

Rancang Bangun Antena Mikrostrip Mimo 2x2 dan 4x4 Circular Patch Dengan Frekuensi 2300 – 2400 Mhz untuk Teknologi 4G LTE

Satimah U¹, Maria Ulfah²
Program Studi Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Balikpapan
maria..ulfah@poltekba.ac.id

ABSTRAK

LTE merupakan standar baru untuk meningkatkan kapasitas dan kecepatan jaringan saat ini. Banyak teknik yang dapat meningkatkan kualitas performansi LTE. Salah satunya adalah teknik antena MIMO. Proyek akhir ini membahas perancangan antena mikrostrip MIMO 2x2 dan 4x4 circular patch dengan frekuensi 2,3 GHz – 2,4 GHz. Antena circular merupakan salah satu jenis antena mikrostrip. Hasil perancangan didapatkan gain sebesar 5,665 dB untuk antena 2x2 dan gain 5,682 dB untuk antena 4x4, return loss -11 dB dan -28 dB, VSWR sebesar 1,749 dan 1,7419, dengan polaradiasi unidireksional dan bandwidth sebesar 100 MHz. Hasil pengujian speed test untuk antena 2x2 dalam kondisi indoor didapatkan waktu ping 146,36 ms download 11,30 Mbps dan upload 2,08 Mbps. Kondisi outdoor didapatkan waktu ping 90,05 ms download 14,90 Mbps dan upload 6,88 Mbps. Kondisi bergerak didapatkan waktu ping 82,21 ms download 5,68 Mbps dan upload 0,73 Mbps. Sedangkan untuk antena 4x4 dalam kondisi indoor didapatkan waktu ping 87,63 ms, download 15,19 Mbps dan upload 3,22 Mbps. Kondisi outdoor diperoleh waktu ping sebesar 91,34 ms, download 15,42 Mbps, dan upload 8,36 Mbps. Kondisi bergerak diperoleh waktu ping 73,70 ms download 5,72 Mbps dan upload 1,26 Mbps.

Kata kunci : MIMO, circular, patch, VSWR, mikrostrip

ABSTRACT

LTE is a new standard for increasing network capacity and speed at this time. There are many techniques that can improve the quality of LTE performance, one of which is the MIMO antenna technique. This final project discusses the design of 2x2 MIMO microstrip antennas and 4x4 circular patches with a frequency of 2.3 - 2.4 GHz. Circular antenna is one type of microstrip antenna. The design results obtained a gain of 5,665 dB for 2x2 and 5.682 dB antennas for 4x4 antennas, return loss was obtained at -11 and -28, VSWR of 1.7459 and 1.7419, with unidirectional radiation patterns and bandwidth of 100 MHz. Speed test results for 2x2 antennas in indoor conditions obtained ping time 146.36 ms download 11.30 Mbps and upload 2.08 Mbps. Outdoor conditions obtained when ping 90.05 ms download 14.90 Mbps and upload 6.88 Mbps. moving conditions obtained ping time 82.21 ms download 5.68 Mbps and upload 0.73 Mbps. Whereas for 4x4 antennas in indoor conditions, ping time is 87.63 ms, download is 15.19 Mbps and uploads is 3.22 Mbps. outdoor conditions obtained by ping time of 91.34 ms, download 15.42 Mbps, and upload 8.36 Mbps. Moving conditions are obtained when a ping is 73.70 ms, downloads 5.72 Mbps and uploads 1.26 Mbps.

Keywords: MIMO, circular, patch, VSWR, mikrostrip

PENDAHULUAN

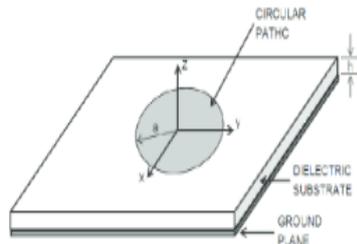
LTE merupakan sebuah standar komunikasi nirkabel berbasis jaringan GSM/EDG dan UMTS/HSDPA untuk akses data kecepatan tinggi menggunakan telepon seluler maupun perangkat mobile lainnya [1]
a. Antena Mikrostrip.

Banyak komponen-komponen yang mendukung implementasi LTE. Salah satunya yaitu dari segi transmisi. Dibutuhkan sistem transmisi tersebut adalah antena. Salah satu jenis antena yang saat ini banyak digunakan adalah antena mikrostrip. Antena mikrostrip dipilih karena murah dalam fabrikasi, bobotnya ringan dan dimensinya relatif kecil. [2]. Antena mikrostrip memiliki beberapa bentuk patch, dapat berupa persegi

(*rectangular*), lingkaran (*circular*), segitiga (*triangular*) dan cincin (*annular ring*).[3]

Salah satu jenis antenna yang umum digunakan adalah mikrostrip. Mikrostrip adalah sebuah konduktor listrik tipis yang dipisahkan dari alas pembumihan (*ground plane*) oleh selapis isolator listrik atau gas berisikan udara [4]. Antena mikrostrip adalah satu konduktor metal yang menempel diatas *ground plane* yang diantaranya terdapat bahan dielektrik [1].

Antena mikrostrip dengan patch lingkaran ini memiliki performa yang sama dengan antena mikrostrip segi empat. Dengan teknik pengaplikasian yang digunakan misalnya teknik array, patch circular akan menghasilkan keuntungan dibandingkan dengan patch lainnya. Selain itu, antena ini lebih mudah untuk dimodifikasi agar menghasilkan jarak nilai impedansi, pola radiasi dan frekuensi kerja [5]



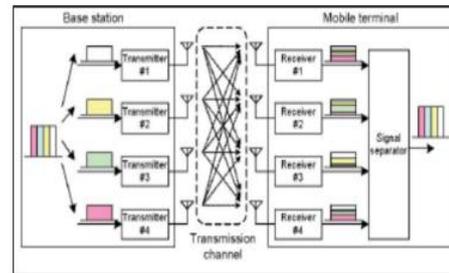
Gambar 1. Struktur Antena Circular Patch

b. MIMO (Multiple Input Multiple Output)

MIMO sendiri merupakan salah satu bentuk dari *Smart Antenna*. MIMO bekerja di dalam sistem komunikasi *wireless digital*. MIMO menggunakan sistem yang berbeda yakni dengan menggunakan antena lebih dari satu untuk penerima dan pengirimnya (*diversity*). Tidak seperti sistem antena konvensional yang sangat rentan dengan *multipath*, sistem MIMO justru sangat baik untuk meningkatkan data *rate* dalam *range* yang lebih besar tanpa membutuhkan *bandwidth* atau daya yang lebih besar. Dengan adanya teknologi ini sistem kerja akan lebih baik dibandingkan dengan sistem teknologi SISO (*Single Output Single Input*) [1].

Teknologi MIMO menggunakan minimal dua antena. Semakin banyak antena yang digunakan tentunya akan semakin baik. gelombang tersebut. Teknologi MIMO dapat menghasilkan frekuensi yang lebih efisien yaitu dengan mengirimkan informasi yang sama dari dua atau lebih pemancar ke

penerima, sehingga mengurangi kemungkinan informasi yang hilang dibanding dengan menggunakan pemancar tunggal.[6]



Gambar 2. Prinsip MIMO

c. Parameter Antena Mikrostrip

1. Gain

Gain atau sering juga disebut dengan *directivity gain* adalah sebuah parameter antena yang merepresentasikan kemampuan suatu antena dalam mengarahkan radiasi sinyalnya atau menerima sinyal dari arah tertentu.

2. VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)

VSWR merupakan perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum ($|V_{max}|$) dengan minimum ($|V_{min}|$). Nilai dasar VSWR yang digunakan pada antena umumnya ≤ 2 . [7]

3. Return Loss

Return loss adalah perbandingan antara gelombang amplitudo yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan. Nilai return loss yang biasa digunakan adalah di bawah -10 dB

4. Bandwidth Antena

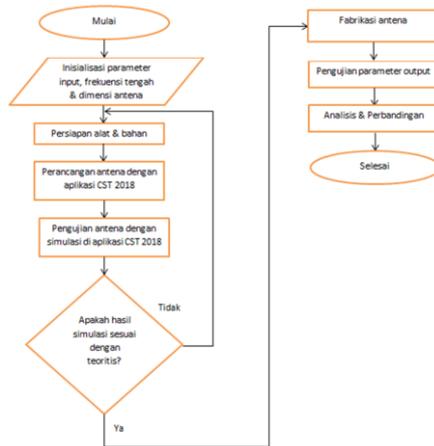
Bandwidth antena adalah rentang frekuensi dimana kinerja antena yang berhubungan dengan beberapa karakteristik (seperti pola radiasi, *beamwidth*, polarisasi, gain, efisiensi VSWR, return loss).[8]

5. Pola radiasi

Pola radiasi (*radiation pattern*) suatu antena adalah pernyataan grafis yang menggambarkan sifat radiasi suatu antena pada medan jauh sebagai fungsi arah antena menunjukkan arah dengan meradiasikan hampir semua power dalam satu arah (arahnya adalah arah dari main lobe).

METODE

Tahapan awal perancangan antenna adalah perhitungan nilai dimensi antenna yang diperlukan untuk proses *design* antenna. Dalam perancangan antenna, ukuran dimensi antenna 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 (Frekuensi untuk LTE). Untuk perhitungan f dimensi antenna terlebih dahulu ditetapkan nilai.



Gambar 3. Diagram Alir Rancangan Penelitian

Langkah awal dalam pembuatan antenna dengan menentukan bentuk antenna, dan parameter – parameter berupa frekuensi kerja, pola radiasi, *bandwidth*, *gain*, VSWR. Antenna yang akan diteliti dan direalisasikan merupakan antenna mikrostrip MIMO rectangular yang memiliki frekuensi kerja 2,35 GHz. Kemudian dilanjutkan dengan melakukan perhitungan dimensi fisik dari antenna mikrostrip yang bisa didapatkan dari perhitungan secara teoritis. Parameter yang dihitung di antaranya adalah panjang dan lebar *patch*, lebar dan panjang saluran mikrostrip.

Perancangan menggunakan aplikasi CST *Studio Suite* 2018 untuk memvisualisasikan dan mensimulasikan tahap sebelumnya. Visualisasi berupa gambar tiga dimensi dengan spesifikasi jenis bahan, ukuran, dan letak pencatutan agar bisa disimulasikan. Jenis

bahan yang digunakan sesuai dengan spesifikasi. Hasil simulasi 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 sesuai kebutuhan antenna dan konstanta dielektrik yang cukup kecil untuk mendapatkan dimensi antenna yang kecil. Pemilihan substrat FR-4 juga didasarkan pada ketersediaan substrat tersebut di tempat fabrikasi.

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

Spesifikasi antenna menjadi bagian yang penting dalam proses perancangannya. Antenna yang akan dibuat adalah mikrostrip circular 2 dan 4 patch dengan spesifikasi:

1. Frekuensi kerja 2300-2400 MHz
2. Bandwidth 100 MHz
3. VSWR ≤ 2
4. Gain ≥ 3 dB
5. Pola Radiasi Unidirectional
6. Return loss ≤ -10 dBi

HASIL DAN PEMBAHASAN

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. $c = 3.10^8$
2. $\lambda = c/f$
3. $f = 2.345.10^9$
4. $t = 0.035$

Substrat yang digunakan jenis FR-4 dengan parameter substrat sebagai berikut:

$$h = 1,6 \text{ mm}$$

$$\epsilon r = 4,4$$

$$\text{LossTan} = 0,02$$

Untuk menghitung jari-jari peradiasi patch dapat menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$a = \frac{F}{\left\{1 + \frac{2h}{\pi \cdot \epsilon_r \cdot F} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) + 1,7726 \right] \right\}^{1/2}} = 8,28 \text{ mm}$$

Kemudian langkah selanjutnya adalah menentukan lebar penguat menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$W = \frac{2h}{\pi} \left(B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2 \cdot \epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right) = 3,055 \text{ mm}$$

Untuk menghitung panjang saluran penguat, terlebih dahulu hitung λ_0 dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{2,35 \cdot 10^9} = 0,127 \text{ m (127 cm)}$$

Kemudian hitung λ_d dengan persamaan sebagai berikut.

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} = 71,75 \text{ mm}$$

Untuk menghitung L_t dapat menggunakan persamaan sebagai berikut.

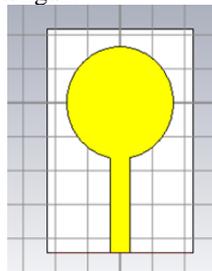
$$L_t = \frac{1}{4} \times \lambda_d = 17,93 \text{ mm}$$

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

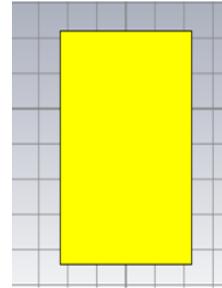
$$L_g = 6h + R = 26,19 \text{ mm}$$

$$W_g = 6h + \pi/2 R = 22,59 \text{ mm}$$

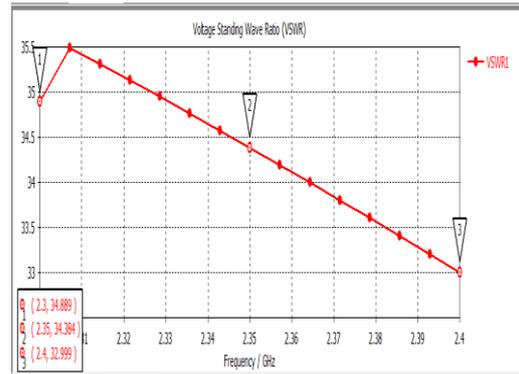
Sebelum mensimulasikan antenna dalam bentuk dua *patch* dan empat *patch*, perlu dilakukan simulasi *single patch circular* antenna untuk mempermudah perancangan 2 dan 4 elemen. Pada proses ini didapatkan nilai parameter yang merupakan hasil simulasi tanpa merubah nilai dimensi antenna sesuai dengan perhitungan.



Gambar 4. Hasil *Design Tampak Depan*

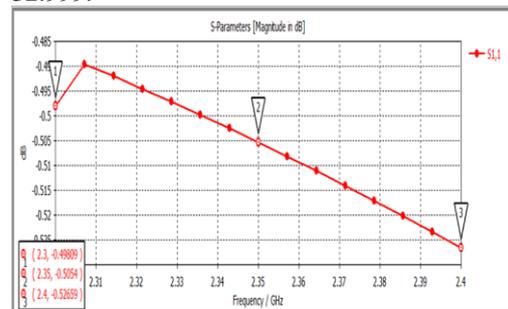


Gambar 5. Hasil *Design Tampak Belakang*



Gambar 6. Grafik VSWR *Single Patch* Sebelum Optimasi

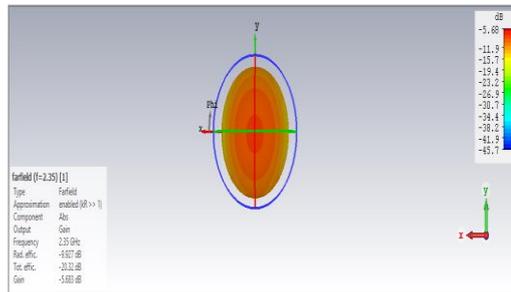
Gambar di atas adalah hasil simulasi antenna *single patch* sesuai perhitungan belum sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan (nilai VSWR lebih dari 2), untuk frekuensi 2.3 GHz nilai VSWR berada pada 34.889, frekuensi tengah 2.35 GHz berada pada 34.384, dan frekuensi 2.4 GHz berada pada 32.999.



Gambar 7. Grafik S-Parameters *Single Patch*

Gambar di atas adalah hasil S-Parameter untuk melihat nilai return loss. Return loss dikatakan bekerja dengan baik yaitu ≤ -10 dB. Pada gambar di atas menunjukkan bahwa frekuensi rendah 2.3 GHz berada pada -0.49809, frekuensi tengah 2.35 GHz berada pada -0.50554 dan frekuensi tertinggi 2.4 GHz -0.52659. Hasil yang ditunjukkan pada S-

Parameter bahwa nilai return loss frekuensi kerja masih tinggi atau mendekati 0.



Gambar 8. Gain Antena Single Patch

Berdasarkan gambar di atas, *gain* dari hasil gain yang dihasilkan menggunakan hasil perhitungan masih belum memenuhi spesifikasi yang ditentukan yaitu ≤ 3 dB. Gain yang dihasilkan adalah -5.683. Karena semua parameter dari hasil simulasi sesuai perhitungan belum memenuhi spesifikasi yang sudah ditentukan, maka diperlukan optimasi perancangan dengan melakukan penyesuaian pada dimensi antenna agar hasil yang diperoleh bisa memenuhi spesifikasi.

Tabel 1. Perbandingan Dimensi Antena Sebelum dan Sesudah Optimasi

No	Dimensi antenna (mm)	Ukuran sebelum dioptimasi (mm)	Ukuran sesudah dioptimasi (mm)
1	W	39	39
2	L	30	30
3	Wo	2.549	6
4	Lf	16	15
5	Ws	49	60
6	Ls	40	60
7	Wg	49	60
8	Lg	40	15

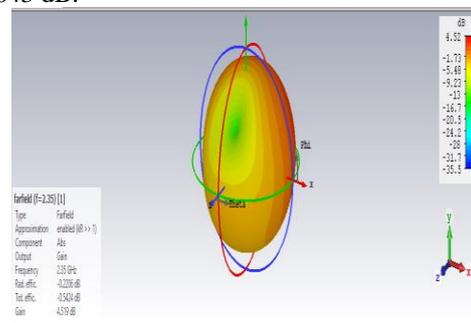
Dalam perancangan antenna ini menggunakan frekuensi kerja 2300-2400 MHz, sehingga *bandwidth* yang diperoleh dapat dihitung seperti berikut.

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

Setelah optimasi dilakukan terlihat perubahan yang cukup signifikan pada

VSWR, yang sebelumnya 34.384 menjadi 1.6939 dan 1.7132 pada antenna 2x2. Nilai tersebut sudah menunjukkan hasil yang baik karena sudah berada di bawah 2. Pada titik frekuensi resonansi atau frekuensi tengah S-Parameters yang diperoleh setelah optimasi mengalami peningkatan yang cukup signifikan serta pembuktian bahwa nilai return loss menjauhi kondisi 0, yang sebelumnya -0.5054 menjadi -11.605. Nilai gain mengalami peningkatan dibandingkan antenna satu patch yang telah dioptimasi. Gain yang dihasilkan dari kedua antenna sebesar 5.665 dB dan 5.663 dB.

Pada antenna 4x4 setelah optimasi diperoleh hasil untuk nilai VSWR pada frekuensi tengah yaitu 1.756, 1.7419, 1.749 dan 1.7325. Jika sebelumnya diperoleh hasil yang tidak stabil dan mendekati 0, setelah dilakukan optimasi hasil yang didapat untuk *return loss* memenuhi spesifikasi dan juga mengalami peningkatan yang sangat signifikan pada antenna 3, yaitu sebesar -28.213 dB. Hasil yang didapat cukup menunjukkan kerja yang optimal. Nilai gain yang diperoleh dari hasil *design* sesudah optimasi tidak terlalu signifikan dibanding 2x2 namun sudah memenuhi spesifikasi yang ditentukan, yaitu sebesar 5.682 dB, 5.640 dB, 5.602 dB, dan 5.643 dB.



Gambar 9. Pola Radiasi Setelah dioptimasi

Pola radiasi yang dihasilkan dapat dikatakan unidirectional. Hasil pola radiasi sudah sesuai dengan spesifikasi parameter yang telah ditentukan.

Tabel 2. Perbandingan Antena 2x2 dan 4x4

Parameter	Spesifikasi Antena	2x2	4x4
VSWR	≤ 2	1.7459	1.7419
Bandwidth	100 MHz	100 MHz	100 MHz
Return loss	≤ -10 dB	-11.1805 dB	-28.213 dB
Gain	≥ 3 dB	5.665 dB	5.682 dB
Polaradiasi	Unidirectional	Unidirectional	Unidirectional

Berdasarkan hasil simulasi program CST, antena mikrostrip MIMO 2x2 dan 4x4 memiliki polaradiasi yang serupa. Nilai VSWR yang diperoleh memenuhi spesifikasi yang diinginkan kurang dari sama dengan ≤ 2 . Antena mikrostrip MIMO 2x2 menghasilkan nilai 1.7459, sedangkan antena mikrostrip MIMO 4x4 mengalami sedikit penurunan dan menghasilkan nilai 1.7419. Sesuai dengan teori VSWR, semakin kecil nilai yang dihasilkan akan semakin bagus hasil yang diperoleh.

Pada parameter gain, penguatan sinyal antena 4x4 terlihat lebih besar dengan hasil rata-rata 5.682 dB, hasil ini lebih dominan dibandingkan dengan antena mikrostrip MIMO 2x2 yaitu sebesar 5.665 dB.

Untuk hasil parameter *return loss* juga sudah memenuhi spesifikasi ≤ -10 dB, dapat terlihat bahwa hasil yang diperoleh antena mikrostrip MIMO 4x4 lebih dominan dibandingkan hasil dari antena mikrostrip MIMO 2x2.



Gambar 10. Hasil Fabrikasi Antena 2x2 dan 4x4

Kemudian dilakukan pengujian performansi antena melalui speed test (ping test, download test dan upload test) untuk kondisi berikut dengan rata-rata hasil tertuang pada

Tabel 3. Pengujian indoor

Antena	Ping(ms)	Download (Mbps)	Upload (Mbps)
2x2	146,36	11,30	2,08
4x4	87,63	15,19	3,22

Tabel 4. Pengujian outdoor

Antena	Ping(ms)	Download (Mbps)	Upload (Mbps)
2x2	90,05	14,90	6,88
4x4	91,34	15,42	8,36

Tabel 5. Pengujian Bergerak (*moving*)

Antena	Ping(ms)	Download (Mbps)	Upload (Mbps)
2x2	82,21	5,68	0,73
4x4	73,70	5,72	1,26

SIMPULAN

Antena yang difabrikasi, mikrostrip circular 2x2 dan 4x4 memenuhi spesifikasi parameter (gain, VSWR, return loss, bandwidth dan pola radiasi). Dari hasil pengujian menggunakan speed test, pada kondisi indoor dan outdoor serta kondisi bergerak (*moving*), untuk melakukan download dan upload lebih efektif menggunakan antena circular 4x4 karena hasil pengujiannya lebih besar dibanding 2x2.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ainie. Maulina Nur, "Rancang Bangun Antena Mikrostrip MIMO 2x2 dan 4x4 Rectangular Patch dengan Frekuensi 2300 – 2390 MHz untuk LTE", Balikpapan: Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Balikpapan. 2018
- [2] Hanief Tegar Pambudhi 1, Darjat2, Ajud Ajulian Z, "Perancangan dan Analisis Antena Mikrostrip dengan Metode Aperture Coupled Feed pada Frekuensi 800 MHz". Teknik Elektro, Universitas Diponegoro. Semarang. 2010
- [3] Bhartia, Ramesh dkk. Microstrip Antenna Design. Handbook. London : Artech House. 2001.
- [4] Leung, Martin. "Microstrip Antenna Using Mstrip40". Division of Management and Technology University of Canberra Act 2601. 2002.

- [5] Alaydrus, Mudrik. “Antena Prinsip dan Aplikasi”.Graha Ilmu. Yogyakarta. Cetakan pertama 2011
- [6] Budi, Imam M.P. “Perancangan dan Analisis Antena Mikrostrip MIMO Circular Pada Frekuensi 2,35 GHz Untuk Aplikasi LTE”. Purwokerto. Sekolah Tinggi Teknologi Telematika Telkom (ST3Telkom). 2016.
- [7] Moh Sentot Samsul. “Perancangan Antena Mikrostrip pada frekuensi 2,3 GHz Untuk aplikasi LTE”, Universitas Darma Persada Jakarta .2015
- [8] Herudin. “Perancangan Antena Mikrostrip Frekuensi 2,6 GHz untuk Aplikasi LTE (Long Term Evolution)”, SETRUM – Volume 1, No. 1, Juni 2012