

RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP MIMO TRIANGULAR PATCH FREKUENSI 2300 MHz UNTUK TEKNOLOGI 4G LTE (Long Term Evolution)

DESIGN OF ANTENNA MICROSTRIP MIMO TRIANGULAR PATCH 2300 MHz FREQUENCY FOR 4G LTE (LONG TERM EVOLUTION) TECHNOLOGY

Erlis Cahyani¹, Maria Ulfah S.T.,M.T^{2*}

^{1,2}Politeknik Negeri Balikpapan, JL. Soekarno-Hatta Km 08, Balikpapan

*E-mail: maria.ulfah@poltekba.ac.id

Diterima 29-09-2020	Diperbaiki 14-10-2020	Disetujui 14-10-2020
---------------------	-----------------------	----------------------

ABSTRAK

LTE merupakan standar komunikasi akses data nirkabel tingkat tinggi berbasis jaringan GSM/EDGE dan UMTS/HSDPA. Teknologi 4G LTE memiliki kelebihan antara lain diantaranya kecepatan transfer data yang tinggi, tetapi kondisi di lapangan masih adanya lokasi-lokasi yang belum mendapatkan performansi optimal dari teknologi tersebut. Salah satu upaya solusi untuk mengatasi masalah tersebut adalah menambahkan antena eksternal bagi pengguna. Konsep yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan, merancang dan implementasi antena mikrostrip berbentuk segitiga (triangular), karena menghasilkan bandwidth dan gain yang cukup besar tanpa memerlukan modifikasi yang signifikan. Untuk perancangan antena menggunakan software CST Studio dengan mengacu kepada parameter referensi yakni VSWR, Return Loss, Gain, bandwidth. dan dilanjutkan dengan fabrikasi antena 2x2, 4x4 dan 8x8. Antena MIMO triangular yang dirancang memiliki panjang sisi $a = 30$ mm, sehingga hasil perancangan antena mikrostrip MIMO 2x2 diperoleh nilai VSWR 1.588, return loss -18.478 dB, gain 4.695 dB. Hasil simulasi antena 4x4 VSWR 1.4646, return loss -18.697 dB, gain 4.791 dB. Hasil simulasi antena 8x8 VSWR 1.4094, return loss -26.747 dB, gain 4.9001 dB dengan polarisasi omnidirectional dan bandwidth 100 MHz. Pengujian antena dilakukan menggunakan speed test dengan 3 kondisi yaitu di luar ruangan (outdoor), dalam ruangan (indoor), dan berdasarkan jarak. Sehingga diperoleh hasil secara keseluruhan menunjukkan antena MIMO 8x8, dimana pengujian dilakukan di luar ruangan (outdoor) keadaan tidak bergerak (statis) lebih unggul dibandingkan dalam keadaan bergerak (dinamis).

Kata kunci: LTE, Antena mikrostrip, MIMO, Triangular patch

ABSTRACT

LTE is a high-level wireless data access communication standard based on GSM / EDGE and UMTS / HSDPA networks. 4G LTE technology has advantages, including high data transfer speeds, but conditions in the field still have locations that have not received optimal performance from this technology. One solution to overcome this problem is to add an external antenna for the user. The concept used in this study is to design and implement a triangular (triangular) microstrip antenna, because it produces a large enough bandwidth and gain without requiring significant modifications. For antenna design using CST Studio software by referring to reference parameters VSWR, Return Loss, Gain, bandwidth. and continued with the fabrication of 2x2, 4x4 and 8x8 antennas. The triangular MIMO antenna is designed to have a side length of $a = 30$ mm, so the results of the design of the 2x2 MIMO microstrip antenna are 1.588 VSWR, return loss -18.478 dB, gain 4,695 dB. Simulation results of antenna 4x4 VSWR 1.4646, return loss -18,697 dB, gain 4,791 dB. The simulation results of antenna 8x8 VSWR 1.4094, return loss -26,747 dB, gain 4,9001 dB with omnidirectional radiation and 100 MHz bandwidth. Antenna testing was carried out using a speed test with 3 conditions, namely outdoors (outdoor), indoors (indoor), and based on the distance, so that the overall results show the MIMO 8x8 antenna, where the test is carried out outdoors (outdoor) in a stationary state (static) is superior to that in a moving state (dynamic).

Keywords: LTE, Microstrip antenna, MIMO, Triangular patch

PENDAHULUAN

Long Term Evolution atau sering disingkat LTE adalah standar komunikasi akses data nirkabel tingkat tinggi berbasis jaringan GSM/EDGE dan UMTS/HSDPA. LTE ini merupakan generasi keempat (4G) dari teknologi sistem komunikasi bergerak saat ini menggantikan 3G [1]. LTE sendiri di rancang untuk memenuhi kebutuhan operator akan akses data yang berkecepatan tinggi. Sekarang LTE mampu mencapai kecepatan akses data untuk mengunduh (download) hingga 300 Mbps dan untuk mengunggah (upload) mencapai 75 Mbps [2].

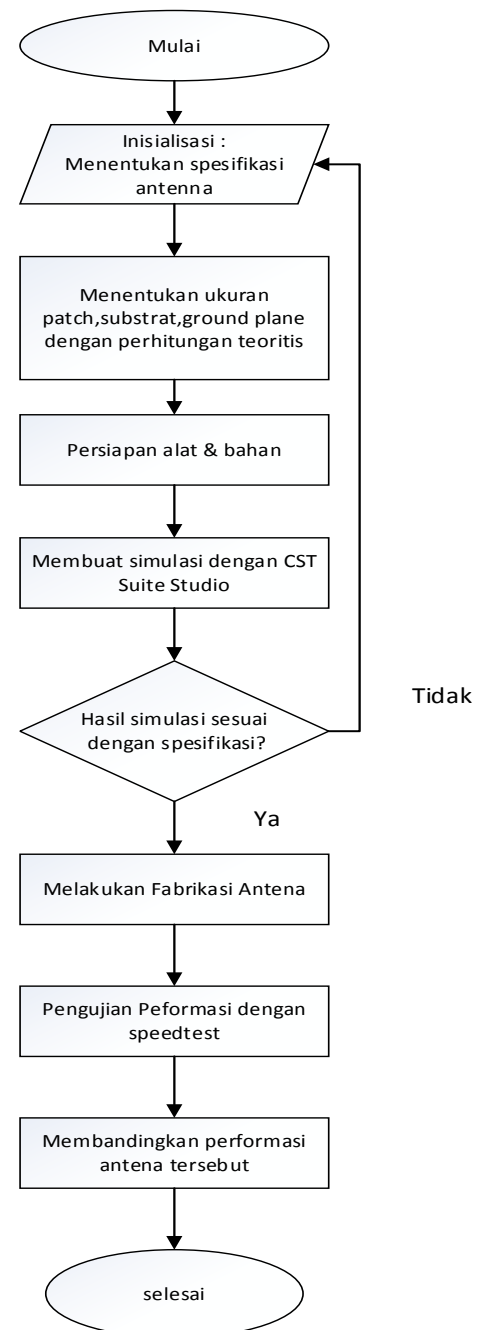
Pada masa sekarang ini teknologi 4G LTE mendapatkan perhatian khusus, sehingga harus mampu menjamin kecepatan transfer data yang tinggi. Pada teknologi LTE, terdapat banyak teknik yang dapat meningkatkan kualitas performasi LTE. Salah satunya dengan menggunakan teknik antenna MIMO (Multiple-input Multiple-output). Antena MIMO adalah sistem yang menggunakan multi antenna baik pada pemancar (transmitter) maupun penerima (receiver) sehingga mengakibatkan kinerja antenna menjadi lebih baik [3]. Salah satu antenna yang banyak digunakan yaitu antenna mikrostrip. Antena mikrostrip memiliki beberapa keuntungan yaitu, efisiensi yang rendah, memiliki bandwidth yang sempit, mempunyai pola radiasi yang rendah [4].

Mengingat pentingnya peranan antenna pada komunikasi *wireless*, maka pada penelitian ini akan dirancang, disimulasikan dan direalisasikan sebuah antenna yang mampu bekerja pada frekuensi 2300 MHz. Oleh karena itu judul penelitian ini “*Rancang Bangun Antena Mikrostrip MIMO Triangular Patch Dengan Frekuensi 2300 MHz Untuk Teknologi LTE (Long Term Evolution)*” yang akan membahas mengenai pembuatan design, simulasi dan realisasi antenna mikrostrip MIMO dimana proses design menggunakan Software CST Studio 2018, pengujiannya menggunakan *Speed Test* dan realisasinya dapat diimplementasikan untuk memperkuat sinyal di area atau wilayah yang memiliki kualitas kekuatan sinyal yang lemah.

METODOLOGI

Pada penelitian ini akan dirancang antenna mikrostrip MIMO *Triangular Patch* 2300 MHz untuk teknologi 4G LTE (*Long Term Evolution*)

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan dapat dijelaskan sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram Penelitian

1) Perancangan Antena Mikrostrip Single Patch

Pada perancangan ini terdapat beberapa tahapan yang diawali dengan menentukan frekuensi kerja yang diinginkan beserta spesifikasi yang akan dicapai. Menentukan jenis substrat yang akan digunakan, selanjutnya dilakukan perhitungan dimensi patch antenna, panjang dan lebar saluran transmisi. Dari hasil perhitungan tersebut disimulasikan menggunakan simulator *CST Studio 2018* [5].

Tabel 1. Spesifikasi antenna yang akan dicapai [6,7]

No	Parameter	Keterangan
1.	Frekuensi Kerja	2300-2400 MHz
2.	Frekuensi Tengah	2350 MHz
3.	Bandwidth	100 MHz
4.	Impedansi	50 Ω
5.	Gain	≥ 2 dB
6.	VSWR	≤ 2
7.	Return loss	≤ -10 dB

Tabel 2. Spesifikasi substrat yang digunakan [8]

Parameter Substrat Epoxy FR4	Keterangan
Konstanta Dielektrik Relatif (ε)	4,4
Dielektrik Loss Tangent (tan □)	0,02
Ketebalan Substrat (h)	1,6 mm

2) Perancangan Dimensi Patch Antena

Untuk menentukan dimensi antenna *triangular* dapat digunakan persamaan berikut [8]:

$$a = \frac{2c}{3fr\sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots(1)$$

Dimana :

- a = panjang sisi patch segitiga (m)
- εr = konstanta dielektrik
- c = kecepatan cahaya di ruang bebas (3 x 10⁸ m/s²)
- fr = frekuensi kerja antena (Hz)

Untuk mengkompensasi efek tepi maka persamaan diatas diambil [8] :

$$a_{\text{eff}} = a + \frac{h}{\sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots(2)$$

Dimana a_{eff}: panjang efektif segitiga (mm)
Maka didapat :

$$a = \frac{2c}{3fr\sqrt{\epsilon_r}} = 0.041 \text{ m} / 41 \text{ mm}$$

Panjang sisi segitiga ini harus ditambah lagi karena terdapat efek tepi dari elemen peradiasi, yang akan menyebabkan elemen peradiasi akan bertambah lebar. Sehingga panjang sisi segitiga efektif dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini :

$$a_{\text{eff}} = a + \frac{h}{\sqrt{\epsilon_r}} = 41.76 \text{ mm}$$

3) Perancangan Dimensi Saluran Transmisi

Setelah melakukan perhitungan dimensi patch antenna selanjutnya menentukan lebar saluran pencatu (W) menggunakan persamaan berikut [9]:

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\} \dots\dots(3)$$

$$W = \frac{2 \times 1,6}{3,14} \left\{ 5,64 - 1 - \ln(2 \times 5,64 - 1) + \frac{4,4 - 1}{2 \times 4,4} \left[\ln(5,64 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{4,4} \right] \right\} = 3.06 \text{ mm}$$

Menentukan B dari nilai impedensi 50 Ω menggunakan persamaan sebagai berikut [9]:

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots(4)$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{60 \times 3,14^2}{50 \sqrt{4,4}} = 5,64 \text{ mm}$$

Untuk Menentukan panjang gelombang diudara bebas (λ) ,menggunakan persamaan sebagai berikut [9] :

$$\lambda = \frac{c}{f} \dots\dots(5)$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{2,3 \times 10^9} = 130,4 \text{ mm}$$

Untuk menentukan panjang gelombang saluran transmisi (λ_d) dapat menggunakan persamaan sebagai berikut [9] :

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} \dots\dots(6)$$

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} = \frac{130,4}{\sqrt{4,4}} = 62 \text{ mm}$$

Menentukan Lt menggunakan persamaan sebagai berikut [9] :

$$L_t = \frac{1}{4} \times \lambda_d \dots\dots(7)$$

$$L_t = \frac{1}{4} \times \lambda_d = \frac{1}{4} \times 62 = 15,5 \text{ mm}$$

4) Perancangan Substrate Dan Groundplane

Setelah melakukan perhitungan saluran transmisi selanjutnya menghitung dimensi substrate dan *groundplane* antenna yang akan dibuat. Panjang *groundplane* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [9] :

$$L_g = 6h + a \dots\dots(8)$$

$$L_g = 6h + a = 6 \times 1,6 + 41.76 = 51.36 \text{ mm}$$

Lebar *groundplane* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [9]:

$$W_g = 6h + a \dots\dots(9)$$

$$W_g = 6h + a = 6 \times 1,6 + 41.76 = 51.36 \text{ mm}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

1) Simulasi Antena *Single Patch*

Hasil Perbandingan Parameter dan ukuran dimensi Antena *Single Patch* Setelah Optimasi.

Tabel 3. Perbandingan parameter antena *single patch* sebelum dan sesudah optimasi

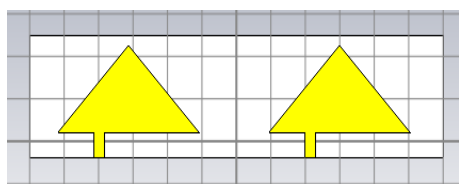
Parameter	<i>Single patch</i> sebelum optimasi	<i>Single patch</i> setelah optimasi
VSWR	15.61	1.25
Returnloss	-1.11 dB	-18.79 dB
Gain	4.08 dB	5.32 dB
Bandwidth	100 MHz	100 MHz
Polaradiasi	<i>Omnidirectional</i>	<i>Omnidirectional</i>

Tabel 2. Perbandingan ukuran dimensi antena sebelum dan setelah optimasi

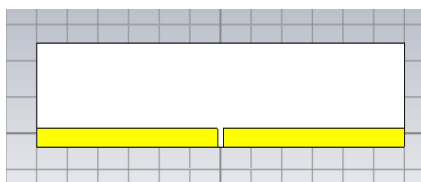
Dimensi Antena	<i>Single patch</i> sebelum optimasi(mm)	<i>Single patch</i> setelah optimasi (mm)
Panjang sisi	41.76	30
Tebal <i>Substrate</i>	1.6	1.6
Panjang <i>Groundplane</i>	51.36	50
Panjang <i>substrate</i>	51.36	50
Panjang <i>feeder</i>	15.5	15.5
Tebal <i>patch</i>	0.035	0.035
Lebar <i>Groundplane</i>	51.36	58.5
Lebar <i>feeder</i>	3.06	6
Lebar <i>substrate</i>	51.36	58.5

2) Hasil Simulasi Dua Patch Triangular

2.1 Hasil Desain Antena 2 *Patch Triangular* menggunakan CST Studio 2018.



Gambar 2. Tampak Depan Antena 2 *Patch*



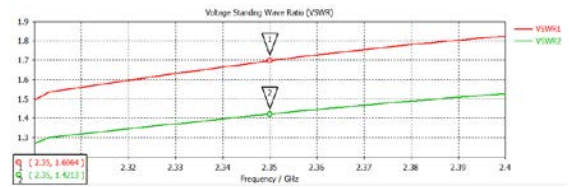
Gambar 3. Tampak Belakang Antena 2 *Patch*

2.2 Hasil Parameter Antena 2 *Patch Triangular*

a. VSWR

Pada gambar 3 hasil VSWR antena 2 *patch* sudah sesuai spesifikasi ,antenna 1 memiliki nilai 1.6964 ,antenna 2 bernilai 1.4213 sehingga

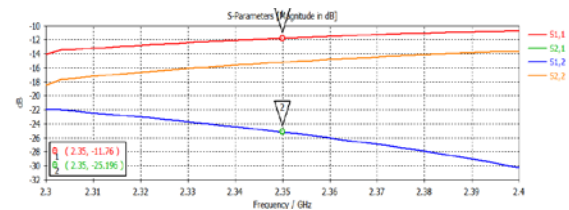
diperoleh rata-rata VSWR antena 2 *patch* yaitu 1.588.



Gambar 4. Grafik VSWR Antena 2 *Patch*

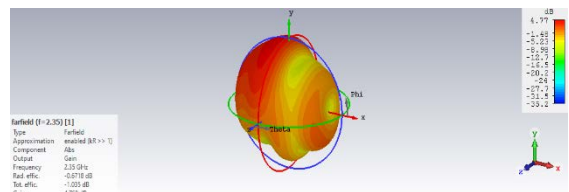
b. *Return Loss*

Pada gambar 5 nilai *return loss* dari grafik *S-Parameters* antara antena dua *patch* sudah sesuai spesifikasi ,antenna 1 memiliki nilai -11.76 dB,antenna 2 bernilai -25.196 dB.Sehingga diperoleh rata-rata *return loss* antena dua *patch* yaitu -18.468 dB.



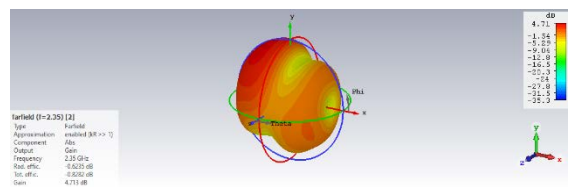
Gambar 5. Grafik *S-Parameters* Antena 2 *Patch*

c. Gain



Gambar 6. Gain antena 1

Pada gambar 6 merupakan gain antena 1 dengan nilai 4.678 dB, hasil tersebut sesuai dengan nilai spesifikasinya yaitu ≥ 2 dB

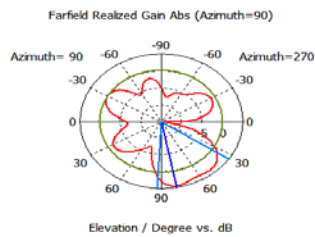


Gambar 7. Gain antena 2

Pada gambar 7 merupakan gain antena 2 bernilai 4.713 dB. Sehingga dapat diperoleh rata-rata gain antena 1 dan 2 yaitu 4.695 dB

d. Polaradiasi

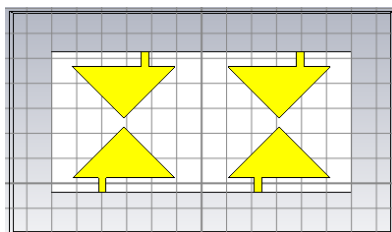
Pada antena 2 *patch* diperoleh hasil polaradiasi *Omnidirectional*.



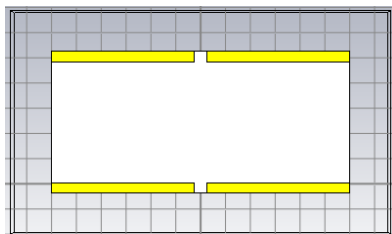
Gambar 8. Polaradiasi antenna 2 patch

3) Hasil Simulasi Empat Patch Triangular

3.1 Hasil Desain Antena Empat Patch Triangular menggunakan CST Studio 2018.



Gambar 9. Tampak Depan Antenna Empat Patch

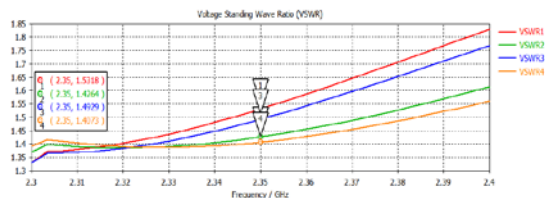


Gambar 10. Tampak Belakang Antenna Empat Patch

3.2 Hasil Parameter Antena Empat Patch

a. VSWR

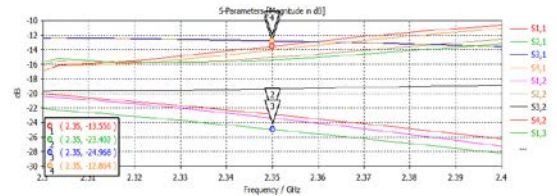
Pada gambar 11 hasil VSWR antenna empat sudah sesuai spesifikasi ,antenna 1 memiliki nilai 1.5318 ,antenna 2 bernilai 1.4264,antenna 3 bernilai 1.4929,dan antenna 4 bernilai 1.4073 sehingga diperoleh rata-rata VSWR antenna empat patch yaitu 1.4646.



Gambar 11. Grafik VSWR Antena Empat patch

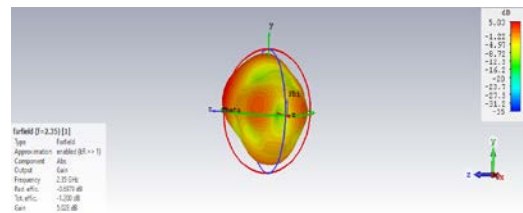
b. Return Loss

Pada gambar 12 nilai *return loss* dari grafik *S-parameters* antena empat patch sudah sesuai spesifikasi yaitu, antenna 1 memiliki nilai -13.556 dB , antenna 2 bernilai -23.402 dB ,antenna 3 bernilai -24.968 dB, dan antenna 4 bernilai -12.864 dB. Sehingga diperoleh hasil rata-rata -18.697 dB.



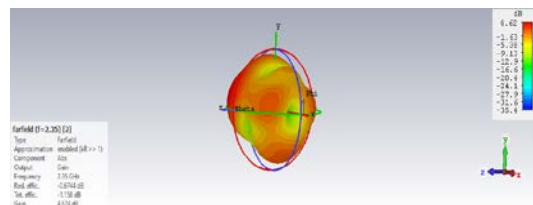
Gambar 12. Grafik S-Parameters Antena Empat Patch

c. Gain



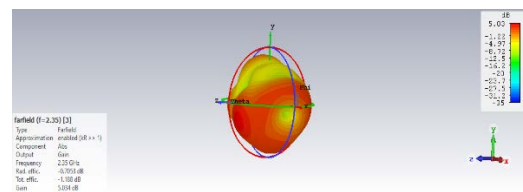
Gambar 13. Gain Antena 1

Pada gambar 13 merupakan gain antenna 1 dengan nilai 5.028 dB



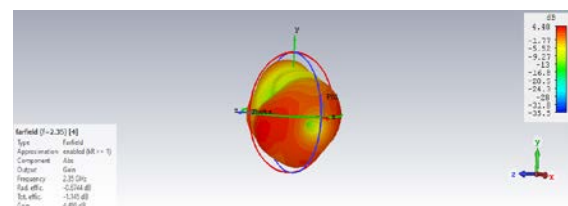
Gambar 14. Gain Antena 2

Pada gambar 14 merupakan gain antenna 2 dengan nilai 4.713 dB.



Gambar 15. Gain Antena 3

Pada gambar 15 merupakan gain antenna 3 dengan nilai 5.034 dB

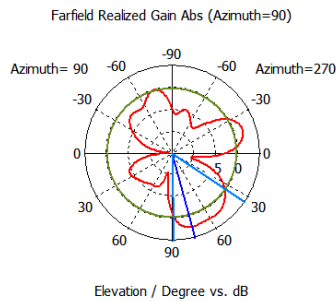


Gambar 16. Gain Antena 4

Pada gambar 16 merupakan gain antenna 4 dengan nilai 4,480 dB. Setelah semua nilai gain diketahui maka dapat diperoleh hasil rata-rata gain yaitu 4,791 dB. Hasil tersebut sudah sesuai spesifikasi gain yaitu ≥ 2 dB.

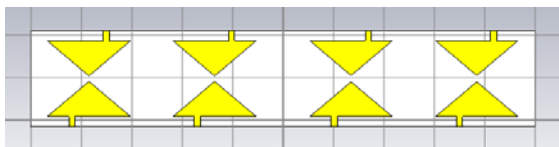
d. Polaradiasi

Pada gambar 17 merupakan hasil polaradiasi antenna empat patch yaitu *omnidirectional*.

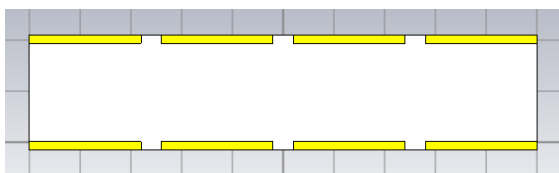


Gambar 17. Polaradiasi Antena Empat Patch

4) Hasil Simulasi Antena Delapan Patch
4.1 Hasil Desain Antena Delapan Patch



Gambar 18. Tampak Depan Antena Delapan Patch

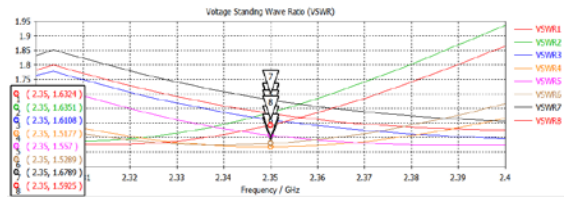


Gambar 19. Tampak Belakang Antena Delapan Patch

4.2 Hasil Parameter Antena Delapan Patch

a. VSWR

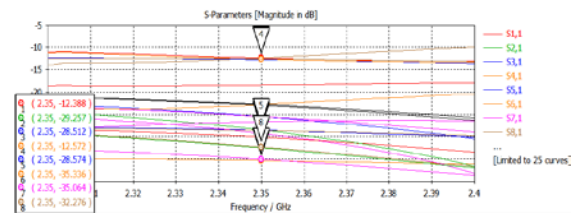
Pada gambar 20 hasil VSWR antenna delapan patch sudah sesuai spesifikasi, antenna 1 memiliki nilai 1,6324 antenna 2 bernilai 1,6351 antenna 3 bernilai 1,6108 antenna 4 bernilai 1,5177 antenna 5 bernilai 1,557 antenna 6 bernilai 1,5289 antenna 7 bernilai 1,6789 dan antenna 8 memiliki nilai 1,5925, sehingga diperoleh rata-rata VSWR antenna empat patch yaitu 1.4094



Gambar 20. Grafik VSWR Antena Delapan Patch

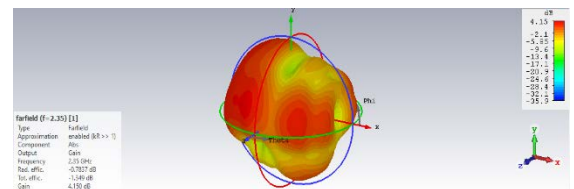
b. Return Loss

Pada gambar 21 nilai *return loss* dari grafik *S-parameters* antenna delapan patch sudah sesuai spesifikasi yaitu, antenna 1 memiliki nilai -12.388 dB, antenna 2 bernilai -29.257 dB, antenna 3 bernilai -28.512 dB, antenna 4 bernilai -12.572 dB, antenna 5 bernilai -28.574 dB, antenna 6 bernilai -35.336 dB, antenna 7 bernilai -35.064 dB, dan antenna 8 memiliki nilai -32.276 dB. Sehingga diperoleh hasil rata-rata -26.747 dB.



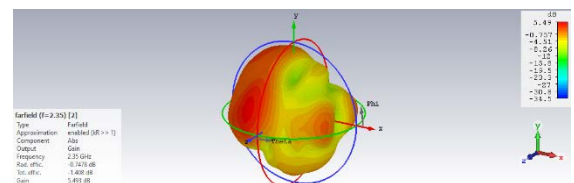
Gambar 21. Grafik S-Parameters Antena Delapan Patch

c. Gain



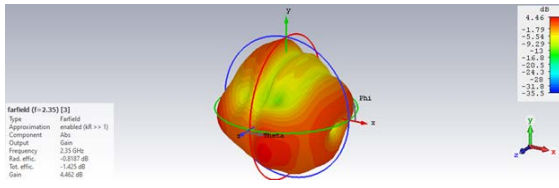
Gambar 22. Gain Antena 1

Pada gambar 22 merupakan gain antenna 1 dengan nilai 4.150 dB.



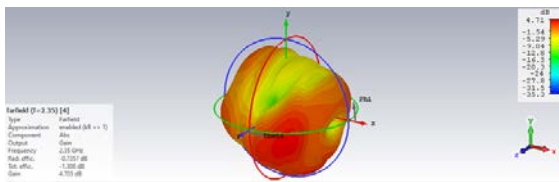
Gambar 23. Gain Antena 2

Pada gambar 23 merupakan gain antenna 2 dengan nilai 4.493 dB.



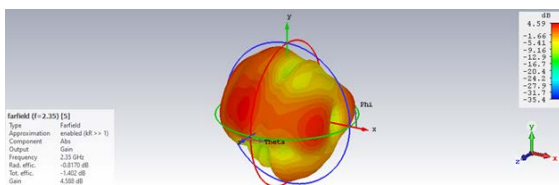
Gambar 24. Gain Antena 3

Pada gambar 24 merupakan gain antenna 3 dengan nilai 4.462 dB.



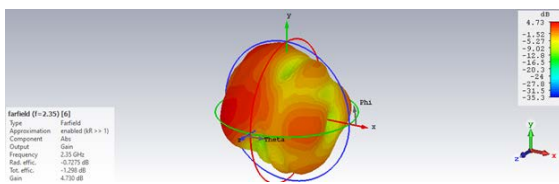
Gambar 25. Gain Antena 4

Pada gambar 25 merupakan gain antenna 4 dengan nilai 4.705 dB.



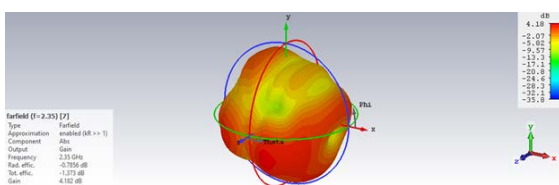
Gambar 26. Gain Antena 5

Pada gambar 26 merupakan gain antenna 5 dengan nilai 4.588 dB.



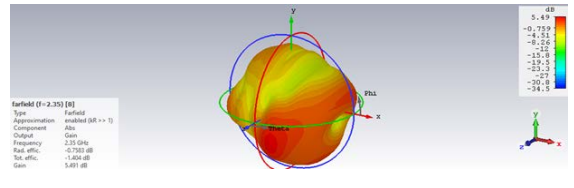
Gambar 27. Gain Antena 6

Pada gambar 27 merupakan gain antenna 6 dengan nilai 4.730 dB.



Gambar 28. Gain Antena 7

Pada gambar 28 merupakan gain antenna 7 dengan nilai 4.182 dB.

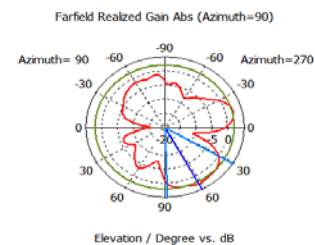


Gambar 29. Gain Antena 8

Pada gambar 29 merupakan gain antenna 8 dengan nilai 5.419 dB. Setelah semua nilai gain diketahui maka dapat diperoleh hasil rata-rata gain yaitu 4.9001 dB. Hasil tersebut sudah sesuai spesifikasi gain yaitu ≥ 2 dB.

d. Polaradiasi

Pada gambar 30 merupakan hasil polaradiasi antenna delapan patch yaitu *omnidirectional*.



Gambar 30. Polaradiasi Antena Delapan patch

Berdasarkan hasil simulasi dari program CST 2018, antenna mikrostrip MIMO 2x2, 4x4 dan 8x8 .Nilai VSWR yang diperoleh memenuhi spesifikasi yang diinginkan yaitu ≤ 2 . Antena mikrostrip MIMO 2x2 menghasilkan nilai 1,588 antenna mikrostrip MIMO 4x4 menghasilkan nilai 1,4646 sedangkan antenna mikrostrip MIMO 8x8 menghasilkan nilai 1,4094. Sesuai dengan teori VSWR, semakin kecil nilai yang dihasilkan akan semakin bagus hasil yang diperoleh.

Untuk hasil parameter *return loss* juga sudah memenuhi spesifikasi yaitu ≤ -10 dB, dapat dilihat bahwa hasil yang diperoleh antenna mikrostrip MIMO 8x8 lebih besar yaitu -26.747 dB dibandingkan hasil dari antenna mikrostrip MIMO 4x4 bernilai -18.697 dB dan antenna mikrostrip MIMO 2x2 bernilai -18.478 dB.

Untuk *gain*, semakin banyak elemen antenna maka cangkupan antenanya pun menjadi lebih lebar karena itu hasil parameter dari antenna 8x8 cangkupannya terlihat lebih besar dengan hasil 4,9001 dB dibandingkan dengan

antena mikrostrip MIMO 4x4 yaitu sebesar 4,791 dB dan antena mikrostrip MIMO 2x2 sebesar 4.695 dB.

Tabel 3. Perbandingan Parameter Antena 2x2, 4x4 dan 8x8 *Triangular Patch*

Parameter	Antenna 2x2	Antenna 4x4	Antenna 8x8
VSWR	1.588	1.4646	1.4094
Returnloss	-18.478	-18.697	-26.747
Gain	4.695	4.791	4.901
Bandwidth	100 MHz	100 MHz	100 MHz

4) Hasil Fabrikasi Antena

Setelah dilakukan simulasi menggunakan *CST Studio 2018* langkah terakhir yaitu melakukan fabrikasi antenna.



Gambar 31. Hasil Fabrikasi Antena

5) Pengujian Antena Indoor Keadaan Statis

Pada pengujian antenna menggunakan modem *bolt* sebagai *access point* dan menggunakan kartu provider smartfren.

Tabel 4. Hasil Rata-rata Pengujian Antena Indoor (Lantai 1) Keadaan Statis

	Tanpa Antena	Antena 2x2	Antena 4x4	Antena 8x8
Unduh	4.21 Mbps	5.8 Mbps	8.48 Mbps	9.02 Mbps
Unggah	0.095 Mbps	0.29 Mbps	0.349 Mbps	0.39 Mbps
PING	262 ms	653 ms	188 ms	98ms
Jitter	976 ms	-	372 ms	227 ms
Paketloss	-	-	-	-

Tabel 5. Hasil Rata-rata Pengujian Antena Indoor (Lantai 2) Keadaan Statis

	Tanpa Antena	Antena 2x2	Antena 4x4	Antena 8x8
Unduh	4.21 Mbps	5.8 Mbps	8.48 Mbps	9.02 Mbps
Unggah	0.095 Mbps	0.29 Mbps	0.349 Mbps	0.39 Mbps
PING	262 ms	653 ms	188 ms	98ms
Jitter	976 ms	-	372 ms	227 ms
Paketloss	-	-	-	-

Unduh	5.1 Mbps	5.25 Mbps	8.82 Mbps	9.43 Mbps
Unggah	0.095 Mbps	0.29 Mbps	0.38 Mbps	0.44 Mbps
PING	223 ms	235 ms	155 ms	102 ms
Jitter	925 ms	381 ms	102 ms	254 ms
Paketloss	-	-	-	-

Tabel 6. Hasil Rata-rata Pengujian Antena Indoor (Lantai 3) Keadaan Statis

	Tanpa Antena	Antena 2x2	Antena 4x4	Antena 8x8
Unduh	5.35 Mbps	6.96 Mbps	9.49 Mbps	11.03 Mbps
Unggah	0.14 Mbps	1.34 Mbps	1.16 Mbps	1.19 Mbps
PING	240 ms	219 ms	144 ms	369 ms
Jitter	397 ms	392 ms	93 ms	297 ms
Paketloss	5.2 %	-	-	-

Berdasarkan tabel 4,5 dan 6 perbandingan hasil performasi yang dihasilkan dari pengujian menggunakan *speed test* yang telah dilakukan di dalam ruangan (*indoor*) keadaan *statis* dengan pengujian dilakukan di lantai 1,2 dan 3 menunjukkan bahwa performasi antenna mikrostrip 8x8 lebih unggul dibandingkan antenna mikrostrip 2x2, 4x4 dan pengujian tanpa menggunakan antenna. Hasil tersebut sesuai dengan teori bahwa semakin banyak elemen antenna maka performasinya akan semakin bagus.

6) Pengujian Antena Indoor Keadaan Dinamis

Tabel 7. Hasil Rata-rata Pengujian Antena Indoor (Lantai 1) Keadaan Dinamis

	Tanpa Antena	Antena 2x2	Antena 4x4	Antena 8x8
Unduh	3.79 Mbps	4.27 Mbps	6.98 Mbps	8.63 Mbps
Unggah	0.09 Mbps	0.13 Mbps	0.32 Mbps	0.37 Mbps
PING	251 ms	210 ms	216 ms	182 ms
Jitter	931 ms	775 ms	182 ms	251 ms
Paketloss	-	-	-	-

Tabel 8. Hasil Rata-rata Pengujian Antena Indoor (Lantai 2) Keadaan Dinamis

	Tanpa Antena	Antena 2x2	Antena 4x4	Antena 8x8
Unduh	3.79 Mbps	4.27 Mbps	6.98 Mbps	8.63 Mbps
Unggah	0.09 Mbps	0.13 Mbps	0.32 Mbps	0.37 Mbps
PING	251 ms	210 ms	216 ms	182 ms
Jitter	931 ms	775 ms	182 ms	251 ms
Paketloss	-	-	-	-

Unduh	4.2	4.38	7.12	9.26
	Mbps	Mbps	Mbps	Mbps
Unggah	0.067	0.17	0.39	0.39
	Mbps	Mbps	Mbps	Mbps
PING	262 ms	213 ms	212 ms	155 ms
Jitter	863 ms	667 ms	342 ms	270 ms
Paketloss	-	-	-	-

Tabel 9. Hasil Rata-rata Pengujian Antena Indoor (Lantai 3) Keadaan Dinamis

	Tanpa Antena	Antena 2x2	Antena 4x4	Antena 8x8
Unduh	3.82	4.47	8.4	9.87
	Mbps	Mbps	Mbps	Mbps
Unggah	0.08	0.085	0.089	0.11
	Mbps	Mbps	Mbps	Mbps
PING	262 ms	219 ms	147 ms	120 ms
Jitter	638 ms	597 ms	120 ms	325 ms
Paketloss	-	-	-	-

Berdasarkan tabel 7,8 dan 9 perbandingan hasil performasi yang dihasilkan dari pengujian menggunakan speed test yang telah dilakukan di dalam ruangan (*indoor*) keadaan *dinamis* dengan pengujian dilakukan di lantai 1,2 dan 3 menunjukkan bahwa performasi antenna mikrostrip 8x8 lebih unggul dibandingkan antenna mikrostrip 2x2 ,4x4 dan pengujian tanpa menggunakan antenna. Hasil tersebut sesuai dengan teori bahwa semakin banyak elemen antenna maka performasinya akan semakin bagus.

7) Pengujian Antena Outdoor Keadaan Statis

Tabel 10. Hasil Rata-rata Pengujian Antena Outdoor Keadaan Statis

	Tanpa Antena	Antena 2x2	Antena 4x4	Antena 8x8
Unduh	9.08	11.6	11.87	12.04
	Mbps	Mbps	Mbps	Mbps
Unggah	0.18	0.19	0.19	0.22
	Mbps	Mbps	Mbps	Mbps
PING	132 ms	98 ms	72 ms	70 ms
Jitter	305 ms	83 ms	73 ms	44 ms
Paketloss	-	-	-	-

Berdasarkan tabel diatas perbandingan hasil performasi yang dihasilkan dari pengujian menggunakan *speed test* yang telah dilakukan diluar ruangan (*outdoor*) keadaan tidak bergerak (*statis*) menunjukkan bahwa performasi antenna mikrostrip 8x8 lebih unggul dibandingkan antenna mikrostrip 2x2 , 4x4 dan pengujian tanpa menggunakan antenna. Hasil tersebut sesuai dengan teori bahwa semakin

banyak elemen antenna maka performasinya akan semakin bagus.

8) Pengujian Antena Outdoor Keadaan Dinamis

Tabel 11. Hasil Rata-rata Pengujian Antena Indoor Keadaan Dinamis

	Tanpa Antena	Antena 2x2	Antena 4x4	Antena 8x8
Unduh	5.33	10.02	10.05	12.01
	Mbps	Mbps	Mbps	Mbps
Unggah	0.160	0.168	0.19	0.22
	Mbps	Mbps	Mbps	Mbps
PING	164 ms	118 ms	110 ms	84 ms
Jitter	308 ms	163 ms	84 ms	71 ms
Paketloss	-	-	-	-

Berdasarkan tabel diatas perbandingan performasi yang dihasilkan dari pengujian menggunakan *speed test* yang telah dilakukan di luar ruangan (*outdoor*) dalam keadaan bergerak (*dinamis*) menunjukkan bahwa performasi antenna mikrostrip 8x8 lebih unggul dibandingkan antenna mikrostrip 2x2 , 4x4 dan pengujian tanpa menggunakan antenna. Hasil tersebut sesuai dengan teori bahwa semakin banyak elemen antenna maka performasinya akan semakin bagus

KESIMPULAN

Berdasarkan seluruh proses perancangan antenna mikrostrip MIMO 2x2, 4x4 dan 8x8 *Triangular patch*, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah untuk antenna mikrostrip 2x2 nilai VSWR sebesar 1.588, nilai *return loss* sebesar -18.478 dB, dan *gain* sebesar 4.695 dB. Pada antenna mikrostrip 4x4, nilai VSWR sebesar 1.4646, nilai *return loss* sebesar -18.697 dB, dan *gain* sebesar 4.791 dB. Sedangkan pada antenna mikrostrip 8x8 nilai VSWR sebesar 1.4094, nilai *return loss* sebesar -26.747 dB, dan *gain* sebesar 4.901 dB. Gain terbesar dimiliki oleh antenna 8x8. *Bandwidth* dari ketiga antenna yang dihasilkan sama besar yaitu 100 MHz. Hal ini disebabkan karena ketiga antenna bekerja pada frekuensi kerja yang sama. Pola radiasi yang dihasilkan dari ketiga antenna juga memiliki bentuk yang sama yaitu, *Omnidirectional*.

Pengujian antenna dilakukan menggunakan *speed test* dengan 3 kondisi yaitu di luar ruangan (*outdoor*), dalam ruangan (*indoor*), dan berdasarkan jarak. Sehingga diperoleh hasil secara keseluruhan menunjukkan

bahwa antenna MIMO 8x8 ,dimana pengujian dilakukan di luar ruangan (*outdoor*) keadaan tidak bergerak (statis) lebih unggul dibandingkan dalam keadaan bergerak (*dinamis*).

SARAN

Dalam melakukan pengembangan pembuatan antenna mikrostrip MIMO *triangular patch* ini ,sebaiknya menggabungkan elemen pencatu menjadi satu bagian saja atau menggunakan teknik *array* agar memudahkan saat pengujian serta tidak memerlukan banyak kabel maupun konektor yang dibutuhkan sehingga dapat menghemat biaya.

Sebelum melakukan pengujian sebaiknya dicek terlebih dahulu sambungan konektor pada *port* antenna serta pada sambungan kabel RG316 karena jika penyambungan tidak sempurna dapat berpengaruh dalam performansi antenna saat dilakukan pengujian secara langsung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada Tuhan Yang Maha Esa atas karuni-Nya yang membuat penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik, serta ucapan terimakasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan ini selama proses penelitian mengenai antenna mikrostrip MIMO *Triangular patch* .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ainie,M.N..“Rancang Bangun Antenna Mikrostrip MIMO 2x2 Dan 4x4 Rectagular Patch Dengan Frekuensi 2300-2400 MHz Untuk LTE”. (2018)
- [2] I. Gemiharto, “Teknologi 4G-Lte Dan Tantangan Konvergensi Media Di Indonesia,” *J. Kaji. Komun.*, vol. 3, no. 2, pp. 212–220, (2015)
- [3] C. Ahmadi, “Jumlah Antena Pada Sistem Mimo (Multiple Input Multiple Output),” vol. 5, no. 1, pp. 37–48, (2015).
- [4] M. I. Assiddiq, U. Putra, I. Surjati, and G. Tjahjadi, “Perancangan Antena Microstrip Dual Band Patch,” vol. 4, no. 2, pp. 95–104.
- [5] M.Ulfah.,S.Mahmudah, “Rancang bangun dan Pengujian peromansi Antena MIMO 2X1 dan 4x1 Metode Array Rectangler patch Frekuensi 2,3 GHz – 2,4 GHz,” *Teknologi 4G LTE, Jurnal Rekayasa Sistem Komputer Resistor*,(2020) (50- 56)
- [6] P. D. Sugiyono, No Title No Title,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, (2016)
- [7] S. Alam *et al.*, “Studi Analisa Penentuan Dimensi Antena Berdasarkan Kebutuhan Bandwidth Untuk Aplikasi LTE 2300 MHz,” no. April, (2018).
- [8] A. Farino, F. Imansyah and D. Suryadi, “Rancang Bangun Antena Array Mikrostrip Patch Triangular- Circular Untuk Aplikasi Wireless Local Area Network (WLAN), (2019). ”
- [9] U.Satimah,“Rancang Bangun Antena Mikrostrip MIMO 2x2 dan 4x4 Circular Patch dengan Frekuensi 2300 – 2400 MHz untuk Teknologi 4G LTE (*Long Term Evolution*) ”. (2019).