

ANALISIS DAN DESAIN SISTEM ANTENA UNTUK KOMUNIKASI DATA LINK PADA PROTOTYPE PUNA MALE

ANALYSIS AND DESIGN OF ANTENNA SYSTEMS FOR DATA LINK COMMUNICATION IN PUNA MALE PROTOTYPES

Yuni Lestiyanti¹, Sungkono², Luhut Simbolon³, Andrian Andaya Lestari⁴, Aditya Inzani⁵,
Nopian Teguh Susyanto⁶

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PENGINDERAAN, UNIVERSITAS PERTAHANAN¹⁻⁴
REKAYASA TEKNOLOGI PERTAHANAN DAN KEAMANAN, BPPT⁵
BIDANG PENGEMBANGAN DAN TEKNOLOGI, PT.LEN INDUSTRI (PERSERO)⁶

(yunilestiyanti@gmail.com, sungkono.510425@gmail.com, lsimbolon427@gmail.com,
andaya.phd@gmail.com, aditya.inzani@bppt.go.id, nteguhs.ts@gmail.com)

Abstrak – PUNA merupakan salah satu hasil dari perkembangan teknologi yang terintegrasi dan dapat dijadikan sebagai alutsista modern yang dapat dimanfaatkan dalam misi pengawasan wilayah melalui pantauan udara. Dalam operasinya sebuah PUNA sangat mengandalkan komunikasi data link, dimana antena merupakan perangkat utama di dalamnya. Penelitian ini mengidentifikasi, merancang dan menganalisis desain sistem antena untuk komunikasi data link pada prototipe PUNA MALE. Desain antena yang telah dirancang yaitu jenis antena mikrostrip *single patch* dengan bentuk *patch rectangular* pada frekuensi C-Band menggunakan pencatuan *insert feeding*. Hasil optimasi dimensi secara simulasi diperoleh nilai *return loss* -45,2 dB, VSWR 1.01, bandwidth 46 MHz dan gain 6,97 dBi. Desain antena yang telah dirancang kemudian disesuaikan dengan permukaan desain PUNA MALE (konformal). Terjadi pegeseran frekuensi kerja dan perubahan nilai *return loss* pada saat antena dibentuk konformal dengan melengkungkan. Selanjutnya, diperoleh hasil aplikasi penempatan antena untuk komunikasi data link pada prototipe PUNA MALE.

Kata Kunci: Antena, Komunikasi data link, *Line of Sight* (LOS), *Medium Altitude Long Endurance* (MALE), Pesawat Udara Nir Awak (PUNA)

Abstract– PUNA is one of the results of the development of integrated technology and can be used as modern defense equipment that can be used in regional surveillance missions through air monitoring. In its operation, a PUNA relies heavily on data link communications, where the antenna is the main device in it. This study identifies, designs and analyzes the antenna system design for data link communication on the PUNA MALE prototype. The antenna design that has been designed is a single patch microstrip antenna with a rectangular patch shape at the C-Band frequency using insert feeding. The result of dimensional optimization by simulating the return loss value of -45.2 dB, VSWR 1.01, bandwidth 46 MHz and gain 6.97 dBi. The antenna design that has been designed is then adjusted to the surface of the PUNA MALE design (conformal). There is a shift in the working frequency and a change in the return loss value when the antenna is formed conformally by bending. Furthermore, the results of the antenna placement application for data link communication were obtained on the PUNA MALE prototype.

Keywords: Antenna, Data link communication, LOS, MALE, PUNA

Pendahuluan

Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI) merupakan negara kepulauan yang luas. Dimana, keistimewaan Indonesia dengan berbagai karunia berupa keanekaragaman hayati dan anugerah sumber daya alam yang melimpah serta berada pada posisi silang strategis dunia, dimana secara geopolitik sangat penting bagi Asia Tenggara (Maiti & Bidinger, 1981).

Berdasarkan UU. No. 34 tahun 2004 pasal 7 ayat (1) tentang TNI, pengawasan wilayah merupakan bagian dari sistem pertahanan negara. Pada UU tersebut menyatakan bahwa tugas pokok TNI adalah menegakkan kedaulatan negara, mempertahankan keutuhan wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia yang berdasarkan Pancasila dan Undang-Undang Dasar Republik Indonesia Tahun 1945, serta melindungi segenap bangsa dan seluruh tumpah darah Indonesia dari ancaman dan gangguan terhadap keutuhan bangsa dan negara. Dalam pelaksanaan tugas TNI, perlu dipersiapkan dan dibekali perkembangan teknologi yang terintegrasi yaitu berupa alutsista modern dalam misi pengawasan jarak jauh untuk mendampingi radar kohanudnas, B-737 Surveillance milik TNI

AU dan satelit. Hal ini selaras dengan renstra III (2020-2024) yang mengarahkan untuk peningkatan kemampuan hanneg dalam menjawab berbagai ancaman dan permasalahan aktual dalam jangka panjang yang sesuai dengan kondisi geografis dan dinamika lingkungan strategis.

Hal ini membuka peluang dan tantangan terhadap pengembangan kemampuan teknologi dan alutsista dalam mendukung sistem pengawasan wilayah pertahanan untuk menjaga kedaulatan NKRI baik di darat, di laut dan di udara. Salah satu alutsista modern yang perlu dikembangkan yaitu Pesawat Udara Nir Awak (PUNA). Pemanfaatan PUNA dijadikan sebuah alternatif dalam mengatasi permasalahan pengawasan wilayah dan dampak dari kemajuan teknologi, serta selaras dengan *Revolution in Millitary Affairs* (RMA), yang bertujuan untuk interoperabilitas dan kemampuan Network Centric Warfare.

Kemampuan PUNA dalam menjalankan pengawasan wilayah nasional melalui udara memiliki keunggulan, dimana keunggulan utamanya yaitu resiko operasi yang dapat diminimalisir. Selain itu, Keterbatasan personil keamanan dan sarana prasarana pengamanan wilayah perbatasan serta

kondisi geografis wilayah perbatasan Indonesia semakin mempertegas kebutuhan PUNA untuk mengamankan dan mengawasi wilayah perbatasan NKRI. PUNA yang multifungsi menyebabkan pengawasan daratan dan lautan dari pantauan udara dapat dilakukan dari *Ground Control Station* (GCS) dengan kemampuan komunikasi data link menggunakan frekuensi radio. PUNA yang lengkap dengan sistem pengendaliannya mampu memberikan kewaspadaan situasional yang membantu para ahli dalam pengambilan keputusan. Hal ini mengacu pada pembangunan haneg renstra III diarahkan untuk mencapai target kekuatan pokok pada tahun 2024 dalam Pemenuhan kebutuhan pokok minimum *Minimum Essential Force* (MEF) TNI AU tahun 2009-2024.

PUNA merupakan salah satu hasil dari perkembangan teknologi yang terintegrasi dan dapat dijadikan sebagai alutsista modern yang dapat dimanfaatkan dalam misi pengawasan wilayah melalui pantuan udara. Operasi PUNA secara umum termasuk *Medium Altitude Long Endurance* (MALE) sepenuhnya secara mandiri dan non kooperatif dikendalikan jarak jauh(Conte

et al., 2019), maka dalam operasinya sebuah PUNA sangat mengandalkan komunikasi data link(Design & Control, 2018), dimana antena merupakan perangkat utama di dalamnya.

Salah satu perkembangan antena adalah antena mikrostrip. Keunggulan utama dari antena mikrostrip dalam desain PUNA yaitu sifatnya yang konformal sehingga dapat menyesuaikan dengan desain PUNA. Selain itu, kelebihan lain yang dimiliki antena mikrostrip yaitu bahan yang sederhana, berdimensi kecil, memiliki masa yang ringan, mudah difabrikasi, strukturnya sangat kuat, murah dan fleksibel. Penerapan antena mikrostrip pada PUNA telah dilakukan di PUNA Sriti (Guno, 2016), PUNA BPPT (Moh. Amanta K.S Lubis, Yomi Guno, 2015) dan optimasi penempatan antena (Lubis et al., 2015).

Perancangan dan pembangunan sistem antena untuk komunikasi data link pada prototipe PUNA MALE perlu menyesuaikan dengan kebutuhan pengguna. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan kesesuaian rancang bangun teknologi dengan kebutuhan pengguna. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi, mendesain dan menganalisis sistem antena untuk

komunikasi data link pada prototipe PUNA MALE agar sesuai dengan kebutuhan pengguna. Penelitian ini diharapkan menghasilkan desain sistem antena yang telah disesuaikan dengan SRD. Selanjutnya penelitian ini dapat dikembangkan hingga fase *preliminary design* dan *detail desain*. Diharapkan dengan penelitian ini dapat membantu proses pengembangan perancangan prototipe PUNA MALE untuk melaksanakan tugas pengawasan dalam menjaga keamanan wilayah pertahanan di Indonesia.

Metode Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Penelitian ini tergolong sebagai penelitian studi lapangan karena data-data yang akan digunakan diperoleh di instansi terkait tidak dipublik secara detail dan komprehensif. Desain rancangan penelitian ini menggunakan rancangan kuasi eksperimen dimana desain tidak mempunyai pembatasan yang ketat. Desain eksperimen ini dianggap semu karena eksperimen ini belum memiliki desain yang sebenarnya karena beberapa variabel yang di kontrol dan di manipulasi. Tujuan penelitian eksperimen ini untuk memprediksi kondisi eksperimen murni

dengan variabel yang valid dan relevan melalui pengukuran secara nyata. Penelitian ini bersifat *cross-sectional*, yang artinya berlaku dalam satu periode dan tidak dilakukan secara berkelanjutan. Metode kuantitatif bersifat ilmiah karena memenuhi kaidah-kaidah ilmiah, yaitu konkret, objektif, rasional, terukur dan sistematis. Adapun beberapa tahap yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

Tahap pengumpulan data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari *System Requirement Document* (SRD) konsorsium, studi literatur mengenai komunikasi data link, desain antena dan karakteristik parameter antena.

Tahap identifikasi

Tahap ini dilakukan identifikasi masalah nyata yang ada, kemudian disusun latar belakang penelitian didasarkan dari diskusi dengan pihak-pihak yang bersangkutan dan data relevan yang mendukung, selanjutnya ditentukan batasan masalah yang diteliti, disusun rumusan masalah dan tujuan penelitian.

Tahap desain antena

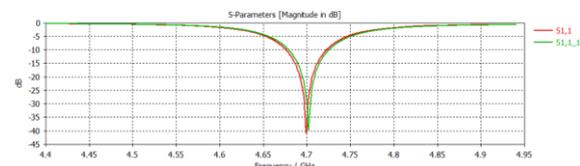
Antena yang didesain yaitu antena jenis mikrostrip dengan memodelkan antena secara simulasi menggunakan perangkat lunak.

Tahap analisis data dan pembahasan

Analisis dilakukan berdasarkan hasil desain antena yang telah dikerjakan mengacu pada parameter antena.

Validasi program

Validasi program diperlukan untuk menunjukkan bahwa program yang digunakan pada penelitian ini telah valid dan dapat digunakan. Penelitian ini telah dilakukan validasi program berbasis teori dengan membandingkan dua metode numerik yaitu FDTD (*Finite Difference Time Domain*) dan FEM (*Finite Element Method*) secara simulasi menggunakan perangkat lunak. Diperoleh perbandingan parameter *return loss* sesuai gambar 1. sebagai berikut.



Gambar 1. Grafik validasi program
Sumber: diolah peneliti, 2021

Dari dua grafik tersebut dengan mensimulasikan 2 solver yang berbeda. Garis merah menggunakan T-Solver,

berbasis metode FIT (*Finite Integration Technique*), turunan dari FDTD. Sedangkan, garis hijau menggunakan F-solver dengan FEM dimana diperoleh grafik hasil yang relatif sama (berhimpit) sehingga hasil simulasi sudah valid untuk digunakan.

Hasil dan Pembahasan

Identifikasi desain antena

Penelitian ini berfokus pada desain antena untuk komunikasi *Line of Sight* (LOS), dimana pada draft SRD dicantumkan beberapa persyaratan yaitu harus memiliki kemampuan komunikasi data link antara PUNA dan GCS (*Ground Control Station*).

Desain antena

Setelah dilakukan identifikasi desain, selanjutnya yaitu mendesain antena. Berikut merupakan parameter-parameter antena.

Tabel 1. Parameter-parameter antena

Parameter antena	Nilai
Model antena	Mikrostrip single patch
Model patch	Rectangular
Frekuensi kerja	4.400-4.940 GHz
VSWR	< 2
Return loss	≤ -10

Impedansi 50 Ohm
 Sumber: diolah peneliti, 2021

Berdasarkan parameter-parameter yang telah ditentukan, dapat disusun desain dimensi awal antena mikrostrip menggunakan rumus-rumus berikut.

- a. Menentukan lebar patch (W)

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

- b. Menentukan konstanta dielektrik efektif (ϵ_{reff})

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \left[\frac{\epsilon_r - 1}{2 \sqrt{1 + 12 \frac{h}{W_f}}} \right]$$

ϵ_r merupakan konstanta dielektrik relatif.

- c. Menentukan Panjang patch (L)

$$\Delta l = 0,412 \left(\frac{\epsilon_{reff} + 0,3}{\epsilon_{reff} - 0,258} \right) \left(\frac{\frac{W_f}{h} + 0,264}{\frac{W_f}{h} + 0,8} \right)$$

$$L = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{reff}}} - 2\Delta l$$

Maka diperoleh desain awal, tetapi desain awal tidak signifikan dengan kriteria yang dibutuhkan sehingga diperlukan optimasi dimensi antena seperti tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan dimensi sebelum dan sesudah dioptimasi

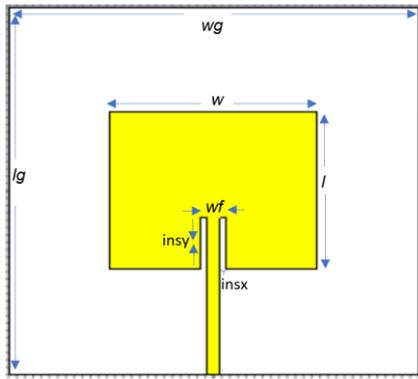
Parameter	Sebelum optimasi (mm)	Setelah optimasi (mm)
-----------	-----------------------	-----------------------

Lebar patch (w)	25.38	25.09
Panjang patch (l)	21.41	21.16
Lebar groundplane (w_g)	50	50
Panjang groundplane (l_g)	50	50
Tebal copper (h)	0.035	0.035
Ketebalan substrat (x)	0.508	0.508
Lebar feed (w_f)	1.578	1.578
Lebar insert kembar ($insx$)	0.8	0.790
Panjang insert kembar ($insy$)	6.93	6.849

Sumber: diolah peneliti, 2021

Spesifikasi material substrat yang digunakan yaitu roger duroid RT 5880 dengan ketebalan 0.508 mm. material ini dipilih karena bahan yang cukup tipis dan fleksibel sehingga dapat digunakan untuk merancang antena mikrostrip yang conformal sesuai dengan body PUNA MALE.

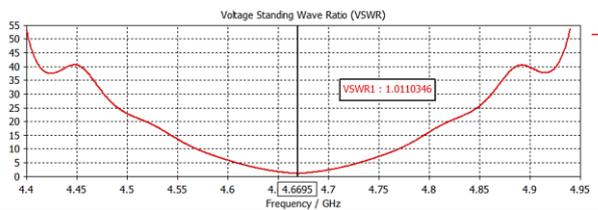
Diperoleh desain antena secara simulasi menggunakan software antena. Antena yang didesain merupakan antena jenis mikrostrip dengan teknik pencatutan *insert feeding*.



Gambar 2. Desain antenna mikrostrip
Sumber: diolah peneliti, 2021

Analisis Parameter VSWR

VSWR merupakan pengaruh adanya pantulan gelombang akibat ketidaksesuaian antara impedansi antenna masukan terhadap impedansi saluran transmisi. VSWR secara matematis merupakan hasil perbandingan dari tegangan maksimum terhadap tegangan minimum pada suatu gelombang. Pada penelitian ini diperoleh nilai VSWR sesuai kriteria yaitu ($1 < VSWR < 2$) sesuai gambar 3.

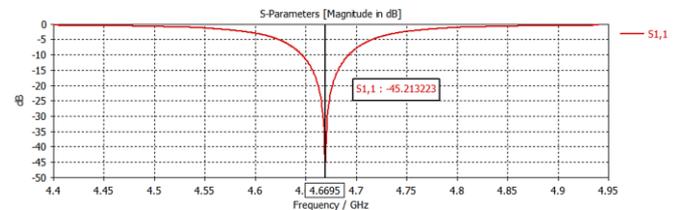


Gambar 3. Nilai VSWR setelah optimasi
Sumber: diolah peneliti, 2021

Analisis parameter return loss

Return loss disebabkan karena impedansi antenna dan saluran transmisi yang belum match. Secara matematis, return loss diperoleh dari hasil perbandingan daya

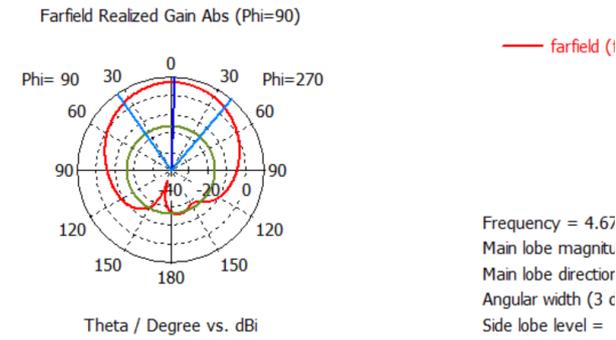
yang dipantulkan kembali ke antenna terhadap daya yang ditransmisikan. Dimana daya yang dipantulkan tersebut dapat merusak sumber dan tidak dikehendaki. Karena idealnya daya yang masuk dipancarkan secara keseluruhan. Nilai return loss yang diharapkan pada antenna yaitu dibawah -10 dB. Hal ini bermakna 10% daya dipantulkan dan 90% daya ditransmisikan. Dimana antenna yang baik mempunyai nilai return loss yang semakin mendekati minus tak hingga ($-\infty$). Dimana telah diperoleh nilai return loss sesuai spesifikasi pada gambar 4.



Gambar 4. Nilai return loss antenna setelah dioptimasi.
Sumber: diolah peneliti, 2021

Analisis pola radiasi

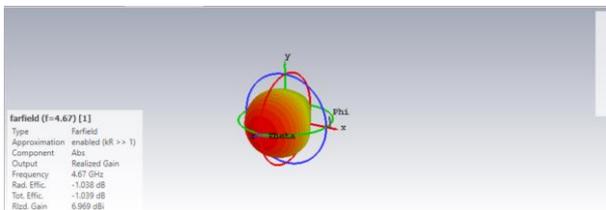
Pola radiasi merupakan fungsi koordinat direksional berbentuk grafik representatif dari perhitungan matematis sifat radiasi antenna yang telah di desain. Radiasi antenna terdiri dari intensitas radiasi, kuat medan, atau polarisasi dan kerapatan fluks.



Gambar 5. Pola radiasi setelah dioptimasi
 Sumber: diolah peneliti, 2021

Analisis nilai gain

Berdasarkan simulasi antenna yang telah dilakukan, untuk simulasi antenna yang telah dilakukan optimasi diperoleh hasil bahwa antenna yang bekerja pada frekuensi 4.6695 GHz dengan gain antenna diperoleh hasil sebesar 6.969 dBi seperti gambar 6.

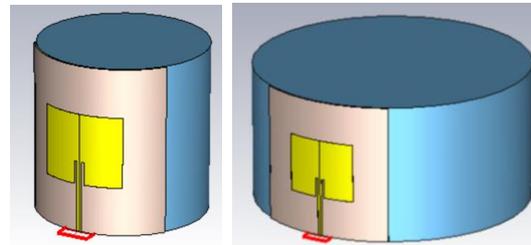


Gambar 6. Pola radiasi 3D dan gain realized
 Sumber: diolah peneliti, 2021

Gain merupakan parameter efisiensi sebuah antenna sesuai transformasi daya yang ada pada terminal masukan menjadi daya yang teradiasi pada arah tertentu.

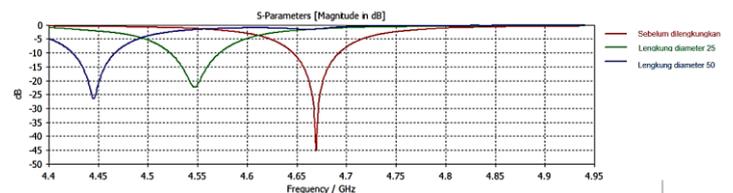
Setelah diperoleh desain dimensi antenna mikrostrip yang teroptimasi, selanjutnya desain antenna disesuaikan

dengan permukaan platform yang digunakan yaitu PUNA MALE dengan cara melengkungkan. kemudian desain antenna perlu dilengkungkan seperti gambar 6.



Gambar 6. Desain antenna setelah dilengkungkan dengan variasi Panjang diameter
 Sumber: diolah peneliti, 2021

Hasil desain antenna konformal dapat dianalisis berdasarkan parameter *return loss*-nya, sesuai gambar 7.



Gambar 7. Nilai perbandingan *return loss* antenna yang dilengkungkan
 Sumber: diolah peneliti, 2021

Pada Gambar 7. menunjukkan bahwa semakin besar nilai diameter lengkung antenna maka grafik *return loss* semakin geser ke kiri atau berbanding terbalik yang mana frekuensi kerjanya semakin menurun.

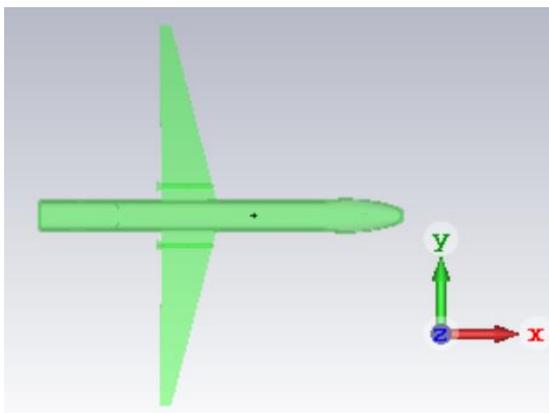
Berikut merupakan tabel 3 perbandingan kriteria yang diharapkan dan hasil penelitian.

Tabel 3. Hasil penelitian

Parameter antena	Kriteria yang diharapkan	Hasil penelitian
Model antena	Mikrostrip <i>single patch</i>	Mikrostrip <i>single patch</i>
Model patch	<i>Rectangular</i> (Kotak)	<i>Rectangular</i> (Kotak)
Frekuensi kerja	4.400-4.940 GHz	4.400-4.940 GHz
Frekuensi tengah	4.670 GHz	4.6695 GHz
VSWR	< 2	1.01
Return loss	≤ -10 dB	-45.2 Db
bandwidth	≤ 34 MHz	46 MHz
gain	< 2 dBi	6.97 dBi
Impedansi	50 Ohm	50 Ohm

Sumber: diolah peneliti, 2021

Selanjutnya, yaitu aplikasi penempatan antena pada prototipe PUNA MALE telah dilakukan melalui permodelan sesuai gambar 8 berikut.



Gambar 8. Penempatan antena pada prototipe PUNA MALE
 Sumber: diolah peneliti, 2021

Kesimpulan Rekomendasi dan Pembatasan

Identifikasi desain rancangan antena komunikasi data link telah mengacu pada SRD, sehingga didapatkan persyaratan teknis yaitu frekuensi yang digunakan yaitu C-Band.

Desain antena yang telah dirancang yaitu Jenis antena mikrostrip *single patch* dengan bentuk patch *rectangular*. Antena jenis ini dipilih karena kemudahan dalam merancang desainnya secara simulasi menggunakan perangkat lunak dan relative mudah serta murah untuk dapat direalisasikan. Dengan rumus perhitungan yang tersedia telah dirancang desain awal dimensi antena secara simulasi, kemudian telah dilakukan optimasi dimensi agar mendapatkan desain antena yang sesuai dengan kriteria yang dibutuhkan. Selain itu, secara simulasi desain antena yang telah dilingkungkan untuk menguji perubahan beberapa parameter karakteristik antena.

Berdasarkan simulasi desain telah dilakukan analisis desain dan dapat dinyatakan telah memenuhi kriteria yang dibutuhkan meliputi nilai VSWR, *return loss*, *bandwidth* dan *gain* antena.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, Adapun saran rekomendasi yang dapat berikan adalah sebagai berikut.

- a. Dapat dilakukan penelitian lanjutan dengan variasi bentuk patch yang berbeda secara simulasi sebagai desain pembandingan.
- b. Perlu spesifikasi komputer tinggi untuk meningkatkan akurasi hasil simulasi
- c. Perlu dilakukan penelitian hingga tahap manufaktur pembuatan antena mikrostrip sesuai simulasi agar dapat diimplementasikan di PUNA MALE.
- d. perlunya validasi hasil penelitian dengan pengukuran secara eksperimen
- e. Direkomendasi penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan dalam pengembangan analisis dan desain rancangan sistem antena untuk komunikasi data link pada prototipe PUNA MALE.

Daftar Pustaka

Conte, C., Rufino, G., & Accardo, D. (2019). An innovative medium-altitude long-endurance unmanned aircraft system with advanced flight management and navigation features. 2019 *IEEE International Workshop on Metrology for AeroSpace, MetroAeroSpace 2019* -

Proceedings, 667–671.
<https://doi.org/10.1109/MetroAeroSpace.2019.8869636>

Design, D. A., & Control, D. (2018). 드론 제어용 데이터링크 안테나 설계. 13(6), 1169–1176.

Guno, Y. (2016). Penerapan Antena Mikrostrip di Pesawat Udara Nir Awak (PUNA) Sriti. 18(2), 103–112.

Lubis, M. A. K. S., Guno, Y., Juningtiaz, I., Akbar, F., & Teori, D. (2015). Optimasi Posisi Antena pada UAV Alap-Alap BPPT menggunakan Computer Simulation Technology ISBN : 979-26-0280-1 ISBN : 979-26-0280-1. 343–346.

Maiti, & Bidinger. (1981). 濟無No Title No Title. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.

Moh. Amanta K.S Lubis, Yomi Guno, F. A. (2015). Desain Antena Mikrostrip Omnidireksional menggunakan Material Polimida untuk Komunikasi Video pada PUNA (Pesawat Udara Nir Awak) BPPT dalam pada ISBN : 979-26-0280-1 ISBN : 979-26-0280-1. *Semantik*, 329–332.