

RANCANG BANGUN ANTENA PERSEGI MIKROSTIP SUSUNAN ARRAY SERIES UNTUK APLIKASI UPLINK ESM MISSILE

DESIGN OF ARRAY SERIES MICROSTRIPT ANTENNA FOR UPLINK ESM MISSILE APPLICATIONS

Sudung Parjuangan Parhusip¹, Levy Olivya Nur², Yussi Perdana Saputera³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

sudungparhusip@student.telkomuniversity.ac.id¹, levy@telkomuniversity.ac.id²,
yussips@tass.telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Di era modern saat ini bidang telekomunikasi berkembang dengan pesat, baik di bidang sipil maupun militer. Dalam bidang militer bahkan perkembangan bidang telekomunikasi sangat maju, mulai dari alat komunikasi. Radar, sonar sampai untuk mengendalikan sebuah roket atau rudal kendali. Peluru kendali merupakan teknologi dengan kedisiplinan ilmu yang cukup tinggi, mulai dari sistem antenna, telemetri, radio frekuensi, pendorong sampai kesing pelindung dan daya hancur roket tersebut.

Dalam penelitian ini, akan dilakukan perancangan suatu antenna yang akan ditempatkan di sebuah roket sebagai penerima sinyal kontrol dari stasiun kontrol. Roket yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah bertipe roket MK 104 dengan sebutan evolved seasparrow missile. Dimana roket ini menggunakan frekuensi S-Band sebagai uplinknya, dengan frekuensi tengah 3,1 GHz.

Antena ini bekerja pada frekuensi 3,1 GHz menggunakan substrat FR4. Antena mikrostrip akan dibuat simulasi dengan menggunakan software Simulasi yang hasilnya akan direalisasikan ke dalam bentuk fisik. Hasil pengukuran pada antenna mikrostrip ini diharapkan dapat menunjukkan bahwa antenna memiliki bandwidth yang lebar dan dapat bekerja pada frekuensi 3,1 GHz dengan nilai VSWR ≤ 2 , return loss ≤ -2 dB, dan gain minimum 3 dB.

Kata kunci : Software Simulasi, rocket, Antenna Mikrostrip, Roket.

Abstract

In the modern era, the field of telecommunications is developing rapidly, both in the civilian and military fields. In the military field, even the development of the telecommunications sector is very advanced, starting from communication tools. Radar, sonar to control a

rocket or missile. Missiles are a technology with a high degree of scientific discipline, from the antenna system, telemetry, radio frequency, thrusters to the protective casing and the destructive power of the rocket.

In this research, an antenna will be designed to be placed on a rocket as a control signal receiver from the control station. The rocket developed in this study is an MK 104 rocket type called evolved seasparrow missile. Where this rocket uses the S-Band frequency as its uplink, with a center frequency of 3.1 GHz.

This antenna works at a frequency of 3.1 GHz using FR4 substrate. The microstrip antenna will be simulated using simulation software, the results will be realized in physical form. The measurement results on this microstrip antenna are expected to show that the antenna has a wide bandwidth and can work at a frequency of 3.1 GHz with a VSWR value ≤ 2 , return loss ≤ -2 dB, and a minimum gain of 3 dB.

Keyword: Simulation Software, rocket, Microstrip Antenna, Antenna.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang Masalah

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 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 dalam 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 tempatkan di roket sebagai media pengendali roket tersebut [1].

Antena yang dibutuhkan untuk digunakan pada sistem roket dan rudal kendali adalah antena yang mampu menjangkau area dengan sudut 360° yang menghasilkan pola radiasi *omnidirectional* dengan gain yang tinggi dan bandwith 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 bandwith yang terbatas sehingga tidak memungkinkan menjangkau area yang luas[2]. Untuk mengatasi masalah ini dapat digunakan antena mikrostrip dengan menggunakan teknik array untuk meningkatkan gain yang dibutuhkan.

Pada Tugas Akhir ini dibuat Antenna Mikrostrip Array seris feed untuk mengatasi kekurangannya sehingga antena yang dibuat berukuran kecil namun memiliki spesifikasi bandwith 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 untuk dapat menghasilkan gain yang tinggi dalam satu sektor nya. Antena setiap sektor akan disusun sebanyak 4 sisi melingkar. Perancangan antena ini menggunakan bahan substrat FR4 karenabahan material ini mudah didapatkan dan difabrikasi secara massal, murah dan mudah dalam pengintegrasian.

1.2 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari perancangan antena dalam Tugas Akhir ini adalah membuat rancang bangun Antena Mikrostrip array seris feed 4×2 yang dapat bekerja pada frekuensi 3,1 GHz, dengan lebar bandwith yang diharapkan sebesar 100MHz, return loss < -10 dB dan gain minimum 3 dB untuk

memenuhi kebutuhan penelitian roket dan rudal kendali menggunakan substrat FR4 untuk memenuhi kebutuhan untuk aplikasi *up link evolved seasparrow missile* roket MK104 dengan menggunakan simulasi dan perancangan software simulasi.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan deskripsi latar belakang dan penelitian terkait, maka dapat dirumuskan beberapa masalah Tugas Akhir ini yaitu:

1. Melakukan perancangan dan pembuatan Antena Mikrostrip array seris feed 4×2 yang bekerja pada rentang frekuensi tengah 3,1 GHz, Bandwidth $VSWR \leq -10$ dB.
2. Membuat *Hardware* dari perancangan Antena tersebut dan dapat direalisasikan sesuai kegunaan dari alat tersebut.
3. Melakukan pengukuran terhadap *Hardware* untuk membandingkan dalam perhitungan dengan perancangan.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada Tugas Akhir ini digunakan karena sesuai dengan pengalokasian antena aplikasi *up link evolved seasparrow missile* roket MK104, batasan masalahnya antara lain:

1. Spesifikasi antena yang diinginkan:
 - a. Bahan Substrat : FR 4 Epoxy
 - b. Frekuensi Kerja : 3,1 GHz
 - c. Bandwidth : 100 MHz
 - d. VSWR : < 2
 - e. Return Loss : < -10
 - f. Impedansi : 50Ω
2. Menggunakan jenis *microstrip*
3. Menggunakan *software* simulasi untuk perancangan dan simulasinya.

2. Landasan Teori

2.1 Peluru Kendali

Peluru kendali (disingkar : 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 diantaranya dianggap sangat sedikit selain perbedaan sistem kendali.

2.2 Peluru Kendali Jelajah

Peluru kendali jelajah adalah peluru kendali yang memakai sayap dan menggunakan jet sebagai

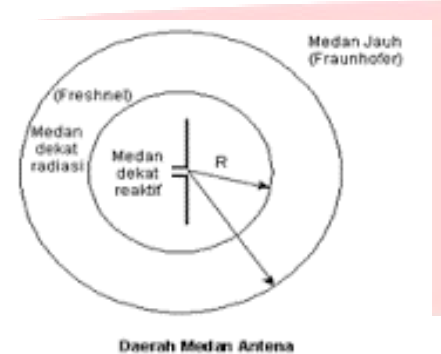
tenaga penggerak. Peluru kendali jelajah intinya adalah bom terbang. Peluru kendali jelajah dirancang untuk membawa hulu ledak konvensional dalam jumlah besar atau nuklir dan dapat

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 penjalarnya 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, pola radiasi, polarisasi dan direktivitas [12]. Sistem komunikasi wireless atau komunikasi yang tidak menggunakan kabel peranan antena sangat penting, yaitu meradiasikan dan menerima gelombang elektromagnetik. Antena merupakan suatu alat transmisi 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.

Medan radiasi dari sebuah antena yang sedang memancar dikarakterisasi oleh vektor Poynting kompleks $E \times H$ dimana E merupakan vektor medan listrik dan H merupakan vektor medan magnet. Semakin dekat dengan antena, vektor Poynting bernilai imajiner (reaktif) dan (E,H) berkurang jauh lebih drastis terhadap $1/r$, sementara itu saat vektor Poynting bernilai real (radiating) dan (E,H) berkurang sebanding dengan $1/r$ artinya semakin jauh dengan antena [12]. Antena mempunyai daerah elektromagnetik yaitu medan radiasi dekat, medan radiasi jauh dan medan reaktif. Daerah medan radiasi dekat berada dalam jarak $\lambda/2\pi < r < 2D^2/\lambda$, dimana D merupakan dimensi terbesar antena. Daerah medan radiasi dapat sering disebut juga zona Fresnel. Daerah medan radiasi jauh berada pada $r > 2D^2/\lambda$ atau $r < 10\lambda$ (kriteria antena kecil). Daerah medan radiasi jauh sering disebut juga sebagai Fraunhofer. Daerah medan reaktif, Medan reaktif ini mencakup jarak $0 < r < \lambda/2\pi$, dimana λ merupakan panjang gelombang dari antena, di daerah ini merupakan ruang yang berada di sekeliling antena.

menjangkau ratusan mil dengan tingkat akurasi tinggi.



Gambar 2.1 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 substrat yang mempunyai tiga buah lapisan struktur dari substrat. Lapisan-lapisan tersebut adalah:

1. Trace atau konduktor

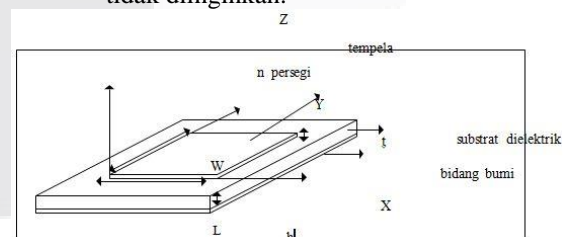
Trace ini yang disebut juga patch, merupakan lapisan teratas dari substrat, lapisan ini biasanya terbuat dari konduktor. Konduktor umumnya terbuat dari tembaga, aluminium, atau emas. Pada lapisan ini akan dibentuk menjadi suatu bentuk tertentu untuk mendapatkan suatu pola radiasi seperti yang diinginkan.

2. Dielektrik

Bagian tengah dari substrat. Pada lapisan ini digunakan bahan dielektrik. Dielektrik dengan bahan ketebalan h memiliki permitivitas relatif (ϵ_r) berkisar antara 2,2 hingga 10. Konstanta dielektrik dibuat rendah untuk meningkatkan medan limpahan yang berguna dalam radiasi.

3. 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.



Gambar 2.2 Elemen dasar antena mikrostrip

2.5 Antena Patch Square

Patch square atau *patch* segi empat 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 etching antena ini dapat dibuat. Antena square 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]:

$$W = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}}$$

Dimana:

c : Kecepatan cahaya diruang bebas ($3 \cdot 10^8$ m/s)

ϵ_r : konstanta dielektrik (F/m)

W : lebar konduktor (m)

f_0 : frekuensi kerja antena 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]:

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

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

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

Pertambahan panjang dari L (ΔL) tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut: $\frac{\Delta L}{h} =$

$$\frac{0,412 (\epsilon_{re} + 0,3) (\frac{w}{h} - 0,264)}{(\epsilon_{re} - 0,258) (\frac{w}{h} + 0,8)} \quad (2.4)$$

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

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

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

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{re}}}$$

2.6 Ground Plane 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 *infinite ground plane*. Dimensi minimal *groundplane* yang dibutuhkan untuk menciptakan kondisi ini dapat dihitung dengan rumus berikut [4],[6].

$$Ag = 6t + A$$

Dimana:

t: Tinggi substrat

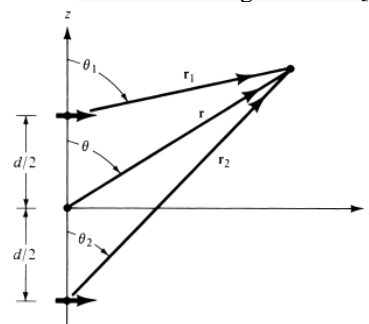
a: Lebar dan panjang *patch* (W, L)

2.7 Antena Array

Antena mikrostrip array adalah pengembangan dari antena mikrostrip yang merupakan gabungan dari beberapa elemen paradiasi yang membentuk suatu jaringan. Ada beberapa macam konfigurasi antena array, di antaranya 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 di susun secara array adalah bagian patch. Ada beberapa konfigurasi antena array diantaranya linear, planar dan sirkular dengan susunan elemen array membentuk area berbentuk kotak [8].

2.8 Linear Array

Pada susunan antena linear, elemen-elemen yang identik di susun dalam 1 garis lurus [3],[19]:



Gambar 2.3 Linier Array [4],[8]

Elemen total pada 2 elemen array [4],[8]:

$$E_t = E_1 + E_2 = \bar{a}_\theta j \eta \frac{k I_0 l}{4\pi} \left\{ \frac{e^{-j|k r_1 - (\frac{\beta}{2})|}}{r_1} \cos \phi_1 + \frac{e^{-j|k r_2 + (\frac{\beta}{2})|}}{r_2} \cos \phi_2 \right\}$$

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

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

$$E_{total} = E_{single \ element \ at \ reference \ point} \times \text{Array Factor}$$

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

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

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

Maka dapat ditulis [4],[8]:

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

Dimana:

- 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 antena yang memiliki diagram arah medan dan fasa yang sama, dan orientasinya juga sama. Susunan dari sejumlah n antena-antena 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 antena individu dengan pola array. Pola array adalah fungsi dari letak antena-antena dalam array dan amplitudo eksitasi yang relatif kompleks antena-antena tersebut.

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

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

Dan susunan sejumlah n antena isotropis memiliki diagram arah:

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

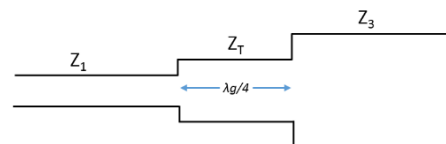
Maka susunan sejumlah n buah antena A, akan memiliki diagram arah sesuai prinsip perkalian diagram sebagai berikut: [8][9]:

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

2.10 Penyesuaian Impedansi (*matching impedance*)

Perancangan suatu antena tidak terlepas dari penyesuaian impedansi (*impedance matching*). Nilai Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) sama dengan satu merupakan kondisi yang menunjukkan bahwa impedansi antena (ZL) sama dengan impedansi karakteristik (Z0) dan mentransmisikan sejumlah daya tanpa adanya pantulan [10]. Z0 merupakan karakteristik impedansi suatu saluran

transmisi dan biasanya bernilai 50 ohm. ZL merupakan impedansi beban. Beban dapat berupa antena atau rangkaian lain yang mempunyai impedansi ekivalen ZL. 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 2.4 Transformator $\lambda/4$ [11].

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

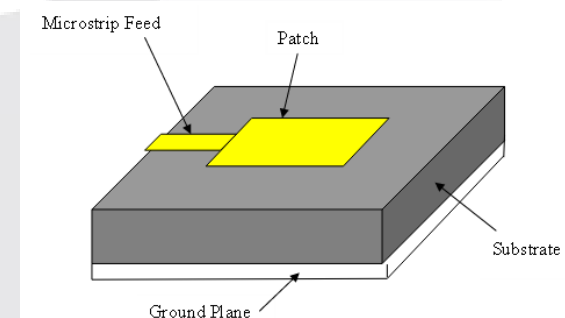
$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}}$$

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

$$Z_T = \sqrt{Z_1 Z_3}$$

2.11 Transmission feed 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.



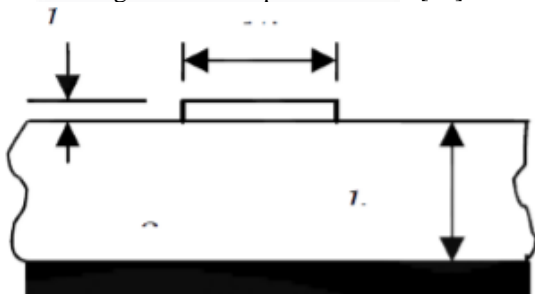
Gambar 2.5 Transmission feed line [12]

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 diucap 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 digunakan [12].

2.12 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 2.6 Penampang saluran transmisi mikrostrip [11].

Berikut dibawah ini, persamaan impedansi karakteristik dari saluran transmisi mikrostrip:
Untuk $w/d < 1$ [4]

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

Untuk $w/d > 1$ [4]

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

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].

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

Dimana:

W_{stl}	= lebar saluran mikrostrip
Z	= 50Ω
h	= tinggi substrat (mm)
ϵ_r	= konstanta dielektrik 4.4
π	= 3.14

2.14 Konstanta Dielektrik Efektif

Konstanta dielektrik dari suatu saluran mikrostrip dipengaruhi oleh konstanta dielektrik relatif (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 Triveli.

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

2.15 Panjang Saluran Transmisi

Quarter wave transformer (transformator $\frac{1}{4} \lambda$ 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:

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_e}} = \frac{c}{f_0 \sqrt{\epsilon_e}}$$

$$Ln = \frac{\lambda_g}{4}$$

Dimana:

λ_0	= panjang gelombang dalam ruang bebas
Ln	= panjang saluran transmisi pada <i>section n</i>
c	= 3.10^8 m/s

2.16 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

VSWR adalah perbandingan antara tegangan maksimum dan minimum pada suatu gelombang berdiri akibat adanya pantulan gelombang yang disebabkan tidak matching-nya impedansi input antara dengan saluran feeder

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

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

$$\text{Return loss} = 20 \log |\Gamma|$$

Dimana: Γ = Koefisien refleksi

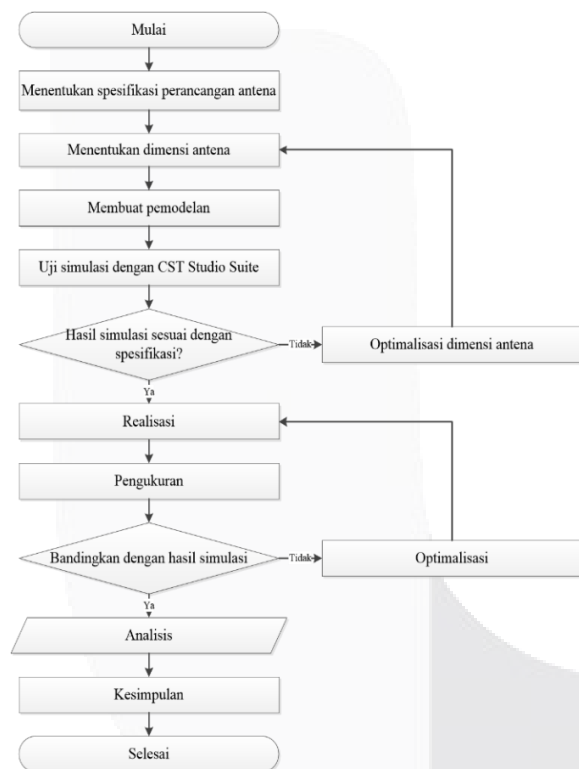
3. Perancangan Dan Simulasi

3.1 Pendahuluan

Bab ini membahas mengenai perancangan antenna mikrostrip *array series feed* untuk aplikasi *up link evolved seasparrow missile* (ESSM) roket MK104 dengan menggunakan *software* simulasi yang dapat digunakan untuk membuat desain dan menganalisis dari semua jenis sistem antenna. *Tools* ini sangat membantu seorang perancang antenna melakukan analisa parameter antenna, perhitungan S Parameter, perhitungan VSWR, Gain, Polaradiasi atau mengkaji antenna dalam 3D, berdasarkan polar dan koordinat cartesius, fitur yang disajikan pada perangkat lunak ini memudahkan dalam analisis elektromagnetik.

3.2 Skema Perancangan

Merancang antenna untuk meloloskan frekuensi tengah 3.1 GHz memerlukan beberapa tahapan kerja, maka dari itu berikut adalah diagram alir tahapan pengerjaan Tugas Akhir ini:



Gambar 3.1 Diagram Alir

3.3 Menentukan Spesifikasi Antena

Spesifikasi antenna yang diinginkan

- Bahan Substrat : FR4 Epoxy
- Frekuensi Kerja : 3.1 GHz
- Bandwidth : 100 MHz
- VSWR : < 2
- Return Loss : < - 10
- Impedansi : 50 Ohm

- Menggunakan *microstrip*
- Menggunakan *software* simulasi untuk perancangan dan simulasinya

Merancang antenna pasti menggunakan substrat, substrat ini mempengaruhi perancangan dan perhitungan didalam membuat antenna, maka dalam tugas akhir ini substrat yang akan digunakan dalam perancangan antenna ini adalah FR4, memiliki spesifikasi substrat sebagai berikut:

- Permittivitas dielektrik bahan (ϵ_r) : 4.4
- Ketebalan : 1.6 mm per *layer*

3.4 Menentukan Dimensi Antena

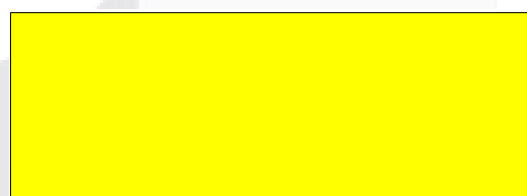
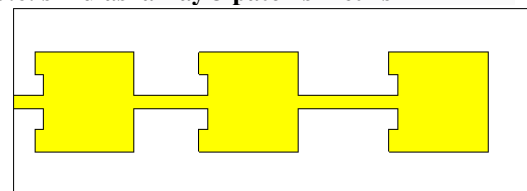
Dengan menggunakan rumus-rumus menghitung dimensi antenna di dapatkan nilai besar dimensi antenna yang akan digunakan yaitu:

1. Lebar *patch* (W)=23,18 mm dan panjang *patch* (L)=23,18 mm dengan tinggi *patch* adalah 0,035 mm.
2. Panjang *substrate* (L_s)=2 mm dan panjang *ground plane* (L_g)=13,5 mm. Lebar *substrate* (W_s)=3,05 mm, lebar *ground plane* (W_g)=10 mm
3. Lebar *feedline* (W_f)=3,05 mm dan panjang *feedline* (L_f)=13,5 mm

3.5. Perancangan Antena

Parameter dimensi antenna yang telah dihitung menggunakan persamaan-persamaan dimasukkan ke *software* simulasi. Kemudian desain tersebut disimulasikan dan dilihat nilai parameter *return loss*nya. Jika frekuensi kerja antenna belum tepat, dilakukan optimasi untuk menyesuaikan frekuensi kerja yang diinginkan.

3.6. simulasi array 3 patch simetris



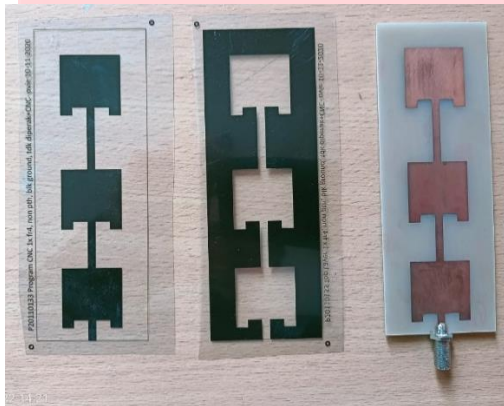
Gambar 3.33 Desain Simulasi array 3

Berdasarkan hasil simulasi pada Gambar 3.33 menunjukkan bahwa dengan dimensi yang didapat hasil optimalisasi akhir menghasilkan nilai VSWR pada frekuensi 3.1 GHz yang masih belum optimum dari batas yang diinginkan yaitu < 2. Hasil simulasi VSWR dan *return loss* dapat dilihat pada Gambar 3.34 dan Gambar 3.35.

4. Pengujian Dan Analisis

4.1. Realisasi Antena

Setelah simulasi selesai dilakukan, dilakukan optimalisasi hingga simulasi mendapatkan hasil optimum. Setelah telah mendapatkan hasil yang optimum, tahap selanjutnya adalah melakukan fabrikasi atau realisasi antena dari hasil simulasi optimum yang dilakukan



Gambar 4.1 Hasil fabrikasi antena

4.2. Pengukuran Antena

Pengukuran antena dilakukan untuk mengetahui nilai karakteristik antena yang telah dirancang dan dipabrikasi. Hasil pengukuran di bandingkan dengan hasil simulasi, kemudian dilakukan analisa perbandingan nya.

5. kesimpulan dan saran

5.1. kesimpulan

Simulasi perancangan dan pengukuran antena persegi mikrostrip susunan array series untuk aplikasi uplink ESM Missile mendapatkan hasil yang tidak jauh berbeda dan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut

1. Besar *Gain* yang di dapat dari hasil simulasi antena persegi mikrostrip susunan array series untuk aplikasi uplink ESM Missile adalah 6.590 dBi dan untuk hasil pengukuran 6.487 dBi, menunjukkan adanya penurunan nilai *Gain* dari simulasi ke fabrikasi.
2. Pada nilai *VSWR* simulasi dan pengukuran antena realisasi masih masuk kedalam nilai *VSWR* yang diinginkan. Nilai *VSWR* pada spesifikasi yang diinginkan yaitu ≤ 2 . Nilai *VSWR* yang dihasilkan pada simulasi yaitu 1,0732 untuk nilai *VSWR* dari hasil pengukuran antena realisasi yaitu 1,1250 .
3. Nilai *return loss* pada simulasi dan pengukuran antena realisasi juga masih berada dalam nilai spesifikasi yang diinginkan. Nilai *return loss* pada

spesifikasi yang diinginkan yaitu ≤ -2 , simulasi -29,060 dan antena realisasi yaitu -32,817

5.2. Saran

Pada Tugas Akhir ini penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan , harapan untuk peneliti selanjutnya mendapatkan hasil kinerja antena yang lebih optimal. Adapun saran penulis untuk pengembangan penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Untuk mendapatkan hasil karakteristik antena yang lebih baik, jenis bahan substrat dapat diganti dengan jenis substrat yang lebih baik.
2. Penelitian yang lebih mendalam diperlukan untuk pengembangan agar mendapatkan nilai nilai parameter yang lebih baik
3. Pengukuran antena realisasi sebaiknya dilakukan di ruangan anechoic chamber yang memiliki alat rotator otomatis demi mengurangi interferensi

6. Referensi

- [1] R. H. Triharjanto, E. Sofyan, A. Riyadl, L. Marian, I. E. Putro. "Rancang Awal dan Strategi Pengembangan Rudal Jelajah Lapan". Peneliti Pusat Teknologi Wahana Dirgantara, LAPAN, 2014.
- [2] Nugroho Budi, Darjat, Zahra Ajub Ajulian. "Perancangan Antena Monopole 900 MHz Pada Modul ARF 7429B", Universitas Diponegoro Semarang, 2014.
- [3] C. A. Balanis, Antena Theory Analisis and Design 3rd Edition. United Science Willey Inter Science, 2005.
- [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] J.L. Volakis, C. Chen, and K. Fujimoto. "Small antennas: miniaturization techniques and applications". *McGraw Hill*. New York, NY, USA. 2010.
- [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] D. Babas and J. Sahalos, "Synthesis method of series-fed microstrip antena," *Electronics Letters*, vol. 3, no. 2, pp. 77-80, 2007.
- [11] Shatila, Mega. Wijanto, Heroe. "Perancangan Dan Realisasi Antena Plaster Pada Frekuensi 2.45 Ghz Untuk Komunikasi Wireless Body Area Network". Universitas Telkom, 2014.
- [12] 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.
- [13] C. A. Balanis, *Antena Theory Analysis and Design* 3rd Edition. United Science, Wiley Inter Science, 2005.
- [14] J. D. Krauss, *Antennas.*, united states: Wiley Inter Science, 1998.