

RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN PERFORMANSI ANTENA MIMO 2X1 DAN 4X1 METODE ARRAY RECTANGULER PATCH FREKUENSI 2,3 GHz – 2,4 GHz TEKNOLOGI 4G LTE

Maria Ulfah¹, Syifa'atul Mahmudah²

^{1,2}Program Studi Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Balikpapan
Jl. Soekarno Hatta Km.8, Balikpapan 76127, Indonesia

e-mail: maria.ulfah@poltekba.ac.id¹, syfamhmdh99@gmail.com²

Received : March, 2020

Accepted : April, 2020

Published : April, 2020

Abstract

Microstrip antenna is one of the antennas that is widely applied to 4G LTE Technology, which designed with multi input multi output (MIMO). In this research is used array method to increase gain parameter. MIMO microstrip antenna is designed for 2 patch and 4 patch at working frequency 2,3 GHz – 2,4 GHz. Simulation results for 2x1 patch consists of gain 5,13 dB, return loss -18,913 dB, VSWR 1,2555 and for 4 patch consists of gain 7,322 dB, return loss -15,59 dB, VSWR 1,3985. 2 patch antenna outdoor measurement results have an average ping 119,6 ms value, download 20,12 Mbps, upload 8,5 Mbps. 2 patch antenna indoor measurement results have an average ping 85,91 ms, download 20,06 Mbps, upload 7 Mbps. 4 patch antenna outdoor measurement results have an average ping 150 ms value, download 2,82 Mbps, upload 2,92 Mbps. 4 patch antenna indoor measurement results have an average ping 107,45 ms, download 22,38 Mbps, upload 5,12 Mbps.

Keywords: MIMO, antenna, microstrip, array, gain, VSWR

Abstrak

Antena microstrip merupakan salah satu antena yang saat ini diterapkan pada teknologi 4G LTE dengan rancangan multi input multi output (MIMO). Untuk mencapai peningkatan nilai parameter gain (penguatan) agar jangkauan jaringan 4G LTE lebih luas maka dalam penelitian ini dirancang antena MIMO 2X1 dan 4x1 rectanguler patch dengan digunakan metode array dengan frekuensi kerja 2,3 GHz – 2,4 GHz. Hasil simulasi untuk antena MIMO 2x1 terdiri dari gain 5,13 dB, return loss -18,913 dB, VSWR 1,2555. Hasil simulasi untuk antena MIMO 4x1 terdiri dari gain 7,322 dB, return loss -15,59 dB, VSWR 1,3985. Untuk pengukuran performansi antena 2x1 outdoor memiliki rata-rata ping test 119,6 ms, download test 20.12 Mbps, upload test 8,5 Mbps. Untuk pengukuran performansi antena 2x1 indoor memiliki rata-rata ping test 85,91 ms, download test 20.06 Mbps, upload test 7 Mbps. Untuk pengukuran performansi antena 4x1 outdoor memiliki rata-rata ping test 150 ms, download test 2,82 Mbps, upload test 2,92 Mbps. Untuk pengukuran performansi antena 4x1 indoor memiliki rata-rata ping test 107,45 ms, download test 22,38 Mbps, upload test 5,12 Mbps

Kata Kunci: MIMO, antena, microstrip, array, gain, VSWR

1. PENDAHULUAN

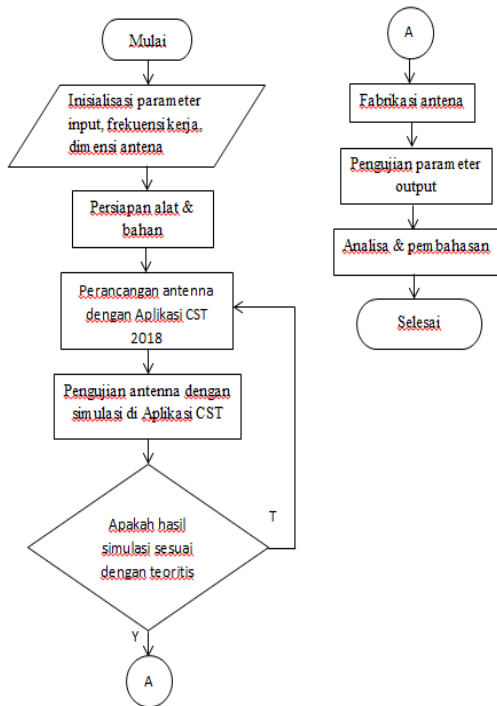
LTE merupakan standar baru untuk meningkatkan kapasitas dan kecepatan jaringan saat ini. LTE menggunakan radio yang berbeda, namun tetap menggunakan dasar jaringan GSM / EDGE dan UMTS / HSPA [1]. LTE

di Indonesia menggunakan beberapa rentang frekuensi salah satunya 2,3 GHz [2][3]. Salah satu komponen pendukung implementasi LTE dari sisi transmisi adalah antena. Pada LTE digunakan adalah antena microstrip yang menggunakan teknik MIMO (Multiple Input

Multiple Output) yang memiliki karakteristik dimensi kecil [4] dan lebih efisien serta biaya fabrikasi yang rendah [5], namun antenna ini memiliki gain yang relative kecil [6] sehingga harus digunakan metode – metode tertentu untuk meningkatkannya, salah satunya dengan menyusun elemen antenna dalam bentuk array [7] . Pada penelitian ini dirancang antenna *rectangular patch* dengan metode array dengan pencatuan microstrip *feedline* yang memiliki frekuensi kerja 2,3 GHz - 2,4 GHz untuk meningkatkan *gain* dari penelitian sebelumnya [1][8][9].

2. METODE PENELITIAN

Tahapan awal perancangan antenna adalah perhitungan nilai dimensi antenna yang diperlukan untuk proses design antenna. Dalam perancangan antenna, ukuran dimensi antenna seperti pada tabel 1 akan sangat mempengaruhi karakteristik antenna yang akan direalisasikan. Secara umum nilai frekuensi kerja yang digunakan akan menentukan fisik dari dimensi antenna, semakin tinggi frekuensi maka dimensi antenna akan semakin kecil. Frekuensi yang digunakan pada penelitian ini adalah 2,3 GHz – 2,4 GHz). Untuk perhitungan f dimensi antenna terlebih dahulu ditetapkan nilai.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Langkah awal dalam pembuatan antenna dengan

menentukan bentuk antenna, dan parameter – parameter berupa frekuensi kerja, pola radiasi, *bandwidth*, *gain*, *VSWR* sesuai nilai spesifikasi frekuensi kerja 2,3 GHz- 2,4 GHz, $VSWR \leq 2$, $gain \geq 3$ dB dan pola radiasi *omnidirectional*, serta *bandwidth* 100 MHz. Antenna yang akan diteliti dan direalisasikan merupakan antenna mikrostrip MIMO *rectangular* yang memiliki frekuensi kerja 2,3 GHz – 2,4 GHz. Kemudian dilanjutkan dengan melakukan perhitungan dimensi fisik yang meliputi perhitungan lebar (W), panjang (L) patch, panjang pencatuan (50 Ω , 70.7 Ω , 100 Ω), panjang dan lebar groundplane dari antenna mikrostrip yang bisa didapatkan dari perhitungan secara teoritis.

Perancangan menggunakan aplikasi CST Studio Suite 2018 untuk memvisualisasikan dan mensimulasikan. Gambar 2 memperlihatkan rancangan *single patch* antenna yang menjadi dasar dari rancangan antenna 2x1 dan 4x1. Visualisasi berupa gambar tiga dimensi dengan spesifikasi jenis bahan, ukuran, dan letak pencatuan agar bisa disimulasikan. Jenis bahan yang digunakan sesuai dengan spesifikasi yaitu $\epsilon_r=4,4$. Hasil simulasi pada gambar 4, 5, 7 yang berupa parameter – parameter antenna yang ditampilkan dalam bentuk grafik yang selanjutnya dianalisis untuk mengetahui karakteristik dan kinerja antenna.

Untuk mengutamakan dimensi antenna yang relatif kecil, maka dibutuhkan konstanta dielektrik kecil. Oleh sebab itu, dipilih substrat FR-4 untuk bahan fabrikasi dengan frekuensi kerja yang berada diantara 2,3 GHz – 2,4 GHz sesuai kebutuhan antenna dan konstanta dielektrik (ϵ_r) yang cukup kecil sebesar 4,4 untuk mendapatkan dimensi antenna yang kecil. Pemilihan substrat FR-4 juga didasarkan pada ketersediaan substrat tersebut di tempat fabrikasi [1].

Selain pengujian menggunakan simulasi CST Studio Suite 2018, diperlukan juga pengujian secara langsung terhadap antenna yang telah direalisasikan dengan menggunakan *speedtest* untuk mengetahui performansi antenna secara langsung.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Dimensi Antena

Perhitungan dimensi antenna ini pada jenis antenna mikroskop secara umum bergantung dari frekuensi kerja dan jenis bahan yang

digunakan. Nilai konstanta tergantung dari tebal dan permitivitas yang digunakan. Semakin kecil nilai permitivitas semakin besar dimensi antenanya:

1. $c = 3 \cdot 10^8$ ms
2. $\lambda = c/f$
3. $f = 2.345 \cdot 10^9$
4. $t = 0.0018$

Dengan parameter substrat sebagai berikut:

$h = 1,6$ mm

$\epsilon_r = 4,4$

LossTan=0,02

Untuk menghitung lebar patch (W) dapat menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$W = \frac{c}{2f} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 2.345 \times 10^9 \times 1.6432} = 0.039 \text{ m} = 39 \text{ mm}$$

Kemudian dalam menghitung panjang patch (L) dapat menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{12 \cdot h}{W}\right)^{-2} = 4.091 \text{ (ans.)}$$

$$\Delta L = 0.412h \left(\frac{\epsilon_{\text{reff}} + 0.3}{\epsilon_{\text{reff}} - 0.258}\right) \left(\frac{W/h + 0.264}{W/h + 0.8}\right) = 0.73 \text{ mm}$$

$$L = \frac{c}{2f\sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} - 2\Delta L = 30 \text{ mm}$$

Untuk menghitung λ_0 dapat menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\lambda_0 = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{2.345 \times 10^9} = 0.128 \text{ mm}$$

Dalam perancangan ini pencatutan antenna menggunakan metode array, sehingga dibutuhkan tiga buah impedansi saluran pencatu, yaitu 50 Ω , 70.7 Ω , 100 Ω .

a. 50 ohm, $W = 3,057$ mm ; $L_f = 18,001$ mm

b. 70 ohm, $W = 1,58$ mm ; $L_f = 18$ mm

c. 100 ohm, $W = 0,21$ mm ; $L_f = 0,02$ mm

Untuk menghitung dimensi *groundplane* dapat menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$L_g \geq 6h + L = 40 \text{ mm}$$

$$W_g \geq 6h + W = 49 \text{ mm}$$

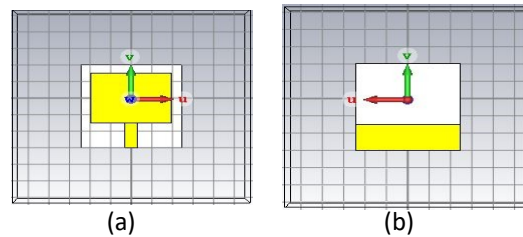
Dalam perancangan antenna ini menggunakan frekuensi kerja 2300-2400 MHz, sehingga *bandwidth* yang diperoleh dapat dihitung seperti berikut.

$$\begin{aligned} BW &= F_h - F_l \\ &= (2400 \text{ MHz} - 2300 \text{ MHz}) \\ &= 100 \text{ MHz} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BW &= (f_h - f_l)/f_c \times 100\% \\ &= (2400 - 2300)/2350 \times 100\% \\ &= 4.255\% \end{aligned}$$

3.2 Simulasi Antena

Proses simulasi dilakukan dengan menggunakan software CST Studio Suite 2018 yang telah terinstall pada perangkat laptop peneliti. Sebelum mensimulasikan antenna dalam bentuk dua patch dan empat patch, perlu dilakukan simulasi *single patch rectangular* antenna untuk mempermudah perancangan 2 dan 4 elemen.



Gambar 2.
(a).Tampak Depan *Single Patch*
(b).Tampak Belakang *Single Patch*

Tabel 1. Perbandingan Dimensi Antena Sebelum dan Sesudah Optimalisasi

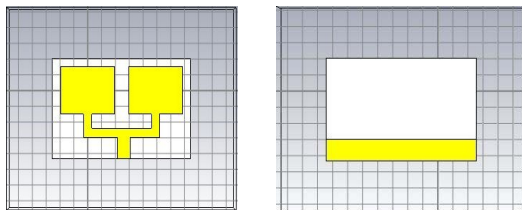
No	Dimensi antenna (mm)	Ukuran sebelum dioptimasi (mm)	Ukuran sesudah dioptimasi (mm)
1	W	39	39
2	L	30	30
3	W _o	2.549	6
4	L _f	16	15
5	W _s	49	60
6	L _s	40	60
7	W _g	49	60
8	L _g	40	15

Tabel 2. Nilai Parameter Sebelum dan Sesudah Optimasi Antena *Single Patch*

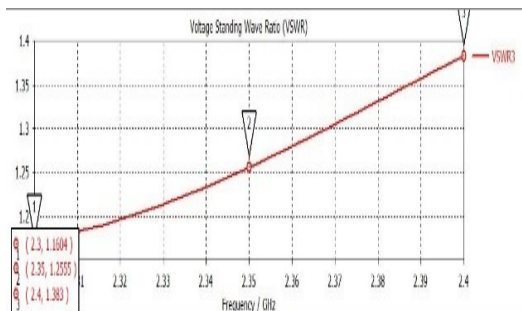
Parameter	Referensi	Sebelum optimasi	Sesudah optimasi
VSWR	≤ 2	1.7454	1.5529
Return loss	≤ -10 dB	-11.331	-13.118 dB
Gain	≥ 3 dB	2.643 dB	3.869 dB
Pola Radiasi	Omnidirectional	Omnidirectional	Omnidirectional
Bandwidth	100 MHz	100 MHz	100 MHz

3.3 Antena 2x1 Rectanguler Patch

Berikut design antenna 2X1 tampak depan dan belakang.



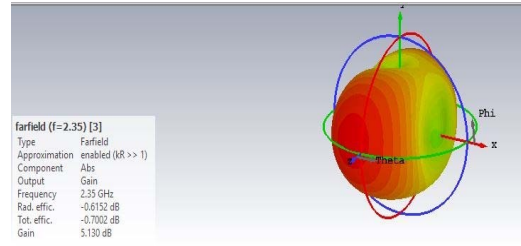
(a) (b)
Gambar 3.
(a).Tampak Depan Antena 2x1
(b).Tampak Belakang Antena 2x1



Gambar 4. VSWR Antena 2X1

Setelah dilakukan optimasi terhadap antena 2x1 terlihat perbedaan significant untuk nilai VSWR yang semula 4,037 menjadi 1,2555 seperti pada gambar 4. Nilai ini menunjukkan hasil yang bagus karena bernilai di bawah 2.

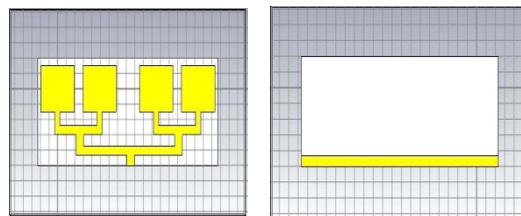
Untuk nilai *gain* mengalami peningkatan dibanding *single patch* yang telah dioptimasi menjadi sebesar 5,130 dB. Terlihat pada gambar 5.



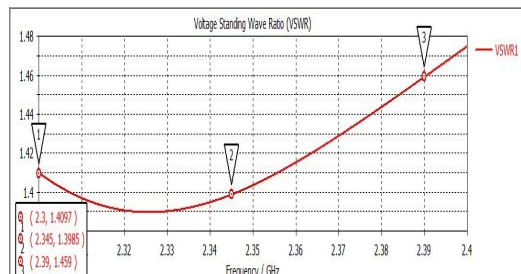
Gambar 5. Gain Antena 2X1

3.4 Antena 4x1 Rectanguler Patch

Setelah mendapatkan antena 2x1 yang telah dioptimasi selanjutnya adalah membuat rancangan antena 4x1 dengan cara mentransformasi antena 2x1. Berikut design antena 4x1

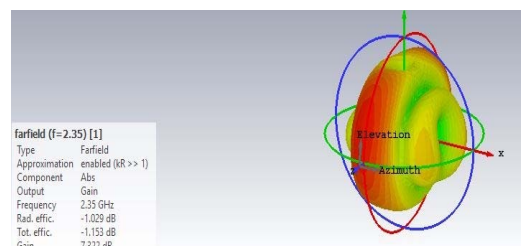


(a) (b)
Gambar 6.
(a).Tampak Depan Antena 4x1
(b).Tampak Belakang Antena 4x1



Gambar 7. VSWR Antena 4X1

Dari hasil simulasi antena 4x1 memiliki nilai VSWR 1,3985. Nilai ini menunjukkan hasil optimal karena berada di bawah 2.



Gambar 8. Gain Antena 4X1

Pada antenna 4x1 memiliki nilai *gain* yang jauh lebih besar dibanding antenna 2x1 yaitu sebesar 7,322 dB.

Tabel 3. Perbandingan Parameter Antena 2x1 dan 4x1

Parameter	Reference	2x1	4x1
VSWR	≤ 2	1,2555	1,3985
Return loss	≤ -10 dB	-18,913 dB	-15,59 dB
Gain	≥ 3 dB	5,13 dB	7,322 dB
Pola Radiasi	Omnidirectional	Omnidirectional	Omnidirectional
Bandwidth	100 MHz	100 MHz	100 MHz

Dari hasil perbandingan parameter (Tabel 3), terlihat bahwa gain untuk antenna 4x1 lebih besar dibanding antenna 2x1.

Demikian juga dibanding hasil penelitian [1] yang tidak menggunakan metode array, gain antenna 2x1 dan 4x1 jauh lebih besar. Hal ini sesuai dengan tujuan perancangan dengan metode array yakni untuk memperbesar nilai gain.

3.5 Pengujian Performansi Antena

Untuk pengujian performansi antena menggunakan uji *speedtest* dengan pengujian *ping test*, *download test* dan *upload test*. Gambar di bawah merupakan bentuk rangkaian untuk pengujian. Kedua antena masing – masing dihubungkan pada ujung kabel RG316 yang mana kedua ujung kabel sudah terintegrasi dengan konektor SMA male. Kemudian pada ujung lainnya dihubungkan dengan kabel pigtail dual TS9 male to SMA female RG316, lalu pasang modem agar antena dan modem dapat saling terhubung. Dilanjutkan dengan membuka aplikasi *speedtest* yang telah diinstall di *handphone* untuk melakukan pengujian *ping test*, *download test* dan *upload test*. Untuk masing-masing test tersebut dilakukan sebanyak 5 kali dengan hasil yang terlihat pada tabel 3, 4,5,6 dan 7.



Gambar 9. Pengujian Antena 2x1



Gambar 10. Pengujian Antena 4x1

Tabel 3. Hasil pengujian 2x1 Kondisi Indoor

No	Ping (ms)	Download (Mbps)	Upload (Mbps)
1	93,31	22,15	6,9
2	93,98	25,32	8,97
3	90,33	20,25	7,69
4	90,38	17,64	6,67
5	61,57	14,94	5,05
Rata-rata	85,91	20,06	7,05

Dari hasil tabel 3, terlihat rata-rata nilai *ping test* sebesar 85,91 ms, rata-rata nilai *download test* 20,06 Mbps dan rata-rata nilai *upload test* 7,05 Mbps

Tabel 4. Hasil pengujian 2x1 Kondisi Outdoor

No.	Ping (ms)	Download (Mbps)	Upload (Mbps)
1	202,6	24,88	7,31
2	90,52	25,06	10,75
3	95,98	16,26	7,73
4	98,67	17,54	7,35
5	112,1	16,87	9,36
Rata-rata	119,6	20,12	8,5

Dari hasil tabel 4, terlihat rata-rata nilai *ping* test sebesar 119,6 ms, rata-rata nilai *download* test 20,12 Mbps dan rata-rata nilai *upload* test 8,5 Mbps

Tabel 5. Hasil pengujian 4x1 Kondisi Indoor

No	Ping (ms)	Download (Mbps)	Upload (Mbps)
1	93,31 ms	22,15	6,9
2	93,98 ms	25,3	8,97
3	90,33 ms	20,25	7,69
4	90,38 ms	17,64	6,67
5	61,57 ms	14,94	5,05
Rata-rata	107,45	22,38	5,12

Dari hasil tabel 5, terlihat rata-rata nilai *ping* test sebesar 107,45 ms, rata-rata nilai *download* test 22,38 Mbps dan rata-rata nilai *upload* test 5,12 Mbps

Tabel 6. Hasil pengujian 4x1 Kondisi Outdoor

No	Ping (ms)	Download (Mbps)	Upload (Mbps)
1	297,96	28,42	8,12
2	103,11	26,21	1,28
3	119,59	30,72	1,69
4	112,05	29,19	1,91
5	117,32	34,57	1,63
Rata-rata	150	29,82	2,92

Dari hasil tabel 6, terlihat rata-rata nilai *ping* test sebesar 150 ms, rata-rata nilai *download* test 29,82 Mbps dan rata-rata nilai *upload* test 2,92 Mbps

Tabel 7. Perbandingan nilai rata-rata perfomansi antena

Kondisi	Patch	Ping (ms)	Download (Mbps)	Upload (Mbps)
Indoor	2x1	85,91	20,06	7,05
	4x1	107,45	22,38	5,12
Outdoor	2x1	119,6	20,12	8,5
	4x1	150	29,82	2,92

Dari hasil pengukuran perfomansi antena yang telah dilakukan di atas, memiliki perfomansi yang lebih baik dibanding tanpa menggunakan metode array, seperti pada [1] hasil ping test berkisar 36 ms (antena 2x2) dan 57 ms (antena 4x4). Desain antena metode array ini juga telah membuktikan keunggulan dari sisi gain jika dibanding tanpa metode array [1] yang memiliki gain 4,347 dB

(antena 2x2) dan 5,124 (antena 4x4). Sedangkan gain antena metode array ini (tabel x) yaitu sebesar 5,13 dB (antena 2x1) dan 7,322 dB (antena 4x1). Berdasarkan hasil Tabel 7 terlihat bahwa untuk ping test dan download test penggunaan antena 4x1 kondisi outdoor memiliki hasil tertinggi. Sedangkan untuk upload test penggunaan antena 4x1 pada kondisi indoor memiliki nilai tertinggi. Keunggulan perfomansi antena 4x1 membuat pengguna (*user*) dapat menggunakan antena dengan model ini untuk mendapatkan kecepatan optimal dalam menggunakan teknologi 4G LTE.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan kesimpulan untuk antena 2x1 memiliki gain 5,13 dB, return loss -18,913 dB, VSWR 1,2555 dan Untuk antena 4x1 memiliki gain 7,322 dB, return loss -15,59 dB, VSWR 1,3985. Parameter gain antena metode array ini memiliki nilai gain yang lebih tinggi dibanding tanpa menggunakan metode array. Untuk pengukuran perfomansi antena 2x1 outdoor memiliki rata-rata ping test 119,6 ms, download test 20,12 Mbps, upload test 8,5 Mbps. Untuk pengukuran perfomansi antena 2x1 indoor memiliki rata-rata ping test 85,91 ms, download test 20,06 Mbps, upload test 7,05 Mbps. Untuk pengukuran perfomansi antena 4x1 outdoor memiliki rata-rata ping test 150 ms, download test 29,82 Mbps, upload test 2,92 Mbps. Untuk pengukuran perfomansi antena 4x1 indoor memiliki rata-rata ping test 107,45 ms, download test 22,38 Mbps, upload test 5,12 Mbps

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A.M.Nur."Rancang Bangun Antena Mikrostrip MIMO 2x2 dan 4X4 Rectanguler Patch dengan Frekuensi 2300-2390 MHz untuk LTE",Politeknik Negeri Balikpapan, 2018.
- [2] L.Wardhana et al. 4G Handbook Edisi Bahasa Indonesia, Jakarta Selatan, 2014.
- [3] Y.K.Nasution."Arsitektur dan Konsep Radio Access pada Long Term Evolution (LTE)",Universitas Dipenogoro, 2000.
- [4] A.Muhammad.S.E.Nugraha. A.Diana. "Design Mikrostrip Antena MIMO 2X2 Array Rectanguler Patch For LTE Technology",Institut Teknologi Telkom Purwokerto, 2018.

- [5] Y.V.S.S.Satya Mitra, Sk.Kalisha, Dr. K. JagadeeshBabu, G.Sindhu, P.Raghavendra Kumar, P.Satish," *Design of A Novel Microstrip MIMO Antena System With Improved Isolation*", International Journal of Antenas (JANT) Vol 2, No.2, 2016
- [6] J. Kevin."Design Antena MIMO 2x2 Array Rectanguler Patch U-Slot for 5G Application", Universitas Telkom, Vol6,no.1,pp 1-9, 2017.
- [7] F.Y.Zulkifli."Chap 2 Mikrostrip Antena",Universitas Indonesia,pp 8-27, 2008.
- [8] W. F. Uli and A, H, Rambe, "*Design Patch Rectangular Patch Antena 2,4 Ghz with Electromagnetically Coupled* ," Univ, Sumatera Utara, vol, 6, no, 2, pp, 81–86, 2014.
- [9] Y. Christyono, I. Santoso, and R. D. Cahyo, "*Design Microstrip Array Antena 850 MHz*," Univ. Diponegoro, vol. 18, no. 2, pp. 87–95, 2016.