

PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP RECTANGULAR PATCH ARRAY 2X4 DENGAN TRUNCATED CORNER

1st Wahyu Hadi Husodo

Telecommunication Engineering
Telkom University Surabaya
Surabaya, Indonesia

jamesart@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Dr. Fannush Shofi Akbar, S.ST.

Telecommunication Engineering
Telkom University Surabaya
Surabaya, Indonesia

fannushakbar@telkomuniversity.ac.id

3rd Muhsin, S.T., M.T., Ph.D.

Telecommunication Engineering
Telkom University Surabaya
Surabaya, Indonesia

mmuhsin@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B) merupakan teknologi pengawasan lalu lintas udara modern yang bekerja secara real-time dengan memanfaatkan sinyal dari sistem navigasi satelit (GNSS) untuk mendeteksi posisi dan kecepatan pesawat. Dalam sistem ini, antena memiliki peran penting dalam menerima sinyal ADS-B pada frekuensi 1090 MHz. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan merealisasikan antena mikrostrip rectangular patch array 2×4 dengan metode truncated corner, yang diintegrasikan ke dalam sistem receiver ADS-B berbasis Software-Defined Radio (SDR). Antena dirancang menggunakan substrat FR4 Epoxy dan metode pencatutan probe koaksial, dengan target performa berupa polarisasi circular, return loss < -10 dB, VSWR < 2, bandwidth minimal 20 MHz, gain ≥ 3 dBi, dan impedansi 50 ohm. Hasil simulasi menggunakan CST Studio Suite 2019 menunjukkan bahwa desain antena berhasil mencapai axial ratio 1,5107575, return loss -12,270123 dB, VSWR 1,15, dan bandwidth 30,5 MHz. Setelah direalisasikan, antena diuji menggunakan NanoVNA dan metode pengukuran pola radiasi dengan horn antena. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa antena bekerja pada frekuensi 1090 MHz, dengan return loss -13,10 dB, VSWR 1,847, bandwidth 30 MHz, serta pola radiasi omnidireksional dan polarisasi circular/elips dengan gain sebesar 6,76 dBi (co-polar) dan 2,88 dBi (cross-polar). Dengan demikian, antena ini memenuhi spesifikasi teknis dan layak digunakan pada sistem receiver ADS-B berbasis SDR.

Kata kunci— ADS-B, Antena Mikrostrip, Truncated corner, SDR, 1090 Mhz

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi telekomunikasi yang pesat telah mendorong inovasi di berbagai sektor, termasuk di bidang penerbangan. Pada Konferensi Navigasi Udara ke-10 di Montreal tahun 1991, disepakati penggunaan teknologi Communication-Navigation-Surveillance/Air Traffic Management (CNS/ATM) sebagai standar internasional untuk pengelolaan wilayah udara. Salah satu implementasi dari CNS/ATM adalah sistem Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B), yang menggunakan sinyal dari sistem navigasi satelit GNSS untuk mendeteksi posisi dan kecepatan pesawat secara real-time. Sistem ini memungkinkan transmisi otomatis data posisi, kecepatan, dan ketinggian dari pesawat ke Air Traffic Controller (ATC),

menggantikan peran radar konvensional yang memiliki keterbatasan dalam hal jangkauan dan efisiensi biaya.

ADS-B kini telah menjadi teknologi yang diadopsi secara luas dalam industri penerbangan modern karena lebih murah dan efisien dibanding radar. Sistem receiver ADS-B bekerja pada frekuensi 1090 MHz dan memerlukan antena yang mampu menerima sinyal dari berbagai arah dengan karakteristik polarisasi yang beragam. Dalam konteks ini, antena mikrostrip menjadi salah satu kandidat utama karena sifatnya yang ringan, tipis, mudah diproduksi, dan cocok untuk aplikasi pesawat. Namun, antena mikrostrip konvensional memiliki polarisasi linear dan bandwidth sempit, sehingga diperlukan modifikasi agar sesuai dengan spesifikasi ADS-B.

Penelitian ini bertujuan merancang dan merealisasikan antena mikrostrip rectangular patch array 2×4 menggunakan metode truncated corner, yang diintegrasikan dengan sistem receiver ADS-B berbasis Software-Defined Radio (SDR). Desain ini dipilih untuk menghasilkan polarisasi circular dan meningkatkan gain melalui konfigurasi array. Antena dirancang dengan menggunakan substrat FR4 Epoxy dan metode pencatutan probe koaksial, serta disimulasikan menggunakan perangkat lunak CST Studio Suite. Parameter performa yang ditargetkan meliputi return loss < -10 dB, VSWR < 2, bandwidth minimal 20 MHz, gain ≥ 3 dBi, impedansi 50 Ohm, dan axial ratio ≤ 3 dB.

Dalam penelitian ini, batasan yang digunakan antara lain adalah pemakaian antena jenis mikrostrip dengan bahan konduktor copper (annealed) dan substrat FR4 Epoxy ($\epsilon_r = 4,4$) dengan ketebalan 1,6 mm. Konfigurasi array 2x4 diterapkan dengan metode truncated corner untuk menghasilkan polarisasi circular dan pola radiasi omnidireksional. Penelitian ini menggunakan CST Studio Suite 2019 untuk desain dan simulasi antena, serta NanoVNA dan horn antenna untuk pengujian performa aktual.

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi terhadap pengembangan desain antena mikrostrip untuk aplikasi ADS-B serta menjadi referensi dalam penelitian

antena pada sistem komunikasi berbasis penerimaan sinyal pesawat.

II. KAJIAN TEORI

Kajian teori ini membahas dasar-dasar konseptual yang berkaitan langsung dengan perancangan antenna mikrostrip patch array 2x4 menggunakan metode truncated corner untuk aplikasi receiver ADS-B berbasis SDR. Pembahasan meliputi prinsip kerja sistem ADS-B, teori antenna dan antenna mikrostrip, konfigurasi array, teknik pencatutan, serta parameter performa yang digunakan dalam penelitian ini.

A. ADS-B

Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B) adalah sistem pengawasan penerbangan modern yang mentransmisikan informasi posisi, kecepatan, dan ketinggian pesawat melalui transponder secara otomatis dan real-time. Sistem ini bekerja berdasarkan teknologi GNSS dan menggantikan fungsi radar konvensional dengan pendekatan yang lebih efisien dan akurat. ADS-B terbagi menjadi dua tipe, yaitu ADS-B Out dan ADS-B In. Sistem ini bekerja pada frekuensi 1090 MHz dengan format sinyal 1090ES (Extended Squitter), modulasi PPM, bandwidth 1 MHz, dan panjang data 112 bit. Standar ini ditetapkan oleh ICAO dan menjadi pedoman global dalam pengembangan sistem navigasi dan pengawasan penerbangan berbasis SDR [1].

B. Antena

Antena adalah perangkat penting dalam sistem komunikasi nirkabel, berfungsi sebagai pemancar dan penerima gelombang elektromagnetik. Karakteristik utama antena meliputi frekuensi operasi, impedansi input, pola radiasi, gain, direktivitas, dan polarisasi [2][3].

C. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip terdiri dari tiga lapisan utama: patch, substrat dielektrik, dan groundplane. Patch berfungsi sebagai elemen radiasi dan terbuat dari bahan konduktor seperti tembaga. Substrat, misalnya FR4 Epoxy, berperan dalam mendukung struktur dan memengaruhi performa antena. Groundplane bertindak sebagai pemantul sinyal. Bentuk patch dapat bervariasi, seperti persegi panjang, lingkaran, atau segitiga [2][3].

D. Patch Rectangular

Patch berbentuk persegi panjang adalah yang paling umum digunakan karena mudah direalisasikan. Beberapa rumus penting dalam menentukan dimensi patch dapat ditemukan dalam literatur antena mikrostrip [3][4].

E. Antena Mikrostrip Array

Array antena menggabungkan beberapa elemen radiasi untuk meningkatkan gain dan direktivitas. Susunan array dapat berupa linear, planar, atau sirkular. Pada penelitian ini digunakan konfigurasi planar 2x4 yang mampu mencakup sudut horizontal 360° dengan pembagian per sisi sekitar 90° [5].

F. Pencatutan Coaxial Probe

Pencatutan (feeding) adalah metode untuk mengalirkan sinyal ke dalam patch antena. Salah satu teknik yang umum digunakan adalah coaxial probe feed, yaitu metode pencatutan

langsung dengan menyambungkan konduktor dalam kabel koaksial ke patch dan konduktor luar ke groundplane. Titik pencatutan biasanya ditentukan berdasarkan perhitungan posisi X dan Y untuk mendapatkan pencocokan impedansi sebesar 50 Ohm. Dengan penempatan yang tepat, metode coaxial-probe dapat menghasilkan performa radiasi yang optimal dan efisien [6][7].

G. Parameter Performa Antena

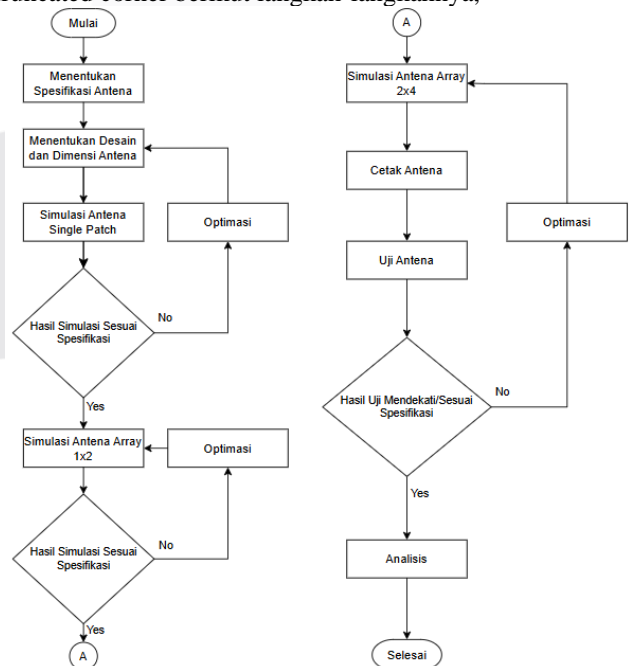
Parameter utama dalam evaluasi kinerja antena meliputi return loss, VSWR, gain, impedansi, pola radiasi, HPBW, dan polarisasi. Return loss dan VSWR menunjukkan efisiensi pencocokan impedansi, sedangkan gain menunjukkan seberapa besar daya yang dipancarkan ke arah tertentu. Impedansi yang ideal adalah 50 Ohm untuk transfer daya maksimal. Pola radiasi omnidireksional dan HPBW menunjukkan cakupan arah antena, serta polarisasi circular penting untuk menangkap sinyal dari berbagai orientasi.

H. Truncated Corner

Metode truncated corner dilakukan dengan memotong sudut patch antena untuk menghasilkan polarisasi circular dan memperluas bandwidth. Potongan ini mengubah distribusi arus permukaan patch, menciptakan dua komponen medan listrik orthogonal dengan beda fasa 90°, yang penting dalam membentuk circular polarization [10]. Teknik ini terbukti efektif dalam mengurangi efek multipath dan meningkatkan performa antena secara keseluruhan, serta sering diterapkan dalam antena untuk komunikasi satelit, GPS, dan sistem navigasi seperti ADS-B.

III. METODE

Merancang antena dibutuhkan beberapa tahap. Selanjutnya merupakan detail alur untuk perancangan sistem antena mikrostrip patch rectangular feed array 2x4 dengan truncated corner berikut langkah-langkahnya,



Gambar 3.1 Flowchart Alur Penelitian

A. Identifikasi Masalah dan Studi Literatur

Penelitian diawali dengan identifikasi kebutuhan antenna untuk sistem receiver ADS-B serta studi pustaka mengenai desain antenna mikrostrip, konfigurasi array 2x4, dan metode pencatutan series feed.

B. Perumusan Spesifikasi Desain

Spesifikasi ditentukan berdasarkan standar ADS-B dan kebutuhan sistem seperti, frekuensi kerja 1090 MHz, bahan substrat FR4 Epoxy ($\epsilon_r = 4,4$, tinggi 1,6 mm), VSWR < 2, *return Loss* < -10 dB, *bandwidth* minimal 20 MHz, *gain* minimal 3 dBi, polarisasi circular dan pola radiasi *omnidirectional*.

C. Perancangan Antena

Desain awal dilakukan dengan menghitung dimensi patch berdasarkan rumus dasar antenna mikrostrip. Selanjutnya ditentukan jarak antar elemen array serta struktur pencatutan series feed. Desain menggunakan konfigurasi array 2 baris dan 4 kolom.

D. Simulasi CST Studio Suite 2021

Desain divisualisasikan dan dianalisis melalui simulasi dengan CST. Parameter yang disimulasikan meliputi *return loss* (S11), VSWR, *bandwidth*, *gain*, pola radiasi simulasi dilakukan secara bertahap mulai dari satu patch, dua patch, array 2x4, hingga dengan jaringan pencatutan lengkap.

E. Realisasi dan Fabrikasi antenna

Setelah diperoleh hasil simulasi optimal, desain direalisasikan menggunakan proses fabrikasi PCB pada substrat FR4. Antena dibuat dengan dimensi dan spesifikasi sesuai hasil simulasi.

F. Pengujian dan Pengambilan Data

Pengukuran dilakukan menggunakan Vector Network Analyzer (VNA) untuk mengukur S11, VSWR, dan *bandwidth*. Horn antenna untuk pengukuran *gain* dan pola radiasi di ruang terbuka. Data hasil pengujian dibandingkan dengan hasil simulasi untuk dianalisis perbedaannya.

G. Analisis dan Evaluasi

Data hasil simulasi dan realisasi dibandingkan dan dianalisis perbedaannya. Evaluasi dilakukan terhadap setiap parameter apakah memenuhi target spesifikasi.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan antenna mikrostrip array 2x4 dengan metode pencatutan series feed untuk aplikasi penerimaan sinyal ADS-B pada frekuensi 1090 MHz. Proses desain dilakukan melalui simulasi menggunakan CST Studio Suite 2021, kemudian direalisasikan melalui proses fabrikasi.

A. Hasil Simulasi

Desain antenna disimulasikan terlebih dahulu untuk memperoleh parameter performa ideal. Hasil simulasi menunjukkan *return loss* sebesar -12,275091 dB, menunjukkan refleksi daya yang sangat kecil dan pencocokan impedansi yang sangat baik. VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*) sebesar 1,6432576 jauh di bawah batas maksimum 2, menunjukkan efisiensi pencatutan yang sangat baik. *bandwidth* sebesar 30,5 MHz, cukup untuk menangkap sinyal ADS-B yang memiliki lebar pita sekitar 1 MHz. *Gain* sebesar 1,448 dBi. Pola Radiasi berbentuk omnidireksional

dengan polarisasi 1,5107575 dB kurang dari 3 yang berarti circular, sesuai untuk aplikasi pemantauan pesawat dari berbagai arah.

B. Hasil Realisasi dan Pengukuran

Setelah proses fabrikasi antenna selesai, pengujian dilakukan menggunakan *Vector Network Analyzer* (VNA) untuk parameter *return loss*, VSWR, dan *bandwidth*, serta pengukuran *gain* dilakukan menggunakan metode komparatif dengan horn antenna. Hasil realisasi menunjukkan *return loss* sebesar -13,10 dB, masih berada di bawah ambang batas -10 dB dan menunjukkan kinerja pencatutan yang memadai. VSWR sebesar 1,847 tetap dalam rentang efisien. *Bandwidth* sebesar 30 Mhz. Memberikan keuntungan dalam toleransi frekuensi sinyal. *Gain* 6,76 dBi (co-polar) dan 2,88 dBi (cross-polar). Pola Radiasi omnidireksional dengan polarisasi circular/elips.

C. Analisis Perbandingan Simulasi dan Realisasi

Tabel berikut merangkum hasil perbandingan parameter utama antara hasil simulasi dan hasil realisasi

Tabel 4.1 Perbandingan Simulasi dan Pengukuran

Parameter Antena	Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran	Spesifikasi Kebutuhan
Frekuensi	1090 Mhz	1090 Mhz	1090 Mhz
VSWR	1,6432576	1,847	<2
<i>Return loss</i>	-12,270123 dB	-13,10 dB	≤ -10
<i>Gain</i>	1,448 dBi	6,76 dBi (co-polar) dan 2,88 dBi (cross-polar)	≥ 3
<i>Bandwidth</i>	30,5 Mhz	30 Mhz	>20 Mhz
Pola radiasi	Omnidireksional	Omnidireksional	Omnidireksional
Polarisasi	<i>Circular</i>	<i>Circular/elips</i>	<i>Circular</i>

Pada tabel 4.1 menunjukkan bahwa antenna hasil realisasi telah memenuhi seluruh spesifikasi teknis untuk sistem penerima sinyal ADS-B pada frekuensi 1090 MHz. Frekuensi resonansi tercapai tepat di 1090 MHz pada simulasi dan pengukuran. Nilai VSWR masing-masing 1,643 (simulasi) dan 1,847 (pengukuran), serta *return loss* -12,27 dB dan -13,10 dB, keduanya menunjukkan pencocokan impedansi yang baik dan efisiensi pancaran tinggi.

Gain simulasi sebesar 1,448 dBi, sedangkan pengukuran menghasilkan 6,76 dBi (co-polar) dan 2,88 dBi (cross-polar), menunjukkan peningkatan performa arah dan polarisasi. *Bandwidth* sebesar 30–30,5 MHz, jauh melebihi syarat minimum. Pola radiasi omnidireksional dan polarisasi circular hingga elips tetap mendukung penerimaan sinyal dari berbagai arah dan orientasi. Dengan parameter teknis yang sesuai, antenna ini dinyatakan layak digunakan dalam sistem receiver SDR berbasis ADS-B secara real-time dan multiarah.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan merealisasikan antenna mikrostrip rectangular array 2×4 dengan metode truncated corner yang dioptimalkan untuk sistem penerima ADS-B berbasis SDR pada frekuensi kerja 1090 MHz. Desain antenna difokuskan untuk menghasilkan karakteristik omnidireksional dan polarisasi circular guna menangkap sinyal dari berbagai arah dan orientasi pesawat. Proses perancangan dimulai dari patch tunggal, dilanjutkan dengan optimasi truncated corner untuk mencapai circular polarization, hingga konfigurasi 360° menggunakan empat sisi array. Hasil simulasi dan pengukuran menunjukkan bahwa seluruh parameter utama seperti frekuensi resonansi (1090 MHz), VSWR (< 2), return loss (< -10 dB), dan bandwidth (> 30 MHz) berada dalam rentang spesifikasi yang diharapkan. Pengukuran gain mencapai 6,76 dBi (co-polar) dan 2,88 dBi (cross-polar), melebihi hasil simulasi sebesar 1,448 dBi. Pola radiasi antenna menunjukkan karakteristik semi-directional yang membentuk respons omnidireksional, sedangkan polarisasi circular yang dihasilkan cenderung elips, namun tetap efektif dalam mengatasi orientasi acak sinyal dari pesawat. Secara keseluruhan, antenna yang telah dikembangkan dinilai layak digunakan sebagai sistem penerima sinyal ADS-B berbasis SDR karena mampu memenuhi dan bahkan melampaui spesifikasi teknis yang ditetapkan. Antena ini layak diterapkan dalam sistem receiver ADS-B berbasis SDR.

REFERENSI

- [1] ICAO. "Annex 10 to the Convention on International Civil Aviation—Aeronautical Telecommunications," International Civil Aviation Organization, 2006.
- [2] C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, 3rd ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2005.
- [3] D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, 4th ed., Wiley, 2012.
- [4] K. R. Carver and J. W. Mink, "Microstrip antenna technology," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 29, no. 1, pp. 2–24, Jan. 1981.
- [5] Constantine A. Balanis, "Antenna Arrays," in *Antenna Theory*, 3rd ed., Wiley, 2005, ch. 6.
- [6] W. L. Stutzman and G. A. Thiele, *Antenna Theory and Design*, 2nd ed., John Wiley & Sons, 1998.
- [7] Gema Manggala, dkk., "Rancang Bangun Mikrostrip Rectangular Persegi Array 2×4 untuk ADS-B 1090 MHz," *Jurnal OpenLibrary Telkom University*, 2023.
- [8] J. D. Kraus and R. J. Marhefka, *Antennas for All Applications*, 3rd ed., McGraw-Hill, 2002.
- [9] Ryan Fikri, Putra Jaya, Delsina Faiza, "Analisa Pengaruh Truncated corner terhadap Bandwidth dan Return loss pada Antena Mikrostrip 2.4 GHz," *Jurnal VTEI*, 2023.
- [10] M. T. Islam, et al., "Design of Circularly Polarized Microstrip Patch Antenna using Truncated Corner Technique," *Progress in Electromagnetics Research*, vol. 20, pp. 201–212, 2011..