

Perancangan Dan Realisasi Antena Metamaterial Patch Hexagonal Untuk Teknologi 5g Dengan Srr Pada Frekuensi 3,5 Ghz

1st Azka Maulani
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

azkamaulani@student.telkomuniversity
.ac.id

2nd Harfan Hian Ryanu
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

harfanhr@telkomuniversity.ac.id

3rd Levy Olivia Nur
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

levyolivia@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Teknologi 5G memiliki kecepatan pengiriman data yang lebih cepat, jadi dibutuhkan komponen yang dapat mengimplementasikan teknologi 5G yaitu antena mikrostrip. Antena mikrostrip adalah suatu konduktor metal yang menempel diatas groundplane yang diantaranya terdapat bahan dielektrik[1]. Kekurangan antena mikrostrip adalah memiliki bandwidth dan gain yang rendah sehingga pada tugas akhir ini berfokus pada peningkatan bandwidth dan gain dengan menggunakan metode Left – Handed Metamaterial (LHM) yang diletakkan pada depan antena.

Tugas Akhir ini melakukan realisasi dan perancangan antena mikrostrip patch hexagonal pada frekuensi 3,5 GHz dengan penambahan struktur LHM yaitu Split Ring Resonator (SRR) yang diletakkan pada depan antena dengan menambahkan metode Superstrate. Penambahan struktur SRR dapat menghasilkan nilai permitivitas (ϵ) dan permeabilitas (μ) negatif atau kadang disebut Double Negative Material (DNG). Penambahan metode superstrate dapat meningkatkan bandwidth dan gain pada antena. Substrat yang digunakan yaitu bahan FR-4 dengan konstanta dielektrik relatif 4,3, loss tangent 0,025 dan ketebalan substrat 1,6 mm.

Hasil simulasi perancangan antena dengan metode superstrate 3x3 terbukti dapat meningkatkan bandwidth dan gain. Peningkatan gain yang semula -0,9 dBi menjadi 3,81 dBi dan bandwidth menjadi 205 MHz dari 85 MHz. Hasil pengukuran antena pada nilai gain senilai 3,31 dBi dan bandwidth 199 MHz dengan pola radasi yaitu unidirectional.

Kata kunci— 5G, Antena microstrip patch hexagonal, Split Ring Resonator (SRR)

I. PENDAHULUAN

Seiring perkembangan zaman maka teknologi juga semakin pesat dengan meningkatnya kebutuhan pengguna internet saat ini. Kecepatan internet juga sangat berpengaruh pada banyaknya pengguna internet. Teknologi 5G merupakan lanjutan dari teknologi 4G dengan kecepatan bisa 10x lebih cepat yaitu bisa mencapai 1 Gbps. 5G memiliki beberapa kelebihan yaitu transfer data yang lebih cepat, sinyal yang lebih kuat, latensi yang rendah dan hemat energi. Agar layanan 5G lebih optimal, di Indonesia membutuhkan alokasi spektrum frekuensi yang terdiri dari 3 kelompok yaitu low band, middle band, dan high band[2].

Teknologi 5G merupakan teknologi yang sangat fleksibel, teknologi itu dapat diterapkan untuk jenis layanan Mobile Broadband maupun Fixed Broadband atau Fixed Wireless Access (FWA)[2]. Pita – pita frekuensi di lapisan low band pada pita

frekuensi 700 MHz, middle band pada pita frekuensi 2,6 GHz dan 3,5 GHz serta high band pada pita frekuensi 26 GHz dan 28 GHz. 5G juga mendukung antena sebagai komponen untuk memancarkan dan menerima gelombang elektromagnetik[2]. Salah satunya yaitu, antena mikrostrip pada penelitian ini. Antena mikrostrip adalah suatu konduktor metal yang menempel diatas groundplane yang diantaranya terdapat bahan dielektrik[1]. Antena mikrostrip terdiri dari tiga lapisan. Lapisan tersebut adalah conducting patch, substrat dielektrik, dan groundplane[1].

Antena mikrostrip sudah sangat sesuai dengan kebutuhan saat ini. Antena mikrostrip dapat diintegrasikan dengan peralatan telekomunikasi lain yang berukuran kecil tetapi antena mikrostrip juga memiliki beberapa kekurangan yaitu bandwidth yang sempit, gain dan directivity yang kecil. Dengan menggunakan metode antena metamaterial, maka antena mikrostrip dapat memiliki nilai bandwidth dan gain yang lebih besar. Metamaterial adalah material yang terdiri dari susunan struktur logam pada permukaan substrat dielektriknya dengan nilai permitivitas (ϵ) dan permeabilitas (μ) bernilai negatif. Pada penelitian yang dahulu melakukan “Peningkatan bandwidth antena metamaterial patch triangular Left-Handed Metamaterial (LHM) untuk 5G dengan berbasis Triangular Split Ring Resonator (TSRR)”[3]. Lalu pada penelitian yang lain yaitu “Perancangan dan analisis antena metamaterial patch triangular berbasis left-handed metamaterial (LHM) untuk peningkatan bandwidth pada teknologi 5G dengan frekuensi 3,5 GHz”[4].

Pada Tugas Akhir (TA) ini yaitu merancang dan merealisasikan antena metamaterial berbasis Split Ring Resonator (SRR) dengan mengubah bentuk patch menjadi bentuk patch hexagonal untuk teknologi 5G dengan frekuensi 3,5 GHz. Tujuannya untuk mengamati apakah bandwidth dan gain nya dapat meningkat semakin luas dan dapat bekerja pada frekuensi 3,5 GHz pada teknologi 5G. Berdasarkan jurnal, layanan telekomunikasi saat ini sudah memasuki layanan data gambar dan video. Maka dari itu dibutuhkan sebuah antena yang dapat mendukung telekomunikasi dengan kapasitas bandwidth yang lebar dan gain yang besar dengan mengubah dimensi atau dengan menambahkan metode metamaterial.

II. KAJIAN TEORI

A. Fifth Generation (5G)

Teknologi 5G merupakan lanjutan dari teknologi 4G untuk memenuhi permintaan dan kebutuhan komunikasi berkecepatan tinggi yang terus meningkat. 5G juga menyediakan layanan dengan kecepatan data yang sangat

tinggi, latensi rendah, kapasitas lebih besar dan kualitas layanan yang baik. Jaringan 5G memiliki kecepatan data dari 100 Mbps hingga lebih dari 1 Gbps. Latensi yang dimiliki jaringan 5G sangat rendah yaitu 1 ms. Jaringan 5G di Indonesia disiapkan untuk memenuhi kebutuhan yang beragam yaitu terdiri dari rentang frekuensi 700 MHz untuk Low Band, Middle Band pada frekuensi 3,5 Ghz dan 2,6 GHz dan High Band pada frekuensi 26 Ghz dan 28 GHz[5].

5G memiliki konektivitas yang tak tertandingi terletak pada 3 teknologi utamanya yaitu enhanced Mobile Broadband (eMBB), Ultra Reliable & Low Latency Communications (URLLC) dan massive Machine-Type Communications (mMTC)[6]. Enhanced Mobile Broadband (eMBB) adalah teknologi yang dapat mengunduh film berdurasi panjang hingga 15GB dalam waktu 6 detik. Dengan eMBB data yang berjumlah sangat besar dapat ditransmisikan dengan kecepatan hingga 20 Gbps. Ultra Reliable & Low Latency Communications (URLLC) memiliki jaringan yang stabil, latensi yang sangat rendah untuk memulai konektivitas dan juga dapat diaplikasikan pada kendaraan otonom. Massive Machine-Type Communications (mMTC) juga mendukung diberbagai aplikasi industri untuk berkomunikasi satu sama lain dengan keterlibatan manusia yang sangat minim. 5G New Radio (NR) memiliki beberapa spesifikasi yang bisa dilihat pada tabel 1.

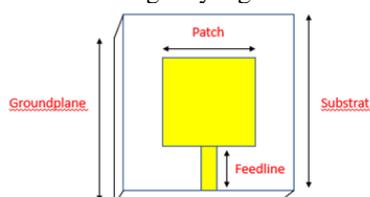
TABEL 1
5G NR frequency bands [7].

Parameter	Nilai
Band	n78
Bandwidth	> 500 MHz
Uplink & Downlink	3,3 – 3,8 GHz
Common Name	C - Band
Duplex Mode	Time Division Duplex (TDD)

Band n78 merupakan bagian dari 5G New Radio pada Frequency Range 2 (FR 2). Range frekuensi n78 yaitu dari 3,3 – 3,8 GHz yang berarti besarnya bandwidth pada n78 sekitar > 500 MHz. C – Band adalah satu frekuensi yang digunakan dalam layanan internet satelit (VSAT) yang tahan terhadap cuaca dan memiliki throughput yang tinggi. C – Band hanya menawarkan pada duplex mode yaitu Time Division Duplex (TDD). Cara kerja TDD dengan membagi satu frekuensi kedalam beberapa slot waktu, selanjutnya slot waktu akan dialokasikan untuk penerimaan atau pengiriman data.

B. Antena Mikrostrip

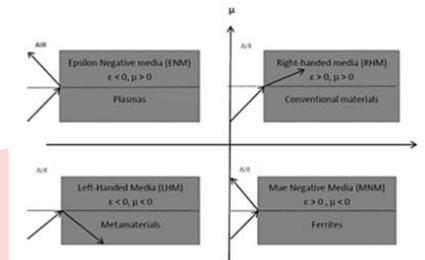
Antena Mikrostrip adalah antena berukuran kecil dan sangat tipis yang mempunyai 3 lapisan utama yaitu groundplane pada bagian bawah, elemen peradiasi (patch) yang menempel diatas substrat dan bagian tengah antena adalah substrat. Antena mikrostrip memiliki kekurangan yaitu nilai bandwidth dan gain yang rendah atau tidak lebar.



GAMBAR 1
Struktur antena microstrip.

C. Metamaterial

Metamaterial adalah Metamaterial adalah bahan buatan yang tidak ada di alam karena dibuat agar mempunyai nilai permitivitas (ϵ) dan permeabilitas (μ) yang negatif[3]. Kedua parameter itu digunakan untuk mengarakterisasi properti listrik dan magnetik dari material yang berinteraksi dengan medan – medan elektromagnetik. Metematerial memiliki 4 klasifikasi kuadran.



GAMBAR 2
Klasifikasi metamaterial

Kuadran pertama yaitu Right-Handed Media (RHM) permitivitas (ϵ) dan permeabilitas (μ) positif ($\epsilon > 0$ dan $\mu > 0$) dengan bahan dielektrik material. Epsilon Negative Media (ENM) adalah kuadran kedua dengan material plasma yang memiliki karakteristik ($\epsilon < 0$ dan $\mu > 0$). Kuadran tiga memiliki permitivitas (ϵ) dan permeabilitas (μ) negatif ($\epsilon < 0$ dan $\mu < 0$) yaitu Left-Handed Media (LHM) material yang tidak ada di alam. Kuadran empat ($\epsilon > 0$ dan $\mu < 0$) Mu Negative Media (MNM) seperti gyro tropic. Berdasarkan nilai permitivitas (ϵ) dan permeabilitas (μ) metamaterial dibedakan menjadi dua sifat metamaterial. Matematerial Double Negative (DNG) adalah metamaterial yang memiliki nilai permitivitas dan permeabilitas sama – sama negatif. Matematerial Single Negative (SNG) adalah jenis metamaterial yang salah satu nilai permitivitas (ϵ) dan permeabilitas (μ) negatif. Untuk nilai permitivitas (ϵ) yang bernilai negatif (ENG) dan nilai permeabilitas (μ) negatif (MNG). Dengan penambahan struktur metamaterial kita dapat mengetahui ke jenis manakah sifat metamaterial antena kita.

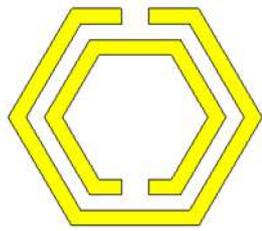
1. Left-Handed Metamaterial (LHM)

Left-Handed Metamaterial (LHM) merupakan metamaterial yang memiliki nilai permitivitas (ϵ) dan permeabilitas (μ) negatif atau lebih kecil dari nol ($\epsilon < 0$ dan $\mu < 0$)[3]. Left-Handed Metamaterial (LHM) memiliki sifat unik seperti gelombang mundur dan efek pemfokusan didalam lempeng. Pengaruh LHM membuat antena dari gain yang semula rendah menjadi naik. Left-Handed Metamaterial (LHM) juga berpengaruh dalam meningkatkan bandwidth, semakin kecil nilai permitivitas (ϵ) dan permeabilitas (μ) ($\epsilon < 0$ dan $\mu < 0$) maka nilai bandwidth akan semakin besar. Pada penelitian kali ini menggunakan struktur dengan bentuk Split Ring Resonantor (SRR).

2. Split Ring Resonator (SRR)

Split Ring Resonantor (SRR) merupakan metamaterial dengan struktur berbentuk dua cincin[3]. Sepasang dua cincin anular ini yang terbuat dari bahan non – magnetic metal. Tujuan Split Ring Resonantor (SRR) untuk menghasilkan

medan magnetik yang lebih kuat pada frekuensi resonansi yang diinginkan[4]. Berdasarkan jurnal dengan menambahkan struktur Split Ring Resonator (SRR) gelombang permukaan dapat ditekan dan semakin banyak energi yang bisa diradiasikan dari patch untuk menambah lebar bandwidth.



GAMBAR 3
Split Ring Resonator (SRR)

3. Sel Unit Metamaterial

Desain antenna metamaterial dimulai dengan sel unit metamaterial untuk memberikan permitivitas (ϵ) dan permeabilitas (μ) negatif secara simultan menggunakan SRR[17]. SRR disusun menggunakan dua loop yang terdiri dari dua cincin yang berlawanan. Terdapat dua port yang digunakan yaitu positif dan negatif pada sumbu x dan diekstasi oleh gelombang elektromagnetik ke arah sumbu x. Perfect Electric Conductor (PEC) diterapkan pada sumbu z dan Perfect Magnetic Conductor (PMC) diterapkan pada sumbu y. S-parameter akan diekstrak kemudian permitivitas (ϵ) dan permeabilitas (μ) diambil dari s-parameter dengan menggunakan metode Chen. Berikut adalah cara untuk menghitung permitivitas (ϵ) dan permeabilitas (μ) [17] :

$$z = \pm \sqrt{\frac{(1 + S_{11})^2 - S_{21}^2}{(1 - S_{11})^2 - S_{21}^2}} \quad (1)$$

$$n = \frac{1}{k_0 d} \{ [lm [\ln(e^{ink_0 d})]] + 2m\pi \} - i Re [\ln(e^{ink_0 d})] \quad (2)$$

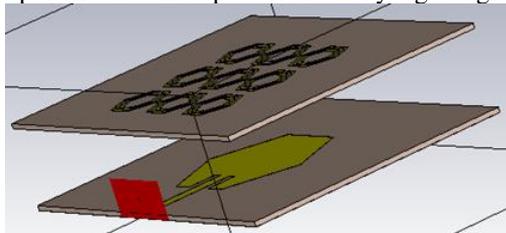
$$e^{ink_0 d} = \frac{S_{21} \frac{z-1}{z+1}}{1 - S_{21} \frac{z-1}{z+1}} \quad (3)$$

$$\epsilon = \frac{n}{z} \quad (4)$$

$$\mu = nz \quad (5)$$

4. Superstrate

Metode superstrate adalah menambahkan superstrate layer diatas patch peradiasi untuk mendapatkan peningkatan pada gain dan bandwidth[18]. Metode ini dikenal dengan metode resonansi gain, karena menggunakan permeabilitas relatif $\mu \gg 1$ atau permeabilitas relatif $\epsilon \gg 1$. Dengan memilih ketebalan lapisan yang benar maka gain yang sangat besar dapat direalisasikan pada frekuensi yang diinginkan.



GAMBAR 4
Metode superstrate

III. METODE

A. Spesifikasi Antena

Dibawah ini adalah spesifikasi antena sebagai acuan dari perancangan antena mikrostrip patch hexagonal :

TABEL 2
Spesifikasi antena

Parameter	Nilai
Frekuensi	3,5 GHz
VSWR	≤ 2
Bandwidth	≥ 100 MHz
Gain	≥ 3 dBi
Pola Radiasi	Unidirectional

Spesifikasi pada tabel 3.1 merupakan spesifikasi standar yang telah ditentukan pada penelitian Tugas Akhir (TA) ini. VSWR memiliki nilai ≤ 2 karena semakin tinggi nilai VSWR maka antena tersebut memiliki interferensi yang semakin besar. Nilai bandwidth dan gain tidak terlalu besar, karena dimensi yang dimiliki antena pada penelitian ini tidak terlalu besar. Hasil pola radiasi yang baik untuk antena mikrostrip yaitu unidirectional.

B. Bahan Penyusun Komponen Antena

Bahan penyusun antena menggunakan bahan FR-4 untuk substrat dan untuk groundplane dan patch menggunakan bahan copper. Berikut adalah karakteristik bahan :

TABEL 3
Karakteristik bahan FR - 4

Substrat (FR - 4)	Nilai
Konstata dielektrik relatif (ϵ_r)	4,3
Permeabilitas relatif (μ_r)	1
Loss Tangent ($\tan \delta$)	0,025
Ketebalan Substrat (h)	1,6 mm
Ketebalan patch (t)	0,035 mm

Pemilihan bahan FR - 4 pada substrat karena memiliki sifat dielektrik yang baik yang bertindak sebagai isolator yang baik untuk elektronik. FR - 4 memiliki kelebihan yaitu tahan terhadap suhu tinggi, fluktuasi suhu dan kelembapan, serta paparan kelembapan tanpa mengembang atau menyusut.

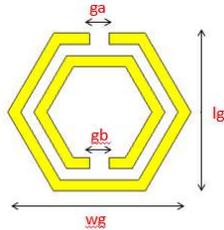
C. Sel Unit

Perfect Electric Conductor (PEC) diterapkan pada sumbu z dan Perfect Magnetic Conductor (PMC) diterapkan pada sumbu y yang dapat dilihat pada gambar 3.3. Untuk mendapatkan hasil permitivitas (ϵ) dan permeabilitas (μ) yang bernilai negatif yaitu Double Negative (DNG) maka perlu dibuktikan dengan membuat simulasi unit sel Split Ring Resonator (SRR). Berikut adalah parameter dari unit sel SRR:

TABEL 4
Parameter unit sel SRR

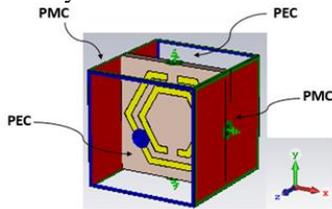
Keterangan	Parameter	Nilai (mm)
Panjang substrat & groundplane	l_g	10,05
Lebar substrat & groundplane	w_g	10,05

Gap atas SRR	ga	1,01
Gap bawah SRR	gb	1,01
SRR 1	srr1	9,45
SRR 2	srr2	8,1
SRR 3	srr3	6,75
SRR 4	srr4	5,4

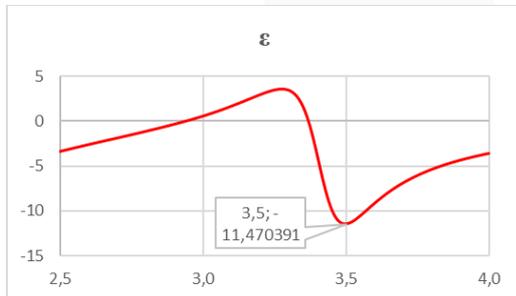


GAMBAR 5
Sel unit SRR

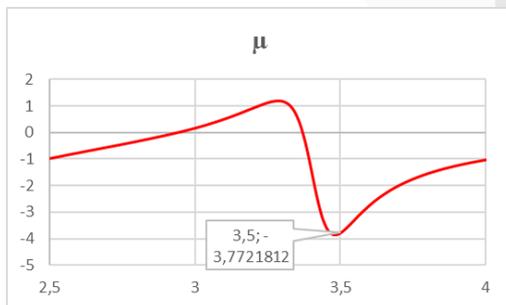
Tabel 3.3 digunakan untuk membuat semua unit sel SRR yang bekerja pada frekuensi 3,5 GHz. Penggunaan parameter unit sel SRR pada tabel 3.5 untuk mendapatkan manfaat yang dihasilkan dari unit sel yang akan diletakkan pada antenna konvensional nantinya.



GAMBAR 6
Simulasi sel unit



GAMBAR 7
Permittivitas (ϵ)



GAMBAR 8
Permeabilitas (μ)

Pada gambar 3.4 dan gambar 3.5 dapat dibuktikan hasil permittivitas (ϵ) bernilai $-11,47$ dan permeabilitas (μ) bernilai $-3,77$ yang terletak pada frekuensi 3,5 GHz. Hasil ini memiliki sifat metamaterial Double Negative (DNG) yang

merupakan metamaterial yang memiliki nilai permittivitas (ϵ) dan permeabilitas (μ) sama – sama negatif. Untuk hasil sel unit ini memiliki jenis metamaterial Left Handed Metamaterial (LHM).

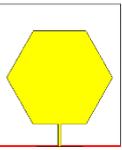
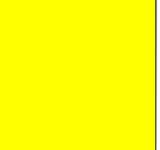
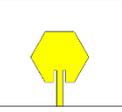
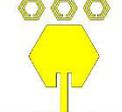
D. Perancangan Simulasi Antena

Berikut adalah parameter dan perancangan antenna yang terdiri dari antenna perhitungan, konvensional, 3 SRR atas, SRR 3x3 belakang, superstrate 2x2, superstrate 3x3 :

TABEL 9
Parameter antenna simulasi

Parameter	Hitungan	Konvensional	3 SRR atas	SRR 3x3 belakang	Superstrate 2x2	Superstrate 3x3
Tebal substrat (h)	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Tebal patch & groundplane (t)	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
Lebar patch (w_p)	26,08	25,08	25,08	25,08	25,08	24,65
Apotem (a_p)	22,58	21,71	21,71	21,71	21,71	21,34
Lebar substrat & groundplane (w_g)	30,13	60	60	60	60	60
Panjang substrat & groundplane (l_g)	35,68	50	50	50	50	50
Lebar feedline (w_f)	1,44	5	5	5	5	5
Panjang feedline (l_f)	10,72	20,72	20,72	20,72	20,72	20,72
Lebar slot (w_o)	-	4,82	4,82	4,82	4,82	4,82
Panjang slot (y_1)	-	10	10	10	10	10
Gap atas SRR (g_a)	-	-	1,01	1,01	1,01	1,01
Gap bawah SRR (g_b)	-	-	1,01	1,01	1,01	1,01
Gap antar SRR (g_c)	-	-	1,35	1,35	1,35	1,35
SRR 1 (srr1)	-	-	9,45	9,45	9,45	9,45
SRR 2 (srr2)	-	-	8,1	8,1	8,1	8,1
SRR 3 (srr3)	-	-	6,75	6,75	6,75	6,75
SRR 4 (srr4)	-	-	5,4	5,4	5,4	5,4
Gap antar antenna (j)	-	-	1	1	1	1

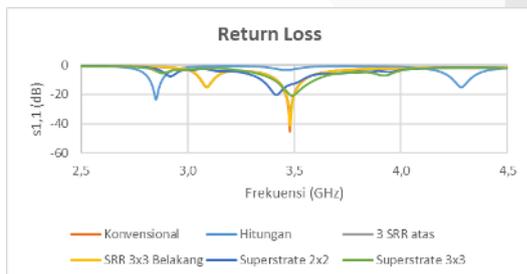
TABEL 10
Dimensi antenna simulasi

	Depan	Belakang	Samping
Hitungan			-
Konvensional			-
3 SRR Atas			-
SRR 3x3 Belakang			
Superstrate 2x2			
Superstrate 3x3			

E. Hasil Simulasi Antena

Pada hasil perancangan antena yang sudah dibuat, maka telah didapatkan hasil simulasi nya. Berikut adalah hasil simulasi antena yang terdiri dari antena perhitungan, konvensional, 3 SRR atas, SRR 3x3 belakang, superstrate 2x2, superstrate 3x3 :

1. Return Loss



GAMBAR 9
Return loss simulasi antena

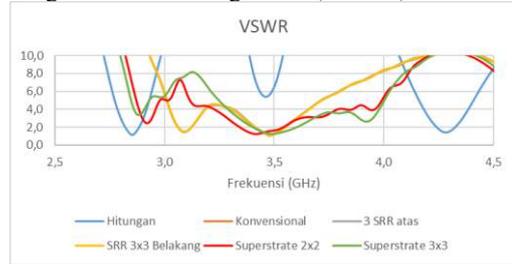
Hasil return loss pada perancangan simulasi antena yaitu sebagai berikut :

TABEL 10
Hasil return loss simulasi

	Hitungan	Konvensional	3 SRR atas	SRR 3x3 belakang	Superstrate 2x2	Superstrate 3x3
Return Loss (dB)	-2,67	-19,37	19,79	-20,43	-12,48	-20,28

Return Loss (dB)	-2,67	-19,37	19,79	-20,43	-12,48	-20,28
------------------	-------	--------	-------	--------	--------	--------

2. Voltage Wave Standing Ratio (VSWR) dan Bandwidth



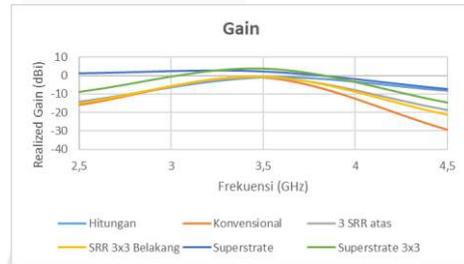
GAMBAR 10
VSWR simulasi antena

Hasil VSWR & bandwidth pada perancangan simulasi antena yaitu sebagai berikut :

TABEL 11
Hasil VSWR & bandwidth simulasi

	Hitungan	Konvensional	3 SRR atas	SRR 3x3 belakang	Superstrate 2x2	Superstrate 3x3
VSWR	6,55	1,24	1,22	1,21	1,62	1,21
Bandwidth (MHz)	85	135	127	141	206	207

3. Gain



GAMBAR 11
Gain simulasi antena

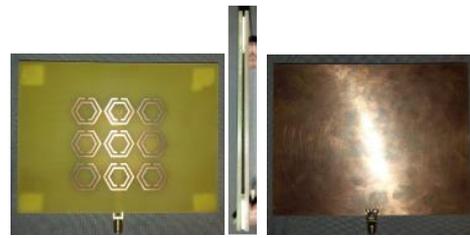
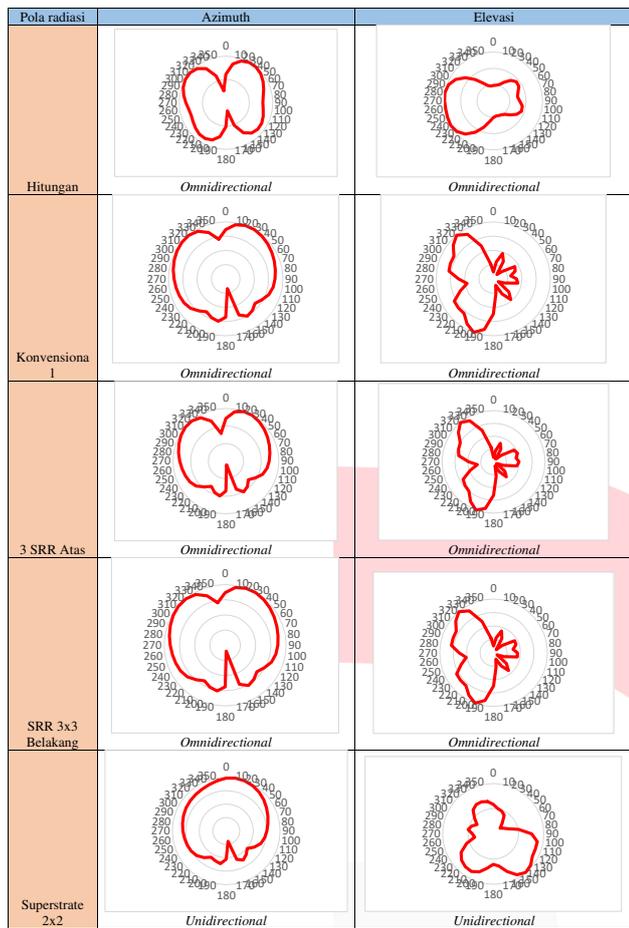
Hasil VSWR & bandwidth pada perancangan simulasi antena yaitu sebagai berikut :

TABEL 12
Hasil gain simulasi antena

	Hitungan	Konvensional	3 SRR atas	SRR 3x3 belakang	Superstrate 2x2	Superstrate 3x3
Gain (dBi)	-0,82	1,39	1,48	1,49	3,66	3,81

4. Pola Radiasi

TABEL 13
Hasil pola radiasi antena



(a) (b) (c)
GAMBAR 13

Antena SRR 3 x 3 superstrate (a) Tampak depan (b) Tampak samping (c) Tampak belakang.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengukuran dan Analisis

1. Realisasi Antena

Terdapat 2 antena yang direalisasikan yaitu antena konvensional dan antena berbasis Split Ring Resonator (SRR) 3 x 3 dengan menggunakan metode superstrate. Antena konvensional dengan bentuk patch hexagonal dan antena Split Ring Resonator (SRR) 3 x 3 dengan menggunakan metode superstrate memiliki dimensi yang sama yaitu 50 mm x 60 mm hanya saja berbeda pada dimensi patch nya. Antena konvensional dengan bentuk patch hexagonal memiliki dimensi antena yaitu 25,08 mm dan antena Split Ring Resonator (SRR) 3 x 3 dengan menggunakan metode superstrate memiliki dimensi sekitar 24,65 mm. Kedua antena ini direalisasikan menggunakan bahan FR-4 seperti gambar 12 dan gambar 13.



(a) (b)
GAMBAR 12

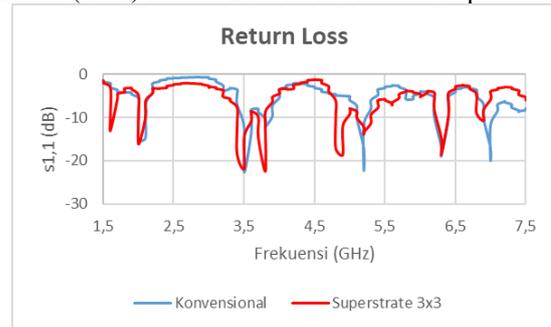
Antena konvensional (a) Tampak depan (b) Tampak belakang

B. Hasil Pengukuran Antena

Setelah dilakukan realisasi dan fabrikasi, maka dilakukan pengukuran antena dengan tujuan untuk mengetahui apakah antena yang sudah diukur sudah sesuai spesifikasi. Parameter yang diukur yaitu return loss, bandwidth, VSWR, pola radiasi, polarisasi, gain.

1. Return Loss

Return loss diukur menggunakan alat ukur VNA. Hasil simulasi antena konvensional akan dibandingkan dengan hasil pengukuran antena yang sudah diukur sebelumnya dalam bentuk grafik. Gambar 14 Hasil return loss pengukuran antena -30 -20 -10 0 1,5 2,5 3,5 4,5 5,5 6,5 7,5 s1,1 (dB) Frekuensi (GHz) Return Loss Konvensional Superstrate 3x3

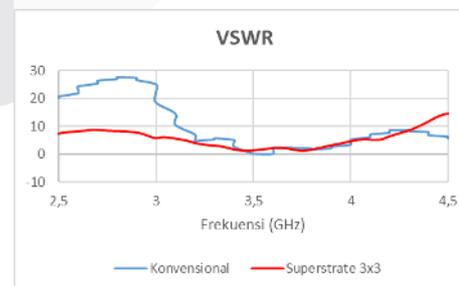


GAMBAR 14

Hasil return loss pengukuran antena

2. VSWR dan Bandwidth

Pengukuran VSWR menggunakan alat ukur VNA. Pengukuran ini akan dibandingkan antara simulasi dan pengukuran dapat dilihat pada gambar 4.4.



GAMBAR 15

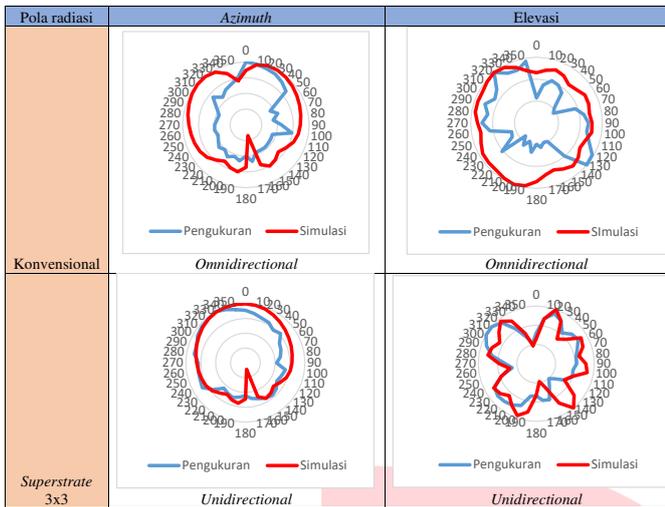
Hasil VSWR pengukuran antenna

3. Pola Radiasi

Pola radiasi dilakukan pengukuran pada arah azimuth dan arah elevasi seperti pada tabel 14 dibawah ini :

TABEL 14

Hasil pengukuran pola radiasi

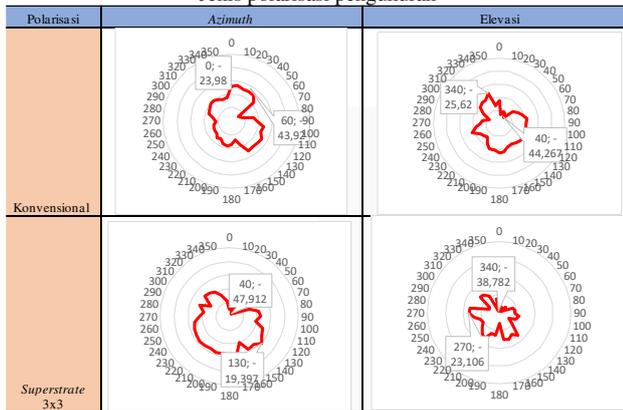


4. Polarisasi

Polarisasi adalah arah rambatan gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh antenna. Pengukuran polarisasi dilakukan pada arah azimuth dan pada arah elevasi. Pengukuran pola radiasi dilakukan setiap 10° yang diputar dari sudut 0° - 350. Jenis – jenis polarisasi sebagai berikut :

TABEL 15

Jenis polarisasi pengukuran



5. Gain

Hasil pengukuran gain didapatkan dari hasil pola radiasi dengan mengambil 10 sample yang dirata - ratakan. Hasil rata – rata pola radiasi yaitu adalah hasil dari nilai S_{21} . Hal – hal yang harus diperhatikan yaitu seperti S_{21} yang bernilai -32,03; Loss kabel transmisi (L_{tx}) bernilai 2,18 dB; Loss kabel receiver (L_{rx}) bernilai -3,38 dB; gain antenna transmisi (G_{tx}) bernilai 10,4 dBi; Free Space Propagation Model (FSL) bernilai 48. Berikut adalah hasil gain dengan memasukkan rumus S_{21} :

$$S_{21} = -L_{tx} + G_{tx} - FSL + G_{rx} - L_{rx} \tag{5}$$

$$-32,03 = -(-2,18) + 10,4 - 48 + G_{rx} - (-3,38)$$

$$G_{rx} = 0,01 \text{ dBi}$$

Hasil pada simulasi yaitu -0,98 dBi dan hasil pada pengukuran antenna konvensional yaitu 0,01 dBi. Perbedaan hasil disebabkan karena posisi yang tidak stabil untuk jarak antenna horn dan antenna yang diukur, keterbatasan alat ukur dan human error.

Hasil pada simulasi yaitu 3,81 dBi dan hasil pada pengukuran antenna superstrate 3x3 yaitu 3,51 dBi. Perbedaan hasil disebabkan karena jarak antenna horn dan antenna yang diukur tidak tepat, keterbatasan alat ukur dan human error.

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan dari perancangan dan realisasi antenna metamaterial patch hexagonal untuk teknologi 5G dengan SRR pada frekuensi 3,5 GHz adalah sebagai berikut :

1. Antena mikrostrip patch hexagonal dengan menggunakan Split Ring Resonator (SRR) pada simulasi dan pengukuran telah memenuhi spesifikasi yang dibuat.
2. Dengan penambahan SRR dan metode superstrat dapat meningkatkan bandwidth dan gain pada antenna.
3. Hasil pada simulasi dengan superstrate 3x3 dan metode superstrate mempunyai nilai return loss -20,28 dB, VSWR bernilai 1,21, bandwidth 205 MHz, gain bernilai sekitar 3,81 dBi dan pola radiasi unidirectional. Hasil pada pengukuran mempunyai nilai return loss sekitar -21,80 dB, VSWR bernilai 1,15, bandwidth 199 MHz, gain bernilai 3,51 dBi dan mempunyai pola radiasi unidirectional.
4. Antena yang yang dihasilkan pada penelitian ini belum bisa digunakan untuk teknologi 5G, karena belum dilakukannya penelitian secara mendalam untuk penggunaan antenna ini.

B. Saran

Penulis menyampaikan beberapa saran setelah penulisan Tugas Akhir ini sebagai bahan evaluasi kedepannya agar penelitian kedepannya menjadi lebih baik:

1. Dapat mengembangkan penelitian dengan bentuk lainnya agar dapat memenuhi spesifikasi yang lebih baik lagi.
2. Penggunaan jenis metamaterial lainnya agar dapat mengetahui perbedaan hasilnya.
3. Penelitian tugas akhir ini dapat digunakan sebagai referensi atau penelitian selanjutnya.
4. Pada saat proses pengukuran penggunaan alat ukur antenna dapat dilakukan dengan baik dan akurat agar mendapatkan hasil yang lebih baik.

REFERENSI

[1] others, “BAB II landasan teori 2.1 definisi antenna microstrip,” vdocuments.pub, 2021. <https://vdocuments.pub/bab-ii-landasan-teori-21-definisi-antenna-microstrip.html?page=1> (accessed Jan. 20, 2022).

[2] doni003, “Jaringan 5G Resmi Beroperasi, Transformasi Digital Melesat,” kominform.go.id, 2021. <https://www.kominform.go.id/content/detail/34812/jaringan-5g-resmi-beroperasi-transformasi-digital-melesat/0/artikel> (accessed Jan. 12, 2022).

[3] W. A. N. HAKIM, PENINGKATAN BANDWIDTH ANTENA METAMATERIAL PATCH TRIANGULAR LHM UNTUK 5G (BANDWIDTH ENHANCEMENT OF THE LHM TRIANGULAR PATCH METAMATERIAL ANTENNA FOR 5G). 2022.

[4] A. N. LESTARI, PERANCANGAN DAN ANALISIS ANTENA MIKROSTRIP PATCH TRIANGULAR BERBASIS LEFT-HANDED METAMATERIAL (LHM) UNTUK PENINGKATAN BANDWIDTH PADA TEKNOLOGI 5G DENGAN FREKUENSI 3,5 GHZ. 2022.

- [5] AYH, "Menkominfo Tegaskan Frekuensi 5G di Indonesia Tak Ganggu Penerbangan," kominfo.go.id, 2022.
- [6] D. N. Asih, "Mengenal Kerja Jaringan 5G untuk Ponsel dan Mobil Otonom," cnnindonesia.com, 2020. <https://www.cnnindonesia.com/teknologi/20201109155233-185-567694/mengenal-kerja-jaringan-5g-untuk-ponsel-dan-mobil-otonom> (accessed Feb. 20, 2022).
- [7] R. Dilli, "Analysis of 5G Wireless Systems in FR1 and FR2 Frequency Bands," 2nd Int. Conf. Innov. Mech. Ind. Appl. ICIMIA 2020 - Conf. Proc., no. March 2020, pp. 767–772, 2020, doi: 10.1109/ICIMIA48430.2020.9074973.
- [8] Dickson Kho, "Pengertian Antena dan Parameter Karakteristiknya," teknikelektronika.com. <https://teknikelektronika.com/pengertian-antena-parameter-karakteristiknya/> (accessed Feb. 25, 2022).
- [9] S. Salsabila, H. H. Ryanu, L. O. Nur, and U. Telkom, "WEARABLE ANTENNA JENIS MIKROSTRIP DENGAN STRUKTUR ELECTROMAGNETIC BAND GAP UNTUK KOMUNIKASI WIRELESS PADA TUBUH".
- [10] Syarifah Muthia Putri, "Analisis Antena Mikrostrip Fraktal Sierpinski Gasket," *J. Elektro dan Telekomun.*, vol. 4, pp. 55–61, 2018.
- [11] Insomasta, "Antena Mikrostrip," casdoper.blogspot.com, 2014. <https://casdoper.blogspot.com/2014/02/antena-mikrostrip.html> (accessed Mar. 03, 2022).
- [12] Syahrial., A. Teuku Yuliar, and J. Ariga, "Simulasi Perancangan dan Analisa Antena Mikrostrip Patch Circular pada Frekuensi 2,4GHz untuk Aplikasi WLAN," *Semin. Nas. dan Expo Tek. Elektro 2015*, pp. 134–140, 2015.
- [13] H. N. R A K, "Desain Antena Hexagonal Patch Array untuk Peningkatan Gain dan Bandwidth pada Frekuensi 2,4 GHz," *TELKA - Telekomun. Elektron. Komputasi dan Kontrol*, vol. 2, no. 1, pp. 44–52, 2016, doi: 10.15575/telka.v2n1.44-52.
- [14] A. R. Aji, L. O. Nur, and B. Syihabuddin, "Perancangan Dan Realisasi Antena Mikrostrip Array Berbentuk Design and Realization of Hexagonal Patch Microstrip Array Antenna for Mimo 4X4 in 15 Ghz Application," *J. Eng.*, vol. 5, no. 3, pp. 5312–5319, 2018.
- [15] Staf wikiHow, "Cara Menghitung Apotema Heksagon," wikihow.com. <https://id.wikihow.com/Menghitung-Apotema-Heksagon> (accessed Dec. 05, 2022)..