

Desain Miniaturisasi Antena Mikrostrip Patch Persegi Panjang dengan Slot Loading Technique-Rectangle Slot untuk Aplikasi LTE 1800

Kresna Aditama¹, Evyta Wismiana², Mochamad Yunus³

^{1, 2, 3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pakuan, Bogor, Indonesia
*corresponding author, E-mail: kresna7aditama@gmail.com

Abstract

Pada paper ini memaparkan pembahasan mengenai antena mikrostrip dengan *patch* berbentuk persegi panjang yang didesain menggunakan teknik *Slot Loading Technique*, dengan desain celah berbentuk persegi panjang, sehingga didapatkan hasil akhir ukuran antena yang memiliki dimensi yang lebih kecil bila dibandingkan dengan antena pada frekuensi yang sama dengan desain konvensional.

Desain antena yang dikembangkan dibuat agar dapat beroperasi pada frekuensi 1.8 GHz, atau pada kanal frekuensi LTE 1800.

Dengan mengubah variabel ukuran serta posisi celah pada *patch* antena, didapatkan hasil parameter *return loss* sebesar -23.74 dB, *VSWR* 1.13, lebar *bandwidth* 41.6 MHz, dan *gain* 0.3964 dBi, serta dimensi *patch* antena dengan ukuran 80% lebih kecil dari antena pendahulunya.

Keyword : *Mikrostrip, Miniaturisasi, LTE 1800, Slot Loading Technique*

1. Introduction

Dalam beberapa tahun terakhir, kemajuan teknologi nirkabel telah mengarah pada permintaan jaringan *broadband* yang lebih besar. Generasi keempat (4G) dari *broadband cellular network technology* hadir dengan standar yang dapat memecahkan masalah ini, dengan dukungan transmisi data yang lebih tinggi, kapasitas yang lebih tinggi, dan latensi yang lebih rendah [1-3].

Pada tahun 2015 beberapa penyedia jasa layanan jaringan seluler untuk jaringan *Long Term Evolution* (4G LTE), telah memperoleh Surat Keputusan Uji Layak Operasi (SKLO), sehingga jaringan 4G LTE kini dapat beroperasi, salah satunya pada pita 1800 MHz. Dengan begitu pemerataan jaringan di seluruh Indonesia akan semakin mudah. Hal ini terutama disebabkan oleh *band* 1.8 GHz yang sudah ada digunakan untuk GSM 1800 [4].

Untuk itu, kini beberapa penelitian terkait telekomunikasi terus dikembangkan dalam upaya memperoleh beragam *device* yang dapat diaplikasikan dengan teknologi jaringan 4G LTE, salah satunya yaitu riset pada antena sebagai komponen penransmisi.

Pada umumnya antena mikrostrip yang bekerja untuk frekuensi 1.8 GHz memiliki desain yang cukup besar, berdasarkan perhitungan yaitu 83 mm x 40 mm. Dimensi antena ini dapat direduksi dengan menambahkan celah pada *patch* antena atau yang biasa dikenal dengan istilah *Slot Loading Technique*.

Pada beberapa penelitian sebelumnya *slot loading technique* dapat diterapkan untuk memperlebar *bandwidth* dan perolehan *gain* [5-10]. Maka dilakukan studi lanjutan terkait *slot loading technique*, untuk mendapatkan desain antena dengan dimensi yang lebih kecil dari antena pada umumnya, namun memiliki frekuensi kerja yang sama yaitu 1.8 GHz.

2. Desain Antena

2.1. Antena Mikrostrip Patch Persegi

2.1.1. Desain patch

Antena mikrostrip yang dirancang pada dielektrik substrat berbahan FR4 epoxy dengan ketebalan substrat (h) = 1.6 mm *relative permittivity* (ϵ_r) = 4.3, dan *loss tangent* ($\tan \delta$)

= 0.0265, sedangkan dimensi W dan L menggunakan formulasi sebagai berikut [11] :

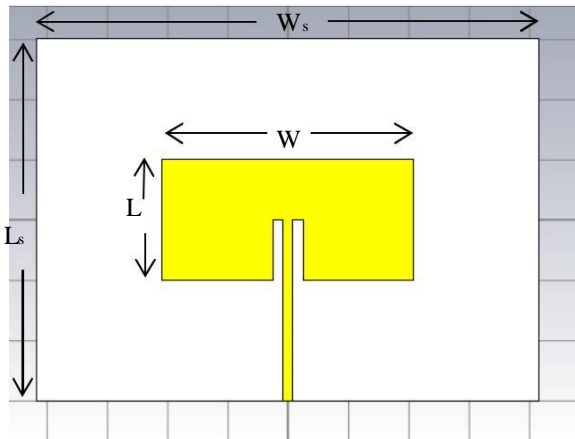
$$W = \frac{C}{2f_o \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \quad (1)$$

$$L_{eff} = \frac{C}{2f_o \sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (2)$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + 12h/W}} \right] \quad (3)$$

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{reff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \quad (4)$$

Pada Gambar 1.dibawah ini adalah desain antenna mikrostrip konvensional dengan bentuk patch persegi panjang. Pada *patch* ini juga diberikan celah berupa slot persegi panjang dengan lebar 3.31 mm atau setara dengan lebar saluran pencatu dengan impedansi saluran 50 Ω, dan panjang slot yaitu setengah dari panjang *patch* antenna. Penggunaan slot pada desain awal ini dikarenakan desain ini adalah desain yang memiliki nilai parameter *return loss* terbaik, bila dibandingkan dengan desain *full* persegi panjang.



Gambar 1: Desain awal antenna *patch* persegi panjang

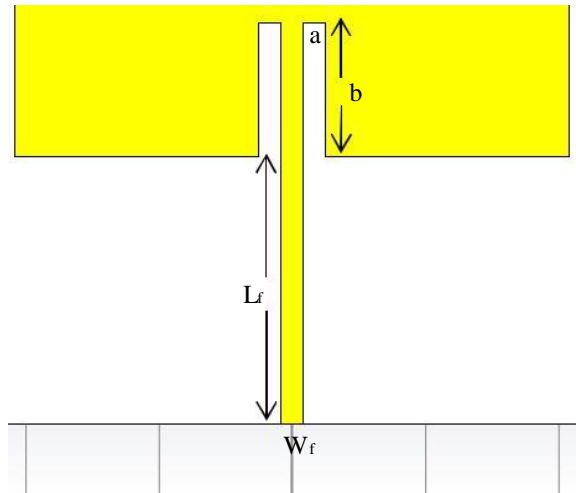
2.1.2. Desain saluran pencatu

Desain saluran pencatu yang digunakan pada antenna ini adalah jenis pencatuan menggunakan mikrostrip *line*, sedangkan dimensi saluran pencatu dibuat agar mendapatkan impedansi sebesar 50 Ω. Untuk mendapatkan saluran pencatu dengan impedansi sebesar 50 Ω, maka ukuran lebar saluran dapat didesain dengan formulasi sebagai berikut [11] :

$$B = \frac{60\pi^2}{z_o \sqrt{\epsilon_r}} \tag{5}$$

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

Saluran pencatu yang didesain memiliki lebar 3.31 mm, berdasarkan perhitungan dengan menggunakan formulasi untuk impedansi saluran pencatu sebesar 50 Ω. Pada simulasi yang telah dilakukan sebelumnya, menunjukkan bahwa impedansi 50 Ω untuk lebar saluran pencatu memiliki nilai parameter yang paling optimal, bila dibandingkan dengan impedansi yang lebih rendah (25 Ω atau 35 Ω) atau lebih tinggi (100 Ω). Bentuk desain saluran pencatu yang didesain seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. berikut :



Gambar 2: Desain awal *feeder*

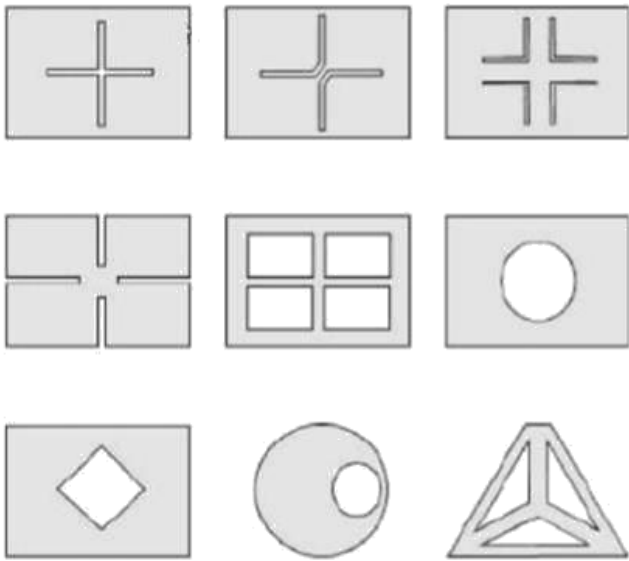
Berdasarkan perhitungan dari formulasi diatas, maka didapatkan desain awal antenna untuk bekerja pada frekuensi 1.8 GHz, dengan dimensi keseluruhan seperti yang ditampilkan pada tabel 1 berikut :

Tabel 1: Spesifikasi dimensi awal antenna

Parameter	Simbol	Ukuran (mm)
Lebar <i>Groundplane</i>	W_g	166.666
Panjang <i>Groundplane</i>	L_g	120.561
Lebar Substrat	W_s	166.666
Panjang Substrat	L_s	120.561
Lebar <i>Patch</i>	W	83.333
Panjang <i>Patch</i>	L	40.187
Lebar <i>Feeder</i>	W_f	3.31
Panjang <i>Feeder</i>	L_f	100.468
Lebar Celah 1 (kanan)	a_1	3.31
Panjang Celah 1 (kanan)	b_1	20.093
Lebar Celah 2 (kiri)	a_2	3.31
Panjang Celah 2 (kiri)	b_2	20.093

2.2. Studi *Slot Loading Technique*

Penelitian yang telah dilakukan oleh *K.L Wong*, dalam bukunya yang terkait dengan konfigurasi antenna mikrostrip dengan struktur kompak [12]. Yaitu untuk memperkecil ukuran antenna namun dengan *bandwidth* yang lebar dapat dilakukan dengan menambahkan celah pada *patch* atau disebut juga dengan istilah *Slot Loading Technique* [13]. Untuk operasi *multiband* dapat dilakukan dengan menambah celah atau cuakan tipis pada tepi antenna. Secara umum beberapa pola lain yang diperkenalkan juga oleh *Wong* dapat ditunjukkan seperti pada Gambar 3. dibawah ini :



Gambar 3: Pola slot pada patch

3. Discussion

Pada kajian ini akan memaparkan hasil dari pengujian variabel posisi celah, dan ukuran celah yang diubah. Dengan mengubah posisi celah, yang digeser mulai dari arah sisi samping patch menuju ke titik tengah patch. Pengamatan pada hasil pergeseran celah dilakukan dengan menggeser celah pada bidang di sumbu X di sisi bawah dan atas patch.

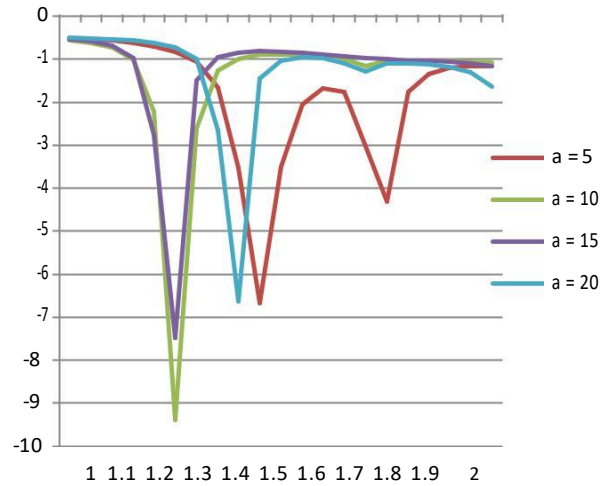
Selain itu, perubahan ukuran dari celah pada patch juga diamati. Variabel ukuran celah diubah yaitu diperbesar mulai dari lebar 4 mm hingga 16 mm.

3.1. Pengaruh Posisi Celah

Untuk mengamati karakteristik pada antena bila diberi celah tambahan pada patch antena, maka dilakukan simulasi dengan memberikan celah pada bagian bawah patch dan bagian atas patch. Pengujian yang dilakukan hanya pada bagian bawah dan bagian atas patch. Hal ini dilakukan untuk mereduksi ukuran patch pada bidang horizontal. Kemudian posisi celah digeser mulai dari posisi tangan patch menuju ke arah bagian sisi patch. Pergeseran dilakukan sebanyak 4 kali dengan jarak pergeseran sepanjang 5 mm, 10 mm, 15 mm, hingga 20 mm dari bidang tengah patch.

3.1.1. Pergeseran celah pada bagian bawah patch

Berikut pada Gambar 4. adalah grafik hasil dari karakteristik parameter *return loss* yang didapatkan dari hasil simulasi pada pergeseran celah di bagian bawah patch.



Gambar 4: Grafik *return loss* pada pergeseran bagian bawah patch

Berdasarkan grafik dari simulasi yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil statistik untuk nilai *return loss* pada tabel 2 dibawah ini :

Tabel 2: Hasil simulasi untuk perubahan posisi celah pada bagian bawah patch

Jarak Spasi	Frekuensi Resonansi (GHz)	Nilai S ₁₁ (dB)
5	1.45	-6.67
10	1.25	-9.38
15	1.25	-7.47
20	1.4	-6.64

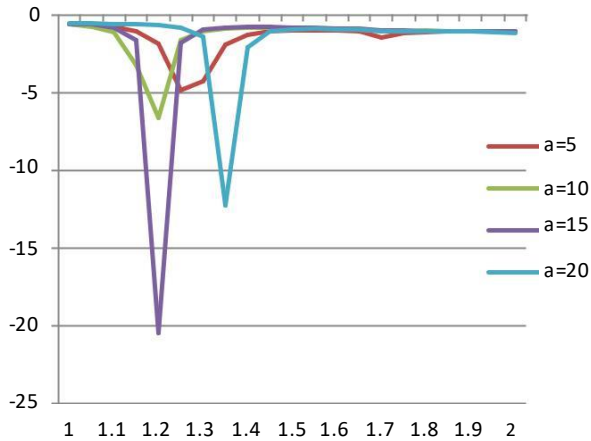
1.

Hasil simulasi yang diperoleh menunjukkan bahwa penambahan celah pada bagian bawah patch tidak memberikan efek yang optimal pada parameter *return loss*. Hal ini dibuktikan dengan tidak adanya variabel uji posisi yang hasilnya dapat melewati -10 dB. Namun secara keseluruhan menunjukkan pergeseran frekuensi kerja ke arah kiri, yang berarti bahwa pemberian celah pada bagian bawah patch akan menggeser frekuensi resonansi menjadi semakin kecil.

3.1.2. Pergeseran celah pada bagian atas patch

Selanjutnya, bagian yang diberi celah tambahan pada patch adalah bagian atas patch, sedangkan bagian bawah patch tidak berubah dari desain awal.

Pada Gambar 5. dipaparkan hasil grafik parameter *return loss*, dari simulasi dengan mengubah posisi kedudukan celah yang menjauhi titik tengah bidang X patch dengan jarak mulai dari 5 mm, 10 mm, 15 mm, hingga 20 mm.



Gambar 5: Grafik *return loss* pada pergeseran bagian atas *patch*

Dari hasil simulasi penempatan celah pada *patch* di bagian atas, maka didapatkan data pengamatan parameter *return loss* seperti yang dipaparkan pada tabel 3 berikut :

Tabel 3: Hasil simulasi untuk perubahan posisi celah pada bagian atas *patch*

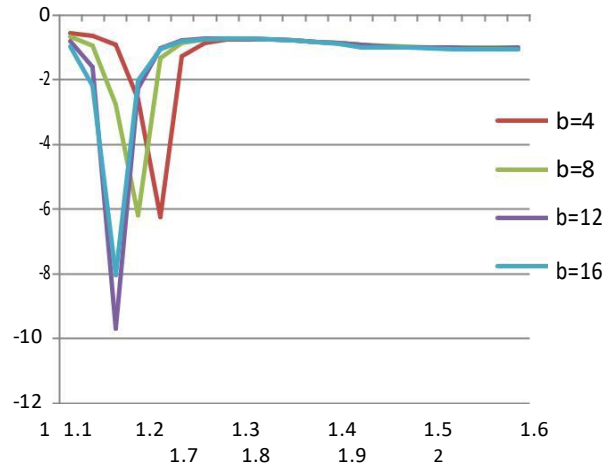
Jarak Spasi (mm)	Frekuensi Resonansi (GHz)	Nilai S_{11} (dB)
5	1.25	-4.85
10	1.25	-6.63
15	1.2	-20.45
20	1.35	-12.22

Sedangkan pada penempatan celah di posisi atas *patch*, nilai terbaik dari parameter *return loss* yang didapat yaitu pada jarak spasi 15 mm dari titik tengah *patch*, dengan nilai -20.45 dB pada frekuensi 1.2 GHz. Secara keseluruhan pun frekuensi resonansi dari semua variabel uji bergeser ke arah kiri. Dengan kata lain, penambahan celah pada bagian atas *patch* akan menggeser frekuensi resonansi ke sebelah kiri, yang berarti dengan pemberian celah pada sisi atas *patch* akan menurunkan frekuensi kerja dari antenna yang didesain.

3.2. Pengaruh Ukuran Celah

Setelah melakukan pengamatan pada posisi celah, agar didapatkan penempatan posisi celah yang memiliki karakteristik yang paling efektif. Maka kembali dilakukan pengujian terhadap variabel ukuran celah.

Pada pengujian kali ini ukuran celah yang terdapat pada bagian atas *patch* akan diubah lebarnya mulai dari 4 mm, 8 mm, 12 mm, hingga 16 mm. Hal ini dilakukan agar dapat diketahui pengaruh yang terjadi bila lebar celah pada sisi *patch* bagian atas.



Gambar 6: Grafik *return loss* pada perubahan ukuran celah di bagian atas *patch*

Hasil simulasi terhadap lebarnya ukuran celah yang divariasikan, dapat dilihat pada data statistik seperti pada tabel 4 dibawah ini :

Tabel 4: Hasil simulasi untuk perubahan ukuran celah pada bagian atas *patch*

Ukuran Celah (mm)	Frekuensi Resonansi (GHz)	Nilai S_{11} (dB)
4	1.2	-6.23
8	1.15	-6.18
12	1.1	-9.67
16	1.1	-8.04

Pengaruh pelebaran ukuran celah, setelah disimulasikan menunjukkan nilai frekuensi resonansi secara keseluruhan bergeser semakin kecil. Namun karena nilai parameter *return loss* yang juga tidak mencukupi standar -10 dB, maka pada *patch* ukuran celah akan tetap dipertahankan selebar 3.31 mm.

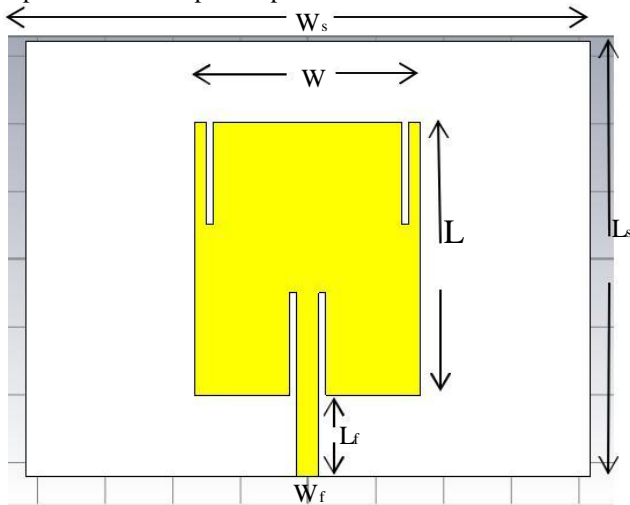
3.3. Reduksi Dimensi Antena

Setelah melakukan beberapa simulasi seperti diatas, didapatkan kesimpulan bahwa celah pada *patch* lebih efisien bila ditempatkan pada 15 mm dari titik tengah *patch* pada bagian sisi atas *patch*. Dan ukuran celah yang tetap selebar 3.31 mm, dengan panjang celah 6.7 mm.

Pada simulasi yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa frekuensi kerja antenna dengan celah pada bagian atas sejauh 15 mm dari titik tengah, adalah 1.2 GHz.

Maka dilakukan pengikisan dimensi antenna agar frekuensi kerja antenna kembali pada frekuensi 1.8 GHz. Hal ini akan mereduksi ukuran antenna sebesar 80% bila dibandingkan dengan ukuran antenna dengan *patch* konvensional. Berikut adalah bentuk dimensi antenna mikrostrip pada 1.8 GHz yang telah direduksi dan dioptimalkan dimensinya agar didapatkan hasil yang lebih baik.

Setelah dilakukan pemotongan bagian sisi kanan dan sisi kiri *patch*, bentuk antena yang telah mengecil dan telah dioptimalkan ditampilkan pada Gambar 7. dibawah ini :



Gambar 7: Desain antena dengan dimensi yang telah direduksi

Secara keseluruhan, dimensi antena yang telah berubah memiliki ukuran yang semakin kecil pula. Ukuran optimasi antena yang telah direduksi tersebut ditabelkan pada tabel 5 dibawah berikut :

Tabel 5: Spesifikasi dimensi akhir antena

Parameter	Simbol	Ukuran (mm)
Lebar <i>Groundplane</i>	W_g	83.333
Panjang <i>Groundplane</i>	L_g	64.299
Lebar Substrat	W_s	83.333
Panjang Substrat	L_s	64.299
Lebar <i>Patch</i>	W	33.332
Panjang <i>Patch</i>	L	40.187
Lebar <i>Feeder</i>	W_f	3.31
Panjang <i>Feeder</i>	L_f	12.05
Lebar Celah	a	1
Panjang Celah	b	15.07

Hasil antena mikrostrip yang telah direduksi dimensinya menunjukkan adanya penyusutan ukuran Substrat & *Groundplane* masing-masing sebesar 50%, dan ukuran *patch* menyusut sebanyak 80%.

Selain itu penyusutan ukuran juga dilakukan pada panjang *feeder*, hal ini dikarenakan dengan ukuran *feeder* sepanjang 12.05 mm, didapatkan hasil yang lebih baik.

Meskipun dimensi antena yang telah direduksi memiliki ukuran yang jauh lebih kecil, namun tetap dapat bekerja pada frekuensi 1.8 GHz dengan parameter yang cukup.

Dengan mengecilnya dimensi *patch*, maka memiliki peluang yang lebih besar untuk melakukan perbaikan karakteristik antena, seperti dengan membahkan jumlah *array* yang lebih banyak. Hal ini memungkinkan untuk direalisasikannya desain antena *array* yang memiliki dimensi yang lebih kecil dari desain konvensional.

Pada tabel 6 berikut, adalah tabel perbandingan karakter dari kedua antena :

Tabel 6: Perbandingan karakter antena desain konvensional dengan antena yang telah direduksi

Parameter	Antena Konvensional	Antena Reduksi
<i>Return Loss</i>	-29.83 dB	-23.74 dB
VSWR	1.06	1.13
<i>Bandwidth</i>	43.6 MHz	41.6 MHz
<i>Gain</i>	-0.35 dBi	0.3964 dBi

Hasil perbandingan antena konvensional dengan antena yang telah direduksi menunjukkan penurunan nilai parameter *return loss* sebesar 6.09 dB, selisih VSWR sebesar 0.07, dan *bandwidth* yang menyempit sebesar 2 MHz. namun terjadi perbaikan karakter *gain* sebesar 0.7464 dBi.

4. Conclusions

Miniaturisasi desain antena mikrostrip *patch* persegi panjang dengan frekuensi 1.8 GHz dapat direduksi dimensi *patch*-nya hingga 80% dan tetap dapat bekerja pada frekuensi yang sama.

Karakteristik antena yang telah direduksi menunjukkan sedikit pengurangan nilai parameter *return loss*, VSWR, dan *bandwidth* yang sedikit lebih sempit, namun memiliki perbaikan karakter *gain* meskipun selisih antara keduanya tidak terlalu signifikan.

Dengan hasil nilai *return loss* sebesar -23.74 dB, VSWR 1.13, lebar *bandwidth* 41.6 MHz, dan *gain* 0.3964 dBi, antena dengan ukuran yang 80% lebih kecil dari antena pendahulunya memiliki peluang yang baik untuk peningkatan karakteristik, seperti lebih efisien bila melakukan *array* dengan susunan yang lebih banyak. Oleh sebab itu desain antena yang telah dilakukan ini akan terus ditingkatkan kemampuannya agar dapat lebih baik lagi.

References

- [1] M. Rumney, *LTE and the Evolution to 4G Wireless Design and Measurement Challenges*, John Wiley & Sons, West Sussex, UK, 2nd edition, 2013.
- [2] H. Holma and A. Toskala, *LTE for UMTS: Evolution to LTE-Advanced*, John Wiley & Sons, West Sussex, UK, 2nd edition, 2011.
- [3] E. Dahlam, S. Parkvall, and J. Skold, *4G: LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband*, Elsevier, Oxford, UK, 1st edition, 2011.
- [4] Website kominfo “Penataan Ulang Frekuensi 1800 MHz Sudah 99 Persen”, Sorotan Media, Jakarta, April 2015, (https://kominfo.go.id/index.php/content/detail/4674/Pe_nataan+Ulang+Frekuensi+1800+Mhz+Sudah+99+Perse+n/0/sorotan_media, diakses pada 22 November 2018)
- [5] Wakabayashi T, et al, “*e-Shaped Slot Antenna for WLAN Applications*”, PIERSONLINE, VOL.3, NO.7, 2007.

- [6] Misra P.N., "Planar Rectangular Microstrip Antenna for Dualband Operation", ucs:Vol.2, ISSue3, September 2011.
- [7] Wen-Chung Liu, and Ping-Chi Kao, "Compact CPW-Fed Dual Floded-Strip Monopole Antena for 5.8-GHz RFID Application", MICROWAVE AND OPTICAL TECHNOLOGY LETTERS I Vol.48, No.8, August 2006.
- [8] Wang E., et al, "A Novel Dual-Band Patch Antenna for WLAN Communication", Progress In Electromagnetics Research C, Vol.6, 93-102, 2009.
- [9] Byraredddy C.R, et al, "A Compact Dual Band Planar RSMA for WLAN/WiMax Applications", International Journal of Advances in Engineering & Technology, Jan 2012.
- [10] Parkash D, and Khanna R, "Design And Development of CPW-Fed Microstrip Antenna for WLAN/WiMax Applications" Progress In Electromagnetics Research C, Vol.17, 17-27, 2010.
- [11] C. A. Balanis," *Modern Antenna Handbook*", John Wiley & Sons, Inc, 2008.
- [12] Kin-Lu Wong, "Compact and Broadband Microstrip Antennas", John Wiley & Sons, Inc, 2002.
- [13] M. S. Samsul, "Perancangan Antena Mikrostrip pada Frekuensi 2,3 GHz untuk Aplikasi LTE (Long Term Evolution)", Universitas Darma Persada, Jakarta, 2015.