

Antena Susun *Series Fed* 1×8 untuk Aplikasi 5G di Frekuensi 28 GHz

Muslim Muslim, Dian Widi Astuti, Adibah Alfasyanah

Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana, Jakarta
muslim@mercubuana.ac.id

Abstrak— Telekomunikasi berperan penting terhadap pemenuhan kebutuhan hidup manusia. Salah satunya adalah tersedianya sarana komunikasi agar manusia bisa saling tukar informasi satu dengan lainnya meskipun manusia terpaut oleh jarak sangat jauh. Keberadaan manusia yang stasioner maupun dinamis menjadikan permintaan terhadap telekomunikasi berkembang secara cepat salah satunya adalah teknologi 5G. Kehadiran teknologi 5G menawarkan sebuah sistem telekomunikasi yang lebih maju dari teknologi sebelumnya. Sehingga untuk merealisasikan sistem tersebut, dibutuhkan perangkat-perangkat yang memadai salah satunya adalah antena. Antena adalah sebuah perangkat penting dalam realisasi 5G yang berfungsi untuk mengirimkan dan menerima sinyal informasi antar penggunanya. Penelitian ini menawarkan perancangan antena mikrostrip yang disusun 1×8 yang direalisasikan pada frekuensi 28 GHz untuk aplikasi 5G. Hasil pengukuran diperoleh nilai *return loss* sebesar -21,6251 dB VSWR sebesar 1,1809, impedansi sebesar 74,196 Ω , dan juga *bandwidth* sebesar 0,8579 GHz pada rentang frekuensi 27,4962 GHz – 28,3541 GHz.

Kata Kunci : Antena mikrostrip, series fed array, 5G, 28 GHz.

DOI: 10.22441/jte.2022.v13i2.005

I. PENDAHULUAN

Manusia adalah makhluk sosial yang pada dasarnya butuh berkomunikasi antara satu dengan lainnya. Manusia tidak bisa menolak untuk menghadapi perkembangan teknologi yang akan terus berkembang dengan pesat, begitupun dengan perkembangan jaringan seluler. Perkembangan komunikasi seluler adalah perkembangan untuk melakukan pertukaran informasi antar pengguna dengan jarak yang jauh melalui media transmisi udara yang biasa disebut telekomunikasi *wireless*. Pada dasarnya teknologi telekomunikasi seluler sudah berkembang menjadi tiga generasi. Ketiga generasi tersebut dimulai dari 1G (Generasi Pertama), 2G (Generasi Kedua) dan 3G (Generasi Ketiga). Setelah ketiga generasi tersebut diimplementasikan maka berkembanglah generasi 4G yang berfokus pada kualitas layanan tertinggi dan MMS tambahan perangkat tambahan, yang termasuk layanan *video*, yang nantinya menjadi cikal bakal generasi berikutnya-generasi kelima (5G). Seiring berjalannya waktu, teknologi seluler terdahulu telah hilang. Gagasan telekomunikasi seluler pertama kali digambarkan dengan 1G, kemudian telekomunikasi *wireless digital* ditingkatkan dengan pengembangan jaringan 2G. Sedangkan perkembangan telekomunikasi 3G merupakan pengembangan data telekomunikasi selain suara yaitu dengan membangun jaringan yang dapat menyatukan informasi suara dan data. Spesifikasi jaringan telekomunikasi 4G berfokus pada

kualitas layanan, prioritasnya adalah membuat sinyal informasi dapat ditransmisikan dan diterima menjadi lebih baik lagi serta meminimalisir data yang hilang atau rusak selama pertukaran informasi tersebut. Sedangkan pada sistem telekomunikasi 5G memfokuskan pada revolusi seluler terbaru dimana pada jaringan 5G tersebut memberikan peluang untuk memberikan kualitas layanan dan penyimpanan informasi dalam *data* seluler *database* terminal menjadi lebih baik lagi [1].

Keberadaan pengguna atau *user* baik yang dinamis ataupun stasioner akan menimbulkan resultan jarak terhadap perangkat sistem telekomunikasi. Oleh karena itu penelitian antena terhadap posisi *user* sangat perlu diperhatikan dalam membangun jaringan telekomunikasi seluler baik secara *indoor* maupun secara *outdoor*. Perbedaan posisi *user* serta lingkungan *user* dapat mempengaruhi akses sinyal dalam propagasi sinyal [2], [3]. Asosiasi Penyelenggara Jasa Telekomunikasi Indonesia (ATSI) telah menargetkan bahwa jaringan internet 5G akan tersedia di Indonesia pada tahun 2022. Kementerian Komunikasi dan Informatika (Kominfo) memberi aturan kepada operator untuk terlebih dahulu membangun lingkup ekosistem 5G agar bisa mencapai target tersebut. Direktur Jenderal Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika (SDPPI) menyampaikan bahwa penerapan 5G harus dilakukan pada waktu yang tepat. Oleh karena itu harus dibuat infrastrukturnya terlebih dahulu.

Teknologi telekomunikasi 5G merupakan pengembangan dari sistem 4G dengan pengembangan arsitektur yang lebih simple, sehingga membuat 5G lebih mudah dalam pembangunan infrastruktur. Hal tersebut dikarena adanya penggabungan beberapa komponen pada 5G menjadi satu. Dengan kesatuan yang memiliki fungsi yang sama pada 4G, membuat implementasi teknologi 5G memiliki beberapa syarat teknologi yang harus dipenuhi yaitu, *Carrier Aggregation* (CA). *Carrier Aggregation* adalah teknologi yang memungkinkan jaringan memiliki dua frekuensi yang berbeda. Keuntungan dari hal tersebut adalah kecepatan yang dua kali lipat untuk meningkatkan *bandwidth*. *Small cell* adalah sebuah teknologi dengan *Based Transceiver Station* (BTS) untuk melakukan *coverage area* geografis yang kecil. *Small cell* berperan untuk mengirimkan kecepatan data dan *latency* yang rendah demi kebutuhan teknologi telekomunikasi 5G [2], [3].

Sifat khusus pada sistem telekomunikasi 5G yaitu *Multiple Input Multiple Output* (MIMO), modulasi *Quadrature Amplitude Modulation* (QAM), *beam forming*, dan *gull duplex* BTS. MIMO merupakan *transceiver* yang memiliki beberapa input dan dapat diterima lebih dari satu *output* sinyal. Sedangkan modulasi QAM merupakan sebuah teknik modulasi yang

digunakan untuk menumpangkan sinyal informasi kepada sinyal *carrier* pada saluran transmisi. *Beam Forming* merupakan suatu metode yang diterapkan pada antena BTS agar bisa memancarkan sinyal sesuai dengan kebutuhan *coverage* pada suatu daerah yang padat, sesuai dengan kebutuhan data yang dibutuhkan. *Gull duplex* BTS merupakan metode agar dapat menerima dan memancarkan data secara bersamaan pada frekuensi yang sama. *Full duplex* merupakan cara melipatgandakan kapasitas jaringan nirkabel. 5G [4].

Antena merupakan komponen penting pada sistem telekomunikasi berteknologi 5G dimana antena berfungsi sebagai *transceiver* (pengirim dan penerima). Mobilitas *user* berpengaruh terhadap kekuatan sinyal yang dikirim dan diterima oleh antena untuk bisa berkomunikasi antar satu *user* dengan *user* yang lain. Oleh karena itu perancangan antena mikrostrip yang menggunakan frekuensi 5G perlu dilakukan, untuk memungkinkan komunikasi jaringan 5G yang lebih baik untuk *user*.

II. PENELITIAN TERKAIT

Antena mikrostrip merupakan antena yang difabrikasi menggunakan bahan substrat tertentu seperti yang telah dilakukan pada penelitian [5], [6]. Bahan substrat antena mikrostrip dilapisi konduktor berupa tembaga di bagian atas dan bawahnya. Oleh karena itu antena mikrostrip memiliki ketebalan yang tidak terlalu tebal jika dibandingkan dengan antena dari bahan lainnya. Sehingga antena mikrostrip sering menjadi pilihan pada penelitian antena.

Referensi [7] mendesain antena mikrostrip dengan teknologi *substrate integrated waveguide* (SIW). Antena menggunakan radiator berbentuk slot *dumbbell* yang dimodifikasi sehingga dapat bekerja pada frekuensi 27,9-29,3 GHz. Aplikasi yang bekerja pada rentang frekuensi tersebut adalah aplikasi 5G. Kemudian desain antena difabrikasi menggunakan substrat FR-4 dengan ketebalan 1,6 mm. Namun hasil pengukuran koefisien pantulan antena bergeser dari desain rancangan antena.

Referensi [8] mengusulkan desain antena mikrostrip yang disusun 2×2. Antena dirancang menggunakan substrat FR-4 yang memiliki ketebalan 1,6 mm. Antena tersebut diaplikasikan pada LTE dan 5G sub-6 GHz yang bekerja pada frekuensi 2300 MHz dan 3600 MHz. Hasil simulasi antena memperlihatkan antena dapat bekerja sesuai dengan yang diinginkan. Namun rancangan desain antena ini tidak sampai difabrikasi.

Pada referensi [9] membahas mengenai perancangan antena susun yang menyarankan modifikasi geometri pada konsep *collinear* susun dari antena Franklin konvensional. Antena ini diaplikasikan pada *millimeter-wave* (MMW). Antena dapat bekerja baik pada frekuensi 28 GHz dan 37-39 GHz berdasarkan rekomendasi FCC Amerika Serikat. Antena difabrikasi dengan penyusunan 3×3 antena dari bahan substrat Rogers. Hasil dari penelitian ini adalah analisis kinerja antena yang memperlihatkan dapat bekerja dengan baik untuk frekuensi *multiband* (*respons triple-band*). Sedangkan pengukuran nilai gain diatas 7 dBi diperoleh pada setiap frekuensi resonansi. Antena ini juga memiliki nilai efisiensi signifikan yaitu diatas 70%. Antena ini dapat dianggap sebagai

kandidat potensial untuk sistem dan jaringan komunikasi nirkabel 5G masa depan.

Pada referensi [10] mendesain antena mikrostrip yang memiliki dua frekuensi yaitu difrekuensi 28 dan 30 GHz. Antena disusun sampai enam buah elemen antena. Pada antena tunggal, antena memiliki pemancar berupa slot berbentuk segitiga. Antena dirancang menggunakan bahan substrat Rogers Duroid 5880 yang memiliki ketebalan 1,575 mm. Hasil simulasi memperlihatkan bahwa rancangan desain antena ini dapat bekerja dengan baik pada frekuensi tengah 28 GHz dan 30 GHz. Namun, rancangan antena ini tidak divalidasi dengan pengukuran antena.

Penelitian lain yang membahas mengenai aplikasi 5G pada antena mikrostrip adalah referensi [11]. Antena ini memiliki desain berupa tumpukan 20 sel bata. Antena difabrikasi menggunakan bahan substrat Rogers Duroid dengan ketebalan 0,25 mm dan ketebalan lapisan tembaga 0,017 mm dikedua sisinya. Hasil pengukuran memberikan hasil yang cukup baik untuk parameter persentase lebar pita sebesar 5,41%. Adapun persentase lebar pita yang diperoleh pada antena ini memiliki hasil yang lebih besar dibandingkan dengan antena *microstrip patch array* (MPA) biasa dengan susunan 4×4.

Pada referensi [12] mengusulkan rancangan desain antena mikrostrip yang diaplikasikan pada rentang frekuensi 92 – 97 GHz. Antena menggunakan distribusi Taylor berupa pencatutan secara seri (*fed series*) untuk mengurangi *side lobe level* (SLL). Rangkaian *fed series* yang dipergunakan pada antena ini berjumlah delapan buah. Kemudian rancangan desain antena difabrikasi dengan menggunakan bahan substrat Rogers 6002 yang memiliki permitivitas relatif bahan (ϵ_r) sebesar 2,94, tebal substrat 0,254 mm, lapisan tembaga 0,017 mm dan loss tangent 0,0012. Hasil pengukuran memperlihatkan SLL yang baik untuk bidang E dibandingkan dengan bidang H. Namun hasil pengukuran persentase lebar pita pada antena ini hanya mendapatkan sebesar 1,28%. Nilai ini masih lebih kecil jika dibandingkan dengan referensi penelitian antena lainnya.

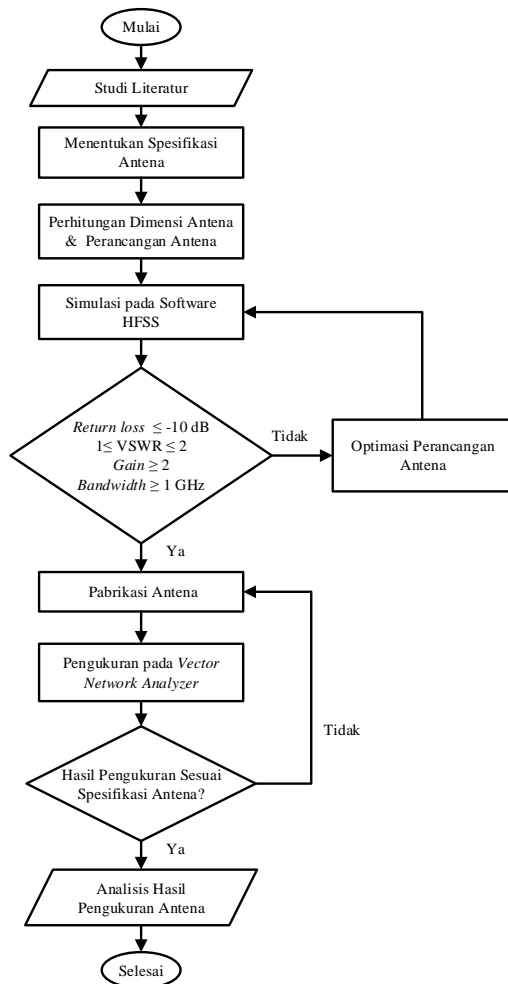
Berdasarkan studi literatur penelitian antena mikrostrip yang telah dijelaskan di atas, maka penelitian ini mengusulkan penelitian antena mikrostrip *fed series* antena yang bekerja pada aplikasi 5G. Adapun frekuensi aplikasi 5G yang dimaksud adalah frekuensi 28 GHz. Sedangkan jumlah antena yang disusun secara *fed series* berjumlah delapan buah antena. Antena dirancang menggunakan bahan substrat FR-4 dengan ketebalan 1,6 mm.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Antena dirancang menggunakan *Ansys HFSS* 2018. Perancangan diawali dengan membuat *single patch* antena dengan nilai dimensi antena sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan. Jika Hasil dari perancangan tersebut belum memenuhi spesifikasi antena yang telah ditentukan, maka dilakukan optimasi pada desain antena tersebut sampai desain rancangan antena sesuai dengan target yang diinginkan. Proses desain antena dimulai dari rancangan 1×1, 1×2, 1×4 sampai 1×8 secara serial.

A. Diagram Alir

Diagram alir proses perancangan desain antenna sampai pengukuran diperlihatkan pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Diagram Alir Perancangan Antena

B. Spesifikasi Antena

Pada penelitian ini, antenna mempergunakan bahan substrat FR-4 dengan ketebalan 1,6 mm. Antenna didesain untuk aplikasi 5G dengan spesifikasi detail antenna yang ingin dicapai diperlihatkan pada Tabel.1.

Tabel 1. Spesifikasi Antena

Spesifikasi Antena	
Frekuensi Kerja	26 - 30 GHz
Frekuensi Tengah	28 GHz
Return loss	≤ 10 dB
Bandwidth	≥ 1 GHz
VSWR	≤ 2
Gain	≥ 3 dBi
Pola Radiasi	unidirectional

C. Perhitungan Dimensi Antena

Pada tahap awal dilakukan perancangan antenna dengan melakukan perhitungan dimensi antenna yang bekerja pada frekuensi 5G. Perhitungan dimensi awal antenna berfungsi untuk

mendekati nilai parameter yang diamati agar sesuai dengan hasil yang diharapkan. Berikut adalah tahapan perhitungan pada dimensi antenna. Dasar perhitungan dimensi antenna dapat dilihat pada referensi [13].

1. Perhitungan Dimensi Patch

Nilai dari lebar dan panjang patch bisa didapatkan menggunakan persamaan berikut:

$$W = \frac{c}{2f} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

- W = Lebar patch
- c = Kecepatan cahaya
- f = frekuensi kerja
- ϵ_r = Konstanta dielektrik

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

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\left(1 + \frac{12h}{W} \right)^{-1/2} \right] \dots \dots \dots (3)$$

$$\Delta l = 0,412 \left(\frac{\epsilon_{reff} + 0,3}{\epsilon_{reff} - 0,258} \right) \left(\frac{W/h + 0,264}{W/h - 0,8} \right) \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

- L = Panjang patch
- Δl = Delta L (jarak antar patch)
- ϵ_{reff} = Effective permittivity

2. Perhitungan Dimensi Groundplane dan Substrate

Lebar dan panjang groundplane dan substrat bisa didapatkan menggunakan persamaan berikut:

$$W_g = 6h + W \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

- W_g = Lebar groundplane

$$L_g = 6h + L \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan:

- L_g = Panjang groundplane

3. Perhitungan Dimensi Microstrip Feedline

Mencari nilai lebar feedline (W_f). Sebelum mendapatkan nilai (W_f), terdapat parameter B yang harus dicari terlebih dahulu, untuk mendapatkan nilai B dapat dicari menggunakan persamaan (7) sebagai berikut.

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \dots \dots \dots (7)$$

Setelah mendapatkan nilai B, maka dapat melakukan substitusi untuk mencari nilai W_f menggunakan persamaan (8) sebagai berikut.

$$W_f = \frac{2h}{\pi} \left(B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \right) \ln(B - 1) + 0,39 + \frac{0,61}{\epsilon_r} \dots \dots \dots (8)$$

Mencari nilai panjang feedline (L_f). Sebelum mendapatkan nilai (L_f), maka dicari terlebih dahulu nilai λ_g menggunakan persamaan (9) sebagai berikut.

$$\frac{\lambda_g}{2} = L + 2\Delta L \dots \dots \dots (9)$$

Setelah mendapatkan nilai λ_g , tahap selanjutnya mencari nilai L_f menggunakan persamaan (10) sebagai berikut.

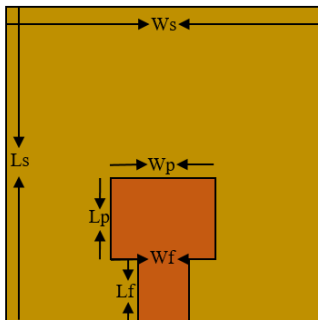
$$L_f = \frac{\lambda_g}{4} \dots \dots \dots (10)$$

D. Desain dan Ukuran Dimensi Awal Antena

Setelah dilakukan perhitungan dimensi antenna, kemudian dilakukan perancangan desain antenna yaitu *patch* antenna. Bentuk *patch* antenna yang akan dirancang adalah persegi, dimulai dari antenna tunggal 1×1 seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1. Sedangkan dimensi antenna tunggal diperlihatkan pada Tabel 2.

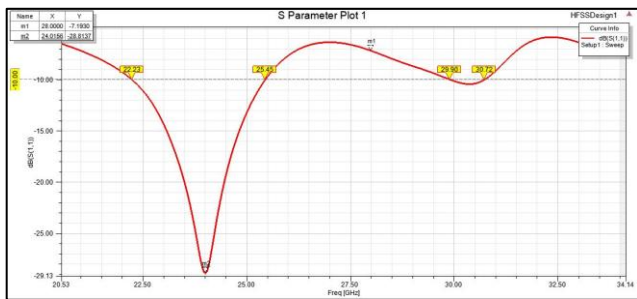
Tabel 2. Dimensi Awal Antena

Variable Parameter	Dimensi Awal (mm)
Lebar <i>ground</i> (W_g)	12,86
Panjang <i>ground</i> (L_g)	11,74
Lebar <i>substrate</i> (W_s)	12,86
Panjang <i>substrate</i> (L_s)	11,74
Lebar <i>patch</i> (W_p)	3,26
Panjang <i>patch</i> (L_p)	2,14
Lebar <i>feedline</i> (W_f)	1,74
Panjang <i>feedline</i> (L_f)	1,464



Gambar 2. Desain Awal Antena

Setelah mengetahui nilai dari dimensi antenna yang akan dirancang maka tahap selanjutnya melakukan perancangan pada Ansys HFSS dengan nilai dimensi antenna sesuai dengan perhitungan yang terdapat pada Tabel 2 di atas.

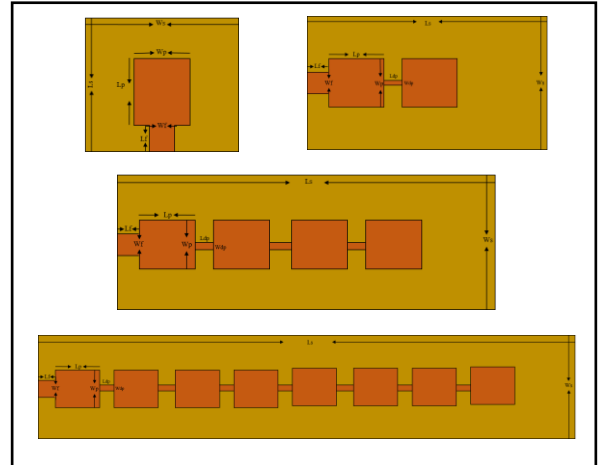


Gambar 3. Hasil Simulasi *return loss* antenna tunggal.

Setelah melakukan perancangan, tahap selanjutnya adalah melakukan pengaturan terhadap operasi kerja dari antenna dan melakukan simulasi dari antenna yang akan dirancang. Hasil simulasi desain awal antenna 1×1 diperlihatkan pada Gambar 3, dengan nilai *return loss* pada frekuensi kerja yaitu 28 GHz sebesar -7,1930 dB. Nilai *return loss* tersebut belum memenuhi standar dari nilai *return loss* yang diinginkan. *Return loss* terbaik didapatkan pada frekuensi 24,0156 GHz yaitu sebesar -28,8137 dB. Hal tersebut menunjukkan bahwa dibutuhkan peningkatan iterasi pada perancangan antenna.

E. Desain dan Ukuran Dimensi Peningkatan Iterasi Antena

Setelah dilakukan simulasi pada desain antenna 1×1, kemudian dilakukan peningkatan iterasi dengan penambahan *patch* secara *serial* 1×2, 1×4, dan 1×8 seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4.



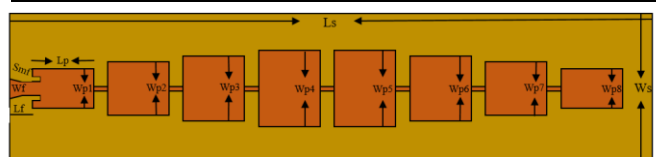
Gambar 4. Desain antenna 1×1, 1×2, 1×4 dan 1×8.

F. Desain dan Ukuran Dimensi Akhir Antena

Dimensi desain antenna *fed series* 1×8 diperlihatkan pada Tabel 3. Sedangkan gambar desain antenanya sendiri diperlihatkan pada Gambar 5.

Tabel 3. Dimensi Akhir Antena

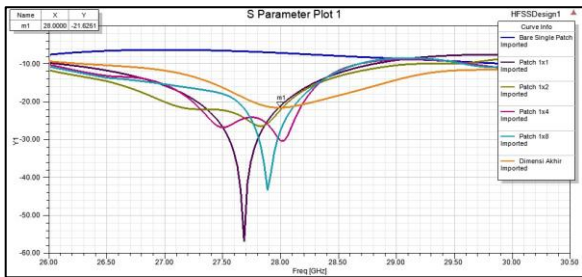
Variable Parameter	Dimensi Akhir 1x8 (mm)
Lebar <i>ground</i> (W_g)	18
Panjang <i>ground</i> (L_g)	100
Lebar <i>substrate</i> (W_s)	18
Panjang <i>substrate</i> (L_s)	100
Lebar <i>patch</i> (W_{p1})	4,14
Lebar <i>patch</i> (W_{p2})	4,87
Lebar <i>patch</i> (W_{p3})	7,021
Lebar <i>patch</i> (W_{p4})	8
Lebar <i>patch</i> (W_{p5})	8
Lebar <i>patch</i> (W_{p6})	7,021
Lebar <i>patch</i> (W_{p7})	4,87
Lebar <i>patch</i> (W_{p8})	4,14
Panjang <i>patch</i> (L_p)	9,14
Lebar <i>delta patch</i> (W_{dp})	0,732
Panjang <i>delta patch</i> (L_{dp})	1,74
Lebar <i>slit</i> (L_{st})	0,4875
Panjang <i>slit</i> (L_{pt})	0,79
Sisi diagonal <i>feedline</i> (S_{df})	1,038
Lebar <i>feedline</i> (W_f)	2,298
Panjang <i>feedline</i> (L_f)	1,464



Gambar 5. Desain antenna *fed series* 1×8.

G. Hasil simulasi antena *fed series* 1×1, 1×2, 1×4 dan 1×8

Gambar 6 memperlihatkan hasil simulasi perbandingan untuk antena *fed series* 1×1, 1×2, 1×4 dan 1×8. Sedangkan Tabel 4 memperlihatkan perbandingannya secara lebih detail. Berdasarkan Tabel 4 terlihat nilai *return loss* terbaik pada antena *fed series* untuk 1×4 serta nilai *VSWR* terbaik. Sedangkan pada antena *fed series* 1×8 memiliki frekuensi efektif, *gain* terbaik, lebar pita (*bandwidth*) paling lebar. Dengan melihat perbandingan hasil simulasi maka diputuskan untuk melakukan fabrikasi pada dimensi akhir antena yaitu *series fed antenna* 1×8.



Gambar 6. Hasil simulasi *return loss* seluruh antena

Tabel 4. Perbandingan Hasil Simulasi

Dimensi Antena	RL (dB)	RL Eff (dB)	Fo Eff (GHz)	VSWR	Gain (dB)	BW (GHz)	Range frekuensi (GHz)	
							Min	Max
Awal	7,193	28,8137	24,0156	2,5516	3,99	-	-	-
1x1	21,0963	56,9129	27,6844	1,1934	3	2,7444	26,0667	28,8111
1x2	22,1339	26,5295	27,8289	1,1698	3,72	3,3654	25,7924	29,1578
1x4	30,3234	30,3994	28,0022	1,0629	3,8	2,7347	25,9511	28,6858
1x8	26,1928	54,3459	27,8867	1,0944	6,32	2,9	25,77	28,67
Akhir	21,6251	21,6251	28	1,1809	2,39	4,9704	26,2598	31,2302

H. Fabrikasi Antena

Setelah melakukan perancangan dan simulasi, tahap selanjutnya adalah melakukan fabrikasi antena *fed series* 1×8 dengan dimensi akhir antena sesuai dengan simulasi (Tabel 3). Pencetakan antena menggunakan FR-4 sebagai bahan *substrate* dengan tebal 1,6 mm. Pencetakan PCB secara *double layer* untuk *ground* dan *patch*, bahan yang digunakan adalah tembaga. Hasil fabrikasi pencetakan antena diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil fabrikasi antena *fed series* 1×8.

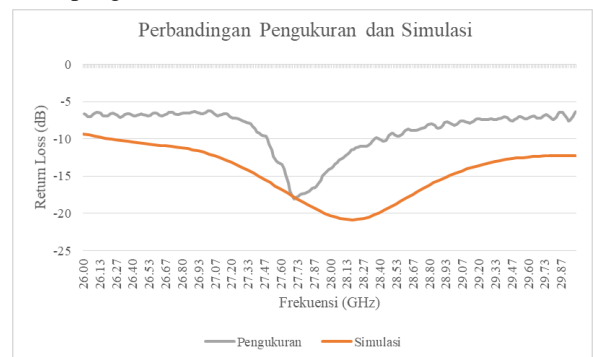
IV. HASIL DAN ANALISA

Pengukuran antena bertujuan mengetahui kinerja atau performansi kerja antena. Oleh karena itu hasil pengukuran perlu di perbandingan dari hasil simulasi pada *software simulator* yang diperoleh dari *Ansys HFSS*. Adapun parameter antena yang akan diukur pada penelitian kali ini adalah pengukuran medan dekat yaitu *return loss*, *VSWR*, *bandwidth*, dan impedansi. Sedangkan pengukuran medan jauh berupa pola radiasi dan *gain*

antena tidak dilakukan. Hal tersebut dikarenakan keterbatasan alat ukur yaitu *Vector Network Analyzer* pada pengukuran medan jauh pada frekuensi 28 GHz.

A. Pengukuran *Return loss* dan *Bandwidth* Lantai Dasar

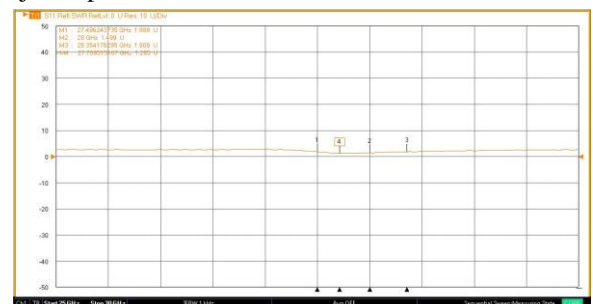
Perbandingan hasil pengukuran *return loss* antena dengan hasil simulasi diperlihatkan pada Gambar 8. Hasil simulasi diperlihatkan dengan garis utuh berwarna coklat sedangkan hasil pengukuran diperlihatkan dengan garis utuh berwarna abu-abu. Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan *Vector Network Analyzer* didapatkan nilai *return loss* pada frekuensi 28 GHz sebesar -13,9965 dB dengan rentang frekuensi 27,4962 GHz - 28,3541 GHz. Hasil *return loss* yang didapatkan pada frekuensi kerja masih memenuhi spesifikasi. Nilai *return loss* terbaik didapatkan pada frekuensi 27,7095 GHz sebesar -18,0682 dB. Perhitungan *bandwidth* dapat dicari dengan melihat fl (frekuensi bawah) dan fh (frekuensi atas) pada layar pengukuran yaitu pada *marker* M1 dan M3 yaitu 0,8579 GHz. Perbandingan hasil pengukuran dan simulasi cukup jauh karena beberapa faktor teknis pada saat pengukuran dan juga pada saat pabrikan dimensi antena yang tidak sesuai, perbedaan hasil cetak antena dengan frekuensi tinggi sangat mempengaruhi pada saat pengukuran.



Gambar 8. Perbandingan nilai *return loss* simulasi dan pengukuran.

B. Pengukuran *VSWR*

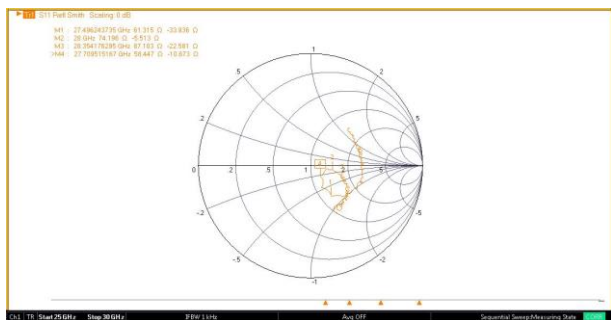
Hasil nilai *VSWR* diperlihatkan pada Gambar 9. Pada Gambar 9 terlihat bahwa pada frekuensi 28 GHz memiliki *VSWR* sebesar 1,499 pada *marker* M2. Hasil pengukuran tersebut masih memenuhi spesifikasi. Nilai *VSWR* terbaik didapatkan pada frekuensi 27,7095 GHz sebesar 1,285 yang ditunjukkan pada *marker* M4.



Gambar 9. Pengukuran *VSWR*

C. Pengukuran Impedansi

Hasil pengukuran impedansi antena fed series 1×8 diperlihatkan pada Gambar 10. Sedangkan perbandingan hasil simulasi dan hasil pengukuran diperlihatkan pada Tabel 5 di bawah ini. Berdasarkan Tabel 5 memperlihatkan perbedaan nilai *return loss* pengukuran mengalami penurunan sebesar 35,27 % yaitu -13,9965 dB dari hasil simulasi. *Bandwidth* pengukuran didapatkan 17 % dari hasil simulasi yaitu 0,8579 GHz. Terdapat perbedaan impedansi *input* pada simulasi dan pengukuran yang menyebabkan terjadinya *mismatch* pada saluran transmisi sehingga menghasilkan perbedaan hasil simulasi dan pengukuran.



Gambar 10. Pengukuran impedansi antena *fed series* 1×8.

Tabel 5. Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran

Parameter	Simulasi	Pengukuran
Frekuensi Kerja	26,2598 GHz – 31,2302 GHz	27,4962 GHz – 28,3541 GHz
<i>Return loss</i>	-21,6251 dB	-13,9965 dB
<i>Bandwidth</i>	4,9704 GHz	0,8579 GHz
VSWR	1,1809	1,499
Impedansi (R)	50 Ω	74,196 Ω

V. KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan, didapatkan beberapa hasil yang dijadikan sebagai kesimpulan, antara lain :

1. Perancangan pada dimensi awal antena didapatkan nilai *return loss* pada frekuensi 28 GHz sebesar -7,193 dB dan VSWR sebesar 2,5516. Hal ini menunjukkan bahwa hasil simulasi belum memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan. Perancangan antena *series fed* dengan menambahkan patch secara serial dapat memperbesar nilai *bandwidth*.
2. Optimasi antena dengan memperbesar ukuran dimensi patch antena dapat menggeser frekuensi kerja antena, sehingga hasil simulasi menunjukkan antena dapat bekerja pada frekuensi 28 GHz.
3. Berdasarkan hasil simulasi dan pengukuran didapatkan perbedaan hasil nilai parameter, perbedaan nilai impedansi *input* pada simulasi dan pengukuran yang menyebabkan terjadinya *mismatch* pada saluran transmisi sehingga menghasilkan perbedaan hasil simulasi dan pengukuran namun antena masih dapat bekerja pada frekuensi 28GHz.

Berdasarkan hasil penelitian ini, didapatkan beberapa saran untuk pengembangan dari Penelitian ini untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut.

1. Perancangan *series fed antenna* 1×8 menggunakan bahan *substrate* yang berbeda.
2. Melakukan perancangan antena secara *corporate fed* untuk meningkatkan nilai *return loss*.
3. Menambahkan *element patch* antena.
4. Merubah bentuk *patch*.
5. Melakukan pengukuran medan jauh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada seluruh sahabat-sahabat penulis, dosen pembimbing serta orangtua yang telah membantu dalam proses pengerjaan artikel penelitian ini sehingga dapat dipublikasi di Jurnal Teknologi Elektro.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Zeqiri, F. Idriji, and H. Halimi, “Comparison of Algorithms and Technologies 2G, 3G, 4G and 5G,” in *3rd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, ISMSIT 2019*, 2019, pp. 1–4.
- [2] M. U. Sheikh, K. Hiltunen, and J. Lempiainen, “Angular Wall Loss Model and Extended Building Penetration Model for Outdoor to Indoor Propagation,” in *2017 13th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference, IWCMC 2017*, 2017, pp. 1291–1296.
- [3] A. Turkmen *et al.*, “Coverage Analysis for Indoor-Outdoor Coexistence for Millimetre-Wave Communication,” in *2019 UK/China Emerging Technologies, UCET 2019*, 2019, pp. 2–5.
- [4] J. Rodriguez, *Fundamentals of 5G Mobile Networks*. 2015.
- [5] D. W. Astuti, A. Firdausi, and M. Alaydrus, “Multiband Double Layered Microstrip Antenna by Proximity Coupling for Wireless Applications,” in *QiR 2017 - 2017 15th International Conference on Quality in Research (QiR): International Symposium on Electrical and Computer Engineering*, 2017, vol. 2017-Decem, pp. 106–109.
- [6] D. W. Astuti, M. M. Putri, and D. Rusdiyanto, “Perancangan Antena Diplexing Menggunakan Metode Half Mode SIW dengan Metode Cavity Back Slot Sebagai Matching Impedansi,” *J. Telekomun. dan Komput.*, vol. 11, no. 1, p. 1, 2021.
- [7] S. Sepyanto, S. Attamimi, and F. Sirait, “Perancangan Antena Mikrostrip Siw Cavity-Backed Modified Dumbell-Shaped Slot Untuk Pengaplikasian Pada 5G,” *J. Teknol. Elektro*, vol. 11, no. 2, pp. 115–119, 2020.
- [8] D. Rusdiyanto, D. W. Astuti, S. Alam, and Y. G. Adhiyoga, “Design of 2x2 Wide Bandwidth MIMO Antenna For LTE And 5G Sub-6GHz,” *JITE (J. Informatics Telecommun. Eng.)*, vol. 5, no. January, pp. 225–237, 2022.
- [9] S. F. Jilani and A. Alomainy, “A Multiband Millimeter-Wave 2-D Array Based on Enhanced Franklin Antenna for 5G Wireless Systems,” *IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.*, vol. 16, pp. 2983–2986, 2017.
- [10] Y. Rahayu and M. I. Hidayat, “Design of 28/38 GHz Dual-Band Triangular-Shaped Slot Microstrip Antenna Array for 5G Applications,” in *2018 2nd International Conference on Telematics and Future Generation Networks, TAFGEN 2018*, 2018, pp. 93–97.
- [11] Z. Ahmed, P. McEvoy, and M. J. Ammann, “Comparison of Grid Array and Microstrip Patch Array Antennas at 28 GHz,” *2018 IEEE MTT-S Int. Microw. Work. Ser. 5G Hardw. Syst. Technol. IMWS-5G 2018*, pp. 2018–2020, 2018.
- [12] Y. Pang, L. Sun, Z. Li, and R. Cao, “W Band Planar Series-Fed Antenna Array,” in *2019 IEEE 5th International Conference on Computer and Communications, ICC 2019*, 2019, pp. 676–679.
- [13] C. A. Balanis, *Antenna theory; analysis and design*, Third. John Wiley & Son, INC, 2005.