Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip 4x4 MIMO Berbahan Material Dielektrik Artifisial dengan Menggunakan Mode Gelombang TM_{11} (Pola Crepes) untuk Meningkatkan Gain Antena Repeater pada Aplikasi LTE

Cucun Noviyanti[1], Hepi Ludiyati[2]
[1,2]Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bandung, Bandung
E-mail : [1]cucunnoviyanti24@gmail.com, [2]hepi.ludiyati@polban.ac.id

Abstrak - Antena merupakan salah satu elemen yang penting pada sistem komunikasi tanpa kabel, dimana tidak ada sistem komunikasi wireless yang tidak menggunakan antena. Dengan adanya teknologi LTE, kebutuhan tidak hanya terbatas pada komunikasi suara saja, akan tetapi juga dilakukan untuk komunikasi wireless. Penulis mengusulkan sebuah antena mikrostrip berbahan material elektromagnetik artifisial untuk aplikasi LTE. Antena ini nantinya dirancang dengan menggunakan substrat jenis FR4 *epoxy*. *Flame Retardant*-4 *epoxy* ini penyerapan airnya mendekati nol, bahan ini dikenal mempertahankan nilai mekanis yang tinggi dan kualitas isolasi listrik baik dalam kondisi kering maupun lembab. Pada material dielektrik artifisial ini memiliki struktur dasar persegi. Mode gelombang yang digunakan adalah *transverse magnetic* TM, keuntungan dengan meggunakan mode gelombang ini yaitu dapat meminiaturisasi ukuran perangkat pada mode gelombang TM yang diinginkan.
Teknik yang akan dilakukan adalah memasang sejumlah kawat konduktor tegak lurus pada *host material.* Kawat yang telah ditembuskan berada di posisi medan listrik maksimum dari mode TM yang akan diaktifkan pada perangkat telekomunikasi. Pada perealisasian nantinya pengusul akan menggunakan material elektromagnetik inovatif ini pada antena mikrostrip persegi berbahan *host material* FR4 *epoxy* serta mode gelombang yang akan digunakan pada antena ini adalah mode TM_{11} pola crepes. Perealisasian antena ini tidak akan mengeluarkan biaya yang mahal karena tidak melalui proses pabrikasi melainkan *hand made.* Diharapkan pada perealisasian ini penulis dapat menciptakan antena mikrostrip berupa purwarupa material elektromagnetik inovatif dengan bahan dasar FR4 *epoxy* untuk meningkatkan gain antena pada aplikasi LTE.
Kata Kunci: *Frame Retardant epoxy, Antena Mikrostrip, Material Elektromagnetik Artifisial, Transverse Magnetic TM_{11} pola Crepes*

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi komunikasi di dunia, jaringan seluler di Indonesia juga berkembang dengan pesat terutama sejak diluncurkan layanan 4G LTE pada tahun 2014. Teknologi komunikasi *mobile broadband* berbasis *Long Term Evolution* atau yang disingkat dengan LTE merupakan standar komunikasi nirkabel berbasis GSM, UMTS dan HSDPA. Teknologi ini sudah digunakan pada skala global. System LTE menjadi suatu aplikasi yang memanfaatkan kondisi interval frekuensi yang banyak atau diberi istilah *multiband* [2]. Oleh karena itu dalam implementasi LTE diperlukan sebuah perangkat antena yang dapat memaksimalkan kinerja LTE terutama kebutuhan *gain* dan *bandwidth*.

Ada beberapa literatur yang mengusulkan antena untuk sistem LTE. Literatur-literatur tersebut mengusulkan antena mikrostrip dengan berbagai bentuk *patch* dan menggunakan substrat dari bahan material dielektrik alami. Fakta dipasaran material dielektrik alami diproduksi oleh industri melalui proses kimiawi dengan nilai permitivitas terbatas. Keterbatasan pada nilai permitivitas menyebabkan kesulitan dalam meningkatkan kinerja antenna mikrostrip. Selain itu material dielektrik alami diproduksi dalam bentuk PCB (*Printed Circuit Board*). Pembuatan antena microstrip berbahan PCB membutuhkan proses *etching*, proses ini membutuhkan biaya yang tidak murah sedangkan umumnya untuk mendapatkan antena microstrip dengan kinerja sesuai yang diinginkan seringkali

dibutuhkan proses *etching* berkali-kali. Hal ini membuat biaya pabrikasi menjadi besar.

Penulis memberikan solusi dengan menciptakan suatu antena yang sesuai dengan karakteristik LTE dengan gain yang besar dan bandwidth yang lebar dibuat dari bahan yang ringan dan ekonomis juga mudah didapatkan. Antena yang akan di realisasikan memiliki sistem Multiple Input dan Multiple Output (MIMO) Antena ini dipilih karena mampu memperbesar kecepatan transmisi data (data rate) dan mengurangi *multipath fading* yang terjadi. Bahan yang digunakan adalah bahan artifisial atau alami yang ekonomis dan ringan namun mampu meningkatkan Gain, dan menggunakan pencatuan *inset feed*. Jika alat ini terealisasi diharapkan alat ini dapat memaksimalkan kinerja system transmisi dalam aplikasi LTE.

2. PEMBAHASAN

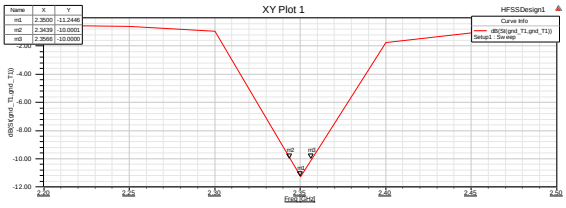
2. 1 Perancangan Antena Mikrostrip Konvensional dan Artifisial Satu Elemen

Untuk antena mikrostrip konvensional tahap perancangan di *software* Ansoft HFSS 15.0 tidak menggunakan tambahan kawat konduktor, dibiarkan natural. Pada antena mikrostrip artifisial ditambahkan kawat konduktor yang ditancapkan pada substrat dengan mode gelombang yang sudah ditentukan yaitu TM_{11} (pola crepes) untuk memperbesar permitivitas material FR4. Tentunya penambahan kawat konduktor ini perlu adanya titik koordinat yang sudah dihitung sebelumnya.

Tabel 2.1 Perbandingan Dimensi Antena Mikrostrip Satu Elemen

Parameter	Konvensional Sebelum Optimasi (mm)	Konvensional Setelah Optimasi (mm)	Artifisial Sebelum Optimasi (mm)	Artifisial Setelah Optimasi (mm)
W	38.84	38	30.29	23
L	34.62	42	25.132	26
W_m	6.122	5	3.787	3.787
L_m	23.04	13.19	13.88	10.625
W_g	58.04	57	49.49	42
L_g	53.82	61	44.332	44
W_s	6.122	6.122	3.787	3.787
L_s	13.68	10	10.53	9

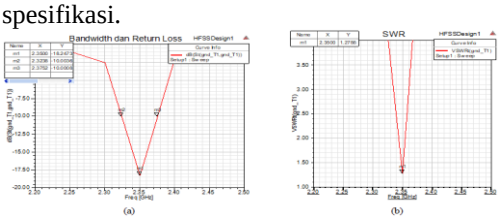
Jika dimensi antena yang sebelumnya sudah dihitung menggunakan rumus hasilnya tidak sesuai spesifikasi, maka diharuskan adanya pengoptimasian agar hasil grafik sesuai dengan spesifikasi awal yang sudah ditentukan.



Gambar 2.1 Grafik Antena Konvensional satu Elemen

Grafik diatas menunjukan frekuensi yang sesuai dengan spesifikasi awal yaitu 2350 MHz dan *return loss* 11,2446 dB. Nilai *return loss* sudah sesuai dengan batas yang diinginkan yaitu lebih dari dB.

Sama hal nya dengan antena konvensional, jika antena artifisial hasil grafiknya tidak sesuai dengan spesifikasi awal maka optimasi dibutuhkan dalam mendesain antena tersebut. Selain mengurangi dan menambah kawat konduktor yang disisipkan, dimensi *patch*, *ground plane*, dan substrat pun harus di optimasi nilainya agar hasil grafik sesuai dengan spesifikasi.



Gambar 2.2 Grafik Antena Artifisial Satu Elemen (a) bandwidth dan return loss (b) SWR

Grafik (a) diatas menunjukan hasil frekuensi dan *return loss* sudah sesuai dengan yang diinginkan. Yaitu frekuensi kerja sebesar 2350 MHz dan *return loss* 18,2473 dB. Serta pada grafik (b) ditunjukan bahwa nilai SWR sesuai dengan spesifikasi yaitu kurang dari 2 sebesar 1,27.

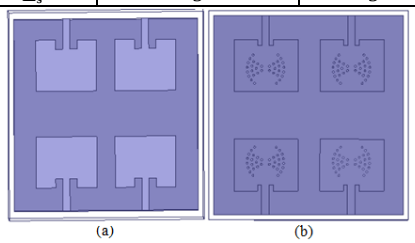
2. 2 Perancangan Antena Mikrostrip Konvensional dan Artifisial Empat Elemen

Jika antena satu elemen sudah mendapatkan frekuensi kerja, *return loss* dan *bandwidth* yang sesuai dengan spesifikasi

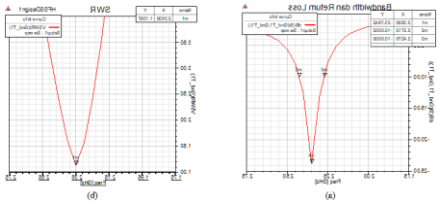
awal maka silanjutkan dengan pembuatan antena MIMO 4x4 yang didapat dari *trail and error*.

Tabel 2.2 Dimensi Antena Konvensional dan Artifisial Empat Elemen

Parameter	Nilai Dimensi Antena Konvensional (mm)	Nilai Antena Artifisial (mm)
W	33	32
L	28	26
W_m	3.787	3.787
L_m	13	13
W_g	100	95
L_g	105	100
W_s	-	-
L_s	5	5

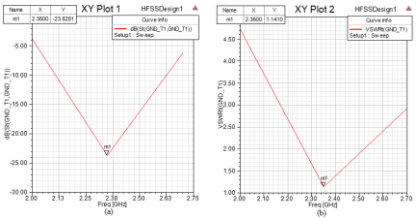


Gambar 2.3 Antena Konvensional MIMO 4x4



Gambar 2.4 Grafik Antena Konvensional Empat Elemen (a) bandwidth dan return loss (b) SWR

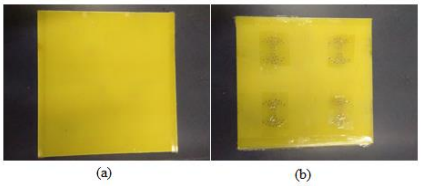
Grafik (a) diatas menunjukan hasil frekuensi dan *return loss* sudah sesuai dengan yang diinginkan. Yaitu frekuensi kerja sebesar 2350 MHz dan *return loss* 23,764 dB. Serta pada grafik (b) ditunjukan bahwa SWR sudah sesuai dengan spesifikasi yaitu kurang dari 2 sebesar 1,13.



Gambar 2.5 Grafik Atena MIMO 4x4 Artifisial (a) bandwidth dan return loss (b) SWR

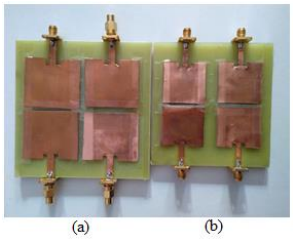
2. 3 Realisasi Antena Mikrostrip

Antena yang telah disimulasikan dengan Ansoft HFSS 15.0 kemudian direalisasikan dengan bahan FR4 *epoxy* yang telah ditentukan sebelumnya.



Gambar 2.6 Substrat antena mikrostrip FR4 *epoxy* (a) FR4 *epoxy* konvensional (b) FR4 *epoxy* artifisial TM11 pola crepes

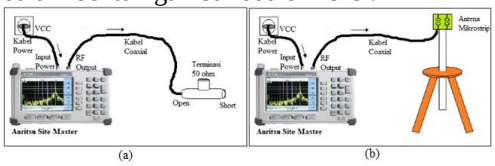
Tanpa mengubah konfigurasi kawat yang telah disisipkan pada substrat FR4 *epoxy*, antena yang telah direalisasikan mengalami modifikasi ukuran *patch* yang digunakan. Proses modifikasi tersebut dilaksanakan secara bertahap, sebelumnya dilakukan analisis apakah frekuensi kerja akan dinaikkan atau diturunkan. Jika frekuensi kerja akan dinaikkan maka *patch* harus diperkecil dan sebaliknya jika frekuensi kerja akan diturunkan maka ukuran *patch* harus diperbesar.



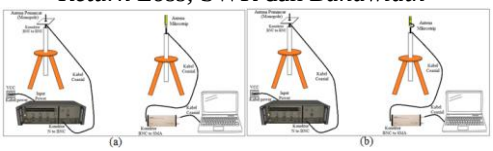
Gambar 2.7 Antena Antena Mikrostrip 4x4 MIMO (a) Konvensional (b) artifisial

2. 4 Setup Pengukuran

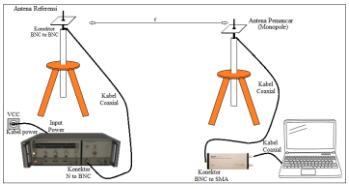
Berikut pemaparan setup pengukuran parameter antena yang akan diuji, yaitu diantaranta *return loss*, *bandwidth*, SWR, setup pengukuran pola radiasi dan setup pengukuran *gain*. Setup pengukuran parameter antena ini ditunjukan dalam bentuk gambar dua dimensi.



Gambar 2.8 (a)Setup Kalibrasi Anritsu Site Master SS331D (b) Setup Pengukuran *Return Loss*, SWR dan *Bandwidth*



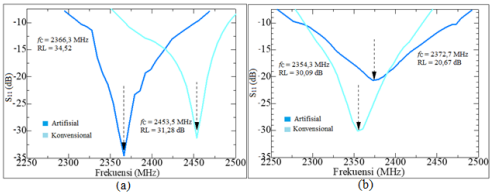
Gambar 2.9 (a) Setup pengukuran pola radiasi H-Plane (b) Setup pengukuran pola radiasi E-Plane



Gambar 2.10 Setup pengukuran *gain*

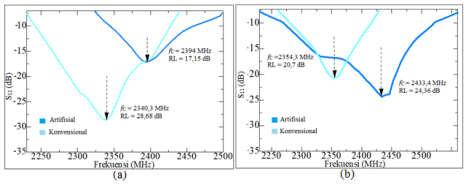
2. 5 Hasil Pengukuran Return loss dan Bandwidth Antena Mikrostrip Konvensional dan Antena Mikrostrip Artifisial

Berikut merupakan hasil pengukuran *return loss* untuk antena mikrostrip artifisial yang ditunjukan pada Gambar 2.11 dan Gambar 2.12



Gambar 2.11 Kurva S_{11} fungsi frekuensi antena mikrostrip konvensional dan artifisial elemen (a) satu (b) dua

Dari Gambar 2.11 (a) tersebut didapatkan informasi mengenai frekuensi bawah, frekuensi tengah dan frekuensi atas. Gambar tersebut menunjukan nilai frekuensi tengah artifisial elemen satu sebesar 2366.3 MHz bergeser 16.3 MHz. Nilai *return loss* pada frekuensi kerja sudah ≥ 10 dB dan menghasilkan *bandwidth* 136.5 MHz. Nilai frekuensi tengah konvensional elemen satu sebesar 2453.5 MHz sudah sesuai dengan spesifikasi awal yang sudah ditentukan sebelumnya bahwa ada toleransi frekuensi sebesar 5%. Nilai *return loss* pada frekuensi kerja sudah ≥ 10 dB dan menghasilkan *bandwidth* sebesar 124 MHz. Gambar 2.11 (b) menunjukan nilai frekuensi tengah artifisial elemen dua sebesar 2372.7 MHz. Nilai *return loss* pada frekuensi kerja sudah ≥ 10 dB dan menghasilkan *bandwidth* 186.6 MHz. Nilai frekuensi tengah konvensional elemen dua sebesar 2354.3 MHz bergeser 4.3 MHz. Nilai *return loss* pada frekuensi kerja sudah ≥ 10 dB dan menghasilkan *bandwidth* 136 MHz.

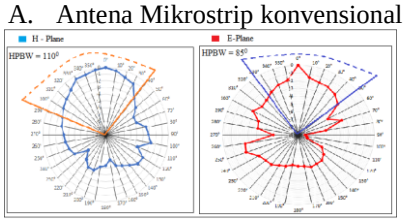


Gambar 2.12 Kurva S11 fungsi frekuensi antena mikrostrip konvensional dan artifisial elemen (a) tiga (b) empat

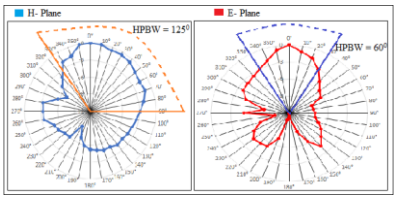
Dari Gambar 2.12 (a) dapat dilihat nilai frekuensi tengah artifisial elemen tiga sebesar 2394 MHz sudah sesuai dengan spesifikasi awal yang sudah ditentukan sebelumnya bahwa ada toleransi frekuensi sebesar 5%. *Return loss* pada frekuensi kerja sudah ≥ 10 dB dan menghasilkan *bandwidth* 114 MHz. Nilai frekuensi tengah konvensional elemen tiga sebesar 2340.3 MHz bergeser 10.3 MHz. Nilai *return loss* pada frekuensi kerja sudah ≥ 10 dB dan menghasilkan *bandwidth* 179.8 MHz. Gambar 2.12 (b) Nilai frekuensi tengah artifisial elemen empat sebesar 2433.4 MHz. Nilai *return loss* pada frekuensi kerja sudah ≥ 10 dB dan menghasilkan *bandwidth* 251.5 MHz. Nilai frekuensi tengah konvensional elemen dua sebesar 2354.3 MHz bergeser 4.3 MHz. Nilai *return loss* pada frekuensi kerja sudah ≥ 10 dB dan menghasilkan *bandwidth* 130.2 MHz. Berdasarkan hasil pengukuran ukuran *patch* antena artifisial sesuai dengan perhitungan dan ukuran *patch* antena artifisial yang sudah dimodifikasi menghasilkan perbandingan sebesar 38%. Dari ukuran *patch* sesuai perhitungan yaitu 29.69 mm menjadi 41 mm untuk lebar dari *patch*. Sedangkan untuk panjang dari *patch* tersebut dari perhitungan dan modifikasi *pacth* antena mikrostrip menghasilkan perbandingan sebesar 46%. Dari ukuran *patch* sesuai dengan perhitungan yaitu 24.596 mm menjadi 36 mm.

2. 6 Hasil Pengukuran Pola Radiasi

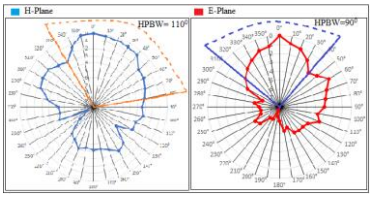
A. Antena Mikrostrip konvensional



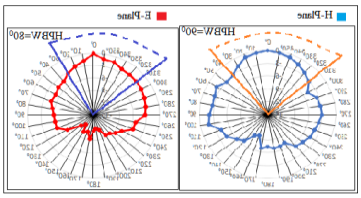
Gambar 2.13 Hasil pengukuran pola radiasi antena mikrostrip konvensional elemen 1 H-Plane dan E- Plane



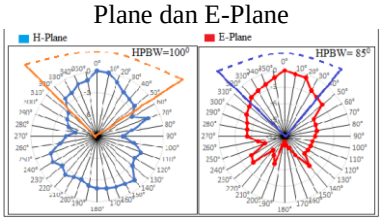
Gambar 2.14 Hasil pengukuran pola radiasi antena mikrostrip konvensional elemen 2 H-Plane dan E-Plane



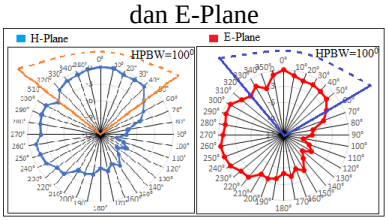
Gambar 2.15 Hasil pengukuran pola radiasi antena mikrostrip konvensional elemen 3 H-Plane dan E-Plane



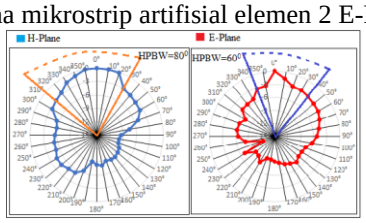
Gambar 2.16 Hasil pengukuran pola radiasi antena mikrostrip konvensional elemen 4 H-Plane dan E-Plane



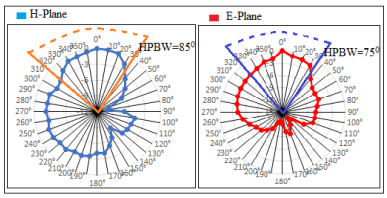
Gambar 2.17 Hasil pengukuran pola radiasi antena mikrostrip artifisial elemen 1 H-Plane dan E-Plane



Gambar 2.18 Hasil pengukuran pola radiasi antena mikrostrip artifisial elemen 2 E-Plane



Gambar 2.19 Hasil pengukuran pola radiasi antena mikrostrip artifisial elemen 3 H-Plane dan E-Plane



Gambar 2.20 Hasil pengukuran pola radiasi antena mikrostrip artifisial elemen 4 E-Plane

2. 7 Hasil Pengukuran Gain

Parameter antena selanjutnya yang akan diuji yaitu *gain*, pengujian *gain* dilakukan untuk mengetahui perbandingan antara intensitas radiasi suatu antena pada arah utama dengan intensitas radiasi dari antena referensi menggunakan daya input yang sama untuk mengetahui jarak jangkau maksimal dari radiasi yang dihasilkan oleh antena. *Gain* antena dihitung menggunakan Persamaan 2.1.

$$G_{TEST}(\text{dBi}) = P_{TEST}(\text{dBm}) - P_{REF}(\text{dBm}) + 4\ \text{dBi} \qquad 2.1$$

Keterangan :

G_{TEST} (dBi) = *Gain* antena yang diuji

P_{TEST} = Level daya terima AUT (*Antenna Under Test)*

P_{REF} = Level daya terima antena referensi

Pada pengujian *gain* antena, untuk pengambilan data dilakukan pada frekuensi tengah 2350 MHz. Pengujian dilakukan pada antena mikrostrip MIMO 4x4 artifisial dan konvensional.

1. Antena Mikrostrip Dielektrik Konvensional dan Artifisial

Tabel 2.3 Hasil Level Daya Maksimum Pengujian *Gain* Antena Mikrostrip Konvensional

Antena	Level Daya Maksimum Antena (dBm)			
	Konvensional		Artifisial	
	H-Plane	*E-Plane*	*H-Plane*	*E-Plane*
Elemen satu	-47,7	-49,2	-48,2	-48,9
Elemen dua	-47,9	-49	-46,3	-47,2
Elemen tiga	-46,9	-47,2	-46,7	-46,8
Elemen empat	-48,8	-47,1	-45,9	-47,8

Dari hasil pengujian level daya maksimum yang diterima pada Tabel 2.3 perhitungan *gain* antena dapat dicari dengan menggunakan Persamaan 2.1, maka *gain* antena yang didapatkan sebagai berikut:

Tabel 2.4 Hasil Pengukuran Gain

Antena	Gain (dBi)			
	Konvensional		Artifisial	
	H-Plane	*E-Plane*	*H-Plane*	*E-Plane*
Elemen satu	5,8	4,3	5,3	4,6
Elemen dua	5,6	4,5	7,2	6,3
Elemen tiga	6,6	6,3	6,8	6,7
Elemen empat	4,7	6,4	7,3	5,7

3. Kesimpulan

Berdasarkan perancangan serta realisasi antena mikrostrip 4x4 MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) menggunakan material dielektrik artifisial dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Semua antena konvensional maupun artifisial yang sudah dirancang dan direalisasikan dapat bekerja pada toleransi frekuensi 5% yaitu dalam rentang 2232,5 MHz – 2467,5 MHz.
2. *Bandwidth* yang dihasilkan baik antena konvensional dan artifisial ≥ 90 MHz. Dibandingkan dengan antena konvensional 4x4 MIMO, antena artifisial 4x4 MIMO menghasilkan *bandwidth* yang lebih lebar. Akan tetapi antena artifisial antena ke 3 lebih kecil dibanding dengan konvensional.
3. Semakin besar dimensi *patch* antena maka akan menurunkan frekuensi kerja begitupun sebaliknya, jika *patch* antena lebih kecil maka frekuensi kerja antena akan meningkat.

UCAPAN TERIMA KASIH
Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Politeknik Negeri Bandung yang telah menyelenggarakan seminar IRWNS.

DAFTAR PUSTAKA

[1] P. Nurhasanah, "REALISASI ANTENA MIKROSTRIP UNTUK APLIKASI MIMO 4X4 PADA FREKUENSI 2,3 – 2,39 GHZ DENGAN POLARISASI SIRKULAR," Bandung, 2017.

[2] M. Alaydrus, "Riset Antena-State of the Art," Magister Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana , Jakarta, 2015.

[3] A. A. M. Y. W. R. Jhon, "Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip MIMO 4X4 pada Frekuensi 1.8 GHz untuk Aplikasi LTE," Universitas Telkom, Bandung, 2016.

[4] Wikipedia, "Antena (radio)," 23 November 2018. [Online]. Available: https://id.m.wikipedia.org/wiki/Istimewa:History/Antena_(radio). [Diakses 4 Februari 2019].

[5] S. S dan M. , "Perancangan Antena Mikrostrip Pada Frekuensi 2.3 GHz untuk Aplikasi LTE (Long Term Evolution)," Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Darma Persada, Jakarta, 2015.

[6] Wikipedia, "Long Term Evolution," 2018. [Online]. Available: https://id.m.wikipedia.org/wikipedia.org/wiki/Long_Term_Evolution. [Diakses 7 Februari 2019].

[7] S. Alam dan N. R. F, "Perancangan Antena Mikrostrip Array 2x1 untuk Meningkatkan Gain Untuk Aplikasi LTE Pada Frekuensi 2300 MHz," *Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer*, vol. 07, pp. 365-376, Juni 2018.

[8] Y. Rahayu, K. Alfikri, R. S dan T. , "Perancangan Antena Dengan Circular Line Patch Dan Thick Line Untuk LTE Frekuensi 1.8 GHz," *Sinergi*, vol. 21, pp. 59-63, Februari 2017.

[9] A. Munir, "Study of Artificial Dielectric Rectangular Resonator and Its Applications: Disertation," Yamaguchi University, Japan, 2015.

[10] H. Ludiyati, A. Munir dan A. dan Bayu, "Theoritical Analysis of Resonant Frequency for Anisotropic Artificial Circular Dielektric Resonator Encapsulated in Waveguide," *International Journal on Electrical Engineering and Informatics*, vol. 9, pp. 259-268, 2017.

[11] I. Inggrianti, "Realisasi 3 Prototipe Antena Mikrostrip Lingkaran 1 Elemen Dengan Material Dielektrik Artifisial

Berbahan Styrofoam dan Gabus Pada Frekuensi UHF," Bandung, 2017.

[12] I. Kartika, "REALISASI ANTENA MIKROSTRIP LINGKARAN 1 ELEMEN MENGGUNAKAN PURWARUPA MATERIAL ELEKTROMAGNETIK INOVATIF BERBAHAN DASAR AKRILIK DENGAN MODE TM01 DAN TM11 PADA FREKUENSI 1800 MHZ," Bandung, 2018.