

Perancangan Antena Mikrostrip Circular Patch dengan *Inset-Feed* dan *Array* pada Frekuensi 3.5 GHz untuk Sistem Komunikasi 5G

Agam Yudi Putranto¹, Syah Alam², Indra Surjati³, Yuli Kurnia Ningsih⁴, Lydia Sari⁵, Permana Andi Paristiawan⁶

^{1,2,3,4,5}Jurusan Studi Teknik Elektro,

Fakultas Teknologi Industri,

Universitas Trisakti, Jl. Kyai Tapa No 1, DKI Jakarta

¹agam062001904034@std.trisakti.ac.id, ²syah.alam@trisakti.ac.id, ³indra@trisakti.ac.id,

⁴yuli.kn@trisakti.ac.id, ⁵lydia_sari@trisakti.ac.id

⁶Research Center for Metallurgy,

National Research and Innovation Agency,

South Tangerang, Banten, 15314, Indonesia

⁶perm001@brin.go.id

Abstrak

Penelitian ini mengusulkan rancangan suatu antena yang bekerja pada frekuensi 3.5 GHz yang digunakan untuk sistem komunikasi generasi kelima. Antena dirancang dengan substrat Duroid RO5880 yang memiliki spesifikasi konstanta dielektrik = 2.2, ketebalan substrat = 1.58 mm, dan loss tangent senilai 0,0009. Substrat duroid RO5880 dipilih karena memiliki nilai konstanta dielektrik yang kecil, sehingga *losses* antena dapat dikurangi. Antena yang dirancang memiliki *gain* yang tinggi dan pola radiasi yang terarah dengan metode *inset feed* dan metode *array*. Antena yang telah ditambahkan dengan metode *inset feed* dan metode *array* memiliki luas substrat sebesar 16.2 cm², *return loss* -38.96 dB, VSWR 1.18, dan *gain* 13.03 dB pada frekuensi 3.5 GHz. Setelah menggunakan metode *inset feed*, nilai *return loss* berhasil tereduksi hingga 95.48%, mengalami kenaikan bandwidth hingga 4.06% dan dengan menggunakan metode *array* nilai *gain* mengalami peningkatan hingga 95.93% dibandingkan dengan antena elemen tunggal. Penelitian ini dapat dijadikan rekomendasi untuk disain antena penerima pada sistem komunikasi 5G.

Kata kunci: antena mikrostrip, *inset-feed*, *array*, *circular patch*, komunikasi 5G

Abstract

The study proposed designing antenna that work at a frequency of 3.5 GHz for the development of fifth-generation communication system. The antenna was designed with a RO5880 substrate that had a dielectric constant = 2.2, substrate thickness = 1.588 mm, and tangent loss of 0.0009. Rogers R5880 substrate was chosen because it has a small dielectric constant, so antenna losses can be reduced. The designed antenna has a high *gain* and directed polarization with inset feed and array method. Antennas that have been added with inset feed and array method have a substrate area of 16.2 cm² with return loss of -38.96 dB, VSWR 1.18 and *gain* of 13.03 dB at frequency of 3.5 GHz. After using inset feed method, the return loss was reduced until 95.48%, bandwidth increased up to 4.06% and by using the array method the *gain* increased by 95.93% compared with single element antenna. This research can be recommended for receiver antenna design in 5G communication system.

Keywords: *microstrip antenna*, *inset feed*, *array*, *circular patch*, *5G communication*

1. Pendahuluan

Perkembangan dunia telekomunikasi saat ini sedang mengalami kemajuan yang pesat. Tidak hanya komunikasi suara yang dapat dikirim namun komunikasi data, gambar, dan video/*broadband* multimedia [1]. Berbagai teknologi dan sistem baru bermunculan dalam rangka mempermudah manusia berkomunikasi antar satu dengan yang lainnya, salah satunya adalah teknologi 5G. Teknologi 5G merupakan standar yang merevolusi generasi sebelumnya dalam teknologi telekomunikasi seluler. Standar-standar terkait teknologi 5G akan merubah beberapa regulasi telekomunikasi, dikarenakan regulasi ini akan menjadi *outdated* [2].

Dalam sistem komunikasi *wireless* diperlukan 2 perangkat yang berfungsi untuk menerima gelombang elektromagnetik dan perangkat yang berfungsi untuk mengirimkan gelombang elektromagnetik sehingga dapat digunakan untuk keperluan komunikasi data ataupun suara [3]. Pada tahun 2017 telah diperkenalkan sistem komunikasi generasi kelima yang memiliki kelebihan antara lain pada kecepatan *transfer data* yang tinggi serta *bandwidth* yang sangat lebar. Berdasarkan regulasi yang ditetapkan oleh *Global Mobile Suppliers Association* (GMSA) mengenai spektrum komunikasi generasi kelima di Indonesia, frekuensi kerja yang digunakan untuk sistem komunikasi generasi kelima terbagi menjadi beberapa band yaitu untuk *high band* 28 GHz, *mid band* 15 GHz dan *low band* 3.5 GHz [4]. Kebutuhan *bandwidth* untuk sistem komunikasi 5G adalah 100 MHz dimana frekuensi kerja yang digunakan adalah 3.5 GHz [4].

Antena yang banyak dikembangkan untuk keperluan sistem komunikasi *wireless* adalah antena mikrostrip yang memiliki kelebihan disain yang kompak, biaya pabrikasi yang terjangkau serta dapat bekerja pada frekuensi tinggi [5][6]. Dibalik kelebihannya, antena mikrostrip memiliki beberapa kekurangan diantaranya *gain* yang tidak terlalu besar, direktivitas yang rendah, dan *bandwidth* yang sempit [7].

Penelitian yang telah dilakukan oleh [8] telah berhasil menghasilkan dan merancang antena mikrostrip dengan patch tunggal berbentuk lingkarang dengan frekuensi kerja 3.5 GHz dengan nilai koefisien refleksi adalah -30 dB dan *gain* sebesar 5.15 dB. Pada penelitian yang telah dilakukan oleh [9] telah berhasil menghasilkan dan merancang antena mikrostrip dengan *patch rectangular* dengan frekuensi kerja 3.5 GHz dengan metode *defected ground structure* dengan nilai koefisien refleksi -17.43 dB dan *gain* sebesar 6.6 dB. Selanjutnya pada penelitian yang diusulkan oleh [10], dihasilkan antena mikrostrip dengan array 1x4 dengan *gain* 7.38 dB. Namun, pada kedua penelitian tersebut masih menghasilkan *gain* yang rendah sehingga perlu dilakukan optimasi dengan menggunakan metode *array*.

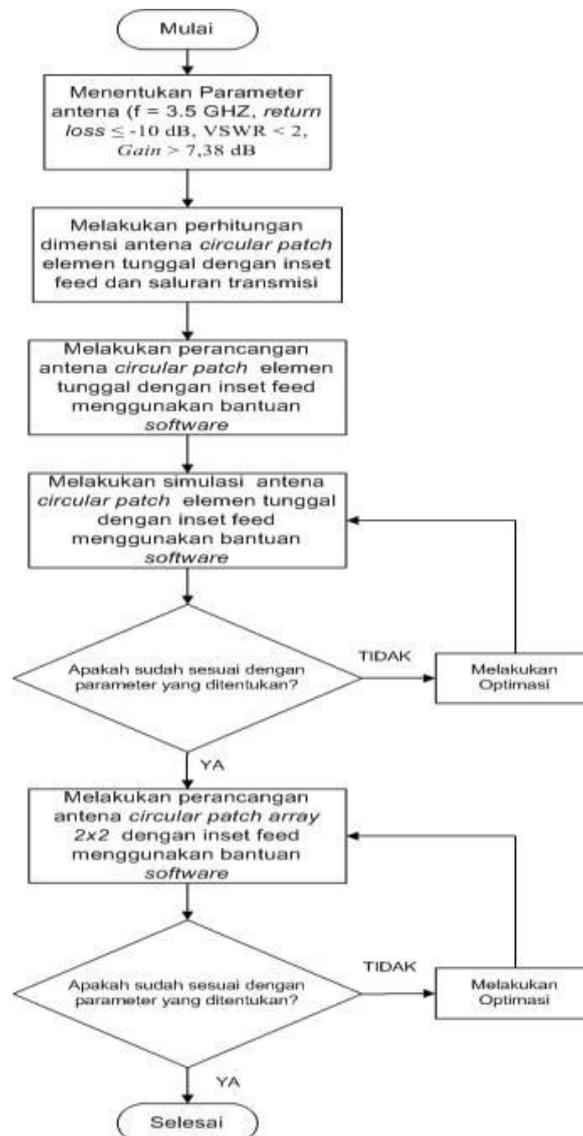
Keuntungan dari metode *array* adalah penambahan jumlah elemen yang dapat meningkatkan *gain* dari antena yang diajukan sehingga memiliki keterarahan yang lebih baik [11], sedangkan penggunaan metode *inset-fed* pada antena yang dirancang bertujuan untuk memperbaiki nilai dari koefisien refleksi [12].

2. Metodologi Penelitian

Antena yang dirancang merupakan antena mikrostrip dengan bentuk *circular*. Substrat Duroid RO5880 menjadi bahan dalam pembuatan antena ini. Duroid RO5880 memiliki nilai konstanta dielektrik yang kecil, sehingga *losses* antena dapat dikurangi [13]. Pada Gambar 1 merupakan tahapan proses perancangan antena.

Pada awal penelitian perancangan menggunakan antena elemen tunggal pada frekuensi 3.5 GHz menggunakan metode *inset feed*. Setelah diperoleh parameter VSWR < 2 dan *return loss* ≤ -10, maka selanjutnya ditambahkan metode *array* metode *array* 2x2 dengan tujuan untuk mendapatkan nilai *gain* yang maksimal. Untuk mendapatkan hasil yang optimal dilakukan

iterasi pada beberapa bagian antena, diantaranya adalah lebar pencatu, panjang saluran, panjang dan panjang *inset feed* . Parameter yang akan dicapai meliputi nilai *return loss* ≤ -10 , *VSWR* < 2 [6] dan *gain* > 7.38 dB [10] pada frekuensi kerja 3.5 GHz dengan menggunakan metode *array* dan *inset feed* .



Gambar 1. Diagram alir perancangan antena

3. Perancangan Antena

Dalam melakukan perncangan sebuah antena terlebih dahulu mengetahui karakteristik subsatrat yang digunakan. Berikut ini karakteristik substrat yang digunakan : [14]

Konstanta dielektrik	: 2.2
Ketebalan substrat	: 1.588 mm
Loss Tangent	: 0.0009
Frekuensi Kerja	: 3.5 GHz
Bandwidth	: 100 MHz

3.1. Fungsi logaritmik (K)

Perhitungan fungsi logaritmik dilakukan untuk mendapatkan nilai radius *patch* antenna dengan menggunakan persamaan 1 [15].

$$K = \frac{8.791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (1)$$

K = fungsi logaritmik

f_r = frekuensi resonansi (GHz)

ϵ_r = konstanta dielektrik

Frekuensi resonansi yang digunakan adalah 3.5 GHz sedangkan untuk konstanta dielektrik adalah 2.2. Berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan (1) didapatkan nilai K = 1.693.

3.2. Radius element antenna (a)

Setelah didapatkan nilai fungsi logaritmiknya maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan besar radius elemen (a) dengan menggunakan persamaan 2 [14].

$$a = \frac{K}{\left\{1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r K} \left[\ln\left(\frac{\pi K}{2h}\right) + 1.7726 \right]\right\}^{1/2}} \quad (2)$$

K = fungsi logaritmik

h = ketebalan (mm)

ϵ_r = konstanta dielektrik

Ketebalan (h) dari substrat yang digunakan adalah 1.58 mm sedangkan konstanta dielektrik adalah 2.2 Berdasarkan persamaan (2), didapatkan nilai a = 13.32 mm

3.3. Lebar saluran antenna (w)

Nilai lebar saluran catu antena (w) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3 dan 4 [3]. Dengan menggunakan nilai impedansi pada konektor 50 Ω serta impedansi saluran 100 Ω dan 70,71 Ω sebagai penyesuaian impedansi [3].

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (3)$$

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (4)$$

B = konstanta impedansi

h = ketebalan (mm)

ϵ_{eff} = konstanta dielektrik efektif

Z_0 = impedansi antena

Saluran pencatu didapatkan dengan menggunakan persamaan (3) dan (4) dimana B adalah konstanta impedansi. Dimensi dari lebar saluran pencatu 50 Ω adalah w = 4.84 mm, lebar saluran pencatu 100 Ω adalah W = 1.38 mm dan lebar saluran pencatu 70.71 Ω adalah w = 5.1 mm

3.4. Jarak antar elemen (d)

Untuk menghasilkan nilai *gain* yang optimal, antenna yang dirancang harus dipisahkan dengan jarak (d). Untuk menentukan jarak antar elemen dapat menggunakan persamaan 5 dan 6 [3].

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (5)$$

$$d = \frac{\lambda}{2} \quad (6)$$

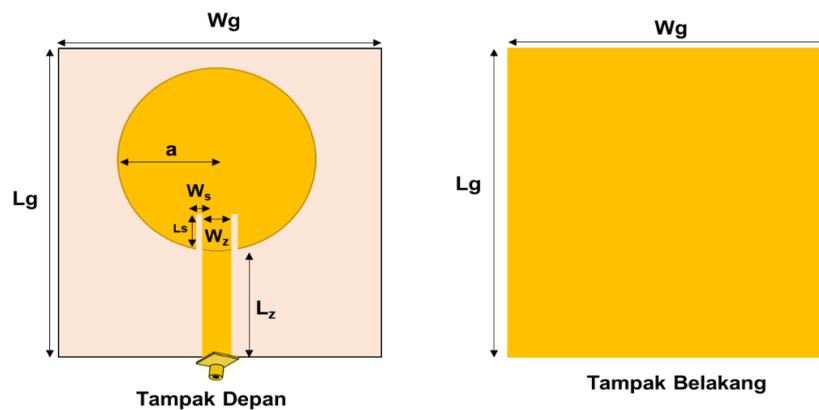
- λ = panjang gelombang (m)
- c = kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)
- d = jarak antar elemen (mm)

Berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan (5) dan (6) maka didapatkan jarak anatar elemen antena (d) yaitu 42.5 mm.

4. Simulasi Antena

4.1. Perancangan antenna elemen tunggal

Sebelum melakukan perancangan antena mikrostrip *circular patch array* 4 elemen, terlebih dahulu dilakukan perancangan antena mikrostrip *circular patch* elemen tunggal dengan *inset feed*. Jika hasil simulasi tidak sesuai dengan spesifikasi, maka dilakukan optimasi dengan merubah nilai dari parameter antena. Selanjutnya melakukan simulasi berdasarkan hasil perhitungan. Namun hasil simulasi tidak memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan. Sehingga perlu dilakukan optimasi lebar celah. Pada Gambar 2 menunjukan gambar disain dan struktur dari antena mikrostrip *circular patch single element* dengan metode *inset feed* pada bagian tampak depan (a) dan bagian tampak belakang (b).



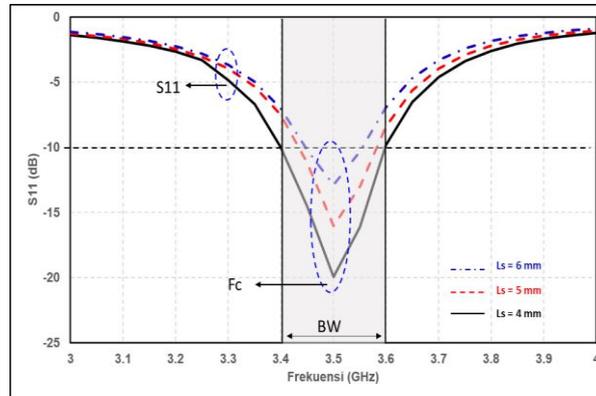
Gambar 2. Disain antena mikrostrip *circular patch single element* dengan metode *inset feed*; (a) Tampak depan, (b) Tampak belakang

Gambar 2 (a) menunjukkan bahwa antena *patch* lingkaran berada pada bagian atas dari substrat sedangkan bagian bawah dari substrat berfungsi sebagai *groundplane*. Tabel 1 merupakan dimensi antena mikrostrip *circular patch* elemen tunggal dengan *inset feed*

Tabel 1. Dimensi Antena Mikrostrip *Circular patch* Dengan *Inset feed*

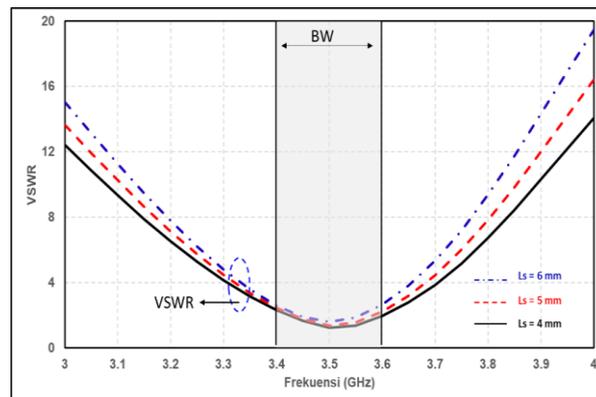
Parameter	Keterangan	Dimensi (mm)
a	Radius	16.6
W_z	L Saluran	1.9
L_z	P Saluran	11
W_g	L Substrat	42
L_g	P Substrat	42
W_s	L Celah	1
L_s	P Celah	4

Berikut ini adalah hasil simulasi setelah dilakukan optimasi panjang celah pada antenna sehingga terjadi perubahan pada nilai *return loss* dan nilai VSWR yang dihasilkan. Pada Gambar 3 merupakan hasil simulasi *return loss* setelah dilakukan optimasi sebanyak 3 iterasi.



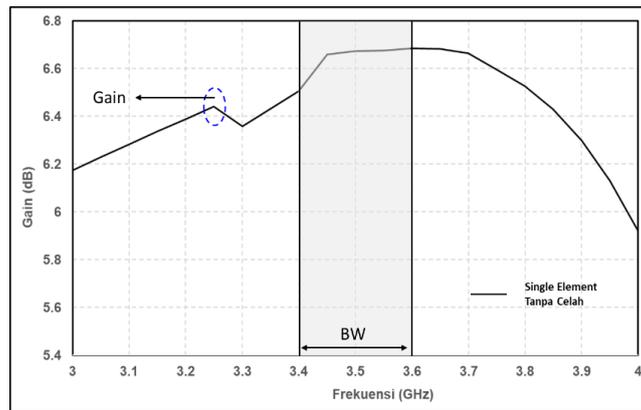
Gambar 3. Hasil *return loss* setelah optimasi pada L_s

Gambar 3 menunjukkan antenna sudah bekerja pada frekuensi 3.5 GHz dan memiliki nilai *return loss* -19.93 dB sedangkan gambar 4 merupakan hasil simulasi VSWR setelah dilakukan optimasi sebanyak 3 iterasi. Hal ini menunjukkan bahwa antenna telah beroperasi dengan baik di frekuensi 3.5 GHz dengan *return loss* ≤ -10 dB.



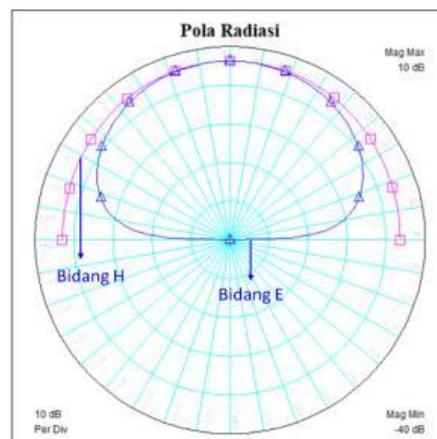
Gambar 4. Hasil VSWR setelah optimasi pada L_s

Gambar 4 menunjukkan antenna sudah bekerja pada frekuensi 3.5 GHz dan memiliki nilai VSWR 1.22. Hal ini menunjukkan bahwa antenna telah memenuhi standar dengan $VSWR \leq 2$ pada frekuensi 3.5 GHz.



Gambar 5. Hasil *gain* setelah optimasi pada L_s

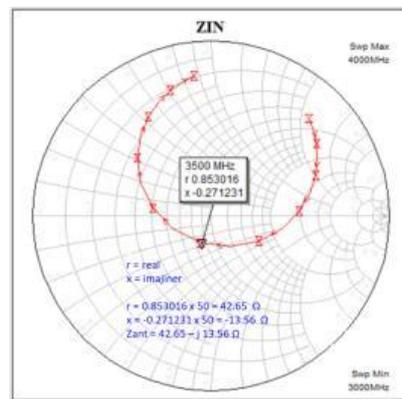
Gambar 5 menunjukkan antenna telah bekerja pada frekuensi 3.5 GHz dan memiliki nilai *gain* 6.67 dB. Selanjutnya, gambar 6 menunjukkan hasil simulasi dari pola radiasi antenna mikrostrip *circular patch single element* dengan *inset feed*. Pola radiasi antenna terdiri atas dua bidang, yaitu bidang H (magnet) dan bidang E (listrik).



Gambar 6. Pola radiasi bidang E dan H dari antenna yang dirancang

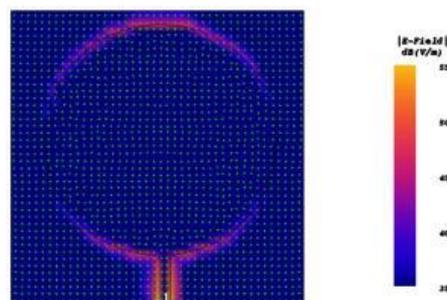
Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa antenna rancangan memiliki pola radiasi dengan sudut berkas pancar yang lebar (*broadside*). Hal ini terjadi dikarenakan antenna hanya mempunyai satu elemen sehingga nilai keterarahan yang dihasilkan rendah, maka perlu dilakukan optimasi lebar pancar dan penambahan metode *inset feed* pada antenna untuk meningkatkan keterarahan pada antenna. Selanjutnya, gambar 7 menunjukkan hasil simulasi impedansi dari antenna mikrostrip *circular patch single element* dengan *inset feed*.

Gambar 7 menunjukkan hasil simulasi parameter impedansi dari antenna mikrostrip *circular patch single element*. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa antenna rancangan memiliki nilai impedansi $Z_{ant} = 42.65 - j 13.56 \Omega$. Pada Gambar 8 menunjukkan hasil distribusi arus dari antenna mikrostrip *circular patch single element* dengan *inset feed*



Gambar 7. Impedansi dari antenna rancangan

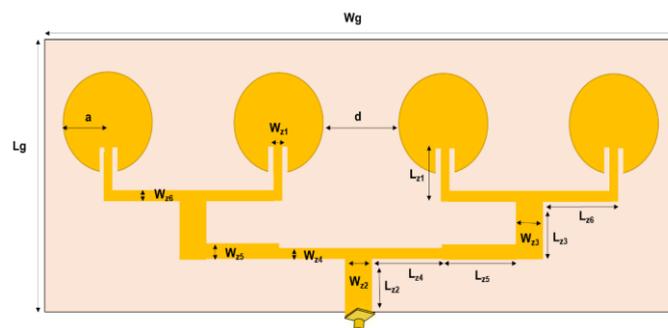
Gambar 8 menunjukkan distribusi arus maksimal pada antenna mikrostrip *circular patch single element* pada frekuensi 3.5 GHz adalah sebesar 55 dB (V/m) dan belum terdistribusi secara merata pada bagian *patch*. Dengan demikian hasil simulasi antenna antenna mikrostrip *circular patch* elemen tunggal dengan *inset feed* memiliki spesifikasi *gain* sebesar 6.67 dB, *return loss* sebesar -19.93 dB dan VSWR 1.22. Hasil ini telah memenuhi standar yang ditetapkan yaitu *return loss* \leq -10 dB, VSWR \leq 2 dan *gain* \geq 7.38 dB.



Gambar 8. Simulasi distribusi arus pada antenna rancangan

4.2. Perancangan antenna array

Setelah mendapatkan hasil antenna mikrostrip *circular patch* elemen tunggal dengan *inset feed* sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan, maka dapat dilanjutkan dengan melakukan perancangan antenna mikrostrip *circular patch array 2x2* dengan *inset feed*. Penambahan metode *array* diharapkan dapat meningkatkan nilai *gain* pada antenna. Selanjutnya, gambar 9 menunjukkan gambar disain dan struktur dari antenna mikrostrip *circular patch single element* dengan metode *inset feed* pada bagian tampak depan.



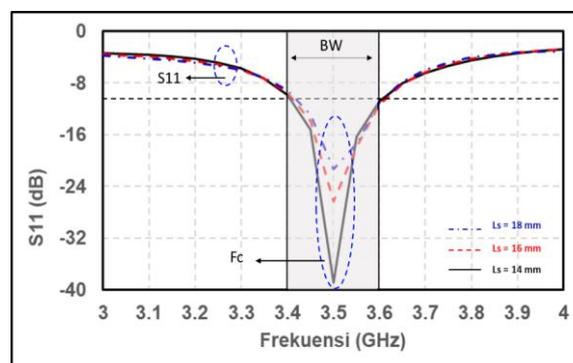
Gambar 9. Disain antenna mikrostrip *circular patch array 2x2* dengan metode *inset feed*

Gambar 9 menunjukkan bahwa elemen antena dipisahkan sejauh jarak (d) dan struktur antena yang diusulkan adalah array 2x2 elemen. Selanjutnya, tabel 2 merupakan dimensi antena mikrostrip *circular patch array 2x2* dengan *inset feed*.

Tabel 2. Dimensi Antena Mikrostrip *Circular patch Array 2x2*

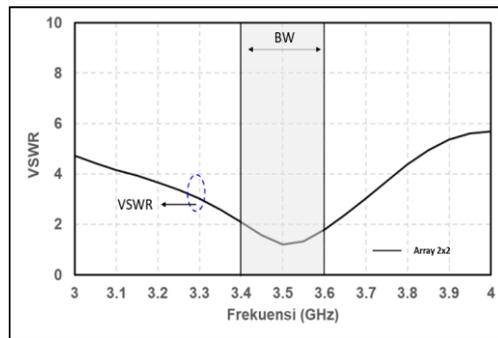
Nama	Keterangan	Dimensi (mm)
a	Radius	16.6
W_{z1}	L Celah	1.9
L_{z1}	P Saluran	11.1
W_{z2}	L Saluran	5.4
L_{z2}	P Saluran	18
W_{z3}	L Saluran	6.4
L_{z3}	P Saluran	14
W_{z4}	L Saluran	2.9
L_{z4}	P Saluran	9.4
W_{z5}	L Saluran	4
L_{z5}	P Saluran	33.6
W_{z6}	L Saluran	2.9
L_{z6}	PSaluran	22.8
d	Jarak <i>Patch</i>	35
L_s	P Celah	6
L_g	L Substrat	180
W_g	Panjang Substrat	90

Gambar 10 merupakan hasil simulasi *return loss* setelah dilakukan proses optimasi sebanyak 3 iterasi dengan mengontrol nilai L_{z2} .



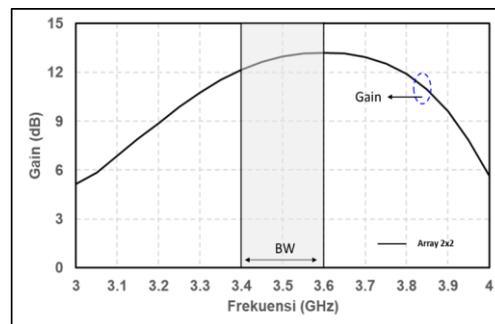
Gambar 10. Hasil *return loss* setelah optimasi pada L_{z2}

Gambar 10 menunjukkan antena sudah bekerja pada frekuensi 3.5 GHz dan memiliki nilai *return loss* -38.96 dB. Pada Gambar 11 merupakan hasil simulasi VSWR.



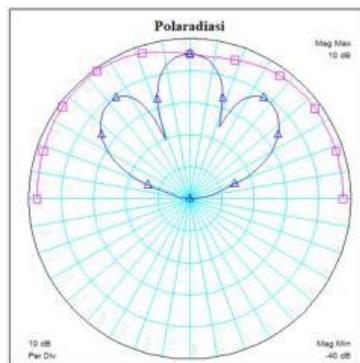
Gambar 11. Hasil VSWR setelah optimasi pada Lz2

Gambar 11 menunjukkan antenna sudah bekerja pada frekuensi 3.5 GHz dan memiliki nilai VSWR 1.18. Pada Gambar 12 merupakan hasil simulasi *gain*.



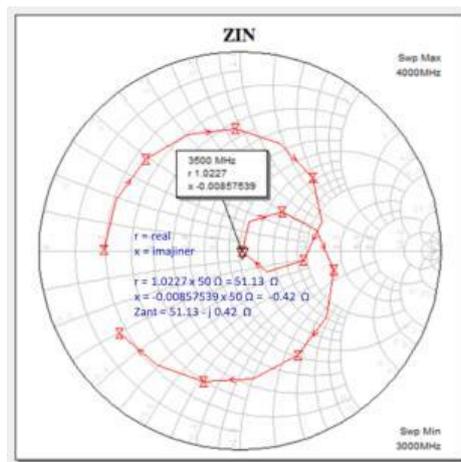
Gambar 12. Hasil *gain* setelah optimasi pada Lz2

Gambar 12 menunjukkan antenna sudah bekerja pada frekuensi 3.5 GHz dan mengalami kenaikan nilai *gain* menjadi 13.03 dB yang semula hanya 6.67 dB. Pada Gambar 13 menunjukkan hasil simulasi dari pola radiasi antenna mikrostrip *circular patch array 2x2* dengan *inset feed*. Pada pola radiasi terdiri atas dua bidang, yaitu bidang E dan bidang H.



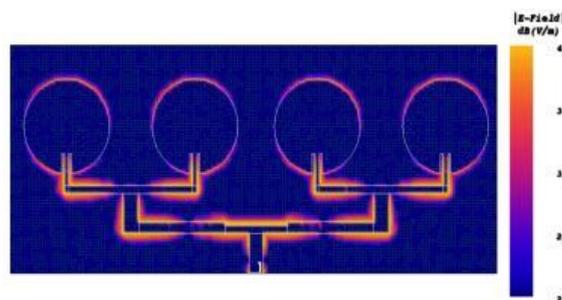
Gambar 13. Hasil pola radiasi setelah optimasi pada Lz2

Hasil yang didapatkan menunjukkan hasil pola yang didapatkan sudah baik dan menunjukkan pola radiasi berbentuk *unidirectional* dan sudah memiliki keterarahan yang lebih baik. baik dengan adanya tiga main lobe yang memiliki porsi radiasi yang sama besar. Gambar 14 menunjukkan hasil simulasi impedansi dari antenna mikrostrip *circular patch single array 2x2* dengan *inset feed*



Gambar 14. Hasil pola impedansi setelah optimasi pada Lz2

Gambar 14 menunjukkan hasil simulasi parameter impedansi dari antena mikrostrip *circular patch single element*. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa antena rancangan memiliki nilai impedansi $Z_{ant} = 51.13 - j 0.42 \Omega$. Gambar 15 menunjukkan hasil distribusi arus dari antena mikrostrip *circular patch array 2x2* dengan *inset feed*.



Gambar 15. Hasil distribusi arus setelah optimasi pada Lz2

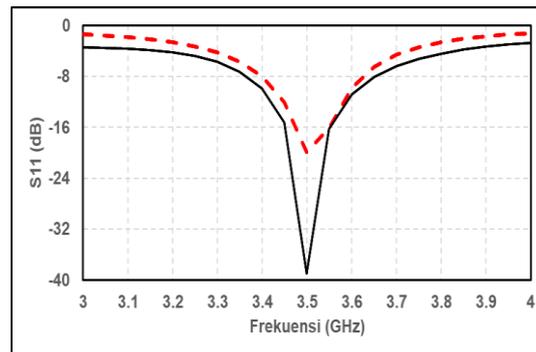
Gambar 15 menunjukkan bahwa distribusi arus maksimal yang terjadi pada antena mikrostrip *circular patch array 2x2* yang bekerja pada frekuensi 3.5 GHz adalah sebesar 43 dB (V/m) dan terdistribusikan secara merata. Hal ini menunjukkan bahwa hasil simulasi antena antena mikrostrip *circular patch array 2x2* dengan *inset feed* memiliki spesifikasi *gain* sebesar 13.03 dB, *return loss* sebesar -38.96 dB dan VSWR 1.18 yang sudah memenuhi spesifikasi yang ditargetkan yaitu $return\ loss \leq -10\ dB$, $VSWR \leq 2$ dan $gain \geq 7.38\ dB$. Selanjutnya, untuk bandwidth yang dihasilkan antena rancangan adalah 197 MHz dan telah memenuhi standar yang ditetapkan yaitu 100 MHz untuk sistem komunikasi 5G.

5. Analisa Hasil Simulasi

Setelah dilakukan simulasi maka dapat dilihat perbandingan nilai parameter antena mikrostrip *circular patch array single element* dengan *inset feed* dan antena mikrostrip *circular patch array 2x2* dengan *inset feed*.

5.1. Analisa hasil penambahan metode *inset feed*

Perbandingan dari kedua model antena yaitu disain elemen tunggal dengan antena array 2x2 elemen ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar 16. Hasil simulasi *return loss* dari dua model antenna

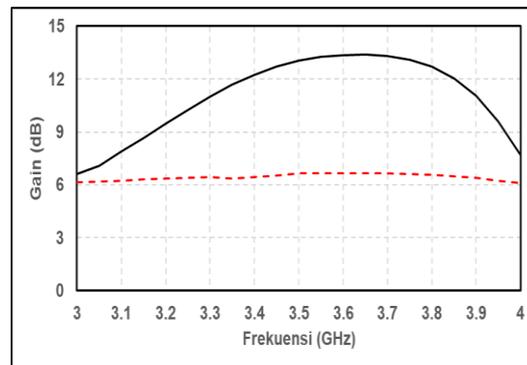
Hasil simulasi parameter *return loss* pada antenna mikrostrip *circular patch* elemen tunggal menggunakan *inset feed* menghasilkan nilai *return loss* -19.96 dB dengan dengan lebar *bandwidth* antenna sebesar 197 MHz. Untuk antenna mikrostrip *circular patch array 2x2* menggunakan *inset feed* nilai *return loss* yang didapatkan sebesar -38.96 dB dengan dengan lebar *bandwidth* antenna sebesar 205 MHz. Dari data dan grafik diatas maka dapat dihitung persentase perubahan nilai *return loss* dan *bandwidth* antenna *circular patch single element* dengan *inset feed* dan sesudah ditambahkan metodel *array 2x2* dan metode *inset feed* seperti berikut ini :

$$\text{Reduksi nilai Return Loss} = \frac{\text{Nilai Akhir} - \text{Nilai Awal}}{\text{Nilai Awal}} \times 100 \% = \frac{-38,96 - (-19,93)}{-19,93} \times 100 \% = 95,48 \%$$

$$\text{Kenaikan nilai Bandwidth} = \frac{\text{Nilai Akhir} - \text{Nilai Awal}}{\text{Nilai Awal}} \times 100 \% = \frac{205 - 197}{197} \times 100 \% = 4.06 \%$$

5.2. Analisa hasil penambahan metode *array*

Gambar 17 merupakan hasil perbandingan simulasi nilai *gain* dari kedua antenna yang diusulkan.

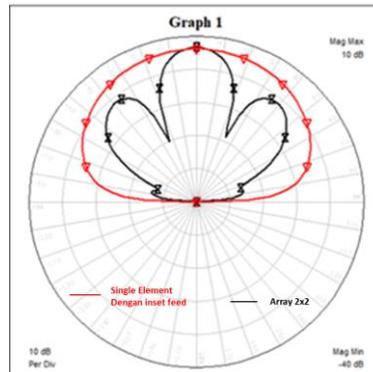


Gambar 17. Hasil simulasi *gain* dari dua model antenna

Hasil simulasi parameter *gain* pada antenna mikrostrip *circular patch* single elemen menggunakan *inset feed* nilai *gain* yang didapatkan sebesar 6.65 dB. Untuk antenna mikrostrip *circular patch array 2x2* menggunakan *inset feed* nilai *gain* yang didapatkan sebesar 13.03 dB. Dari data dan grafik diatas maka dapat dihitung persentase perubahan nilai *gain* antenna *circular patch single element* dengan *inset feed* dan sesudah ditambahkan metodel *array 2x2* dan metode *inset feed* seperti berikut ini :

$$\text{Kenaikan nilai Gain} = \frac{\text{Nilai Akhir} - \text{Nilai Awal}}{\text{Nilai Awal}} \times 100 \% = \frac{13.03 - 6.65}{6.65} \times 100 \% = 95.93 \%$$

Selain terjadi perubahan nilai *gain* pada antena, metode *array* juga menyebabkan terjadinya perubahan pola radiasi pada antena. Gambar 18 merupakan gambar pola radiasi dari masing-masing antena.



Gambar 18. Hasil pola radiasi dari dua model antena

Pola radiasi yang berwarna merah merupakan hasil pola radiasi dari antena *circular patch single element* dengan menggunakan metode *inset feed* yang menunjukkan hasil pola radiasi yang berbentuk unidirectional, masih menyebar kesegala arah dan belum terfokus. Selanjutnya, untuk pola radiasi yang berwarna hitam merupakan hasil pola radiasi dari antena *circular patch array 2x2* dengan menggunakan metode *array* yang menunjukkan hasil pola radiasi berbentuk unidirectional dan sudah memiliki keterarahan yang lebih baik dengan adanya tiga main lobe yang memiliki porsi radiasi yang sama besar. Perbandingan hasil penelitian yang diusulkan dengan penelitian sebelumnya ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan dengan penelitian sebelumnya

Referensi	Metode	Bandwidth	Gain
[8]	Multi resonance structure	2.51 GHz	6.2 dB
[9]	Elipctical patch	400 MHz	5.01 dB
[10]	Array 1x4 rectangular patch	100 MHz	7.38 dB
Penelitian ini	Array 2x2 circular patch	197 MHz	13.03 dB

6. Kesimpulan

Antena mikrostrip *circular patch array* dapat bekerja pada frekuensi 3.5 GHz dan memenuhi nilai parameter-parameter yang telah ditentukan. Dari hasil simulasi diperoleh nilai *return loss* sebesar -38.96 dB, nilai VSWR 1.18 dan *gain* sebesar 13.03 dB pada frekuensi 3.5 GHz. Antena yang dirancang mempunyai pola radiasi *unidirectional* yang sudah terarah, dan memiliki nilai *impedance* sebesar $Z_{ant} = 51.13 - j 0.42 \Omega$. Penambahan metode *inset feed* pada antena terbukti dapat memperbaiki nilai *return loss* hingga 95.48% dibandingkan dengan antena elemen tunggal. Selain itu, metode ini juga memperlebar *bandwidth* hingga 4.06%. Selanjutnya, penambahan metode *array* pada antena terbukti meningkatkan *gain* pada antena hingga 95.93% serta memperbaiki keterarahan pada pola radiasi antena jika dibandingkan dengan antena yang belum menggunakan metode *array*.

Daftar Pustaka

- [1] Höyhtyä, M., Apilo, O. and Lasanen, M., 2018. Review of latest advances in 3GPP standardization: D2D communication in 5G systems and its energy consumption models. *Future Internet*, 10(1), p.3.
- [2] Admaja, A. *Kajian Awal 5G Indonesia*. 2015. Buletin Pos dan Telekomunikasi, pp.97.
- [3] Alam, S. and Wibisono, I.G.N.Y., 2017. *Pengantar Antena dan Propagasi: Konsep Dasar dan Teori*. Jakarta: UTA, 45, pp.22-24.
- [4] Hikmaturokhman, A., Ramli, K. and Suryanegara, M., 2018, October. Spectrum Considerations for 5G in Indonesia. In 2018 International Conference on ICT for Rural Development (IC-ICTRuDev) (pp. 23-28). IEEE.
- [5] Alaydrus, M., 2015. Riset Antena–State of the Art. *InComTech*, 6(1), pp.1-22.
- [6] Surjati, I., 2010. *Antena Mikrostrip: Konsep dan Aplikasinya*. Universitas Trisakti, Jakarta.
- [7] Fang, D.G., 2017. *Antena theory and mikrostrip antenas*. CRC Press
- [8] An, W., Li, Y., Fu, H., Ma, J., Chen, W., & Feng, B., 2018, Low-profile and wideband microstrip antenna with stable *gain* for 5G wireless applications. *IEEE Antenas and Wireless Propagation Letters*.
- [9] Ferdous, N., Hock, G.C., Hamid., S.H.S., Raman, M.N.A., Kiong, T.S., & Ismail, M., 2019, June. Design of a Small Patch Antena at 3,5 GHz for 5G Applicartions. In *IOP Conference Series : Earth and Enviromental Science*. IOP Publishing.
- [10] Darmawan, P.A., Nur, L.O. and Wijanto, H., 2018. Antena Mikrostrip Array 1 \tilde{A} – 4 Inset-fed Patch Persegi Untuk Wifi 2, 4 Ghz Access Point. *eProceedings of Engineering*, 5(1).
- [10] Alam, S. & Nugroho, R. F., 2018. Perancangan Antena Mikrostrip *Array* 2x1 Untuk Meningkatkan *Gain* Untuk Aplikasi LTE Pada Frekuensi 2.300. *Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer*
- [11] Faradila, Sumajudin B, Yunita T 2019, November. Perbandingan Pencatuan *Inset feed* Dan EMC Pada Atena MIMO Berslot Dual Band. *E-Procceding of Engineering : Vol.6*. Telkom University
- [12] Y. R. Meliza Sukma Riani, Perancangan Simulasi Antena Mikrostrip Dengan Slot Butterfly Untuk Aplikasi WiFi Pada Frekuensi Kerja 5,8 GHz. 2016. *Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer*, vol. 3 No. 2.
- [13] Rogers Corporation. Technosches Datenblatt RT/duroid 5880. 2017. Advance Connectivity Solution. 100 S. Roosevelt Avenue. Publication 92-101.
- [14] Waluyo. Novikasari, Dyan Nastiti. 2013. Disain dan Simulasi Antena Mikrostrip Semicircular Half U-Slot Untuk Aplikasi Modem GSM 1800 MHz. *Jurnal ELTEK*, Vol 11 No 02, Oktober 2013 ISSN 1693-4024.