operasi untuk $t/h \ll 0.005$ yang dikemukakan oleh Bahl dan Trivelpiece.

$$\epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + \frac{10}{W/d} \right]^{-ac} \quad (2.25)$$

2.15 Panjang Saluran Transmisi

Quarter wave transformer (transformator $\frac{1}{4} \lambda$) merupakan potongan saluran transmisi dengan panjang $\frac{1}{4} \lambda$ yang memiliki kemampuan dapat mentransformasikan suatu impedansi riil ke impedansi riil yang lain. Panjang gelombang dalam saluran transmisi mikrostrip tergantung pada konstanta dielektrik efektif yaitu :

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_e}} = \frac{c}{f_0 \sqrt{\epsilon_e}} \quad (2.26)$$

$$Ln = \frac{\lambda_g}{4} \quad (2.27)$$

Dimana:

λ_0 = panjang gelombang dalam ruang bebas

L_n = panjang saluran transmisi pada *section* n

$C = 3 \cdot 10^8$ m/s

2.16 Lebar Saluran Transmisi

VSWR adalah perbandingan antara tegangan maksimum dan minimum pada suatu gelombang berdiri akibat adanya pantulan gelombang yang disebabkan tidak matchingnya impedansi input antena dengan saluran feeder.

$$VSWR = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{V^+ + V^-}{V^+ - V^-} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \tag{2.28}$$

Dengan $0 \leq |\Gamma(z)| \leq 1$, sehingga nilai VSWR adalah $1 \leq VSWR \leq \infty$

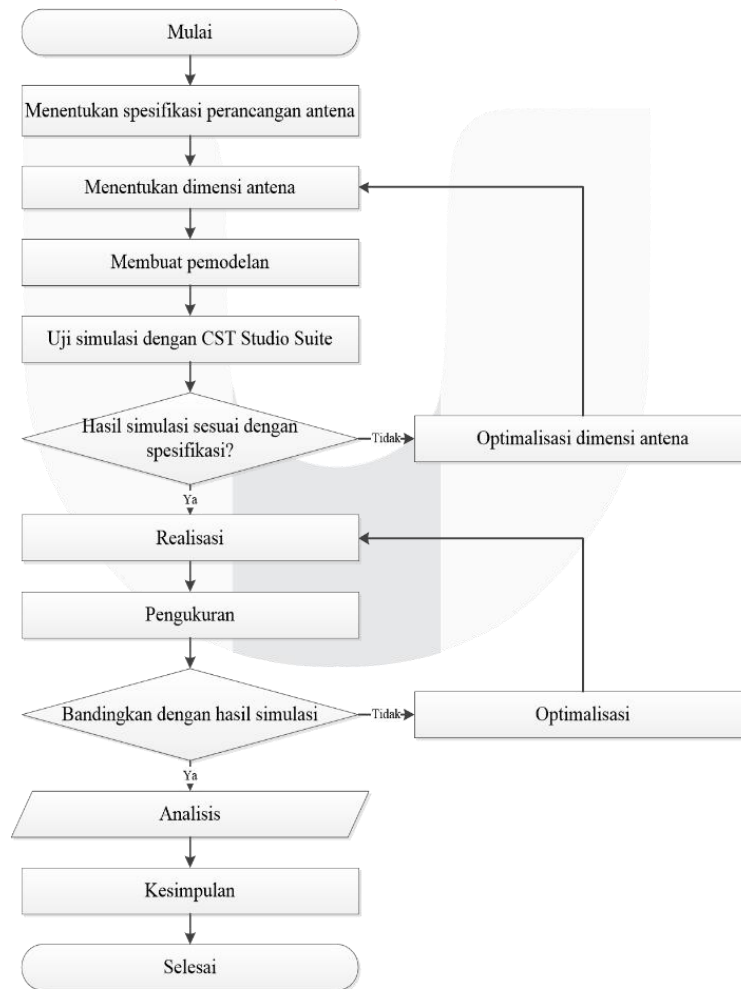
Return loss = $20 \log |\Gamma|$

Dimana:

Γ = Koefisien refleksi

3. Perancangan & Simulasi

3.1 Diagram alir



Gambar 3.1 Diagram alir

3.2 Spesifikasi Awal

- Bahan Substrat : FR4 Epoxy
- Frekuensi kerja : 3 GHz
- Bandwidth : 100 MHz
- VSWR : < 2
- Return Loss : < -10
- Impedansi : 50 Ω
- Gain : >10 dBi

a. Menggunakan jenis mikrostrip.

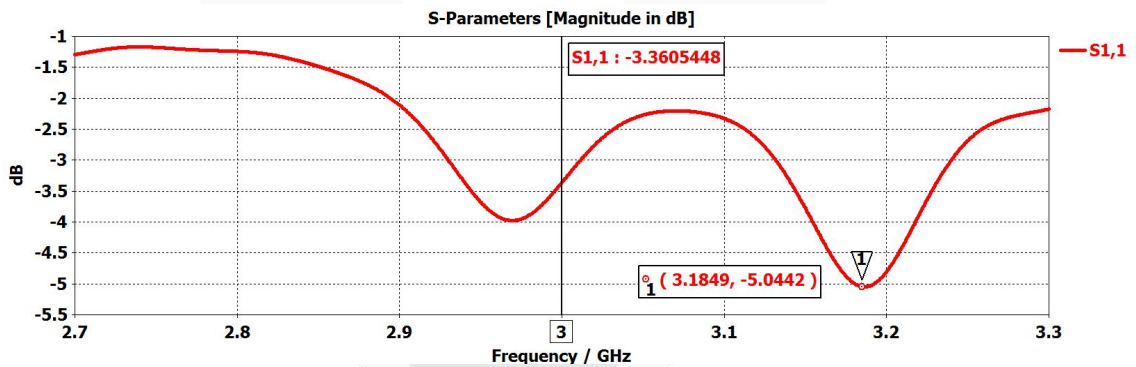
b. Menggunakan software CST Studio Suite 2019 untuk perancangan dan simulasinya.

3.3 Model Perancangan Berdasarkan Hasil Perhitungan

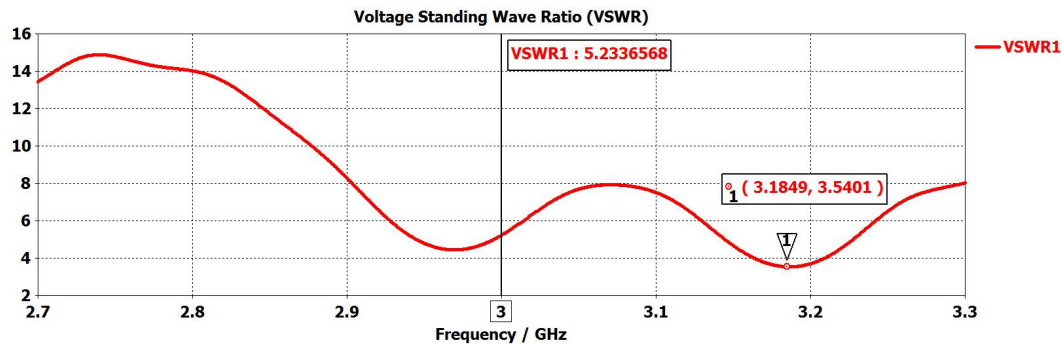
Tabel 3.1 Hasil perhitungan sebelum di optimasi

Dimensi Antena Mikrostrip	Paremeter	Nilai
Lebar Patch	Wp	30,42 mm
Panjang Patch	Lp	23,43 mm
Lebar Ground Plane	Wg	40,29 mm
Panjang Ground Plane	Lg	33,03 mm
Lebar Feedline	Wf	3,057 mm
Panjang Feedline	Lf	13,95 mm
Jarak Substrate	Sub L	10 mm
Tebal Subsrat	h	1,6 mm
Tebal Ground Plane	t	0,035 mm
Permittivitas Substrat	ϵ_r	4,4

3.3.1 Hasil Simulasi pada Software

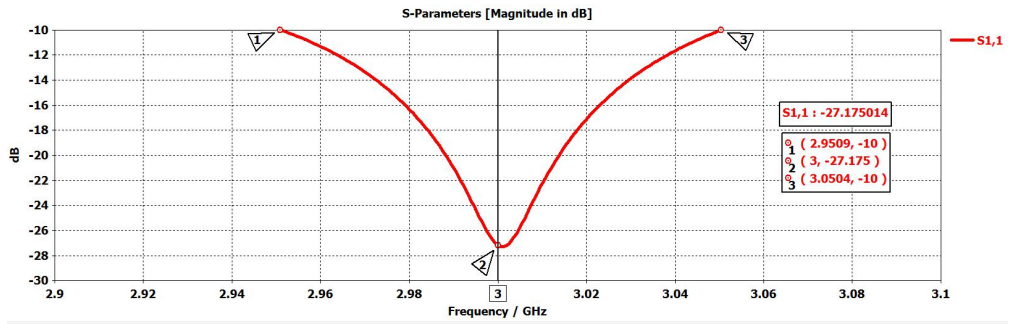


Gambar 3.2 Hasil Pengukuran Return loss

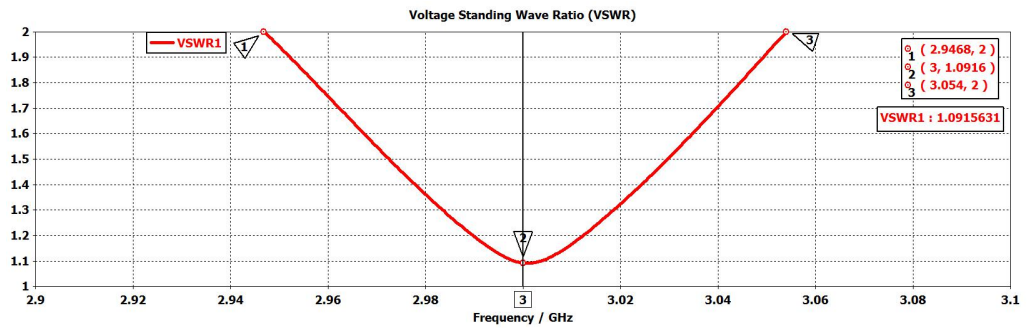


Gambar 3.3 Hasil pengukuran VSWR

3.3.2 Hasil Simulasi Setelah di Optimasi



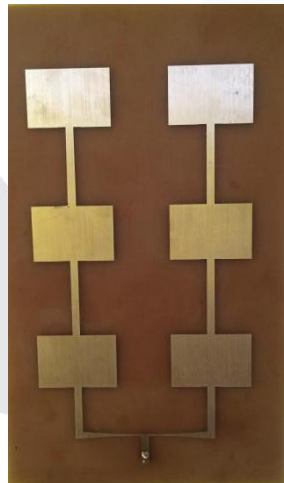
Gambar 3.4 Hasil Pengukuran Return loss



Gambar 3.5 Hasil Pengukuran VSWR

4. Pengukuran dan analisis

4.1 Realisasi antenna mikrostrip array 3 x 2

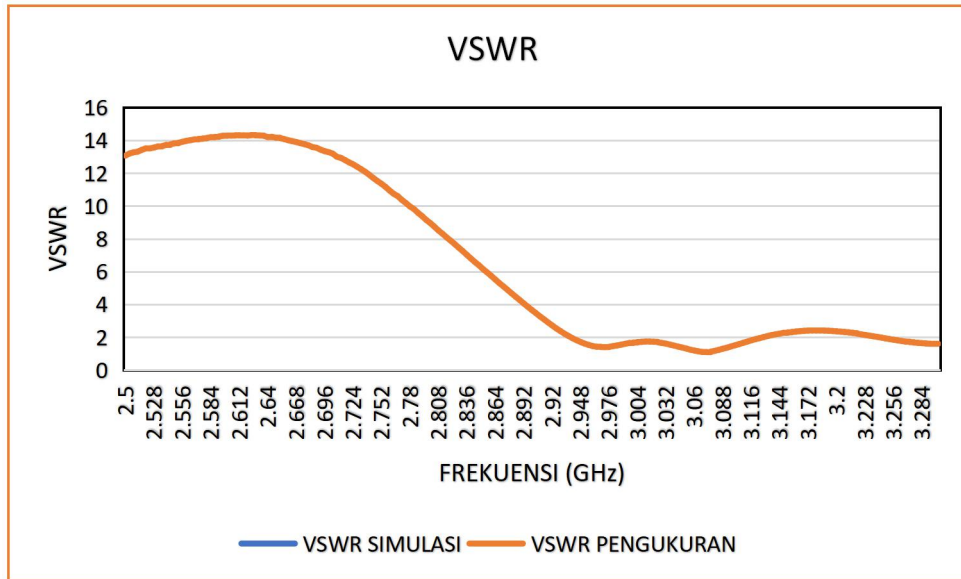


Gambar 4.1 gambar antenna full

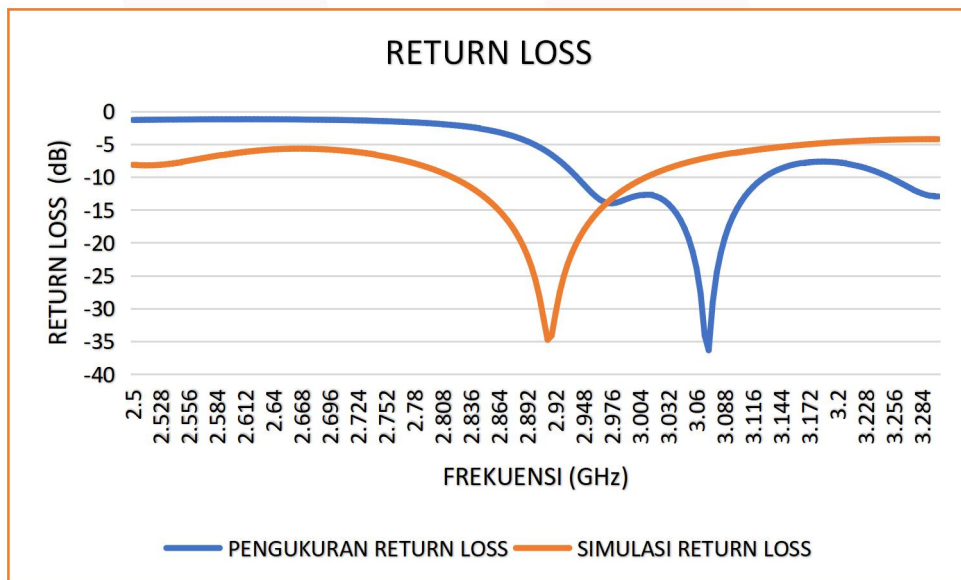
4.2 Pengukuran *Return loss*, VSWR, dan Impedansi

Tabel 4.1 Perbandingan Hasil Pengukuran dan Optimasi

No	Simulasi			Pengukuran		
	<i>Return loss</i>	VSWR	Impedansi	<i>Return loss</i>	VSWR	Impedansi
1	-37,507	1,027	54,8336	-30.632	1.0735	45.982



Gambar 4.2 Perbandingan VSWR Simulasi dan Pengukuran



Gambar 4.3 Perbandingan Return Loss Simulasi dan Pengukuran

Pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 menunjukkan bahwa antenna yang diukur dapat bekerja dengan baik pada frekuensi 3 GHz.

4.3 Pengukuran Gain dan Polaradiasi

4.3.1 Pengukuran Gain

Pengukuran gain antenna pada proyek akhir ini dilakukan di ruangan *Anechoic Chamber* untuk mendapatkan hasil pengukuran yang baik. Dimana di ruangan *Anechoic Chamber* ini sudah terdapat antenna referensi yang sudah terhubung dengan alat ukur *Spectrum Analyzer Receiver (Rx)*. Sedangkan antenna mikrostrip yang sudah di pabrikan digunakan sebagai antenna pemancar (Tx). Jarak antara antenna pengirim dan penerima sebesar 1 meter. Adapun parameter yang terdapat di ruangan *Anechoic Chamber* sebagai berikut:

- Pt (Power Transmite) = 10 dB
- Pr (Power Receive) = -35,10385279
- LSt (Loss Kabel) = - 1,5 dB
- GAt (Gain Antena Transmite) = 8,6 dB
- FSL (D) = -46,07482475 dB
- GAr (Gain Antena Receive) = 3,437 dB
- LSr (Loss Kabel) = - 1,5 dB

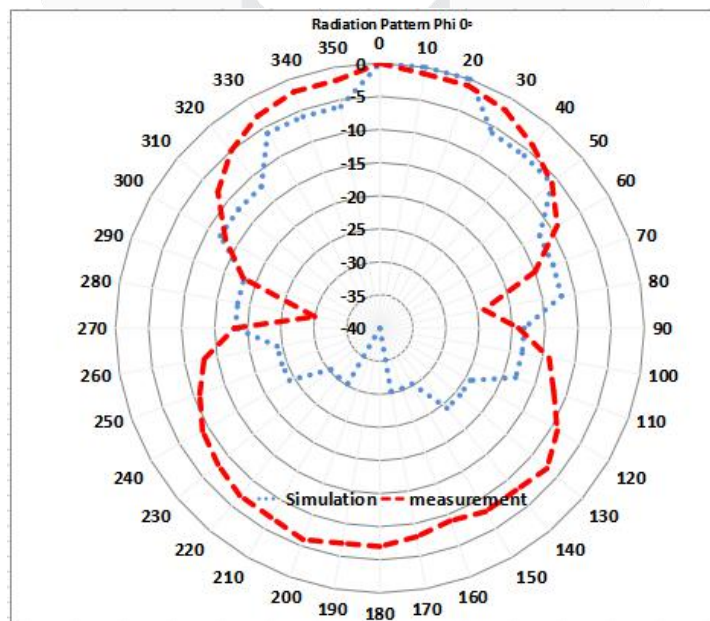
Untuk melakukan pengukuran gain pada antenna diperlukan nilai maksimum main lobe pada pengukuran polaradiasi. Pengukuran gain menggunakan metode perbandingan gain antenna link budget.

Tabel 4.2 Hasil perbandingan simulasi dan pengukuran gain

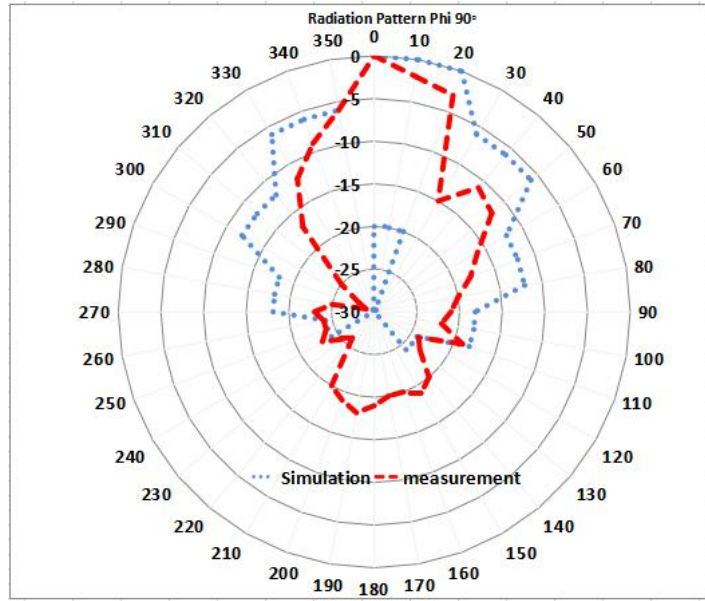
No	Parameter	Simulasi	Pengukuran
1	Gain (dBi)	7,697 dBi	4,6290 dBi

4.3.2 Pengukuran Polaradiasi

Pengukuran polaradiasi pada proyek akhir ini dilakukan dengan menggunakan alat bantu ukur polaradiasi, sehingga hasil yang didapat bisa sesuai dengan sudut putaran yang sudah ada pada alat tersebut. Berikut akan ditampilkan hasil dari pengukuran polaradiasi dan perbandingannya dengan hasil simulasi yang dilakukan pada aplikasi CST Studio Suite 2019 sesuai dengan arah putaran yaitu azimuth (horizontal) dan elevasi (vertical).

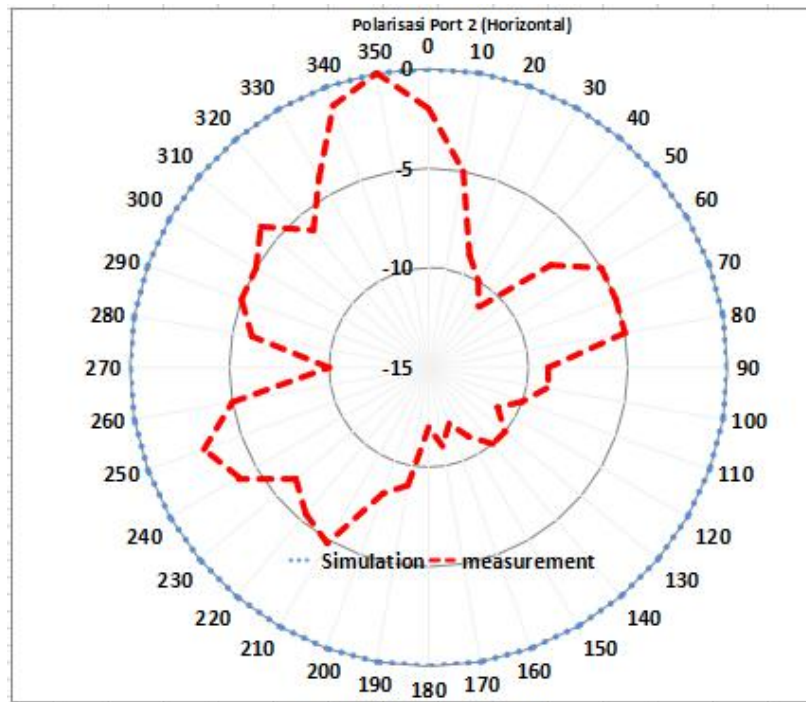


Gambar 4.4 Hasil perbandingan pengukuran dan simulasi polaradiasi azimuth

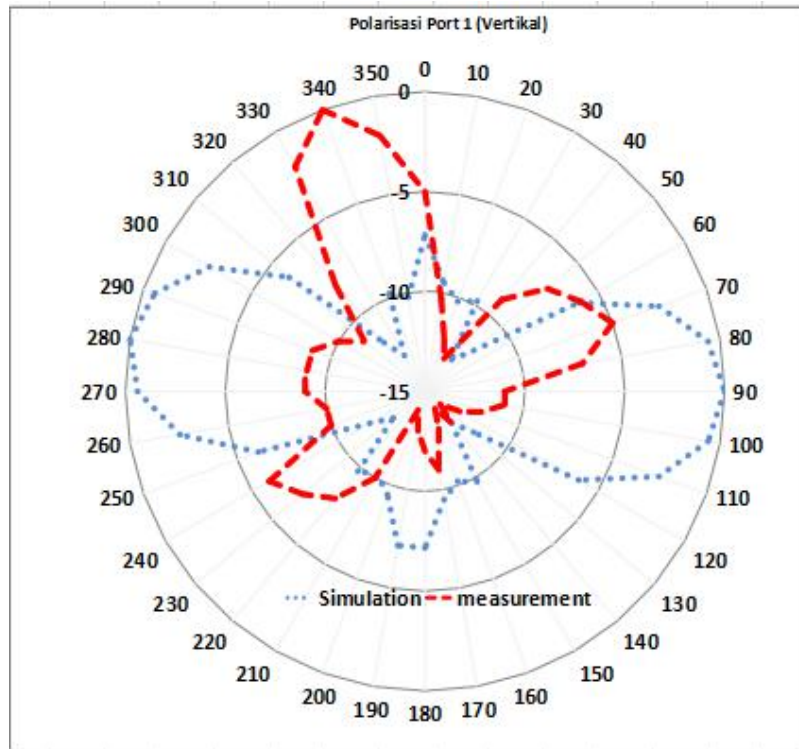


Gambar 4.5 Hasil perbandingan pengukuran dan simulasi polarisasi elevasi

4.3.2 Pengukuran Polarisasi



Gambar 4.6 Hasil perbandingan pengukuran dan simulasi polarisasi azimuth



Gambar 4.6 Hasil perbandingan pengukuran dan simulasi polarisasi elevasi

4.4 Perbandingan Hasil Pengukuran dan Simulasi

Tabel 4.3 Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran

Parameter	Simulasi	Pengukuran
VSWR	1,027	1.0735
Return Loss	-37,507 dB	-30.632 dB
Polarisasi	Linier	Linier
Gain	7,687 dBi	4,6290 dBi
Polaradiasi	Unidireksional	Unidireksional
Bandwidth	102,4 MHz	255 MHz

5 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi perancangan serta pengukuran antenna mikrostrip *rectangular series feed array 3 x 2* dengan frekuensi kerja pada 3 GHz, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Perbedaan hasil pabrikan dan simulasi disebabkan beberapa faktor diantaranya adalah faktor bahan substrat antenna dan jenis konektor yang digunakan pada pabrikan juga dapat mempengaruhi perbedaan antara simulasi dengan pabrikan.

2. Nilai *gain* yang didapat dari hasil simulasi antena mikrostrip *rectangular series feed array* 3 x 2 yaitu sebesar 7,687 dBi, namun pada hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai *gain* adalah 4,6290 dBi. Nilai *gain* dari pengukuran menurun dibandingkan dengan simulasi yang telah dibuat.
3. Polaradiasi yang didapat pada hasil pengukuran tidak berbeda dengan hasil simulasi. Pada simulasi didapatkan polaradiasi *unidirectional*, sedangkan pada hasil pengukuran didapatkan polaradiasi *unidirectional*.
4. Nilai VSWR pengukuran adalah 1,1449, sedangkan pada simulasi adalah 1.0735. Nilai yang didapatkan tidak jauh berbeda dan juga masih masuk dalam nilai VSWR yang dapat digunakan yaitu $VSWR \leq 2$.
5. Nilai *return loss* pengukuran tidak terlalu jauh berbeda dengan hasil simulasi, pada simulasi nilai *return loss* didapat -37,507 dB, namun pada hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai *return loss* adalah -30.632 dB.
6. Nilai polarisasi yang didapatkan pada simulasi dan pengukuran antena mikrostrip *rectangular series feed array* 3 x 2 yaitu polarisasi linier. Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, di dapat nilai main lobe dari *axial ratio* adalah 40 dB, yang artinya menghasilkan polarisasi linier.
7. Nilai *bandwidth* yang didapatkan pada hasil pengukuran lebih meningkat dibandingkan dengan hasil simulasi. Pada simulasi adalah 102,4 MHz, namun pada hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai *bandwidth* adalah 255 MHz.

Saran

Pada Proyek Akhir ini, penulis menyadari masih terdapat kekurangan dengan harapan untuk peneliti selanjutnya mendapatkan hasil kinerja antena yang lebih optimal. Adapun saran penulis untuk pengembangan lanjutan proyek akhir ini :

1. Pada tahapan pabrikan dianjurkan untuk lebih teliti lagi agar tidak adanya perbedaan dimensi antara simulasi dengan pengukuran. Apabila tidak ada perbedaan maka hasil yang akan didapatkan lebih optimal lagi.
2. Jenis substrat mungkin dapat diganti dengan yang lebih baik lagi agar dapat menghasilkan karakteristik antena yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Shatila, Mega. Wijanto, Heroe. "Perancangan Dan Realisasi Antena Plaster Pada Frekuensi 2.45 Ghz Untuk Komunikasi Wireless Body Area Network". Universitas Telkom, 2014.
- [2] S.C. Survace dan V.V. Deshmukhm. "Design of wearable antenna for telemedicine application". *International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT)*. vol. 2, no. 2, Mar. 2013.
- [3] J.L. Volakis, C. Chen, and K. Fujimoto. "Small antennas: miniaturization techniques and applications". *McGraw Hill*. New York, NY, USA. 2010.
- [4] Rashid, Munzaleen. A. Kumar. dan Virk, Amardeep Singh. "Planar Internal Antenna Design for Cellular Applications & SAR Analysis". *International Journal of Engineering Research and Development*. Volume 11, Issue 08. August 2015.
- [5] Laboratorium Antena, Modul Praktikum Antena dan Propagasi S1 Teknik Telekomunikasi., universitas telkom, 2015.
- [6] C. A. Balanis, Antena Theory Analysis and Design 3rd Edition. United Science, Wiley Inter Science, 2005.
- [7] Ronaldo. Ferreira. Junior, M. Marinho, K. Liu dan J. P. d. Costa, Improved Landing Radio Altimeter for Unmanned Aerial Vehicles based on an Antenna Array, International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems, 2012.
- [8] Maria Natalia Silalahi, Ali Hanafiah Rambe; Analisis Antena Mikrostrip Patch Segiempat Dengan Teknik Planar Array', universitas Sumatera Utara, 2013.
- [9] Zilya. Fatimah, H. Wijanto dan Y. Wahyu, "Perancangan Dan Realisasi Antena Phased Array Mikrostrip 1x4 X-Band," 2015.
- [10] J. D. Krauss, Antennas., united states: Wiley Inter Science, 1998.
- [11] J. D. Krauss, Antennas For All Applications, Third Edition., americas, New York: McGraw-Hill Higher Education, 2002.