Perancangan Antena Segitiga Gerigi *Circular Slot* untuk Memperkuat Sinyal LTE

Febby Eriane Putri¹, Atik Charisma¹, Ni Ketut Hariyawati Dharmi¹

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani

*febbyeriane@gmail.com

ABSTRACT

The communication technology that is currently popular is LTE technology. Technology that has very high efficiency and speed of access. Antennas with good performance are needed to support LTE technology with small dimensions, light weight and cheap to manufacture in large quantities, and these antennas are microstrip antennas. Microstrip antenna has the disadvantage of low gain and narrow bandwidth. Proximity coupled is one method to improve bandwidth and gain on microstrip antennas. Proximity coupled is a feeding technique or method of feeding by adding a substrate for the groundplane and feed channel. In this simulation, in addition to using the proximity coupled feeding method, the patch antenna which is triangular in shape will be added to a circular slot to improve the performance of the antenna. The simulation results obtained for the resonant frequency of 2.35 GHz, namely return loss -24.6419 dB, VSWR 1.0192 and gain 6.6598 dB and bandwidth of 73.3 MHz with range 25 – 100 MHz. This specification is in accordance with the needs of LTE antennas.

Keywords : *circular slot, LTE, microstrip, proximity coupled, triangular in shape*

INTISARI

Teknologi komunikasi yang sedang populer saat ini adalah teknologi LTE. Teknologi yang memiliki efisiensi dan kecepatan akses yang sangat tinggi. Antena dengan kinerja bagus diperlukan untuk mendukung teknologi LTE dengan dimensi yang kecil, ringan dan murah untuk diproduksi dalam jumlah banyak, dan antena tersebut adalah antena mikrostrip. Antena mikrostrip memiliki kelemahan berupa *gain* yang rendah serta *bandwidth* yang sempit. *Proximity coupled* merupakan salah satu metode untuk memperbaiki *bandwidth* dan *gain* pada antena mikrostrip. *Proximity coupled* yaitu teknik pencatutan atau metode *feeding* dengan cara menambahkan substrat untuk bagian *groundplane* dan saluran pencatu. Pada simulasi ini selain menggunakan metode pencatutan *proximity coupled*, pada *patch* antena yang berbentuk segitiga gerigi akan ditambahkan *circular slot* untuk meningkatkan kinerja antena. Hasil simulasi dan optimasi diperoleh untuk frekuensi resonansi 2,35 GHz yaitu *return loss* -24,6419 dB, VSWR 1,0192 dan *gain* 6,6598 dB serta *bandwidth* 73,3 MHz dengan rentang 25 – 100 MHz. Spesifikasi ini telah sesuai dengan kebutuhan antena LTE.

Kata kunci: *circular slot, LTE, mikrostrip, proximity coupled, segitiga gerigi*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan dunia multimedia juga semakin berkembang ditandai dengan semakin besarnya data yang harus dikirimkan dan diterima yang mengharuskan komunikasi nirkabel memiliki *bandwidth* yang besar dan berkinerja tinggi. Antena terdiri dari berbagai jenis dan model yang disesuaikan dengan penggunaannya. Sistem komunikasi *wireless* merupakan perangkat yang mampu menghubungkan jaringan dalam satu daerah lokal secara nirkabel.

Tujuan utama sistem komunikasi dibuat adalah untuk mencakup jangkauan yang lebih luas. Antena merupakan komponen penting untuk mengoptimalkan kinerja dari sistem tersebut [1]. Untuk komunikasi *wireless* khususnya pada teknologi 4G atau LTE maka diperlukan antena yang dapat beroperasi pada frekuensi yang sesuai dan *bandwidth* yang tinggi yang salah satunya diantaranya adalah antena mikrostrip. Antena ini dipilih karena memiliki bentuk atau dimensi yang tipis serta tidak memakan banyak biaya untuk diproduksi secara massal. Di lain sisi, antena

mikrostrip juga memiliki kekurangan diantaranya *bandwidth* yang sempit dan *gain* yang rendah, kekurangan ini akan berpengaruh pada kinerja antenna mikrostrip itu sendiri.

Pada penelitian[2] telah merancang antenna mikrostrip MIMO *triangular patch* pada frekuensi 2300 MHz untuk teknologi 4G LTE dengan hasil yang didapat yaitu penggunaan *triangular patch* menghasilkan *bandwidth* dan *gain* yang cukup besar dengan menggunakan teknik *array*. Perancangan antenna mikrostrip *multilayer parasitic* pada frekuensi 2,35 GHz untuk aplikasi LTE[3] dengan hasil yang di dapat $VSWR \leq 2$ dan *Gain* sebesar 8,23 dBi namun memiliki *bandwidth* yang sempit dan untuk *return loss* ≤ -10 dB yaitu 44 MHz. Penelitian[4] melakukan perancangan antenna mikrostrip *triangular patch* metode *parasitic* untuk aplikasi LTE di frekuensi 2,3 GHz dengan hasil metode *parasitic* dapat memperbesar *bandwidth* yang signifikan yaitu sebesar 21,1% dari 219 MHz menjadi 256 MHz. Pada perancangan antenna mikrostrip *patch biquad* untuk WLAN 2.4 GHz dengan pencatutan *proximity coupled* [5] yang disimulasikan ansoft HFSS v13 dengan hasil antara hasil simulasi dan pengukuran adanya pergeseran frekuensi namun nilai *bandwidth* dan *VSWR* mengalami peningkatan. Penelitian [6] melakukan perancangan dan analisis antenna mikrostrip MIMO *circular* pada frekuensi 2,35 GHz untuk aplikasi LTE dengan hasil pola radiasi *unidirectional* dan polarisasi *elips* dan *bandwidth* 72 MHz.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya maka pada penelitian ini merancang antenna mikrostrip *triangular patch circular slot* dengan metode pencatutan *proximity coupled*. *Circular slot* dan *proximity coupled* diatur untuk mendapatkan *bandwidth* yang lebar dan *gain* yang tinggi agar sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

II. LANDASAN TEORI

A. Antena

Antena sebuah komponen yang memancarkan dan menerima gelombang elektromagnetika. Antena sebagai alat pemancar (*transmitting antenna*) ialah sebuah antenna transduser elektromagnetis yang bisa digunakan untuk mengubah gelombang tertuntun (*guided wave*) pada saluran transmisi kabel, menjadi gelombang yang merambat di udara dan dapat

berfungsi sebagai alat penerima (*receiving antenna*) yang mengubah gelombang ruang bebas menjadi gelombang tertuntun (*guided wave*) [7].

B. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip mulai ramai dipergunakan sekitar tahun 1970 untuk aplikasi *spaceborne*. Bentuknya yang low-profile (mudah dipasang pada seluruh tempat), antenna mikrostrip dengan sangat mudah dipasang pada badan roket tanpa harus merubah sifat aerodinamis dari roket tersebut. Struktur dari antenna mikrostrip adalah konduktor antenna mikrostrip menempel pada *groundplane* dan dipisahkan oleh bahan dielektrik.

C. Struktur Dasar Antena Mikrostrip

Penyusun antenna mikrostrip pada umumnya terdiri atas tiga bagian yakni *conducting patch*, *substrate*, dan *ground plane*. Fungsi dari 3 elemen dasar antenna mikrostrip, diantaranya [8]:

Gambar 1. Struktur antenna mikrostrip [8]

1. Elemen Peradiasi (*Conducting Patch*)

Elemen peradiasi (*conducting patch*) adalah sebuah lempengan konduktor dengan ketebalan tipis yang berfungsi meradiasikan gelombang elektromagnetik ke udara. Bentuk umum dari elemen peradiasi diantaranya bentuk segiempat (*rectangular*), bentuk segitiga sama sisi (*triangular*), bentuk lingkaran (*circular*), dan lainnya.

2. Substrat Dielektrik

Substrat dielektrik merupakan bahan dielektrik yang memisahkan elemen peradiasi dan *groundplane*. Terdapat berbagai jenis bahan sesuai nilai konstanta dielektrik yang berbeda-beda. Tabel 1 menunjukkan nilai konstanta dielektrik dari jenis-jenis bahan dielektrik. Nilai yang bisa mempengaruhi frekuensi kerja, *bandwidth* dan efisiensi dari antenna yang akan dirancang adalah konstanta dielektrik dan ketebalan dari *substrate* itu sendiri. Semakin tebal *substrate* maka semakin tinggi *bandwidth* yang akan dihasilkan,

namun mempengaruhi timbulnya gelombang permukaan (*surface wave*). Gelombang permukaan yang ada pada antena mikrostrip adalah efek yang merugikan karena bisa mengurangi sebagian daya yang seharusnya digunakan untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik ke arah yang diinginkan.

Tabel 1. Konstanta bahan dielektrik [8]

Jenis Bahan	Konstanta Dielektrik
Udara	1
Foam	1,07
RT/Duroid 5880	2,2
Teflon-ceramic	2,3
Polystyrene-quartz	2,6
Polyolefin-ceramic	3 – 10
Silicon	3 – 25
FR-4 epoxy	4,4
Polyester-ceramic	6

3. Groundplane

Groundplane adalah pembumian untuk antena mikrostrip. Jenis bahan untuk *groundplane* sama dengan elemen peradiasi (*patch*) yakni berupa logam tembaga tetapi yang membedakan adalah bentuk dan ukurannya. Bagian bawah antena mikrostrip seluruhnya ditutupi oleh *groundplane*.

D. Parameter Antena Mikrostrip

Parameter – parameter antena harus diamati dan dianalisis untuk dapat melihat kemampuan dan daya guna dari antena mikrostrip. Beberapa parameter umum yang biasa digunakan dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Return loss

Return loss adalah parameter antena yang berfungsi untuk mengetahui berapa banyak daya yang hilang saat ditransmisikan dan tidak kembali lagi sebagai pantulan. Dengan kata lain, semakin kecil nilai *return loss* yang dihasilkan maka semakin baik karena hal ini menunjukkan daya yang kembali sebagai pantulan bernilai kecil dan daya yang diterima oleh receiver akan maksimal.

2. Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

VSWR adalah rasio perbandingan gelombang datang dan gelombang pantul yang kedua gelombang ini akan membentuk gelombang berdiri (*standing wave*). *Standing wave* ini merupakan gelombang

pantul yang mengganggu gelombang datang sehingga gelombang datang mengalami kerusakan. Sehingga semakin tinggi nilai VSWR maka kinerja antena yang dirancang akan menjadi tidak baik [9].

3. Bandwidth

Pemakaian sebuah antena pada sistem telekomunikasi baik dari sisi pemancar atau penerima akan selalu dibatasi oleh frekuensi kerjanya. Lebar pita (*bandwidth*) suatu antena adalah lebar pita frekuensi yang digunakan oleh suatu sistem. Frekuensi kerja diketahui jika nilai frekuensi atas dan frekuensi bawahnya telah diketahui.

Gambar 2. Struktur antena mikrostrip [10]

4. Gain

Gain antena adalah besaran nilai yang menunjukkan adanya penambahan tingkat sinyal dari sinyal masukan menjadi sinyal keluaran. *Gain* bergantung pada keterarahan dan efisiensi yang menentukan seberapa besar antena bisa memfokuskan energinya yang dipancarkannya.

E. LTE (Long Term Evolution)

LTE diciptakan untuk memperbaiki teknologi sebelumnya seperti teknologi 1G, 2G dan 3G. Keunggulan LTE jika dibandingkan dengan teknologi sebelumnya selain dari kecepatannya dalam transfer data, tetapi juga LTE dapat memberikan *coverage*, kapasitas dan layanan yang lebih besar, mengurangi biaya operasional, mendukung penggunaan *multiple-antenna*, fleksibel dalam penggunaan *bandwidth* operasinya dan juga dapat terintegrasi dengan teknologi yang sudah ada [9].

III. METODE PENELITIAN

A. Diagram Alir Perancangan Antena

Perancangan dan analisis antena mikrostrip ini terdapat beberapa tahapan. Tahapan – tahapan tersebut dibuat agar perancangan dapat dilaksanakan secara sistematis.

Gambar 2. Diagram alir perancangan

Perancangan dan analisis antenna mikrostrip ini terdapat beberapa tahapan. Tahapan – tahapan tersebut dibuat agar perancangan dapat dilaksanakan secara sistematis.

Tahapan – tahapan dalam perancangan antenna seperti Gambar 2 sebagai berikut

- Menentukan bahan dengan nilai *substrate* dielektrik yang akan digunakan.
- Penentuan bentuk dan dimensi *patch*
- Penentuan dimensi *substrate* dan *groundplane*.
- Penentuan dimensi panjang dan lebar *feed line*

e. Penentuan ukuran dan bentuk *slot* pada *patch* antenna.

f. Penentuan teknik pencatutan (*Feeding method*).

B. Karakteristik Bahan Antena

Dalam pemilihan bahan dalam pembuatan antenna, dibutuhkan spesifikasi umum dari substrate tersebut. Jenis *substrate* yang digunakan dalam perancangan antenna mikrostrip ini adalah jenis Duroid 5880. Pada Tabel 2 diperlihatkan spesifikasi substrat yang akan digunakan diantaranya konstanta dielektrik relatif, tebal dielektrik, rugi tangensial dan konduktivitas termal.

Tabel 2. Spesifikasi *substrate* Duroid 5880[7]

Parameter	Nilai
Jenis <i>Substrate</i>	Roger (RT/duroid 5880)
Konstanta dielektrik relatif	2,2
Tebal Dielektrik	1,58 mm
Rugi Tangensial	0,0009
a	0,2

C. Perancangan Antena

Tahap pertama perancangan antenna ialah menentukan spesifikasi antenna yang akan dibuat. Spesifikasi tersebut akan menjadi acuan untuk proses perancangan sebuah antenna. Spesifikasi antenna yang akan dibuat dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi antenna

Parameter	Nilai
Frekuensi Kerja	2,35 GHz
<i>Return Loss</i>	≤ -10 dB
VSWR	≤ 2
<i>Gain</i>	> 3 dB
<i>Bandwidth</i>	≤ 100 Mhz

Penelitian ini antenna mikrostrip dibuat menggunakan teknik pencatutan *proximity coupled*. Antena mikrostrip menggunakan patch triangular elemen tunggal. *Groundplane* serta saluran pencatu berada pada *substrate* yang berbeda dengan *substrate* yang terdapat elemen peradiasi (*patch*). Saluran pencatu berada pada layer antara *patch* dengan *groundplane*. Penambahan *circular slot* diharapkan mendapatkan karakteristik yang lebih baik serta melakukan optimasi pada saluran pencatu sehingga

data – data yang diperoleh dapat menjadi dasar analisis.

Pada perancangan antenna mikrostrip, dimensi yang dihitung diantaranya adalah ukuran *patch* antenna, ukuran *groundplane*, ukuran saluran pencatu dan ukuran *slits*. Berikut ini adalah hasil perhitungan untuk mencari nilai dimensi antenna:

1. Menentukan frekuensi kerja antenna

$$F_r = \frac{F_1 + F_2}{2} \quad (1)$$

2. Menentukan dimensi

Untuk mencari dimensi antenna mikrostrip *triangular patch* dapat menggunakan persamaan berikut [1]:

$$\alpha = \frac{2c}{3fr\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2)$$

Untuk mengkompensasi efek tepi maka persamaan diatas diambil [1]:

$$\alpha_{eff} = \alpha + \frac{h}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (3)$$

3. Perancangan saluran pencatu antenna mikrostrip

Pada proses simulasi, saluran pencatu memiliki impedansi masukan atau input impedansi sebesar 50 ohm. Nilai impedansi saluran pencatu 50 ohm diperoleh dengan melakukan perhitungan menggunakan persamaan (5) [1]:

$$B = \frac{60\pi^2}{z_0\sqrt{\epsilon_r}} \lambda = \frac{c}{f} \quad (4)$$

4. Perancangan dimensi saluran transmisi

Setelah melakukan perhitungan dimensi *patch* antenna selanjutnya menentukan lebar saluran pencatu (W) menggunakan persamaan berikut [1]:

$$W_s = \frac{2h}{\pi} [B - 1 - \ln(2B - 1) + (\frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r})(\ln(B - 1) + 0,39 - (\frac{0,61}{\epsilon_r}))] \quad (5)$$

Untuk menentukan panjang gelombang diudara bebas (λ), menggunakan persamaan sebagai berikut [1]:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (6)$$

Untuk menentukan panjang gelombang saluran transmisi (λ_d) dapat menggunakan persamaan sebagai berikut [1]:

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (7)$$

Menentukan L_t (panjang *feeder*) menggunakan persamaan sebagai berikut [1]:

$$L_t = \lambda_d \frac{1}{4} \quad (8)$$

5. Perancangan *Substrate* Dan *Groundplane*

Setelah melakukan perhitungan saluran transmisi selanjutnya menghitung dimensi *substrate* dan *groundplane* antenna yang akan dibuat. Panjang *groundplane* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [1]:

$$L_g = 6h + \alpha_{eff} \quad (9)$$

Lebar *groundplane* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [1]:

$$W_g = 6h + \alpha_{eff} \quad (10)$$

A. Hasil Perancangan Antena

Setelah perhitungan matematis dilakukan, maka akan dihasilkan ukuran dimensi antenna. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil perancangan antenna	
Dimensi	Ukuran (mm)
Panjang sisi	58,4439
Tebal <i>Substrate</i>	1,58
Panjang <i>Groundplane</i>	67,9239
Panjang <i>substrate</i>	67,9239
Panjang <i>feeder</i>	21,977
Lebar <i>Groundplane</i>	67,9239

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Triangular Gerigi tanpa Circular Slot dengan Metode Pencatutan Proximity Coupled*

Hasil simulasi antenna mikrostrip *triangular gerigi* 4x4 tanpa *circular slot* pada Gambar 3 memberikan perubahan untuk semua parameter. Dapat dilihat pada Tabel 5, nilai *return loss* dan VSWR menjadi lebih besar dari hasil sebelumnya, dan nilai frekuensi resonansi berubah menjadi 2,2 GHz

Tabel 5. Hasil simulasi penambahan model gerigi 4x4

Parameter	Nilai
Frekuensi Resonansi	2,2 GHz
<i>Return Loss</i>	-11,8987 dB
VSWR	4,5137
<i>Gain</i>	6,1123 dB

2

Gambar 3. Antena mikrostrip *triangular* gerigi 4x4 tanpa *circular slot*.

Tabel 6 adalah dimensi *slit* atau gerigi pada *triangular patch*. Penambahan gerigi pada *patch* antenna ini diharapkan akan memperkecil elemen peradiasi (*patch*) antenna agar bisa mendapatkan frekuensi resonansi yang diinginkan sehingga dapat digunakan untuk memperbaiki atau sebagai proses optimasi dari nilai parameter antenna yang lainnya.

Tabel 6. Dimensi *slits* pada *triangular patch*

Slits	Dimensi <i>slits</i> (mm)	
	Wt	Lt
1	5	2,5
2	5	2,5
3	5	2,5
4	5	2,5
5	5	3
6	5	3
7	5	3
8	5	3,5

B. Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Triangular Gerigi Circular Slot menggunakan Metode Pencatutan Proximity Coupled

Hasil perubahan dimensi *circular slot* pada simulasi antena mikrostrip *triangular* gerigi dengan *circular slot* di Gambar 4 memberikan perubahan untuk nilai frekuensi resonansi, dapat dilihat pada Tabel 7. bahwa ketika ukuran dimensi *circular slot* diperbesar pada metode *microstrip line* frekuensi resonansi stabil pada 2,45 GHz dan pada metode

proximity coupled sudah memenuhi spesifikasi antenna yang diinginkan yakni sebesar 2,35 GHz walaupun pada dimensi tertentu bergeser ke 2,1 GHz.

Gambar 4. Antena mikrostrip *triangular patch* dengan *circular slot* menggunakan metode pencatutan *proximity coupled*

Tabel 7. Hasil simulasi perubahan dimensi *circular slot* dengan metode pencatutan *proximity coupled* dan *microstrip line* terhadap frekuensi resonansi

Dimensi <i>Circular slot</i> (mm)	Frekuensi resonansi <i>proximity coupled</i> (GHz)	Frekuensi resonansi <i>microstrip line</i> (GHz)
4,0	2,35	2,45
4,1	2,1	2,45
4,2	2,35	2,45
4,3	2,35	2,45

Gambar 5. Grafik frekuensi resonansi antena mikrostrip *triangular* gerigi *circular slot* dengan metode pencatutan *microstrip line* (optimasi *circular slot*)

Gambar 5 adalah grafik frekuensi resonansi saat optimasi dimensi *circular slot* untuk antena mikrostrip *triangular* gerigi *circular slot* dengan metode pencatutan *microstrip line*, sedangkan Gambar 6

adalah grafik frekuensi resonansi saat optimasi dimensi *circular slot* untuk antenna mikrostrip *triangular* gerigi *circular slot* dengan metode pencatutan *proximity coupled*. Tiap-tiap marker untuk setiap grafik adalah m1 untuk dimensi *circular slot* 4,0 mm, m2 untuk dimensi *circular slot* 4,1 mm, m3 untuk dimensi *circular slot* 4,2 mm, m3 untuk dimensi *circular slot* 4,4 mm.

Gambar 6. Grafik frekuensi resonansi antenna mikrostrip *triangular* gerigi *circular slot* dengan metode pencatutan *proximity coupled* (optimasi *circular slot*)

Hasil perubahan dimensi *circular slot* pada simulasi antenna mikrostrip *triangular* gerigi dengan *circular slot* memberikan perubahan untuk nilai *return loss*, dapat dilihat pada Tabel 8 hasil pengamatan menunjukan nilai *return loss* menjadi lebih kecil (melebihi dari spesifikasi antenna yang diinginkan) dibandingkan metode pencatutan *microstrip line*. Nilai *return loss* yang kecil mengindikasikan daya yang dipantulkan kembali bernilai kecil yang berarti daya yang diradiasikan maksimal. Semakin kecil nilai *return loss* maka semakin baik kinerja antenna tersebut dalam meradiasikan gelombang elektromagnetik ke udara.

Tabel 8. Hasil simulasi perubahan dimensi *circular slot* dengan metode pencatutan *proximity coupled* dan *microstrip line* terhadap *return loss*

Dimensi Circular slot (mm)	Return Loss <i>proximity</i> <i>coupled</i> (dB)	Return Loss <i>microstrip line</i> (dB)
4,0	-23,9203	-3,9210
4,1	-16,5045	-3,8933
4,2	-24,6419	-4,0351
4,3	-25,4698	-3,9652

Gambar 7. Grafik *return loss* antenna mikrostrip *triangular* gerigi *circular slot* dengan metode pencatutan *microstrip line* (optimasi *circular slot*)

Gambar 7 adalah grafik *return loss* saat optimasi dimensi *circular slot* untuk antenna mikrostrip *triangular* gerigi *circular slot* dengan metode pencatutan *microstrip line*, sedangkan Gambar 8 adalah *return loss* saat optimasi dimensi *circular slot* untuk antenna mikrostrip *triangular* gerigi *circular slot* dengan metode pencatutan *proximity coupled*. Tiap-tiap marker untuk setiap grafik adalah m1 untuk dimensi *circular slot* 4,0 mm, m2 untuk dimensi *circular slot* 4,1 mm, m3 untuk dimensi *circular slot* 4,2 mm, m3 untuk dimensi *circular slot* 4,4 mm.

Gambar 8. Grafik *return loss* antenna mikrostrip *triangular* gerigi *circular slot* dengan metode pencatutan *proximity coupled* (optimasi *circular slot*)

Hasil perubahan dimensi *circular slot* pada simulasi antenna mikrostrip *triangular* gerigi dengan *circular slot* memberikan perubahan untuk nilai VSWR. Sesuai dengan teori bahwa penambahan *slot* pada patch antenna akan memperbaiki VSWR yang dihasilkan karena slot dapat menurunkan ukuran *patch* antenna. Berdasarkan data hasil pengamatan pada Tabel 9 bahwa ketika ukuran dimensi *circular slot* diperbesar maka VSWR akan semakin kecil. Hasil terbaik pada Gambar 10 yakni 1,0192 dengan dimensi *circular slot* 4.2 mm dan hasil tersebut sudah memenuhi spesifikasi VSWR yang diinginkan.

Sedangkan metode antenna konvensional atau metode pencatutan *microstrip line* di Gambar 9 hasil yang didapat hanya 12,8948.

Tabel 9. Hasil simulasi perubahan dimensi *circular slot* dengan metode pencatutan *proximity coupled* dan *microstrip line* terhadap VSWR

Dimensi <i>Circular slot</i> (mm)	VSWR <i>proximity coupled</i>	VSWR <i>microstrip line</i>
4,0	1,1077	13,0747
4,1	2,6175	13,1342
4,2	1,0192	12,8948
4,3	0,9263	12,9806

Gambar 9. Grafik VSWR antenna mikrostrip triangular gerigi circular slot dengan metode pencatutan *microstrip line* (optimasi *circular slot*)

Gambar 10. Grafik VSWR antenna mikrostrip triangular gerigi circular slot dengan metode pencatutan *proximity coupled* (optimasi *circular slot*)

Hasil perubahan dimensi *circular slot* pada simulasi antenna mikrostrip triangular gerigi dengan *circular slot* memberikan perubahan untuk nilai *gain*, dapat dilihat pada Tabel 10. Berdasarkan hasil pengamatan bahwa ketika ukuran dimensi *circular slot* diperbesar, nilai *gain* sudah melebihi dari spesifikasi yang diinginkan baik pada metode *microstrip line* dan metode *proximity coupled*, namun untuk parameter yang lainnya belum terpenuhi

sehingga perlu dilakukan optimasi dan pada dimensi *circular slot* 4.2 mm baru terpenuhi spesifikasi atau parameter antenna yang lainnya seperti frekuensi resonansi, *return loss* dan VSWR.

Tabel 10. Hasil simulasi perubahan dimensi *circular slot* dengan metode pencatutan *proximity coupled* dan *microstrip line* terhadap *gain*

Dimensi <i>Circular slot</i> (mm)	<i>Gain proximity coupled</i> (dB)	<i>Gain microstrip line</i> (dB)
4,0	6,6346	6,3525
4,1	5,7744	6,3327
4,2	6,6598	6,3446
4,3	5,8084	6,3759

Dengan menggunakan teknik pencatutan *proximity coupled*, didapatkan data-data dan grafik frekuensi resonansi, *gain*, dan VSWR untuk dijadikan analisa. Perubahan dimensi *circular slot* pada patch antenna mikrotrip membuat antenna memenuhi spesifikasi perancangan. Selain perubahan dimensi *circular slot*, perubahan dimensi antenna seperti *patch*, *feeder*, *substrate* juga penambahan gerigi pada patch antenna mempengaruhi parameter yang diamati.

Gambar 11. Grafik *return loss* antenna mikrostrip triangular patch dengan *circular slot* menggunakan metode pencatutan *proximity coupled*

Pada Gambar 11. dapat dilihat parameter S (1,1) menunjukan frekuensi kerja antenna setelah dilakukan optimasi (*circular slot* yang digunakan adalah 4,2 mm) sebesar 2,35 GHz dengan nilai *return loss* - 24,6419 dB.

Gambar 12. Grafik VSWR antenna mikrostrip triangular patch dengan circular slot menggunakan metode pencatutan proximity coupled

Pada Gambar 12, dapat dilihat nilai VSWR yang diperoleh pada frekuensi kerja 2,35 GHz adalah 1,0192. Hal ini menunjukkan bahwa nilai VSWR yang didapat telah memenuhi spesifikasi yakni ≤ 2 . Sehingga semakin kecil nilai VSWR yang dihasilkan maka sinyal pantul akan semakin baik (kondisi idealnya adalah 1).

Pada Gambar 13, dapat dilihat pada grafik gain, nilai gain yang didapat adalah 6,6598 dB. Nilai gain tidak banyak berubah, namun pada kondisi sebelumnya parameter lainnya belum memenuhi spesifikasi yang diinginkan sehingga diperlukan optimasi hingga hasil yang didapatkan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

Gambar 13. Grafik gain antenna mikrostrip triangular patch dengan circular slot menggunakan metode pencatutan proximity coupled

Hasil perhitungan bandwidth yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

$$F_r = 2,35 \text{ GHz}$$

$$F_h = 2,3858 \text{ GHz}$$

$$F_l = 2,3125 \text{ GHz}$$

$$BW = F_h - F_l = 2,3858 - 2,3125 = 0,0733 \text{ GHz} = 73,3 \text{ MHz}$$

Pada perancangan antenna mikrostrip triangular patch dengan circular slot dengan teknik pencatutan proximity coupled, bandwidth yang didapatkan sebesar 73,3 MHz. Sebelumnya saat percobaan antenna mikrostrip triangular gerigi 3x3 tanpa circular slot dengan teknik pencatutan proximity coupled, bandwidth yang didapatkan adalah 50 MHz, menunjukkan bandwidth yang ada mengalami pelebaran sebesar 23,3 MHz. Dengan demikian bandwidth yang didapatkan pada hasil simulasi antenna ini dapat memenuhi standar bandwidth 4G LTE yakni sebesar 25 MHz – 100 Mhz. Penggunaan metode microstrip line menghasilkan bandwidth yang rendah dikarenakan ketebalan dielektrik substrate yang digunakan sehingga surface wave dan penyebaran radiasi juga meningkat, hal ini dapat menghambat bandwidth dari antenna. Sedangkan pada metode proximity coupled, karena menggunakan 2 substrate sehingga ketebalan antenna mikrostrip meningkat dan menghilangkan sebaran radiasi yang mengakibatkan bandwidth yang dihasilkan akan lebih tinggi. Setelah proses optimasi saat simulasi dilakukan pada dimensi antenna maka akan di dapatkan hasil berupa nilai-nilai parameter yang berbeda dari hasil perhitungan. Hasil simulasi dari optimasi antenna merupakan hasil kinerja antenna yang di harapkan dan cukup ideal.

Tabel 11. Hasil optimasi antenna mikrostrip triangular patch dengan circular slot menggunakan metode pencatutan proximity coupled

Dimensi	Sebelum Optimasi (mm)	Sesudah Optimasi (mm)
Panjang sisi	58,4439	59,4439
Tebal Substrate	1,58	1,58
Panjang Groundplane	67,9239	71,9239
Panjang substrate	67,9239	71,9239
Panjang feeder	21,977	27,877
Lebar Groundplane	67,9239	72,9239
Lebar Feeder	4,85	5,1
Lebar Substrate	67,9239	72,9239

V. KESIMPULAN

Hasil simulasi antenna mikrostrip segitiga gerigi dengan *circular slot* menggunakan metode pencatutan *proximity coupled* dan dilakukan perubahan dimensi *circular slot* yang dapat merubah karakteristik antenna yaitu *return loss* -24,6419 dB, VSWR 1,0192 dan *gain* 6,6598 dB. Penambahan *slot* dalam hal ini *circular slot* dapat memperbaiki parameter antenna karena *slot* yang ada patch dapat menurunkan ukuran MPA (*Microstrip Patch Antena*) sehingga radiasi yang dihasilkan maksimal. Pada perancangan antenna mikrostrip segitiga gerigi dengan *circular slot* dengan teknik pencatutan *proximity coupled*, *bandwidth* yang didapatkan sebesar 73,3 MHz. Sebelumnya saat percobaan antenna mikrostrip segitiga gerigi 3x3 tanpa *circular slot* dengan teknik pencatutan *proximity coupled*, *bandwidth* yang didapatkan adalah 50 MHz, menunjukan *bandwidth* yang ada mengalami pelebaran sebesar 23,3 MHz. Dengan demikian *bandwidth* yang didapatkan pada hasil simulasi antenna ini dapat memenuhi standar *bandwidth* 4G LTE yakni sebesar 25 MHz – 100 Mhz.

Tambahan : Penulis mengucapkan kepada Program Studi Teknik Elektro Universitas Jenderal Achmad Yani yang telah mendukung penelitian ini.

REFERENSI

- [1] M. M. Lumembang, A. Bualkar, A. Arifin, "Karakterisasi Antena Mikrostrip Slot Bowtie Pada Frekuensi 2,4 GHz," vol. 3, no. 1, pp. 1-4, 2019.
- [2] Erlis Cahyani, Maria Ulfah, "Rancang Bangun Antena Mikrostrip MIMO Triangular Patch Frekuensi 2300 MHz untuk Teknologi 4G LTE" in Prosiding SNITT Poltekba Vol.4, No. 1, 2020, pp. 233-242.
- [3] Sumartono, Heroe Wijanto, "Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Multilayer Parasitic pada Frekuensi 2.35 GHz untuk aplikasi LTE" in e-Proceeding of Engineering: Vol.1, No. 1, 2014, pp. 1-7.
- [4] M. Yana Hardiman, "Rancang Bangun Antena Mikrostrip Patch Triangular Metode Parasitic untuk Aplikasi LTE di frekuensi 2.3 GHz" in Jurnal Teknologi Elektro, 2018, pp. 109-116..
- [5] Budi Irawan, "Rancang Bangun Antena Mikrostrip Patch Biquad untuk WLAN 2.4 GHz dengan Pencatutan Proximity Coupled" vol. 1, no. 1, pp. 33-40, 2017
- [6] Imam M.P Budi, Eka Setia Nugraha, Andika Agung, "Perancangan dan Analisis Antena Mikrostrip MIMO Circular pada Frekuensi 2.35 GHz untuk Aplikasi LTE" in Jurnal Infotel Vol.9, No. 1, 2017, pp. 136-146.
- [7] Alydrus, Mudrik. Antena Prinsip dan Aplikasi. 2011. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [8] A. H. Rambe, "Antena Mikrostrip: Konsep dan Aplikasinya," vol. 1, no. 1, pp. 86-92, 2012.
- [9] R. S. S. Saidah suyuti, "STUDI PERKEMBANGAN TEKNOLOGI 4G-LTE dan WiMAX DI INDONESIA Jurnal Ilmiah "Elektrikal Enjiniring, vol. I, pp. 2-6, 2011.
- [10] Ciksadan, "Perancangan Antena Mikrostrip untuk LTE" in Jurnal Informatika: Vol.5, No. 1, 2019, pp. 83-97.