

MIMO Antenna Receiver for Future Railway Mobile Communication Systems

1st Muh.Arham Jamal

School of Electrical Engineering

Telkom University

Bandung, Indonesia

arhamjamal@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Rina Pudji Astuti

School of Electrical Engineering

Telkom University

Bandung, Indonesia

rinapudjiastuti@telkomuniversity.ac.id

3rd Levy Olivia Nur

School of Electrical Engineering

Telkom University

Bandung, Indonesia

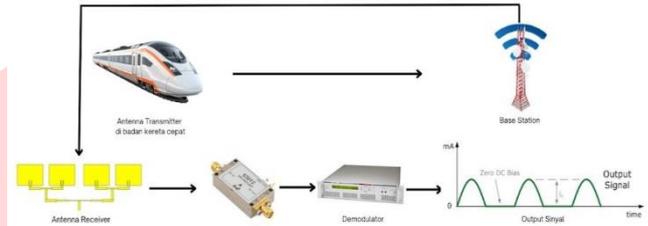
levyolivia@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Penelitian ini akan membahas mengenai penerapan teknologi *Future Railway Mobile Communications System* (FRMCS) menggunakan teknologi antenna *Multiple Input Multiple Output* (MIMO). Penelitian ini memiliki tujuan untuk meningkatkan efisiensi komunikasi pada sektor kereta api yang dalam kurun waktu akan mengalami transisi teknologi dari *Global System for Mobile Communications-Railway* (GSM-R) ke FRMCS. Antena akan di rancang pada frekuensi kerja 1900 MHz dan spesifikasi yang disesuaikan dengan regulasi *European Telecommunications Standards Institute* (ETSI) dan *Electronic Communications Committee* (ECC)[1]. Sistem *Radio Frequency* (RF) akan dirancang menggunakan *Low Noise Amplifier* (LNA) dan *demodulator* yang nantinya akan diintegrasikan dengan *software simulink* menggunakan device USRP yang akan di hubungkan melalui laptop. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem komunikasi ini dapat menerima sinyal dengan nilai *Bit Error Rate* yang masih kurang optimal, namun hasil pengujian antena menunjukkan antena mencapai pola radiasi *unidirectional* dan *gain* sebesar diatas 4 dBi, yang mana sudah memenuhi persyaratan spesifikasi. Diharapkan dari penemuan ini dapat memberikan kontribusi besar bagi pengembangan sistem FRMCS kereta api masa depan.

Kata kunci— *Future Railway Mobile Communication Systems* (FRMCS), MIMO, Simulink

I PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun yang akan datang seiring dengan perkembangan teknologi dan permintaan layanan di bidang telekomunikasi yang kian meningkat, sistem *Future Railway Mobile Communication System* (FRMCS) dirancang untuk menggantikan sistem GSM-R yang diperkirakan akan tidak efektif kurang lebih sepuluh tahun kedepan[2]. Peningkatan sistem menjadi FRMCS tentu akan meningkatkan kecepatan komunikasi, meningkatkan kapasitas jaringan, dan menjamin fleksibilitas terhadap teknologi yang akan datang[3], hal ini diatasi dengan menggunakan teknologi *Multiple Input Multiple Output* (MIMO). Antena *microstrip* merupakan salah satu pilihan umum dalam pengaplikasian sistem MIMO dikarenakan ukurannya yang kecil serta kemudahan saat fabrikasi dan biaya yang terjangkau, selain itu antena *microstrip* memiliki kemampuan penggunaan pada frekuensi yang diinginkan, polarisasi yang dapat dikontrol, dan kemampuan untuk mendukung teknologi canggih.



GAMBAR 1.1
VISUALISASI PERANCANGAN SISTEM

II KAJIAN TEORI

Pada bagian ini akan dipaparkan materi dasar mengenai hal yang mendukung perancangan antena MIMO untuk FRMCS. Materi yang dipaparkan merupakan dasar dasar yang digunakan untuk meningkatkan efisiensi sistem yang kami rancang.

A. Antena MIMO

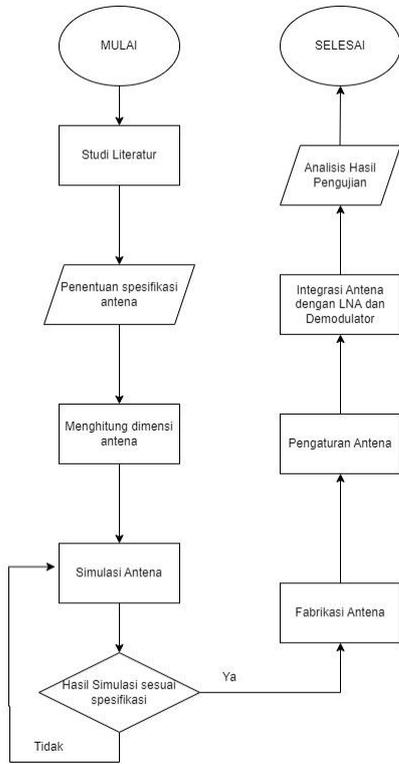
Antena MIMO merupakan teknologi dalam komunikasi nirkabel yang menggunakan beberapa susunan antena yang dapat mengirim dan menerima sinyal secara bersamaan[4]. Pengaplikasian antena mimo memiliki banyak keuntungan yang signifikan terutama dalam meningkatkan kinerja dan efisiensi jaringan nirkabel. Penggunaan teknologi MIMO dapat memungkinkan transmisi data yang lebih besar, meningkatkan kualitas sinyal, peningkatan jangkauan, dan dapat memanfaatkan spektrum frekuensi dengan lebih efisien. Dengan keuntungan tersebut, teknologi MIMO dapat mendukung konektivitas dan efektifitas yang lebih baik.

B. Array

Array merupakan salah satu teknik pencatutan pada antena yang dilakukan dengan menyusun beberapa elemen antena menjadi satu kesatuan yang diatur secara simetris[5]. Teknik *array* dapat meningkatkan nilai *gain*, *directivity*, dan memungkinkan untuk melakukan kontrol pada pola radiasi. Penggunaan teknik ini cocok dilakukan untuk meningkatkan konektivitas jaringan nirkabel.

III METODE

Pada perancangan antena MIMO receiver untuk *Future Railway Mobile Communication System* (FRMCS), perancangan akan dilakukan dimulai dengan melakukan perhitungan untuk menentukan dimensi dari *patch* antena dan juga *feedline*. Setelah dimensi antena ditemukan, akan dilakukan simulasi menggunakan *software* dan akan dilakukan optimasi pada diameter dimensi antena untuk mengoptimalkan nilai spesifikasi yang dihasilkan. Proses perancangan antena akan dilakukan seperti diagram alir berikut:



GAMBAR 3.1

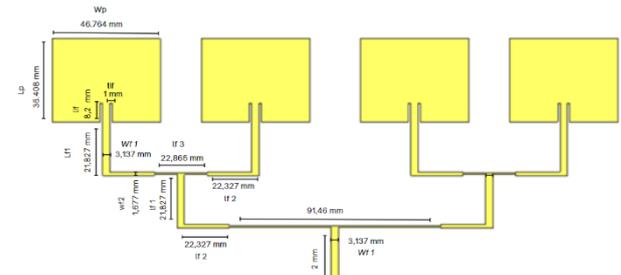
DIAGRAM ALIR PROSES DESAIN ANTENA

Setelah dimensi awal dari antenna dihitung, parameter yang dihasilkan masih belum optimal. Berikut merupakan tabel perbandingan dari dimensi awal antenna dan dimensi antenna setelah dioptimasi.

TABEL 3.1
DIMENSI ANTENA SEBELUM DAN SESUDAH OPTIMASI

Parameter Antena	Variabel	Nilai Sebelum Optimasi (mm)	Nilai Setelah Optimasi (mm)
Lebar Patch	W_p	48.5	46.764
Panjang Patch	L_p	37.76	36.408
Lebar Ground Plane	W_g	250	250
Panjang Ground Plane	L_g	530	530
Tebal Patch	t	0.035	0.035
Tebal Substrat	h	1.6	1.6
Panjang Gelombang	λ	157785504,21	157785504,21
Panjang Feedline 100	$if3$	22.865	22.865
Panjang Feedline 70	$if2$	22.327	22.327
Panjang Feedline 50	$if1$	21.827	21.827
Lebar Feedline 100	$wf3$	0.723	0.723
Lebar Feedline 70	$wf2$	1.677	1.677
Lebar Feedline 50	$wf1$	3.137	3.137
Panjang Inset Feed	lif	2	8.2
Lebar Inset Feed	tif	1	1
Jarak Antar Sistem	d	19.7	19.7

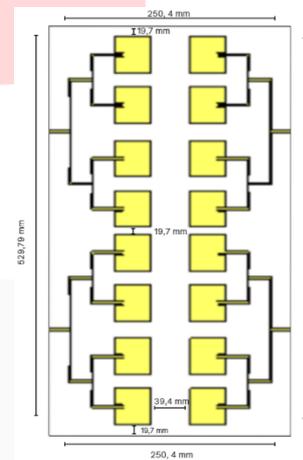
Berdasarkan tabel 3.1 merupakan detail dimensi dari desain patch antenna yang telah dioptimasi.



GAMBAR 3.2

DETAIL DIMENSI DARI ELEMEN ANTENA SUSUNAN ARRAY 4-PATCH.

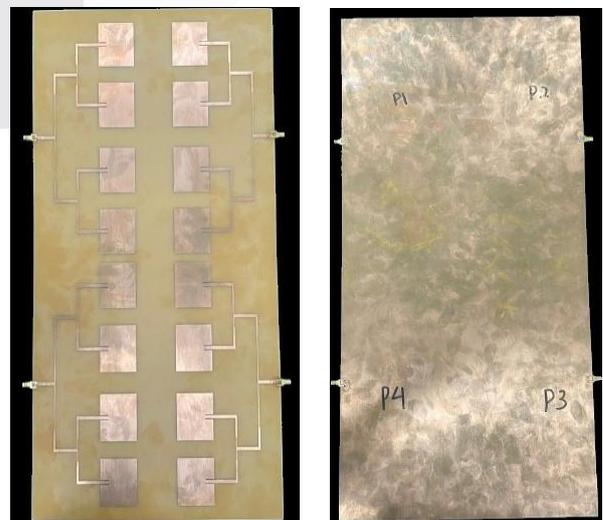
Setelah detail dari patch ditentukan, berikut merupakan desain dari keseluruhan antenna dengan jarak yang disesuaikan untuk mengatasi permasalahan mutual coupling.



GAMBAR 3.3

PENAMPAKAN KESELURUHAN ANTENA MIMO 4 ELEMEN ARRAY 4-PATCH.

Berdasarkan proses simulasi dilakukan dan memberikan hasil yang optimal, maka tahapan selanjutnya adalah proses fabrikasi, dimana antenna dicetak menggunakan bahan yang sama dengan dimensi yang telah dioptimasi. Berikut merupakan antenna hasil fabrikasi dimana memiliki dimensi keseluruhan 530 mm x 250 mm.



GAMBAR 3.4

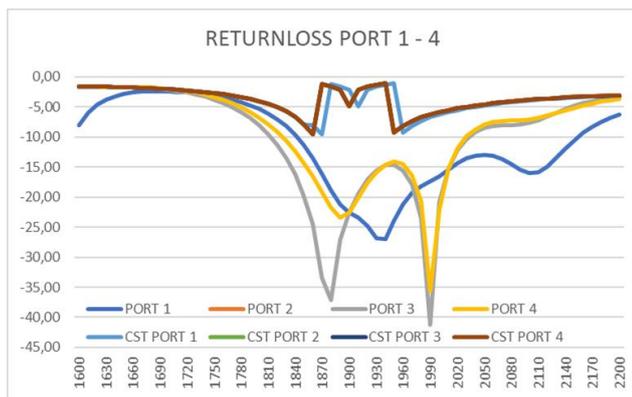
ANTENA YANG TELAH DIFABRIKASI

Pada antenna yang difabrikasi terdapat sedikit ketidakpresisian. Hal ini disebabkan karena dimensi antenna yang terlalu besar sehingga tidak memungkinkan untuk melakukan pemotongan menggunakan mesin *Computer Numerical Control* (CNC).

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas secara mendalam hasil dari parameter antenna yang telah difabrikasi, serta analisis yang dilakukan terhadap sistem antenna MIMO *transmitter*.

A. Return Loss



GAMBAR 4.1
RETURN LOSS PENGUKURAN

Pada **Gambar 4.1** menunjukkan nilai *return loss* pada frekuensi 1,9 GHz, untuk pengukuran *port 1* sebesar -26,152 dB, sementara hasil simulasi *port 1* sebesar -49,216 dB. Pada *port 2* hasil pengukuran nilainya sebesar -22,528 dB, untuk *port 2* simulasi sebesar -48,458 dB. Pada *port 3*, hasil pengukuran sebesar -22,525 dB, untuk hasil simulasi *port 3* sebesar -48,448 dB. Dan untuk pengukuran *port 4* mendapatkan hasil nilai sebesar -22,575 dB, sementara untuk hasil simulasi *port 4* sebesar -49,152 dB. Perbedaan pada hasil pengukuran dan simulasi disebabkan oleh faktor pabrikan antenna dan kondisi pada saat melakukan pengukuran, yang mana hal ini masih dianggap normal selama tidak melebihi batas spesifikasi yang telah ditetapkan.

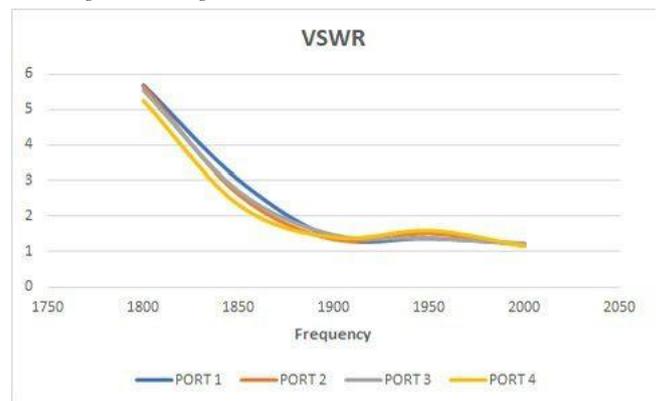
B. Bandwidth

TABEL 4.1
RENTANG FREKUENSI KERJA HASIL PENGUKURAN

Elemen	Frekuensi Bawah (MHz)	Frekuensi Atas (MHz)	Bandwidth (MHz)
1	1840	2130	290
2	1840	2150	310
3	1810	2030	220
4	1820	2020	200

Terlihat pada **tabel 4.1** menunjukkan hasil dari pengukuran dan simulasi dari *bandwidth* dimana pada *port 1* sampai *port 4* pada hasil simulasi mendapatkan nilai *bandwidth* yang sama yaitu 80 MHz. Sementara untuk hasil nilai *bandwidth* pengukuran, untuk *port 1* mendapatkan nilai sebesar 290 MHz. Pada *port 2* mendapatkan nilai sebesar 310 MHz, *port 3* didapatkan nilai sebesar 220 MHz, dan pada *port 4* didapatkan nilai *bandwidth* sebesar 200 MHz. Terdapat perbedaan nilai *bandwidth* antara pengukuran dan simulasi, hal tersebut dianggap wajar, dikarenakan faktor pada saat fabrikasi antenna dan pengukuran antenna. Hal tersebut dapat diterima dikarenakan Nilai *bandwidth* yang didapatkan telah memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan.

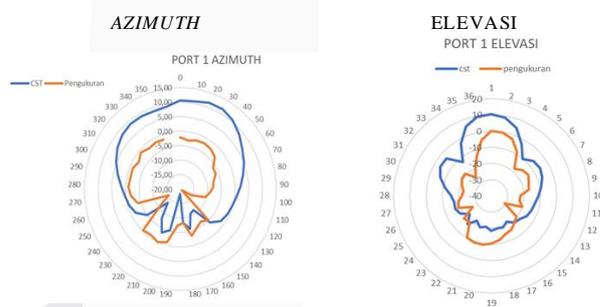
C. Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)



GAMBAR 4.2
NILAI VSWR HASIL PENGUKURAN

Pada **gambar 4.2** menunjukkan grafik hasil pengukuran dan simulasi VSWR pada frekuensi 1,9 GHz dari *port 1, 2, 3* dan *4*, yang dimana pada hasil pengukuran pada *port 1* mendapatkan nilai VSWR sebesar 1,363. Untuk *port 2* pada pengukuran mendapatkan hasil nilai VSWR sebesar 1,344. Pada *port 3* pada pengukuran mendapatkan hasil nilai VSWR sebesar 1,277. Dan untuk *port 4* pada pengukuran mendapatkan hasil nilai VSWR sebesar 1,345. Hasil nilai VSWR yang didapatkan pada pengukuran dan simulasi tidak jauh berbeda. Untuk perbedaan kecil tersebut pada umumnya dianggap normal dikarenakan beberapa faktor yaitu pada fabrikasi, noise pada saat pengukuran.

D. Pola Radiasi



GAMBAR 4.3
PERBANDINGAN POLA RADIASI AZIMUTH DAN ELEVASI
PENGUKURAN DENGAN SIMULASI

Gambar 4.3 menunjukkan hasil pengukuran dan simulasi pada sudut *azimuth* dan *elevasi* di frekuensi 1,9 GHz pada setiap *port* antenna. Didapatkan hasil dari pengukuran dan simulasi tersebut dari *port 1* sampai dengan *port 4* dari sudut *azimuth* dan *elevasi* menunjukkan pola radiasi *unidirectional*. Hasil tersebut mengartikan bahwa pola radiasi *unidirectional* merupakan pola radiasi yang memiliki arah pancaran terkuat pada satu arah yang spesifik dibandingkan dengan arah yang lain.

E. Gain

PORT	GAIN PENGUKURAN (dBi)	GAIN SIMULASI (dBi)
1	5,21	6,76
2	5,33	6,76
3	4,43	6,76
4	4,2	6,76

TABEL 4.2
NILAI GAIN PENGUKURAN DAN SIMULASI

$$G_{rx} = P_{rx} + P_{tx} - G_{tx} - L_{tx} - L_{fs} - L_{rx} \quad (1)$$

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan rumus diatas, dapat dijelaskan pada **Tabel 4.2** bahwa pada pengukuran didapatkan nilai *gain* pada *port* 1 yaitu 5,21, pada *port* 2 sebesar 5,33, pada *port* 3 sebesar 4,43 dan pada *port* 4 sebesar 4.2. Untuk hasil *gain* simulasi didapatkan nilai *gain* pada *port* 1-4 sebesar 6,76. Terdapat perbedaan nilai *gain* antara pengukuran dan simulasi, hal tersebut dapat dianggap wajar, perbedaan tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor pada saat pabrikan antenna dan *noise* pada saat melakukan pengukuran.

F. Polarisasi

Hasil simulasi *port* 1 yaitu 24,728, *port* 2 yaitu 25,916, *port* 3 yaitu 25,911 dan untuk *port* 4 yaitu 24,737. Nilai tersebut menunjukkan rentang nilai dari polarisasi elips. Sehingga dapat disimpulkan untuk simulasi, hasil polarisasi *port* 1 sampai 4 adalah elips dikarenakan nilainya rentang $3 \leq AR < 40$ dB. Dan untuk hasil polarisasi dari *port* 1-4 untuk pengukuran menggunakan rumus *axial ratio* adalah *port* 1 yaitu 12.850, *port* 2 yaitu 11,015, *port* 3 yaitu 10,869 dan untuk *port* 4 yaitu 13,068. Nilai tersebut menunjukkan rentang nilai dari polarisasi elips dikarenakan nilainya rentang $3 \leq AR < 40$ dB.

V KESIMPULAN

Teknik *array inset feed* yang digunakan pada perancangan antenna MIMO *receiver array* 1x4 sebanyak 4 elemen menghasilkan nilai parameter yang cukup memuaskan dalam simulasi. Metode *array* yang digunakan berhasil meningkatkan *gain* pada antenna, sedangkan metode *inset feed* efektif dalam mengoptimalkan nilai *return loss*. Pada saat pabrikan, terdapat kendala yang mengakibatkan penurunan nilai spesifikasi antenna dibandingkan dengan hasil simulasi. Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian serta verifikasi antenna MIMO menggunakan teknik *array* 1X4 sebanyak 4 elemen untuk *Future Railway Mobile Communication System (FRMCS)*, dapat dikatakan alat yang kami rancang sudah dapat bekerja dan diintegrasikan dengan baik, namun untuk melakukan realisasi, masih diperlukan evaluasi dan peningkatan terhadap aspek pengolahan sinyal dan integrasi LNA, HPA, modulator dan demodulator yang lebih mendalam. Disarankan untuk kelanjutan pengujian dapat meningkatkan sistem LNA, HPA, modulator dan demodulator dengan menggunakan *space time coding* agar sinyal yang dihasilkan dapat memiliki integrasi yang lebih sempurna.

REFERENSI

- [1] RT, "ETSI TR 103 554-2 - V1.1.1 - Rail Telecommunications (RT); Next Generation Communication System; Radio performance simulations and evaluations in rail environment; Part 2: New Radio (NR)," 2021. [Online]. Available: <https://portal.etsi.org/TB/ETSIDeliverableStatus.aspx>
- [2] A. K. Ridwanuddin, K. Anwar, and A. Sugiana, "STUDI INTERFERENSI ANTARA FUTURE RAILWAY MOBILE COMMUNICATION SYSTEMS (FRMCS) DAN GSM SELULER DI INDONESIA."
- [3] N. Noor Amalia, K. Anwar, and N. Mufti Adriansyah, "PENINGKATAN KINERJA FUTURE RAILWAY MOBILE COMMUNICATION SYSTEM UNTUK KERETA CEPAT INDONESIA DENGAN SINGLE INPUT MULTIPLE OUTPUT-DOPPLER SPREAD

COMPENSATOR," 2021.

- [4] F. Solehudin, Y. Kurnia Ningsih, and S. Alam, "PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP ARRAY MULTIPLE INPUT MULTIPLE OUTPUT (MIMO) 4 ELEMEN DENGAN SLITS DAN SLOTS DESIGN MICROSTRIP ANTENNA ARRAY MULTIPLE INPUT MULTIPLE OUTPUT (MIMO) 4 ELEMENT WITH SLITS AND SLOTS." [Online]. Available: <http://dinarek.unsoed.ac.id>
- [5] R. J. Hendra, Y. Rahayu, and E. Safrianti, "ANALISIS ANTENA MIKROSTRIP ARRAY BENTUK LINGKARAN DAN PERSEGI PANJANG MENGGUNAKAN SIMULASI UNTUK APLIKASI LTE FREKUENSI 2.3 GHZ," 2015.