

Realisasi dan Pengujian Antena Mikrostrip *Array* 4 Elemen dengan Polarisasi Melingkar untuk Aplikasi 4G/LTE

EDDY WIYANTO¹, SYAH ALAM², BUDI HARSONO³

^{1,3}Program Studi Teknik Elektro (Universitas Kristen Krida Wacana)

²Program Studi Teknik Elektro (Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta)

Email : eddy.wiyanto@ukrida.ac.id

Received 7 April 2018 | Revised 7 Mei 2018 | Accepted 15 Mei 2018

ABSTRAK

Penelitian ini mengusulkan desain antena mikrostrip array empat elemen dengan polarisasi melingkar pada frekuensi kerja 2300 MHz untuk aplikasi 4G/LTE. Antena telah dirancang dan dipabrikasi menggunakan substrat jenis FR-4 Epoxy dengan nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4.3, ketebalan substrat (h) = 1.6 mm dan loss tangen ($\tan \delta$) = 0.0265 dengan pencatu microstrip line. Polarisasi melingkar dengan axial ratio ≤ 3 dB dihasilkan dengan menggunakan metode truncated corner sedangkan untuk meningkatkan nilai gain digunakan metode array empat elemen. Dari hasil proses pengukuran diperoleh nilai koefisien refleksi sebesar -16.52 dB, VSWR sebesar 1.37 pada frekuensi kerja 2300 MHz dengan bandwidth yang diperoleh dari hasil pengukuran adalah 400 MHz (2050 MHz - 2450 MHz). Metode truncated corner berhasil menghasilkan polarisasi melingkar dengan nilai axial ratio 1.745 dB dan berhasil menghasilkan nilai gain sebesar 9.04 dB pada frekuensi kerja 2300 MHz untuk aplikasi LTE.

Kata kunci: Antena, mikrostrip, koefisien refleksi, array, truncated corner

ABSTRACT

This research proposed a four-element microstrip array antenna design with circular polarization at a working frequency of 2300 MHz for 4G / LTE applications. The antenna has been designed and fabricated using a FR-4 Epoxy substrate with a dielectric constant value (ϵ_r) = 4.3, substrate thickness (h) = 1.6 mm and tangent loss ($\tan \delta$) = 0.0265 with microstrip line feeding. The circular polarization with axial ratio ≤ 3 dB was generated using the truncated corner method while for increasing the gain value used the four element array method. From the result of the measurement process, the reflection coefficient value is obtained -16.52 dB, VSWR of 1.37 at 2300 MHz working frequency with bandwidth obtained from the measurement result is 400 MHz (2050 MHz - 2450 MHz). The truncated corner method succeeded in generating a circular polarization with the axial ratio of 1.745 dB and succeeded to obtain the gain of 9.04 dB at work frequency of 2300 MHz for LTE application.

Keywords: Antena, mikrostrip, reflection coefficient, array, truncated corner

1. PENDAHULUAN

Perkembangan sistem telekomunikasi sangat pesat pada masa sekarang ini terutama dalam bidang telekomunikasi bergerak. Penerapan sistem komunikasi Generasi ke empat (4G/LTE) menuntut kecepatan dalam proses transfer data dan konektivitas yang sangat tinggi, selain itu disisi perangkat penerima juga menjadi semakin kecil dan kompak. Dalam **(Alam, S., Surjati, I., & Ningsih, Y. K., 2017)**, beberapa alokasi frekuensi tersebut adalah : DCS berlaku pada pita frekuensi (1710-1885 MHz), PCS pada pita frekuensi (1907.5–1912.5 MHz), UMTS pada pita frekuensi (1920- 2170MHz), WLAN 2.4 GHz pada pita frekuensi (2400-2483.5 MHz), LTE 2,3 GHz. Berdasarkan **(Kemenkominfo, 2014)**, Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia Nomor 28/PER/M.KOMINFO/09/2014 ditetapkan bahwa rentang frekuensi 2300 – 2400 MHz digunakan untuk system komunikasi pita lebar (Broadband) salah satunya adalah *Long Term Evolution*.

Dalam proses pertukaran informasi pada sistem komunikasi nirkabel diperlukan suatu perangkat pengirim dan penerima salah satunya adalah antena. Antena merupakan perangkat yang dapat mengkonversikan energi listrik menjadi gelombang elektromagnetik ataupun sebaliknya sehingga dapat digunakan untuk memancarkan dan menerima sinyal informasi. Salah satu jenis antena yang saat ini banyak digunakan untuk komunikasi tanpa kabel adalah antena mikrostrip. Antena mikrostrip memiliki kelebihan diantaranya bentuk yang kecil, kompak, dan sederhana. Akan tetapi jenis antena ini memiliki beberapa kekurangan, diantaranya: gain yang rendah, keterarahan yang kurang baik, efisiensi rendah, rugi-rugi hambatan pada saluran pencatu, dan lebar pita yang sempit **(Surjati, 2010)**.

Pada perangkat telekomunikasi modem biasanya menggunakan antena internal yang memiliki gain yang kecil sehingga level penerimaan sinyalnya kurang baik. Untuk mengatasi masalah tersebut dapat digunakan jenis antena eksternal namun terkadang dimensi antena eksternal yang digunakan cukup besar sehingga menjadi tidak efektif dalam penerapannya. Selain itu, jenis antena eksternal yang dijual dipasaran juga memiliki polarisasi vertikal (dipole) sedangkan antena pemancar yang digunakan di BTS memiliki polarisasi horizontal sehingga menimbulkan dampak *cross polarization* (polarisasi menyilang) yang menimbulkan *loss* pada sisi penerima. Untuk mengurangi faktor *loss* tersebut dapat digunakan antena yang memiliki polarisasi yang sama, namun kendala berikutnya adalah antena yang menggunakan polarisasi horizontal memiliki dimensi yang besar seperti contohnya adalah antena yagi sehingga tidak efektif dalam penerapannya. Untuk menanggulangi masalah tersebut dapat digunakan antena mikrostrip dengan polarisasi melingkar sehingga jika terjadi perbedaan penggunaan polarisasi pada antena di sisi penerima dan pemancar tidak menimbulkan *loss* yang signifikan. Selain itu, antena mikrostrip memiliki kelebihan dimensi yang kecil dan ringkas sehingga penerapannya jauh lebih efektif dan antena mikrostrip dapat dioptimasi untuk menghasilkan polarisasi melingkar namun kekurangan antena mikrostrip adalah *gain* yang kecil dan *bandwidth* yang sempit sehingga perlu dilakukan beberapa metode untuk meningkatkan gain dan bandwidth pada antena mikrostrip.

Untuk memperoleh antena mikrostrip yang memiliki polarisasi melingkar dapat digunakan beberapa metode antara lain fractal **(Reddy, V. V., & Sarma, N. V. S. N., 2014)**, *truncated corner* **(Rahman, M. A., Nishiyama, E., & Toyoda, I., 2017)** dan *proximity coupling* **(Chen, S. J., Fumeaux, C., Monnai, Y., & Withayachumnankul, W., 2017)**. Pada penelitian ini digunakan metode *truncated corner* dengan memotong sisi bagian pinggir atas dan bawah pada antena bentuk persegi panjang, pemilihan metode ini dikarenakan dimensi awal dari antena mikrostrip yang dirancang adalah persegi panjang sehingga

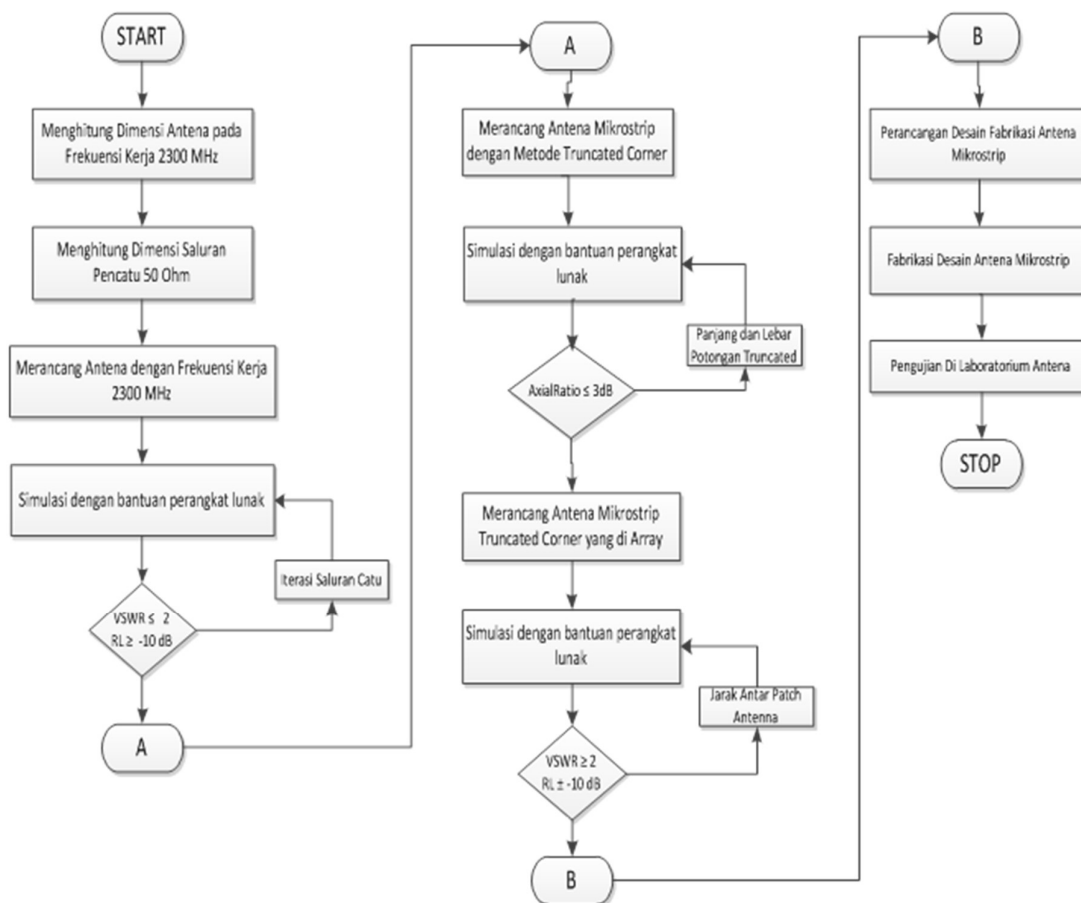
penggunaan metode *truncated* jauh lebih mudah dan efektif dalam perancangannya, selain itu penggunaan metode *truncated corner* juga mereduksi dimensi antenna menjadi semakin kecil sehingga menghasilkan dimensi yang lebih kompak. Sedangkan untuk meningkatkan nilai penguatan antenna mikrostrip dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode antara lain array (Dewantari, A., Kim, J., Jeon, S. Y., Kim, S., & Ka, M. H., 2017), parasitic (Li, H., Lan, B., Ding, J., & Guo, C., 2017) dan *stacked* (Padhi, J., & Dash, M., 2017). Metode array dilakukan dengan cara menyusun antenna mikrostrip menjadi beberapa patch yang dihubungkan dengan saluran pencatu (*microstrip line*). Pemilihan metode array dilakukan karena dapat meningkatkan keterarahan dan mengurangi dampak interferensi pada sisi antenna penerima sehingga lebih efektif dalam penerapannya. Dalam penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Yang, S. L. S., Lee, K. F., Kishk, A. A., & Luk, K. M., 2008) antenna mikrostrip yang diberikan metode *truncated corner* dapat menghasilkan axial ratio dengan bandwidth (≤ 3 dB) sebesar 14 %, sedangkan penelitian yang dilakukan oleh (Deshmukh, A. A., Singh, D., & Verma, P., 2016) metode *truncated corner* berhasil menghasilkan *bandwidth axial ratio* sebesar 202 MHz atau sekitar 23 %. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Dhengale, B. B., & Karia, D. C., 2015) diperoleh nilai gain sebesar 7,5 dBi dengan menggunakan metode array 2x2, sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh (Dalvi, S., Jagtap, S., Yadav, V., & Gupta, R. K., 2016) metode array 4x4 berhasil meningkatkan efisiensi nilai gain dari 12 dB menjadi 15,8 dB. Dari hasil penelitian sebelumnya dapat ditarik kesimpulan sementara bahwa metode *truncated corner* dapat menghasilkan polarisasi melingkar dengan *axial ratio* ≤ 3 dB dan metode array dapat meningkatkan penguatan (*gain*) antenna. Hal ini yang melatarbelakangi kami untuk meneliti tentang antenna mikrostrip *truncated corner array* untuk aplikasi 4G/LTE dengan tujuan untuk menghasilkan antenna mikrostrip yang memiliki polarisasi melingkar dan memiliki penguatan yang baik dengan nilai koefisien refleksi ≤ -10 dB dan VSWR ≤ 2 dan gain ≤ 9 dB.

2. DESAIN DAN PERANCANGAN ANTENA

2.1. Metode Perancangan

Pada penelitian ini dilakukan perancangan awal antenna tunggal tanpa diberikan *truncated corner* selanjutnya baru dilakukan uji coba metode *truncated corner* dengan iterasi melalui perangkat lunak komputer. Setelah diperoleh bentuk yang kompak dan memiliki polarisasi melingkar dengan *axial ratio* ≤ 3 dB maka dilakukan tahapan berikutnya dengan menyusun beberapa *patch* antenna mikrostrip dengan metode array untuk mendapatkan nilai *gain* yang maksimal. Untuk memperoleh hasil yang optimal dilakukan iterasi terhadap ukuran saluran catu, panjang dan lebar potongan serta jarak antar *patch* antenna ketika di array. Adapun indikator parameter antenna mikrostrip yang akan dicapai antara lain meliputi parameter *return loss*, VSWR, lebar pita, pola radiasi dan polarisasi. Parameter *return loss* yang diharapkan adalah ≥ -10 dB, VSWR ≤ 2 dan polarisasi melingkar dengan nilai ≤ 3 dB dengan menggunakan *truncated corner*. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini. Pada penelitian ini digunakan perangkat lunak AWR *Microwave Office* 2009 untuk proses perancangan dan simulasi parameter antenna. Dari hasil simulasi maka antenna akan difabrikasi dan dilakukan pengujian kinerja di laboratorium. Hasil kinerja antenna nantinya akan dibandingkan dengan simulasi untuk melihat probabilitas kesalahannya sehingga dapat dilakukan analisa untuk mengembangkan penelitian selanjutnya. Diharapkan dari penelitian ini diperoleh desain baru antenna mikrostrip yang berbentuk kecil dengan polarisasi melingkar dan memiliki penguatan yang maksimal sehingga optimal digunakan untuk komunikasi 4G LTE.

Realisasi dan Pengujian Antena Mikrostrip *Array* 4 Elemen dengan Polarisasi Melingkar untuk Aplikasi 4G/LTE



Gambar 1. Diagram Alir Perancangan

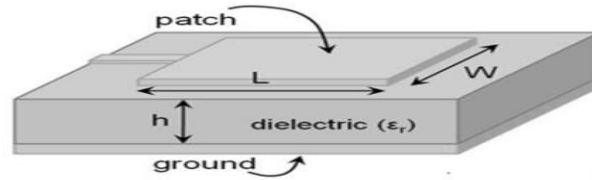
2.2. Desain Antena Mikrostrip *Array Truncated Corner*

Tahapan awal dalam penelitian ini adalah melakukan perancangan antena mikrostrip bentuk persegi panjang dengan pencatu *microstrip line* yang bekerja pada frekuensi 2300 MHz. Substrat yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis FR-4 Epoxy, pemilihan substrat ini dilakukan atas dasar harganya yang ekonomis dan mudah ditemukan di pasaran, selain itu berdasarkan **(Julius, W., Alam, S., & Arjadi, H., 2016)** bahwa substrat jenis FR-4 masih layak digunakan untuk frekuensi kerja 2300 MHz. Adapun spesifikasi substrat FR-4 dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini **(Deriko, F., & Rambe, A. H., 2015)**.

Tabel 1. Spesifikasi substrat FR-4 Epoxy

Jenis Substrat	FR-4 Epoxy
Konstanta Dielektrik Relatif (ϵ_r)	4.3
Konstanta Permeabilitas Relatif (μ_r)	1
<i>Dielectric Loss Tangent</i> ($\tan \delta$)	0.0265
Ketebalan Substrat (h)	1.6 mm
Frekuensi Kerja Maksimum	5 GHz

Struktur antena mikrostrip terbagi menjadi 3 bagian yaitu *patch* peradiasi, saluran pencatu dan bagian pentanahan (*grounding*). Struktur antena mikrostrip dengan pencatu mikrostrip line dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur Antena Mikrostrip (Surjati, 2010)

Dalam penelitian ini bentuk *patch* yang digunakan adalah persegi panjang dengan nilai lebar (W) dan panjang (L). Untuk memperoleh dimensi dari W dan L dapat digunakan Persamaan (1) sampai dengan Persamaan (5) (Alam, S., Wibisana, I. G. N. Y., & Surjati, I., 2017) dibawah ini .

$$W = \frac{c}{2f\sqrt{\frac{\epsilon_r+1}{2}}} \quad (1)$$

$$L = L_{\text{eff}} - 2\Delta L \quad (2)$$

$$L_{\text{eff}} = \frac{c}{2f\sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} \quad (3)$$

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W}\right]^{-1} \quad (4)$$

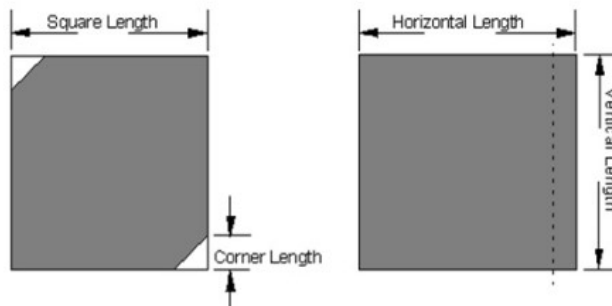
$$\Delta L = 0,412 \cdot h \frac{(\epsilon_{\text{reff}} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264\right)}{(\epsilon_{\text{reff}} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8\right)} \quad (5)$$

Untuk pencatu antenna yang digunakan adalah pencatu *microstrip line* dengan nilai impedansi 50 Ohm. Dimensi lebar dari saluran pencatu (W_z) disesuaikan dengan nilai impedansi konektor yang digunakan yaitu SMA Female 50 Ohm. Untuk menentukan dimensi panjang saluran pencatu dilakukan proses iterasi dengan menggeser posisi saluran dan mengubah jarak antara saluran pencatu ke *patch* antenna. Pada bagian pentanahan digunakan pentanahan penuh (*full ground*) dengan jenis bahan tembaga / *cooper*. Untuk memperoleh dimensi saluran pencatu antenna mikrostrip dapat digunakan Persamaan (6) dan Persamaan (7) dibawah ini (Alam, S., Wibisana, I. G. N. Y., & Surjati, I., 2017).

$$W_z = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (6)$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} \quad (7)$$

Untuk menghasilkan polariasi melingkar pada antenna mikrostrip bentuk persegi panjang maka digunakan metode *truncated corner* dengan memotong bagian tepi pada *patch* antenna mikrostrip dengan posisi diagonal. Sudut pemotongan tepi *patch* adalah 45° secara diagonal / menyilang dan lebar potongan biasanya 2 mm – 10 mm pada *patch* nya seperti terlihat pada Gambar 3. (Alam, S., & Wijaya, H., 2017).



Gambar 3. Metode *Truncated Corner* pada Antena Mikrostrip

Tujuan pemotongan *patch* ini adalah untuk menghasilkan polarisasi yang melingkar dengan nilai *axial ratio* ≤ 3 dB. Efek yang dihasilkan dari pemotongan dari tepi *patch* antena adalah terjadinya gangguan pada nilai arus yang mengalir pada antena sehingga menimbulkan polarisasi yang berbeda. Untuk menentukan dimensi dari panjang potongan pada tepi *patch* antena dapat digunakan Persamaan (8) (Alam, S., Surjati, I., & Ningsih, Y. K., 2017) dibawah ini.

$$\Delta L = \frac{1}{4} \times L \quad (8)$$

Untuk meningkatkan nilai *gain* dari antena elemen tunggal, dilakukan proses optimasi pada antena menggunakan metode *array*. Penambahan jumlah elemen dan jarak antar elemen antena pada metode *array* mempengaruhi nilai *gain* dan pola radiasi dari antena. Untuk memperoleh jarak antar elemen antena pada metode *array* dapat digunakan Persamaan (9) (Alam, S., Wibisana, I. G. N. Y., & Surjati, I., 2017) dibawah ini.

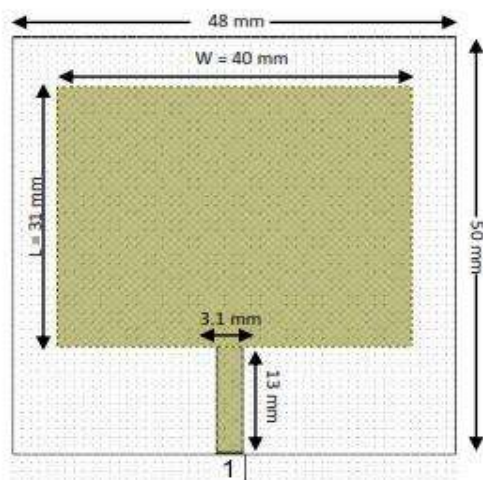
$$d = \lambda/2 \quad (9)$$

Pada penelitian ini digunakan metode *array* dengan 4 elemen yang disusun secara sejajar dengan menggunakan pencatu microstrip line dengan nilai impedansi 50 Ohm, 100 Ohm dan 70.7 Ohm. Penggunaan pencatu yang dengan impedansi yang berbeda bertujuan untuk mendapatkan nilai *matching* pada impedansi antena yang dirancang. Untuk memperoleh nilai *matching impedance* $Z_o = Z_L$ (Surjati, 2010) dari saluran pencatu antena dapat digunakan Persamaan (10).

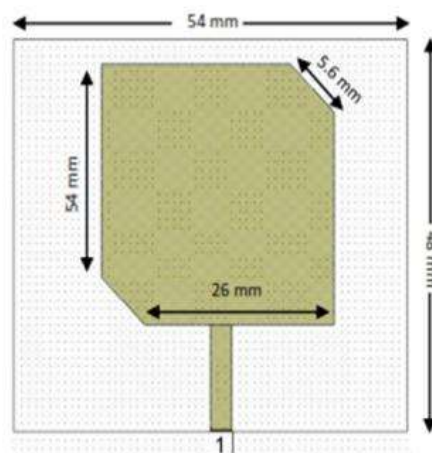
$$Z_T = \sqrt{Z_1 Z_3} \quad (10)$$

2.3. Simulasi dan Perancangan Antena Mikrostrip *Truncated Corner Array* 4 Elemen

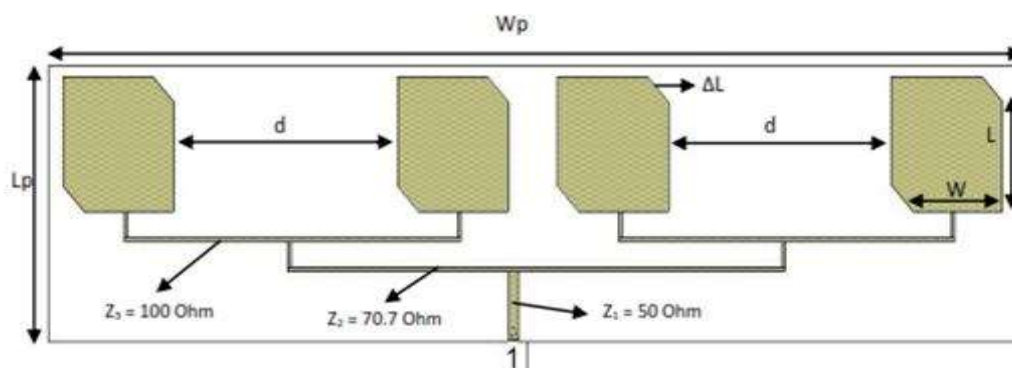
Setelah dilakukan proses perhitungan dimensi dengan menggunakan persamaan yang telah ditentukan, maka diperoleh dimensi dari antena mikrostrip *truncated corner* yang dioptimasi dengan menggunakan metode *array* 4 elemen. Adapun desain dan dimensi antena hasil perancangan dari desain awal sampai dengan *array* 4 elemen dapat dilihat pada Gambar 4 (a), (b) dan (c).



(a) Desain Awal Antena Mikrostrip



(b) Desain Antena Mikrostrip Truncated Corner



(c) Desain Antena Mikrostrip Truncated Corner 4 Elemen

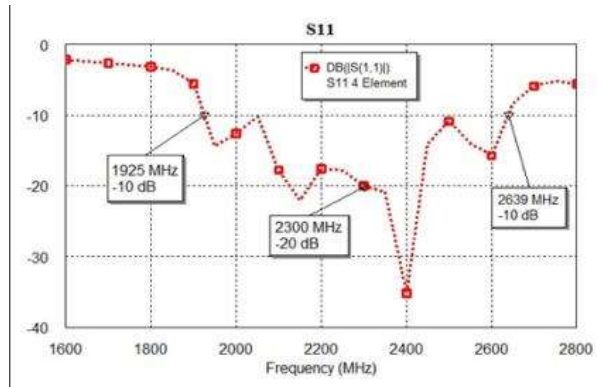
Gambar 4. Desain Keseluruhan Antena Mikrostrip

Pada Gambar 4(a) dapat dilihat bahwa antena mikrostrip memiliki dimensi keseluruhan sebesar 48 x 50 mm dengan dimensi *patch* antena sebesar 40 x 31 mm sedangkan dimensi pencatu *microstrip line* memiliki lebar sebesar 3.1 mm dan panjang 13 mm. Setelah antena desain awal berhasil dirancang, maka tahapan selanjutnya melakukan proses pemotongan pada bagian tepi *patch* antena untuk menghasilkan polarisasi melingkar. Pada Gambar 4(b) dapat dilihat bahwa antena mikrostrip *truncated corner* memiliki dimensi keseluruhan sebesar 54 x 48 mm dengan dimensi *patch* antena 54 x 26 mm. Dimensi potongan pada tepi antena adalah sebesar 5.6 mm dengan sudut potongan sebesar 45°. Pada Gambar 4(c) dapat dilihat dimensi antena mikrostrip *truncated corner* dengan 4 elemen yang disusun secara sejajar dengan dimensi antena sebesar $W_p = 280$ mm dan $L_p = 65$ mm. Lebar saluran pencatu untuk masing-masing impedansi 50 Ohm, 70.7 Ohm dan 100 Ohm adalah $Z_1 = 3.1$ mm, $Z_2 = 1.6$ mm dan $Z_3 = 1$ mm. Jarak pemisah antar elemen antena pada metode *array* adalah $d = 64$ mm.

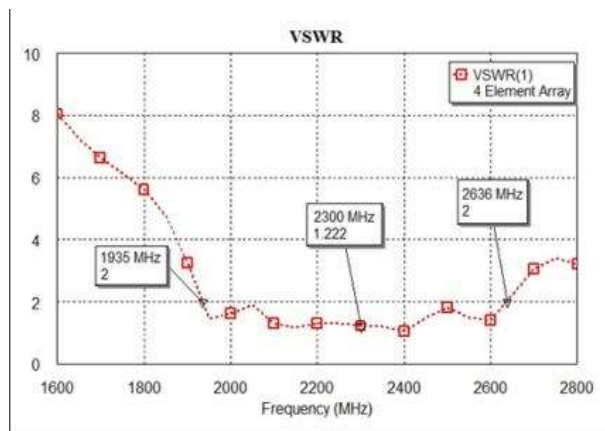
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Truncated Corner Array* 4 Elemen

Setelah dilakukan proses perancangan, tahapan selanjutnya adalah ,melakukan simulasi terhadap kinerja dan parameter antena. Parameter yang diamati adalah koefisien refleksi, VSWR, *axial ratio* dan *gain* pada frekuensi kerja 2300 MHz. Simulasi dan perancangan dilakukan dengan bantuan *software* AWR Microwave Office 2009. Antena yang dirancang di targetkan memiliki nilai koefisien refleksi ≤ -10 dB , VSWR ≤ 2 , *axial ratio* ≤ 3 dB dan *gain* ≤ 9 dB. Hasil simulasi koefisien refleksi dan VSWR dari antena hasil rancangan dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6 dibawah ini.

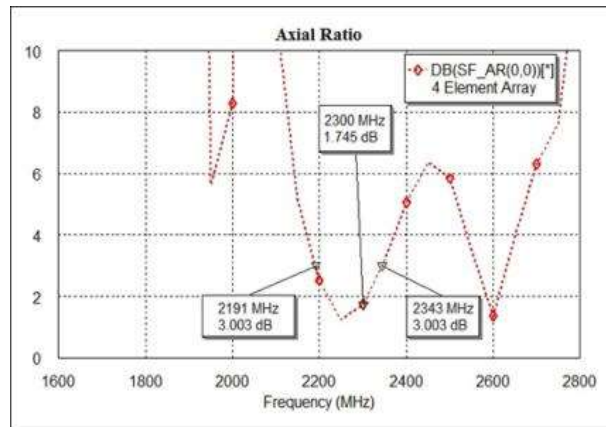


Gambar 5. Hasil Simulasi Koefisien Refleksi

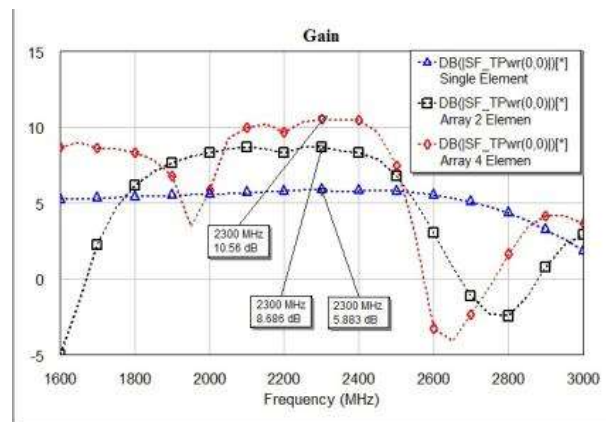


Gambar 6. Hasil Simulasi VSWR

Dari Gambar 5 dan 6 dapat dilihat bahwa hasil simulasi diperoleh nilai koefisien pantul (S11) sebesar -20 dB dan VSWR sebesar 1.22 pada frekuensi kerja 2300 MHz. Bandwidth yang dihasilkan dari proses simulasi pada antena rancangan adalah 714 MHz (1925 - 2639 MHz). Hasil simulasi *gain* dan *axial ratio* pada antena mikrostrip dapat dilihat pada Gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Hasil Simulasi *Axial Ratio*



Gambar 8. Hasil Simulasi *Gain*

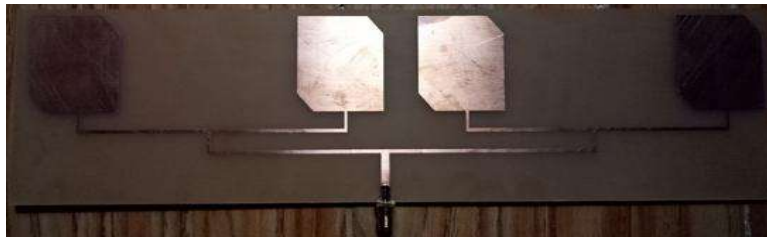
Dari Gambar 7 diperoleh nilai *axial ratio* sebesar 1.745 dB pada frekuensi kerja 2300 MHz sedangkan pada Gambar 8 diperoleh nilai gain sebesar 10.56 dB pada saat antenna dioptimasi dengan menggunakan metode *array* 4 elemen. Dari hasil keseluruhan proses simulasi dapat dilihat bahwa antenna yang dirancang telah memenuhi target yang ditetapkan yaitu memiliki nilai koefisien refleksi ≤ -10 dB , $VSWR \leq 2$, *axial ratio* ≤ 3 dB dan *gain* ≤ 9 dB. Hasil keseluruhan dari proses simulasi dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Hasil Keseluruhan Proses Simulasi Antena Mikrostrip Truncated Corner Array dengan 4 Elemen pada Frekuensi 2300 MHz

Parameter	Hasil Simulasi
Koefisien refleksi (S11)	-20 dB
VSWR	1.222
<i>Bandwidth</i>	714 MHz
<i>Axial Ratio</i>	1.72 dB
<i>Gain</i>	10.56 dB

3.2. Pabrikasi dan Pengukuran Antena Mikrostrip

Setelah diperoleh hasil simulasi dari parameter antena dengan menggunakan perangkat lunak AWR *Microwave Office* 2009 maka tahapan selanjutnya adalah melakukan proses pabrikasi dari antena yang telah dirancang. Pada proses pabrikasi ini, jenis konektor yang digunakan adalah female 50 Ohm dan substrat yang digunakan adalah FR-4 Epoxy *double layer* dengan ketebalan tembaga 1oz (0.035 mm). Desain antena mikrostrip hasil pabrikasi tampak depan dapat dilihat pada Gambar 9 dan tampak belakang dapat dilihat pada Gambar 10 dibawah ini.



Gambar 9. Desain Antena Hasil Pabrikasi Tampak Depan

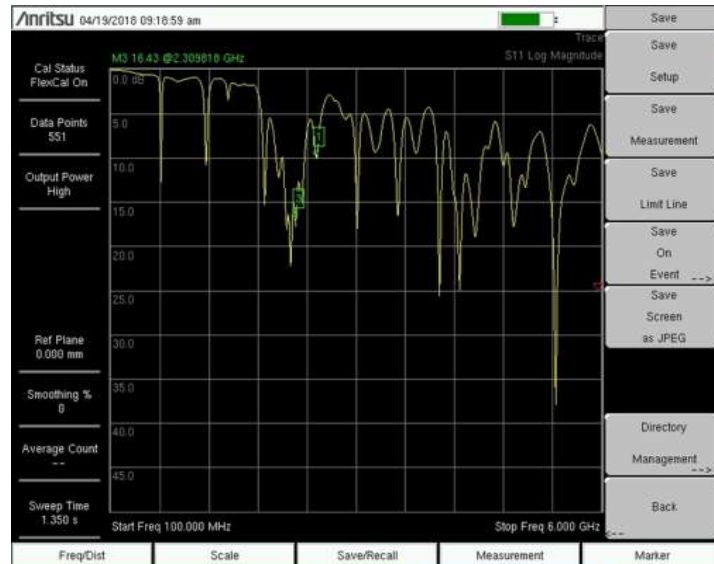


Gambar 10. Desain Antena Hasil Pabrikasi Tampak Belakang

Untuk melihat kinerja dari antena hasil pabrikasi maka dilakukan proses pengukuran terhadap parameter antena. Pengukuran dilakukan dengan menghubungkan antena dengan *Vector Network Analyzer (VNA)*, dalam pengukuran ini digunakan VNA jenis Anritsu Tipe MS2026A. Untuk melihat nilai koefisien refleksi dan VSWR. Hasil pengukuran koefisien refleksi dapat dilihat pada Gambar 11 dan 12.



Gambar 11. Pengukuran Parameter Koefisien Refleksi



Gambar 12. Hasil Pengukuran Koefisien Refleksi

Dari Gambar 12 dapat dilihat bahwa nilai koefisien refleksi yang diperoleh dari proses pengukuran adalah -16.52 dB dan VSWR sebesar 1.37 pada frekuensi kerja 2300 MHz. Dari hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa antenna yang dipabrikasi memenuhi target yang ditetapkan yaitu memiliki nilai koefisien refleksi ≤ -10 dB dan VSWR ≤ 2 pada frekuensi kerja 2300 MHz dengan *bandwidth* sebesar 400 MHz (2050-2450 MHz).

Dalam penelitian ini hanya dilakukan pengukuran S11 pada parameter koefisien refleksi dalam dB, sedangkan untuk parameter VSWR diperoleh dengan menggunakan Persamaan 11 dan 12 berikut ini .

$$|r| = \text{antilog} \frac{dB}{20} \tag{11}$$

$$VSWR = \frac{|1+r|}{|1-r|} \tag{12}$$

Untuk nilai gain dari antenna diperoleh dari proses pengukuran di ruang anechoic chamber di PPET LIPI Bandung dengan antenna pembanding yaitu jenis horn yang memiliki gain 12 dB. Nilai *gain* diperoleh dengan menggunakan persamaan 13 dibawah ini dimana P1 (Tx) adalah antenna daya pada antenna rancangan pada saat menjadi penerima dan P2 (Rx) adalah daya pada antenna rancangan pada saat menjadi pemancar sedangkan P (ref) adalah G(ref) adalah *Gain* yang dimiliki oleh antenna pembanding.

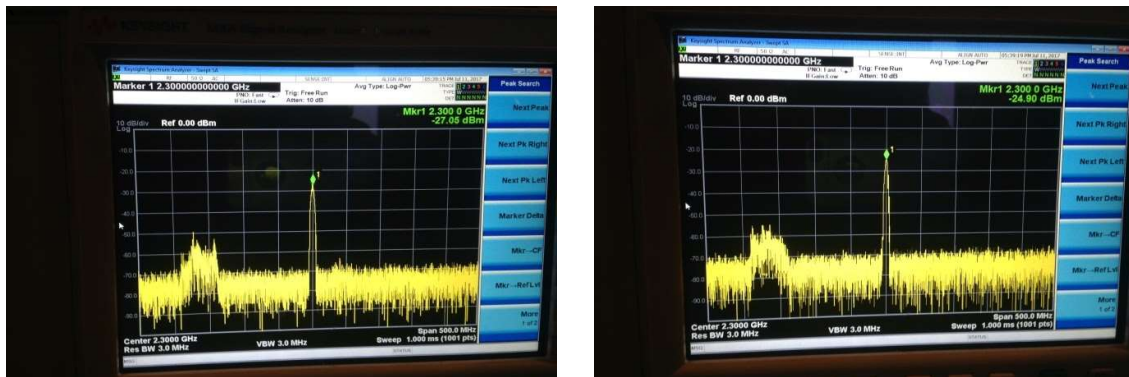
$$\text{Gain} = P1(rx) - P2(tx) + G(ref)$$

$$\text{Gain} = -27.05 \text{ dB} - (-24.09 \text{ dB}) + 12 \text{ dB}$$

$$\text{Gain} = 9.04 \text{ dB}$$

Dari hasil pengukuran diperoleh *gain* dari antenna rancangan yang telah dipabrikasi sebesar 9.04 dB

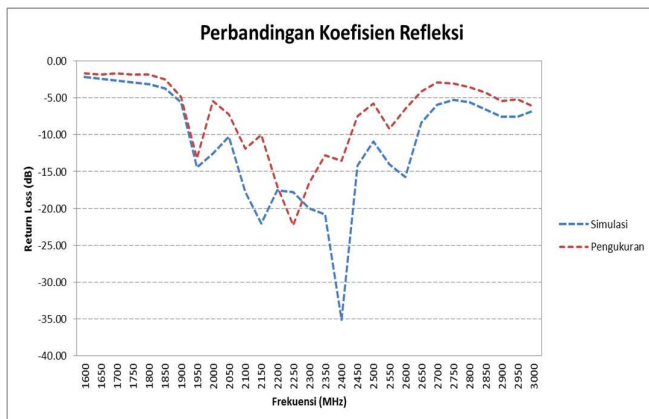
Realisasi dan Pengujian Antena Mikrostrip *Array* 4 Elemen dengan Polarisasi Melingkar untuk Aplikasi 4G/LTE



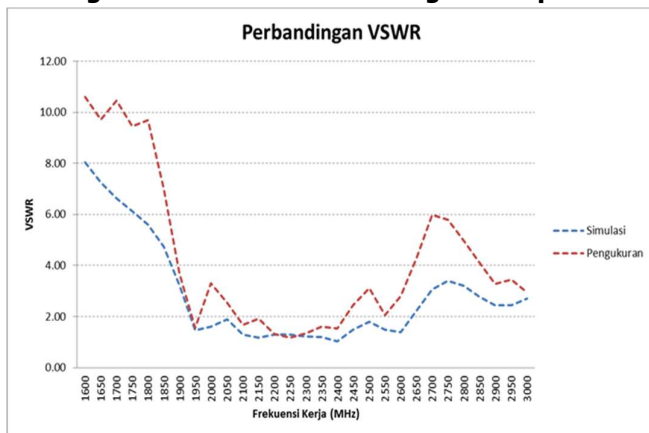
Gambar 13. Hasil Pengukuran *Gain*

3.3. Analisa dan Perbandingan Hasil Pengukuran dan Simulasi

Setelah melakukan proses simulasi dan pengukuran di laboratorium, tahapan selanjutnya adalah membandingkan hasil yang diperoleh dari kedua proses tersebut. Hal ini dilakukan untuk melihat tingkat kesalahan dari proses perancangan dan pabrikasi dari antena yang diusulkan. Perbandingan hasil pengukuran dan simulasi dari antena yang dipabrikasi dapat dilihat pada Gambar 14 dan 15 dibawah ini.



Gambar 14. Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran pada Koefisien Refleksi



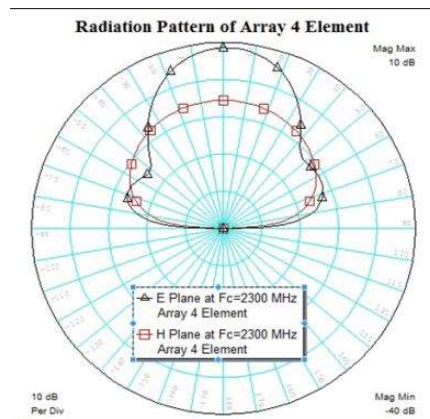
Gambar 15. Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran pada VSWR

Dari Gambar 14 dan 15 diatas dapat dilihat bahwa terjadi perbedaan nilai parameter yang diperoleh dari hasil pengukuran dan simulasi. Pada Gambar 14 dapat dilihat bahwa nilai koefisien refleksi pada proses simulasi lebih bagus dibandingkan dengan proses simulasi, begitu juga pada parameter *VSWR*. *Bandwidth* yang dihasilkan dari proses pengukuran juga mengalami reduksi dibandingkan dengan hasil simulasi. Hasil perbandingan keseluruhan dari proses pengukuran dan simulasi antenna dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Perbandingan Simulasi dan Pengukuran Antena Mikrostrip *Truncated Corner Array* dengan 4 Elemen pada Frekuensi 2300 MHz

Parameter	Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran	Tingkat Kesalahan
Koefisien refleksi (S11)	-20 dB	-16.52 dB	17.4 %
VSWR	1.222	1.37	12 %
<i>Bandwidth</i>	714 MHz	400 MHz	43 %
<i>Gain</i>	10.56 dB	9.04 dB	14.39 %

Dari Tabel 3 diatas dapat dianalisa bahwa nilai koefisien refleksi hasil pengukuran mengalami penurunan dan tingkat kesalahan sebesar 17.4 %, *VSWR* menurun 12 % dan *bandwidth* menurun 43 % jika dibandingkan dengan proses simulasi. Hal ini dikarenakan factor ketelitian pada saat melakukan pabrikan dan juga penggunaan konektor SMA yang impedansi nya tidak murni 50 Ohm. Penggunaan substrat FR-4 juga mempengaruhi tingkat kesalahan dikarenakan nilai loss tangen dari substrat FR-4 masih cukup besar yaitu 0.0265 sehingga mereduksi nilai yang diperoleh dari hasil pengukuran. Dari keseluruhan hasil yang diperoleh, nilai dari hasil pengukuran antenna rancangan masih dalam kategori baik karena masih memiliki nilai koefisien refleksi ≤ -10 dB dan *VSWR* ≤ 2 pada frekuensi kerja 2300 MHz. Selain itu penggunaan metode *truncated corner* berhasil menghasilkan polarisasi melingkar dengan nilai *axial ratio* 1.745 dB pada frekuensi kerja 2300 MHz. Pada proses simulasi penggunaan metode *array* juga berhasil meningkatkan nilai *gain* sebesar 45.07 % dibandingkan dengan elemen tunggal. Dari hasil pengukuran diperoleh reduksi dari nilai *gain* sebesar 14.39 % dibanding hasil simulasi yang diperoleh. Hasil pola radiasi dari antenna hasil rancangan dapat dilihat pada Gambar 16 dibawah ini.



Gambar 16. Hasil Simulasi Pola Radiasi Antena Hasil Rancangan

Dari Gambar 16 dapat dilihat bahwa penambahan elemen *array* menyebabkan terjadinya perubahan pola radiasi menjadi *broadside* dengan sudut penerimaan terbaik 0° . Dampak penggunaan *array* adalah menghasilkan *side lobe* pada pola radiasi antenna rancangan

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah berhasil dirancang antena mikrostrip yang dikembangkan dengan menggunakan metode *truncated corner* untuk menghasilkan polarisasi melingkar dan dioptimasi dengan menggunakan metode *array* untuk meningkatkan nilai *gain*. Dari hasil pengukuran diperoleh nilai koefisien refleksi sebesar -16.52 dB dan VSWR sebesar 1.37 dengan bandwidth 400 MHz (2050-2450 MHz) pada frekuensi kerja 2300 MHz. Pada proses simulasi penggunaan metode *truncated corner* berhasil menghasilkan polarisasi melingkar dengan nilai *axial ratio* 1.745 dB dan metode *array* berhasil meningkatkan nilai *gain* sebesar 45.07 % dibandingkan dengan elemen tunggal. Dari hasil pengukuran, antena yang dirancang menghasilkan *gain* sebesar 9.04 dB. Hasil yang diperoleh telah memenuhi spesifikasi dan target yang ditentukan untuk dapat bekerja pada frekuensi 2300 MHz untuk aplikasi LTE.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Kristen Krida Wacana yang telah membiayai penelitian ini melalui anggaran payung Hibah tahun anggaran 2017/2018.

DAFTAR RUJUKAN

- Alam, S., Surjati, I., & Ningsih, Y. K. (2017). Patch modification and slot arrangement of microstrip antenna for improving the axial ratio. *In Broadband Communication, Wireless Sensors and Powering (BCWSP), 2017 International Conference on* (pp 1-5). IEEE.
- Kemenkominfo. (2014). *Penetapan Pita Frekuensi Radio Untuk Keperluan Layanan Pita Lebar Nirkabel (Wireless Broadcast) Pada Pita Frekuensi 2.3 GHz*. DKI Jakarta.
- Surjati, I. (2010). *Antena Mikrostrip: Konsep dan Aplikasinya*. DKI Jakarta: Universitas Trisakti.
- Reddy, V. V., & Sarma, N. V. S. N. (2014). Compact circularly polarized asymmetrical fractal boundary microstrip antenna for wireless applications. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 13, 118-121. IEEE
- Rahman, M. A., Nishiyama, E., & Toyoda, I. (2017). A frequency diversity reconfigurable antenna with circular polarization switching capability. *In Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting, IEEE International Symposium on* (pp. 1367-1368). IEEE.
- Chen, S. J., Fumeaux, C., Monnai, Y., & Withayachumnankul, W. (2017). Dual Circularly Polarized Series-Fed Microstrip Patch Array With Coplanar Proximity Coupling. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 16, 1500-1503. IEEE

- Dewantari, A., Kim, J., Jeon, S. Y., Kim, S., & Ka, M. H. (2017). Gain and side-lobe improvement of W-band microstrip array antenna with CSRR for radar applications. *Electronics Letters*, *53*(11), 702-704.
- Li, H., Lan, B., Ding, J., & Guo, C. (2017). High gain low profile wideband dual-layered substrate microstrip antenna based on multiple parasitic elements. *International Journal of Microwave and Wireless Technologies*, *9*, 1-7.
- Padhi, J., & Dash, M. (2017). Design of high gain stacked Sierpinski Carpet fractal antenna for C-band applications. *In Applied Electromagnetics Conference (AEMC)* (pp. 1-2). IEEE.
- Yang, S. L. S., Lee, K. F., Kishk, A. A., & Luk, K. M. (2008). Design of wideband single feed truncated corner microstrip patch antennas for circularly polarized applications. *In Antennas and Propagation Society International Symposium* (pp. 1-4). IEEE.
- Deshmukh, A. A., Singh, D., & Verma, P. (2016). Analysis and design of circular slot cut corner truncated rectangular microstrip antenna. *In Advances in Electrical, Electronics, Information, Communication and Bio-Informatics (AEEICB), 2016 2nd International Conference on* (pp. 627-631). IEEE.
- Dhengale, B. B., & Karia, D. C. (2015). A high gain 2-element Microstrip array antenna with Circular Polarisation for RFID Applications. *In Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI), 2015 International Conference on* (pp. 116-120). IEEE.
- Dalvi, S., Jagtap, S., Yadav, V., & Gupta, R. K. (2016). High gain wideband 2×2 microstrip array antenna using RIS and Fabry Perot Cavity resonator. *In Microelectronics, Computing and Communications (MicroCom), 2016 International Conference on* (pp. 1-6). IEEE.
- Julius, W., Alam, S., & Arjadi, H. (2016). LTE Analysis and Fabrication of Microstrip Antenna with a Fixed Frequency 2, 6 GHz and 2, 3 GHz Mobile. *Teknik dan Ilmu Komputer*, *3*(12), 309-313.
- Alam, S., Wibisana, I. G. N. Y., & Surjati, I. (2017). Miniaturization of array microstrip antenna using peripheral slits for wireless fidelity communication. *In Quality in Research (QiR): International Symposium on Electrical and Computer Engineering, 2017 15th International Conference on* (pp. 91-95). IEEE.
- Alam, S., & Wijaya, H. (2017). Perancangan Antena Mikrostip Truncated Corner untuk Aplikasi LTE 2.300 MHz dengan Polarisasi Melingkar. *Teknik dan Ilmu Komputer*, *6*(24), 381-388.