

Rancang Bangun Antena Mikrostrip *Patch* *Rectangular Array 4×1* pada Frekuensi 1800 MHz- 2300 MHz

Rizky Junior¹, Ruliyanta^{1*}, Endang Retno Nugroho¹

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional Jakarta

*Korespondensi penulis: rully_33@yahoo.co.id

(Received: 07-05-2021; Revised: 21-05-2021; Accepted: 02-06-2021)

Abstract. *4G network is a technology that is currently being developed, known as LTE or 4G. An antenna microstrip for 4G technology is used in this paper. The antenna designed to resonate at a frequency of 1800 MHz-2300 MHz. The antenna design will use FR-4 for its substrate which functions as a dielectric for the antenna. The design is done using the help of CST Studio Suite 2014 software and NI AWR Design Environment v.12 to get the desired antenna characteristics through simulation. From our research we obtained the antenna characteristics such as return loss, VSWR (Voltage Standing Wave Ratio), gain, and bandwidth. In this research, a 4×1 patch rectangular microstrip array antenna has been designed and built that works at a frequency of 2.05 GHz for 4G technology. The antenna design uses the FR-4 for its substrate which functions as a dielectric for the antenna. The design is carried out with the help of CST Studio Suite software to obtain the desired antenna characteristics through simulation. From the research results obtained antenna characteristics such as return loss of -25.225 dB. VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) of 1.15, the gain of 3.1 dBi, and bandwidth of 500 MHz with a 4×1 rectangular array antenna design.*

Keywords: *4G, antena mikrostrip, array, return loss, VSWR, gain.*

Abstrak. Jaringan 4G merupakan teknologi yang saat ini banyak dikembangkan, yang dikenal dengan LTE atau 4G. Mikrostrip antena untuk teknologi 4G digunakan pada tulisan ini. Antena yang didesain beresonansi pada frekuensi 1800 MHz-2300 MHz. Desain antena akan menggunakan FR-4 untuk substratnya yang berfungsi sebagai dielektrik untuk antena. Perancangan dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak CST Studio Suite 2014 dan NI AWR *Design Environment* v.12 untuk mendapatkan karakteristik antena yang diinginkan melalui simulasi. Dari penelitian kami dapatkan karakteristik antena seperti return loss, VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*), *gain*, dan *bandwidth*. Pada Penelitian ini telah dirancang dan dibuat antena mikrostrip array 4×1 *patch rectangular* yang bekerja pada frekuensi 2.05 Ghz untuk teknologi 4G. Desain antena menggunakan FR-4 untuk substratnya yang berfungsi sebagai dielektrik untuk antena. Perancangan dilakukan dengan bantuan perangkat lunak CST Studio Suite untuk mendapatkan karakteristik antena yang diinginkan melalui simulasi. Dari hasil penelitian didapatkan karakteristik antena seperti *return loss* sebesar -25.225dB. VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*) sebesar 1.15, *gain* sebesar 3.1 dB, dan *bandwidth* 500 MHz dengan desain antena segiempat *array* 4×1.

Kata kunci: 4G, antena mikrostrip, *array*, *return loss*, VSWR, *gain*.

PENDAHULUAN

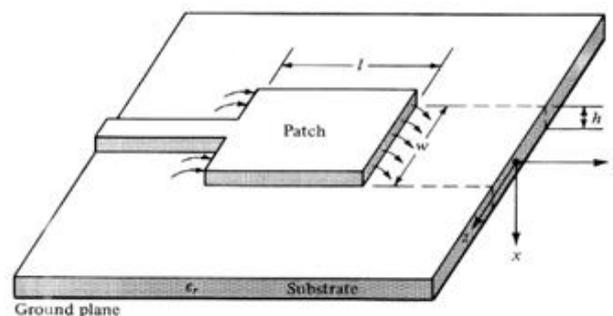
Untuk mendukung jaringan 4G yang merupakan sebuah standar telekomunikasi nirkabel berbasis jaringan LTE (*Long Term Evolution*) dengan kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan generasi sebelumnya [1, 2]. Untuk mendukung teknologi ini, maka diperlukan antena yang frekuensinya sesuai dengan teknologi 4G [3, 4]. Beberapa peneliti sudah mengusulkan penggunaan antena dengan metode yang sama [5, 6]. Dalam penelitian

ini akan dilakukan peningkatan *bandwidth* dan *gain* antenna dibandingkan dari hasil penelitian sebelumnya.

Antena Mikrostrip dapat digunakan untuk jaringan 4G [1, 4, 7]. Untuk menghasilkan kualitas transmisi data yang baik, diperlukan antenna yang baik pula, antenna mikrostrip merupakan antenna terbaik untuk komunikasi tanpa kabel pada frekuensi tinggi untuk saat ini [4,8]. Mikrostrip antenna juga dapat dibilang mudah dibuat dan kecil ukurannya. Pada sistem komunikasi nirkabel, peran antenna sangatlah penting, baik sebagai pemancar maupun penerima. Antena mikrostrip menjadi salah satu jenis antenna yang mampu diandalkan dengan beberapa keunggulan. Rancangan antenanya yang kecil, tipis serta harga yang sangat terjangkau menjadi nilai positif untuk mengaplikasikannya secara pribadi. Namun, gain yang lemah serta bandwidth yang sempit menjadi satu pertimbangan yang cukup relevan [7, 9].

DASAR TEORI

Antena mikrostrip memiliki struktur yang terdiri dari 3 lapisan seperti yang ditunjukkan pada gambar 1 di bawah ini [4].



GAMBAR 1. Contoh dari antenna mikrostrip

Komponen dari antenna microstrip terdiri dari [7], [9–11]:

- Patch*, yaitu bagian yang berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik dan terbuat dari lapisan logam (metal) yang memiliki ketebalan tertentu
- Substrat, yaitu bagian yang berfungsi sebagai bahan dielektrik dari antenna mikrostrip yang membatasi elemen polaradiasi dengan elemen pentanahan (*ground*). Elemen ini memiliki jenis bervariasi yang dapat digolongkan berdasarkan nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) dan ketebalannya (h)
- Groundplane*, yaitu lapisan paling bawah yang berfungsi sebagai reflektor yang memantulkan sinyal yang tidak diinginkan.

VSWR jika kondisi *matching* tidak tercapai, maka kemungkinan akan terjadi pemantulan dan hal ini yang menyebabkan terjadinya gelombang berdiri (*standing wave*). Dimana karakteristik ini disebut VSWR. Persamaan untuk menentukan besarnya VSWR diberikan pada persamaan 1 dan Persamaan 2.

$$VSWR = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (1)$$

$$\text{Untuk } \Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (2)$$

Dimana:

- r_L = koefisien pantul
- Z_L = impedansi beban
- Z_0 = impedansi karakteristik

Return loss (RL) adalah parameter yang mengindikasikan banyaknya daya yang hilang karena terserap oleh beban dan tidak kembali sebagai gelombang pantul. *Return loss*

berhubungan dengan VSWR, yaitu mengukur daya dari sinyal yang dipantulkan oleh antena dengan daya yang dikirimkan oleh antena. Antena yang baik akan mempunyai nilai return loss di bawah -10 dB yaitu 90% sinyal dapat diserap dan 10% lainnya terpantulkan. *Return loss* didefinisikan dengan persamaan 3.

$$R_L = 20 \log|\Gamma| \tag{3}$$

Bandwidth antena didefinisikan sebagai rentang frekuensi kerja dari suatu antena dengan menunjukkan beberapa karakteristik yang sesuai pada standar yang ditentukan. *Bandwidth* dapat dipertimbangkan sebagai rentang frekuensi pada salah satu sisi dari frekuensi tengah dimana karakteristik antena dalam keadaan yang dapat diterima pada frekuensi tengah seperti dalam persamaan 4.

$$BW = \frac{f_h - f_i}{f_c} \times 100\% \tag{4}$$

dimana:

f_h = frekuensi tertinggi dalam band (GHz)

f_i = frekuensi terendah dalam band (GHz)

f_c = frekuensi tengah dalam band (GHz)

Impedansi masukan adalah perbandingan (rasio) impedansi pada bagian terminal antena atau perbandingan antara tegangan dan arus listrik pada terminal antena. Impedansi masukan ini bervariasi untuk nilai posisi tertentu. Besarnya impedansi masukan diberikan pada persamaan 5.

$$Z_{in} = R_{in} + jX_{in} \Omega \tag{5}$$

Dimana: Z_{in} = impedansi antena

R_{in} = resistensi antena

X_{in} = reaktansi antena

Gain antena adalah perbandingan daya pancar suatu antena terhadap daya pancar antena referensi, atau pertambahan daya yang diradiasikan pada arah tertentu dari suatu antena dibandingkan dengan daya yang diradiasikan pada arah yang sama oleh suatu antena referensi. Besarnya *gain* antena diberikan dengan persamaan 6.

$$G = \frac{4\pi A_e}{\lambda^2} = \frac{4\pi f^2 A_e}{c^2} = \frac{4\pi}{\lambda_g^2} (L \times W) \tag{6}$$

Dimana: λ_g : Panjang gelombang medium dielektrik

L : Panjang *patch*

W : Lebar *patch*

METODOLOGI

Pada penelitian ini substrat yang digunakan adalah FR 4 Epoxy dengan nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4.4 dengan ketebalan substrat (h) = 1.6 mm dan loss tangen = 0.02. Sedangkan frekuensi kerja yang diharapkan dari antena yang dirancang untuk mendukung teknologi 4G pada rentang frekuensi 1800 MHz- 2300 MHz. Secara detail, parameter perancangan diberikan pada tabel 1 [12].

TABEL 1. Parameter antena yang dirancang.

Frekuensi kerja	1.8 Ghz-2.3 GHz
<i>bandwidth</i>	\geq 500 MHz
Impedansi	50 Ω
Pola radiasi	<i>Directional</i>
VSWR	\leq 2
<i>gain</i>	\geq 2 dB
<i>Return Loss</i>	$>$ 10 dB

Tujuan dari desain awal dengan perangkat lunak CST antenna adalah hasil *return loss* ≤ -10 dB dan *VSWR* ≤ 2 , bila kondisi ini tercapai, maka langkah selanjutnya akan dibuat realisasi antenna mikrostrip dengan teknik *array*. Diagram alir penelitian dari perancangan diberikan pada Gambar 2.

Pada penelitian ini substrat yang akan digunakan adalah FR4 (Epoxy) dengan merk NH dengan spesifikasi seperti ditunjukkan pada tabel 2.

TABEL 2. Spesifikasi substrat yang digunakan.

Jenis Substrat	FR4 (Epoxy)
Konstanta Dielektrik (ϵ_r)	4.3
Dielectric Loss Tangent	0.02 mm
Ketebelan Substrat	1.6 mm

Patch yang dirancang berbentuk rectangular, untuk menentukan dimensinya persamaan (7), (8), (9), (10) dan (11) [13].

$$W = \frac{c}{2f\sqrt{\frac{\epsilon_r+1}{2}}} \quad (7)$$

Dimana: W = width atau lebar patch (mm)
 c = kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)
 f = frekuensi tengah
 ϵ_r = konstanta dielektrik

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \quad (8)$$

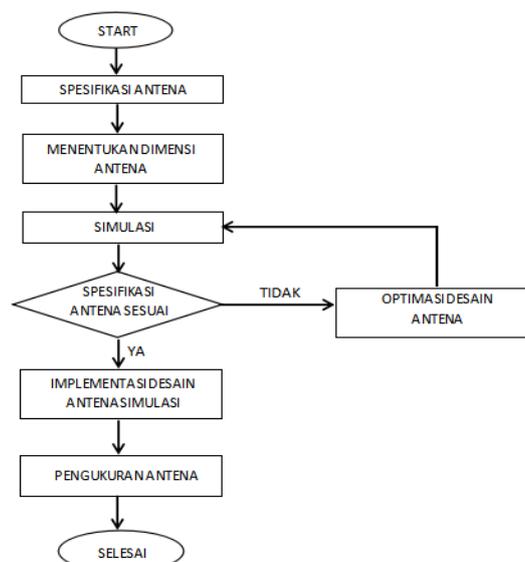
$$L_{eff} = \frac{c}{2f\sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (9)$$

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-2} \quad (10)$$

$$\Delta L = 0,412h \frac{(\epsilon_r+0,3)\left(\frac{W}{h}+0,264\right)}{(\epsilon_{reff}-0,258)\left(\frac{W}{h}+0,8\right)} \quad (11)$$

dimana:

L_{eff} = Length effective
 ϵ_{reff} = konstanta dielektrik efektif



GAMBAR 2. Alur diagram perancangan antenna.

Saluran catu yang digunakan adalah *microstrip feed line* dengan nilai pencatu 50Ω untuk desai awal satu elemen peradiasi sedangkan untuk desain antenna *array* menggunakan saluran catu 100Ω dan 70.7Ω . Untuk mendapatkan dimensi lebar saluran catu maka dilakukan perhitungan dengan menggunakan Persamaan (12) dan (13) [13].

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (12)$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (13)$$

Untuk teknik *array* dimana antenna disusun sebanyak empat buah patch dengan memperhitungkan jarak antara elemen patch digunakan Persamaan 14[13].

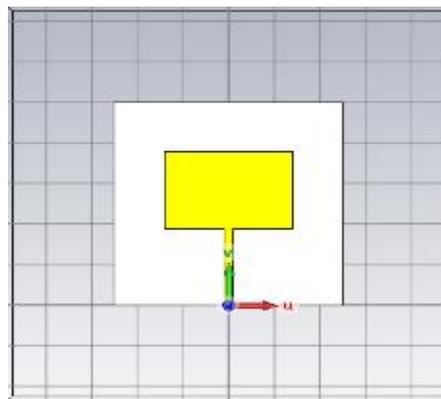
$$d = \frac{\lambda}{2} \quad (14)$$

dimana:

d = Jarak array

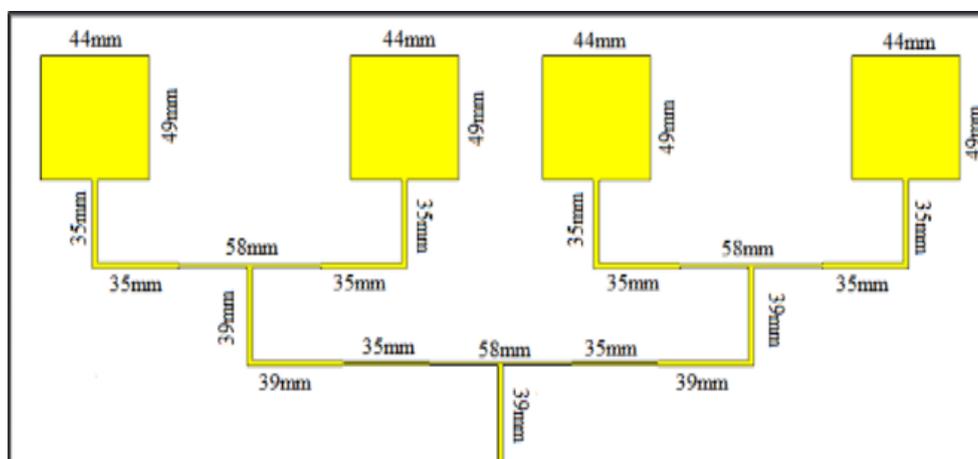
λ = Panjang gelombang

Setelah melakukan perhitungan berdasarkan persamaan matematis diatas maka diperoleh ukuran antenna mikrostrip desain awal seperti yang terlihat pada gambar 3 dan tabel 2.



GAMBAR 3. Rancangan awal antenna *single patch*.

Performa antenna dengan desain seperti pada gambar 3 hasil tidak memenuhi harapan yang diinginkan. Untuk itu dengan menggunakan perangkat lunak CST dilakukan optimalisasi. Dengan Persamaan 14 untuk menggunakan teknik *array*, maka didapat jarak setiap patch adalah 20.43 mm. Bentuk antenna *array* 4×1 dapat dilihat pada gambar 4 dan tabel 3.



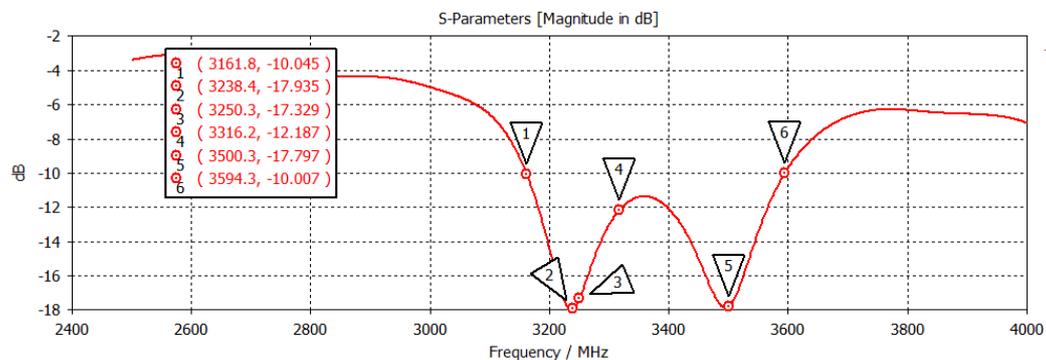
GAMBAR 4. Antena *Array* 4×1 patch rectangular

TABEL 3. Parameter Antena Array 4×1 *patch rectangular*

Parameter	Keterangan	Dimensi (mm)
W_p	Lebar <i>patch</i>	44.53
L_p	Panjang <i>patch</i>	35.372
W_g	Lebar <i>Ground Plane</i>	350
L_g	Panjang <i>Ground Plane</i>	80
W_{f1}	Lebar Saltrans (<i>feed</i> 50 Ω)	3,06
L_{f1}	Panjang Saltrans (<i>feed</i> 50 Ω)	12,8
L_{f2_a}	Lebar saltrans (<i>feed</i> 70,7 Ω)	6,408
L_{f2_b}	Panjang saltrans (<i>feed</i> 70,7 Ω)	20
L_{f2_c}	Panjang saltrans (<i>feed</i> 100 Ω)	12,19
D	Jarak antar <i>Patch</i>	20,1
h	Tebal <i>Substrate</i>	1,6
ϵ_r	Permittivitas <i>Substrate</i>	4,4

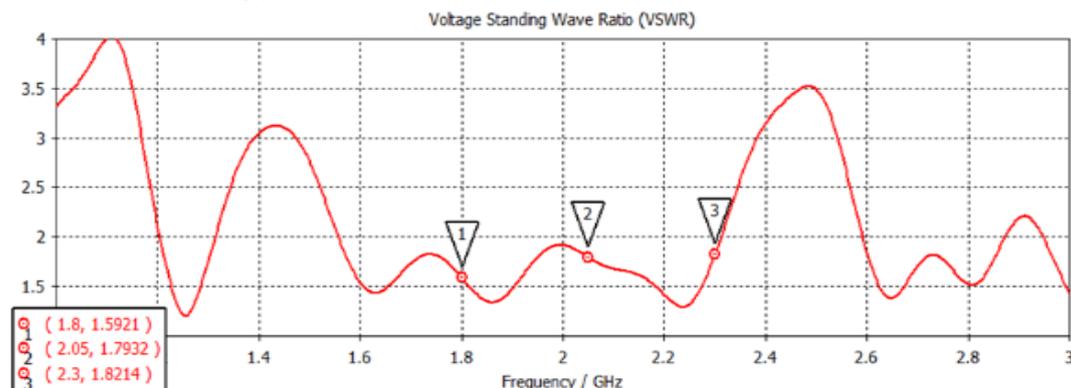
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil simulasi dengan perangkat lunak CST antena array 4×1 *patch rectangular* yang didesain sesuai dengan tabel 3 diperoleh nilai *return loss* dan *bandwidth* seperti pada gambar 5.



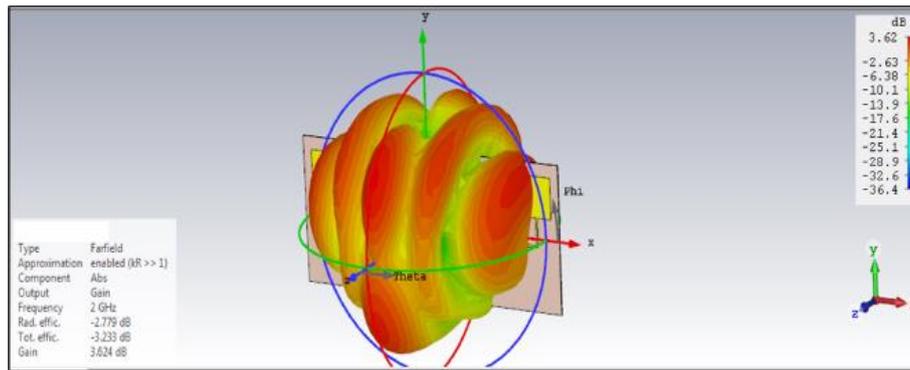
GAMBAR 5. Return loss antena array hasil simulasi.

Dari gambar 5 didapati hasil *return loss* sebesar -10.935 dB, nilai tersebut sudah memenuhi kriteria antena yang dibutuhkan. Sedangkan untuk Bandwidth nilai yang dihasilkan yaitu sebesar 500 MHz. Sedangkan untuk nilai VSWR ditunjukkan pada gambar 6 dengan nilai VSWR sebesar 1.793.

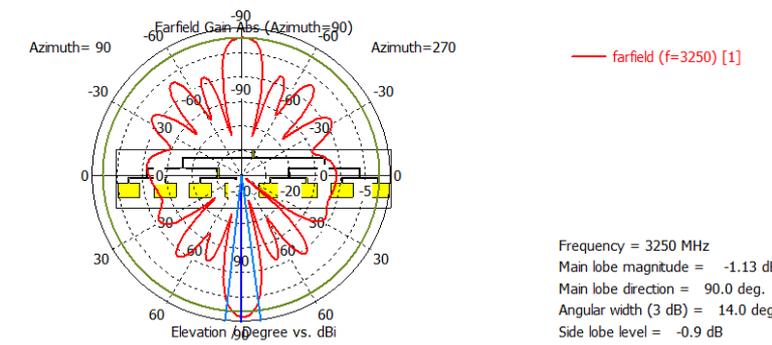


GAMBAR 6. VSWR Antena Array 4x1 *Patch Rectangular* Hasil Simulasi.

Besarnya gain yang diberikan oleh hasil perancangan CST diberikan pada Gambar 7. Besarnya *gain* didapatkan sebesar 3,624 dBi. Gambar 8 memberikan pola radiasi yang didapatkan juga berbentuk *directional* atau satu arah.



Gambar 7. Gain Antena Array 4x1 Patch Rectangular.



Gambar 8. Pola Radiasi Antena Array.

Berdasarkan hasil perancangan antenna dengan perangkat lunak, selanjutnya dibuat rancang bangun antenna dengan parameter yang telah di tentukan. Hasil rancang bangun dilakukan pengukuran di Laboratorium Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Bandung. Beberapa alat ukur seperti *Network Analyzer*, *Signal Generator*, *Spectrum Analyzer* dipakai untuk mengukur kinerja hasil yang dirancang. Gambar 9 menjelaskan proses pengukuran yang dilakukan. Selanjutnya, hasil rancang bangun antenna akan dibandingkan dengan simulasi yang dimana hasilnya diberikan pada tabel 4.



GAMBAR 9. Pengukuran menggunakan *Network Analyzer*.

TABEL 4. Perbandingan antenna mikrostrip simulasi dan pengukuran.

Parameter Antena	Spesifikasi 4G	Array	
		Simulasi	Perancangan
Return loss	≤ -10 dB	-10,93	-25,225
VSWR	< 2	1,79	1,15
Bandwidth (MHz)	≥ 500	500	500
Impedansi (Ω)	50+0	52,0-j31,9	45,186+ j2,011
Gain (dB)	≥ 2	3,624	3,1

Hasil simulasi dan hasil perancangan memiliki perbedaan yang tidak terlalu signifikan. Nilai parameter simulasi lebih baik dibandingkan hasil perancangan. Faktor yang

memungkinkan ini terjadi adalah proses pemotongan antena yang kurang presisi karena dikerjakan secara manual sehingga mengakibatkan perbedaan dimensi antena walaupun tidak signifikan, penyolderan konektor dengan antena yang tidak terlalu baik nilai VSWR dan return loss yang dihasilkan menjadi lebih besar dibandingkan hasil simulasi. Tabel 5 memberikan perbandingan beberapa parameter dengan peneliti lainnya yang dijadikan sebagai referensi.

TABEL 5. Perbandingan Rancang bangun antena dengan peneliti lain

Parameter Antena	Standar 4G	Rancang Bangun	Dhandha [5]	Wahab [6]
Return loss	≤ -10 dB	-25,225	-12,80	-22,22
VSWR	< 2	1,15	1,6	1.2155
Bandwidth (MHz)	≥ 500	500	-	102,8
Gain (dB)	≥ 2	3,1	-14,42	5,732

Dari hasil tabel 5 didapat bahwa antenna yang dirancang memiliki bandwidth yang lebih baik dibandingkan hasil penelitian lainnya yaitu sekitar 500 MHz. Selain itu return loss memiliki nilai yang lebih baik juga dengan nilai -25.25 dB. Berdasarkan data, nilai VSWR juga menunjukkan nilai yang paling kecil dan ini menunjukkan performa yang lebih baik. Kekurangan dari antena yang dirancang memiliki gain yang lebih rendah dibandingkan penelitian lain yang dijadikan referensi [6].

KESIMPULAN

Rancang Bangun antena mikrostrip *array 4x1 patch rectangular* dengan pencatutan feed line berhasil dirancang sesuai dengan parameter yang diharapkan pada frekuensi kerja 2.4 GHz. Nilai Return Loss sebesar -25.255 dB, dengan bandwidth 500 MHz serta nilai VSWR yang lebih kecil hanya 1.15 memberikan performa rancangan lebih baik dibandingkan hasil penelitian lainnya. Kekurangan dalam perancangan terletak pada gain antenna yang hanya mencapai 3.1 dB.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. H. Fadhli Fauzi, Gevin Sepria Harly, "Analisis Penerapan Teknologi Jaringan Lte 4G Di Indonesia," *Maj. Ilm. UNIKOM*, vol. 10, no. 2, pp. 281–290.
- [2] O. Hatta, "Perancangan Dan Analisa Penggelaran Lte Pada Frekuensi 700 Mhz Dengan Metode Adaptif Modulation Coding Untuk Implementasi Digital Dividend Di Wilayah Sub-Urban Dan Rural Kabupaten Banyumas Design and Analysis of Lte Deployment on 700 Mhz Frequency With Ad," pp. 342–354, 2016.
- [3] F. Malandrino, C. Casetti, and C. F. Chiasserini, "LTE offloading: When 3GPP policies are just enough," *11th Annu. Conf. Wirel. On-Demand Netw. Syst. Serv. IEEE/IFIP WONS 2014 - Proc.*, no. April, pp. 1–8, 2014, doi: 10.1109/WONS.2014.6814715.
- [4] Y. Rahayu and Y. Asido, "Perancangan Antena Mikrostrip Rectangular Patch dengan Slot Robot Head untuk Aplikasi 4G LTE," *Semin. Nas. dan Expo Tek. Elektro 2017*, pp. 158–162, 2017.
- [5] U. Dhandha and P. V. R, "Design and Simulation of 4x1 Probe Feed Rectangular Patch Array Antenna for ISM Band Applications," vol. 3, no. 3, pp. 1537–1539, 2014.
- [6] N. A. Wahab, Z. Bin Maslan, W. N. W. Muhamad, and N. Hamzah, "Microstrip rectangular 4x1 patch array antenna at 2.5GHz for WiMax application," *Proc. - 2nd Int. Conf. Comput. Intell. Commun. Syst. Networks, CICSyN 2010*, no. July, pp. 164–168, 2010, doi: 10.1109/CICSyN.2010.73.
- [7] Y. La Elo, F. Y. Zulkifli, and E. T. Rahardjo, "Design of wideband microstrip

- antenna with parasitic element for 4G/LTE application,” *QiR 2017 - 2017 15th Int. Conf. Qual. Res. Int. Symp. Electr. Comput. Eng.*, vol. 2017-Decem, pp. 110–113, 2017, doi: 10.1109/QIR.2017.8168463.
- [8] I. Fitri, D. Elfina, and U. Darusalam, “Antena Mikrostrip Multi Grid Patch 2x6 Dicatu Dengan Dual Array Untuk Aplikasi,” pp. 92–95, 2018.
- [9] S. Singh, N. Tyagi, and N. Sinha, “Design and analysis of single patch, 2x1 and 4x1 microstrip antenna arrays,” *2014 Int. Conf. Converg. Technol. I2CT 2014*, pp. 1–5, 2014, doi: 10.1109/I2CT.2014.7092286.
- [10] P. Kumar Mishra, D. R. Jahagirdar, and G. Kumar, “Broadband circularly polarized helical array antenna design for ground to air data link,” *2019 IEEE Indian Conf. Antennas Propagation, InCAP 2019*, pp. 3–7, 2019, doi: 10.1109/InCAP47789.2019.9134567.
- [11] L. Syarifuddin, “PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP ARRAY PADA FREKUENSI 2 , 4 GHz UNTUK WIRELESS LOCAL AREA NETWORK,” vol. 2, pp. 26–27, 2010.
- [12] IRLANE MAIA DE OLIVEIRA, “Optimasi Perencanaan Jaringan LTE FDD 1800 MHz di Kota Pekanbaru,” *FTEKNIK*, vol. 4, no. 2, pp. 1–14, 2017.
- [13] S. Alam, I. G. N. Y. Wibisana, and I. Surjati, “Rancang Bangun Antenna Mikrostrip Peripheral Slits Linear Array Untuk Aplikasi Wi-Fi,” *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 13, no. 1, p. 18, 2017, doi: 10.17529/jre.v13i1.5914.