



# JITE (Journal of Informatics and Telecommunication Engineering)

Available online <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jite> DOI : 10.31289/jite.v5i1.5129

Received: 20 April 2021

Accepted: 29 June 2021

Published: 15 July 2021

## Design of 2x1 MIMO Microstrip Antenna Using Slit and Inset Technique For 5G Communication

Fahrul Solehudin<sup>1)</sup>, Zikra Aulia<sup>2)</sup>, Syah Alam<sup>3)\*</sup>, Lydia Sari<sup>4)</sup> & Indra Surjati<sup>5)</sup>

1,2) Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti, Indonesia

3,4,5) Magister Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti, Indonesia

\*Corresponding Email: [syah.alam@trisakti.ac.id](mailto:syah.alam@trisakti.ac.id)

### Abstrak

Teknologi generasi kelima (5G) menawarkan sistem komunikasi yang memiliki kecepatan tinggi dan membutuhkan sistem antenna multi masukan dan multi keluaran (*Multiple Input Multiple Output / MIMO*) untuk meningkatkan kapasitas pelanggan. Penelitian ini mengusulkan desain antenna mikrostrip untuk sistem komunikasi generasi kelima (5G) yang bekerja pada frekuensi 3.5 GHz. Antena dirancang menggunakan jenis substrat RT-Duroid R5880 dengan konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ) = 2.2, ketebalan ( $h$ ) = 1.57 mm dan loss tan ( $\tan \alpha$ ) = 0.0009. Untuk menghasilkan nilai parameter yang optimal, antena ditambahkan *slit* pada bagian tepi *patch* dengan jumlah 2 pasang. Penambahan *inset* bertujuan untuk mereduksi nilai koefisien refleksi dari antena yang diusulkan. Dari hasil simulasi diperoleh nilai koefisien refleksi sebesar -25 dB pada frekuensi 3.5 GHz dengan *bandwidth* 220 MHz. *Gain* yang dari antena yang diusulkan sebesar 10 dB pada frekuensi 3.5 GHz. Nilai koefisien isolasi yang didapatkan adalah -70 dB dengan jarak antar ( $d$ ) = 43 mm. Penerapan antena MIMO meningkatkan *gain* sebesar 49.52 % dibandingkan dengan antena mikrostrip *single element*.

**Kata Kunci:** antena, mikrostrip, MIMO, slit, inset, 5G (generasi kelima)

### Abstract

The fifth generation (5G) technology offers high speed communication systems and requires a multi input and multi output (*Multiple Input Multiple Output / MIMO*) antenna system to increase customer capacity. This research proposes a microstrip antenna design for a fifth-generation (5G) communication system that works at a frequency of 3.5 GHz. The antenna was designed using the RT-Duroid R5880 substrate type with dielectric constant ( $\epsilon_r$ ) = 2.2, thickness ( $h$ ) = 1.57 mm and loss tan ( $\tan \alpha$ ) = 0.0009. To produce optimal parameter, the antenna is optimized using slit on the edge of the patch with a total of 2 pairs. The addition of an inset aims to reduce the reflection coefficient of the proposed antenna. From the simulation results, the reflection coefficient value is -25 dB at a frequency of 3.5 GHz with a bandwidth of 220 MHz. The gain of the proposed antenna is 10 dB at a frequency of 3.5 GHz. The isolation coefficient obtained is -70 dB with a distance between ( $d$ ) = 43 mm. The application of the MIMO antenna increases the gain by 49.52% compared to the single element microstrip antenna.

**Keywords:** antenna, microstrip, MIMO, slit, inset, 5G (Fifth Generation)

**How to Cite:** Solehudin, F., Aulia, Z., Alam, S., Sari, L., & Surjati, I. (2021). Design of 2x1 MIMO Microstrip Antenna Using Slit and Inset Technique for 5G Communication. *JITE (Journal Of Informatics And Telecommunication Engineering)*. 5 (1): 31-44

## I. PENDAHULUAN

Sistem komunikasi generasi kelima (5G) telah diperkenalkan pada tahun 2018 dan memiliki kelebihan antara lain kecepatan transfer data yang tinggi serta *bandwidth* yang sangat lebar (Höyhty, M., Apilo, O. and Lasanen, M., 2018). Berdasarkan regulasi yang ditetapkan oleh frekuensi kerja yang digunakan untuk sistem komunikasi generasi kelima (5G) terbagi menjadi beberapa *band* yaitu untuk *high band* 28 GHz, *middle band* 15 GHz dan *low band* 3.5 GHz (Hikmaturokhman, A., Ramli, K. and Suryanegara, M., 2018). Dalam suatu sistem komunikasi nirkabel diperlukan perangkat antena sebagai pengirim dan

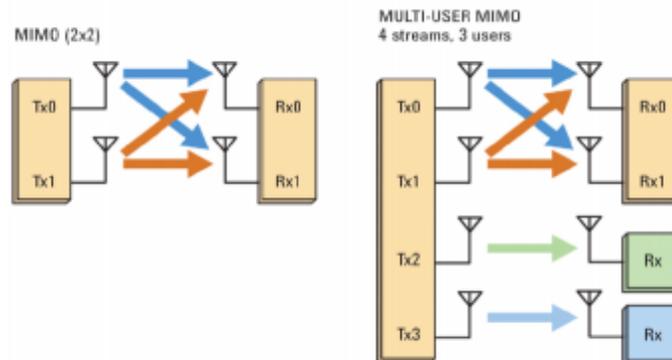
penerima sinyal yang akan diubah menjadi gelombang listrik sehingga dapat dimanfaatkan untuk keperluan komunikasi suara maupun data (Alam, S. and Wibisono, I.G.N.Y., 2017). Salah satu antenna yang banyak dikembangkan untuk keperluan sistem komunikasi nirkabel adalah antenna mikrostrip (Surjati, 2010). Antena mikrostrip memiliki kelebihan disain yang kompak, biaya pabrikasi yang terjangkau serta dapat bekerja pada frekuensi tinggi (Alaydrus, M., 2015). Dimensi yang kompak menjadi salah satu keunggulan dari antenna mikrostrip sehingga cocok digunakan sebagai antenna penerima dalam sistem komunikasi nirkabel namun untuk menjaga dapat melayani pelanggan secara optimal diperlukan multi antenna yang bekerja pada sistem MIMO agar kualitas dan kapasitas layanan menjadi lebih baik.

Pengembangan antenna mikrostrip MIMO untuk sistem komunikasi generasi kelima (5G) telah dipaparkan pada beberapa penelitian sebelumnya (Abdullah, M., Ban, Y.L., Kang, K., Li, M.Y. and Amin, M., 2017), (Li, Y., Luo, Y., & Yang, G., 2019). Antena MIMO terdiri dari *multi port* antenna yang dipisahkan dengan jarak sejauh (d), kriteria dari antenna MIMO yang baik adalah memiliki nilai koefisien isolasi  $\leq -15$  dB pada rentangan frekuensi yang kerja yang digunakan (Jiang, W., Liu, B., Cui, Y., & Hu, W., 2019). Koefisien isolasi ini menunjukkan bahwa masing-masing antenna bekerja secara independen sehingga dapat meningkatkan penguatan dan kapasitas layanan dari sistem komunikasi (Jiang, W., Liu, B., Cui, Y., & Hu, W., 2019). Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Rafiqul, I. M., Rafiq, S., Yasmin, M. S., & Habaebi, M. H., 2017) telah berhasil dirancang dan disimulasikan antenna mikrostrip MIMO 2 x 2 elemen pada frekuensi kerja 3.5 GHz dengan nilai koefisien refleksi  $\leq -10$  dB, namun nilai koefisien isolasi masih berada pada rentang  $\leq -15$  dB pada frekuensi kerja yang diharapkan. Penelitian ini mengusulkan desain antenna mikrostrip MIMO dengan 2x1 elemen yang dioptimasi menggunakan teknik *inset* dan *slit*. Tujuan penambahan *slit* dan *inset* untuk mereduksi nilai koefisien refleksi yang akan berpengaruh terhadap nilai koefisien isolasi. Target dari penelitian ini adalah menghasilkan desain antenna mikrostrip MIMO dengan 2x1 elemen yang memiliki nilai koefisien refleksi  $\leq -10$  dB, koefisien isolasi  $\leq -20$  dB, *bandwidth*  $\geq 200$  MHz dan *gain*  $\geq 5$  dB. Selanjutnya, alasan penggunaan antenna mikrostrip MIMO dengan slit dan inset adalah untuk meningkatkan level sinyal penerimaan dan kapasitas jumlah pelanggan yang dapat dilayani pada sistem komunikasi generasi kelima (5G).

## II. STUDI PUSTAKA

### A. Sistem Komunikasi Generasi Kelima (5G)

Dalam teknologi telekomunikasi seluler, teknologi 5G bukan merupakan standar yang merevolusi teknologi generasi sebelumnya. Standar-standar terkait teknologi 5G yang akan muncul nantinya akan mengubah beberapa regulasi telekomunikasi karena regulasi tersebut akan menjadi obsolete. Upaya untuk mengantisipasi hal tersebut, ada beberapa hal yang harus dirumuskan untuk mempersiapkan datangnya standar yang selalu dikaitkan dengan "*The Disruptive Standard*" (Boccardi et al., 2014). Salah satu teknologi yang digunakan dalam usulan 5G adalah Massive MIMO. MIMO sendiri sudah dipakai dalam teknologi 4G, dimana dalam tiap stasiun pemancar/penerima menggunakan antenna lebih dari satu. Misal konfigurasi MIMO 2x2 berarti di sisi pemancar dan penerima masing-masing memiliki 2 antenna. Pada LTE-A, konfigurasi MIMO paling banyak yakni 8 antenna (Heath Jr, R.W. and Lozano, A., 2018).



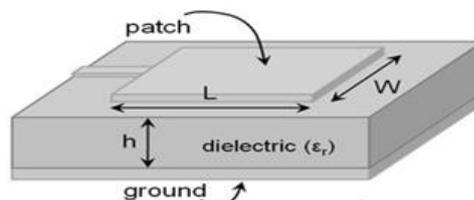
Gambar 1. Sistem MIMO (Heath Jr, R.W. and Lozano, A., 2018)

Kepdirjen 235 Tahun 2018 Tentang Penetapan Pita Frekuensi Radio (Kementerian Komunikasi dan Informatika, 2018) untuk Uji Coba Penggunaan Teknologi IMT-2020 disebutkan bahwa pita frekuensi radio yang dapat digunakan dalam uji coba penggunaan teknologi IMT-2020 adalah sebagai berikut:

- Pita frekuensi radio 3,5 GHz (3,3 – 4,2 GHz)
- Pita frekuensi radio 15 GHz (14,5 – 15,35 GHz)
- Pita frekuensi radio 26 GHz (24,25 – 27,5 GHz)
- Pita frekuensi radio 28 GHz (26,5 – 29,5 GHz)

## B. Antena Mikrostrip

Secara garis besar struktur dari antena mikrostrip terdiri dari tiga bagian, yaitu : elemen peradiasi atau *patch* antena, saluran transmisi dan bidang pentanahan atau *ground plane* yang dapat dicetak pada satu atau lebih dielektrik substrat, seperti terlihat pada Gambar 2 dibawah ini (Pandey, 2019). Pada dielektrik substrat terdapat parameter  $h$  yang merupakan ketebalan dari substrat, loss tangent ( $\tan \delta$ ) yang merupakan rugi-rugi dielektrik dan  $\epsilon_r$  yang merupakan konstanta dielektrik substrat. Ketiga konstanta tersebut sangat penting pada saat perancangan antena.

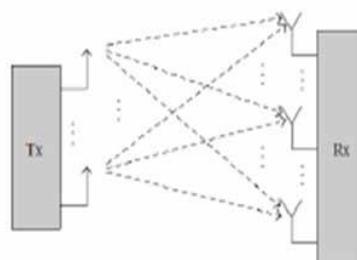


Gambar 2. Geometri dari antena mikrostrip (Pandey, 2019)

Elemen peradiasi (radiator) berfungsi untuk meradiasikan gelombang listrik dan magnet. Elemen ini biasa disebut sebagai *radiator patch* dan terbentuk dari lapisan logam (*metal*) yang memiliki ketebalan ( $h$ ) tertentu. Jenis logam yang biasanya digunakan adalah tembaga (*copper*) dengan konduktivitas  $5,8 \times 10^7$  S/m. Ada beberapa jenis radiator patch berdasarkan bentuknya, di antaranya rectangular (segi empat), segitiga, lingkaran, dan lain-lain. Substrat merupakan bagian dielektrik yang membatasi elemen peradiasi dengan elemen pentanahan. Bagian ini memiliki nilai konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ), faktor disipasi, dan ketebalan ( $h$ ) tertentu. Ketiga nilai tersebut mempengaruhi frekuensi kerja, *bandwidth*, dan juga efisiensi dari antena yang akan dibuat. Ketebalan substrat jauh lebih besar daripada ketebalan konduktor metal peradiasi. Semakin tebal substrat maka *bandwidth* akan semakin meningkat, tetapi berpengaruh terhadap timbulnya gelombang permukaan (*surface wave*) (Pandey, 2019).

## C. MIMO (Multiple Input Multiple Output)

*Multiple Input Multiple Output* (MIMO) adalah suatu sistem yang terdiri dari lebih dari satu terminal atau antena pada sisi pengirim dan penerima. Dengan penggunaan antena lebih dari satu antena, MIMO mendukung spesifikasi media transmisi yang membutuhkan kapasitas besar pada system komunikasinya. Sistem ini menggunakan sejumlah  $M$  antena pemancar dan sejumlah  $N$  antena penerima, sehingga sering ditulis dengan sistem penulisan MIMO  $M \times N$  (Mumtaz, S., Rodriguez, J. and Dai, L., 2016).

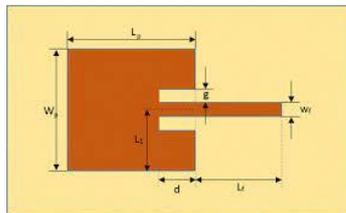


Gambar 3. Sistem MIMO dengan 2 x 3 Elemen (Mumtaz, S., Rodriguez, J. and Dai, L., 2016)

Kuncinya dengan menggunakan beberapa antena untuk mendapatkan kinerja yang handal melalui keragaman data rate yang tinggi melalui *multiplexing* spasial. Dalam sistem MIMO, informasi yang sama dapat dikirim dan diterima dari beberapa antena secara bersamaan. Fading antara antena pemancar dan penerima dapat dianggap independen, sehingga probabilitas terdeteksinya informasi yang akurat akan lebih tinggi. *Fading* sinyal dapat dikurangi dengan teknik diversity yang berbeda, di mana sinyal ditransmisikan melalui beberapa jalur *fading* yang independen dalam waktu, frekuensi atau ruang yang dikombinasikan secara konstruktif pada penerima.

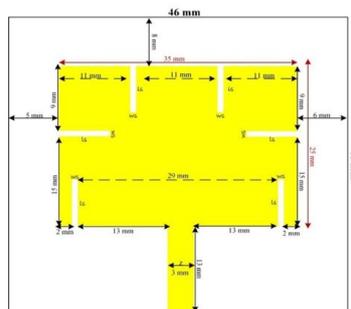
#### D. Slit dan Inset

Konsep Model pencatuan langsung saluran transmisi dapat dilakukan menjadi teknik *inset feeding* dengan catuan langsung model saluran transmisi (*microstrip line inset feeding patch antenna*). Teknik *inset feeding* ini dapat digunakan untuk mengontrol nilai impedansi dari antenna (Zant) agar memiliki kesesuaian dengan impedansi dari konektor yaitu 50 Ohm. Mekanisme teknik pencatuan sangat mempengaruhi karakteristik antena mikrostrip. Pemodelan saluran transmisi ini digunakan untuk menghasilkan antena mikrostrip dengan *gain* yang tinggi. Pada umumnya inset feeding ditempatkan pada bagian saluran pencatu microstrip line dengan memberikan jarak (*gap*) seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Teknik *Inset Feeding* (Souza, E. A., Oliveira, P. S., D'Assunção, A. G., Mendonça, L. M., & Peixeiro, C., 2019)

Teknik *peripheral slits* ini memiliki ukuran lebar *slits* (*ws*) dan panjang *slits* (*ls*) yang sama antara satu dengan yang lainnya seperti pada gambar 5 dibawah. Pada umumnya untuk lebar *slits* (*ws*) berkisar antara 1 mm – 6 mm, sedangkan untuk panjang *slits* (*ls*) dapat diperoleh dari proses optimasi [...]. Efek dari penambahan slit adalah mereduksi dimensi dari antena dan meningkatkan *bandwidth* dari antena rancangan.



Gambar 5. Teknik Slit (Alam, S., Wibisana, I. G. N. Y., & Surjati, I., 2017)

### III. METODE PENELITIAN

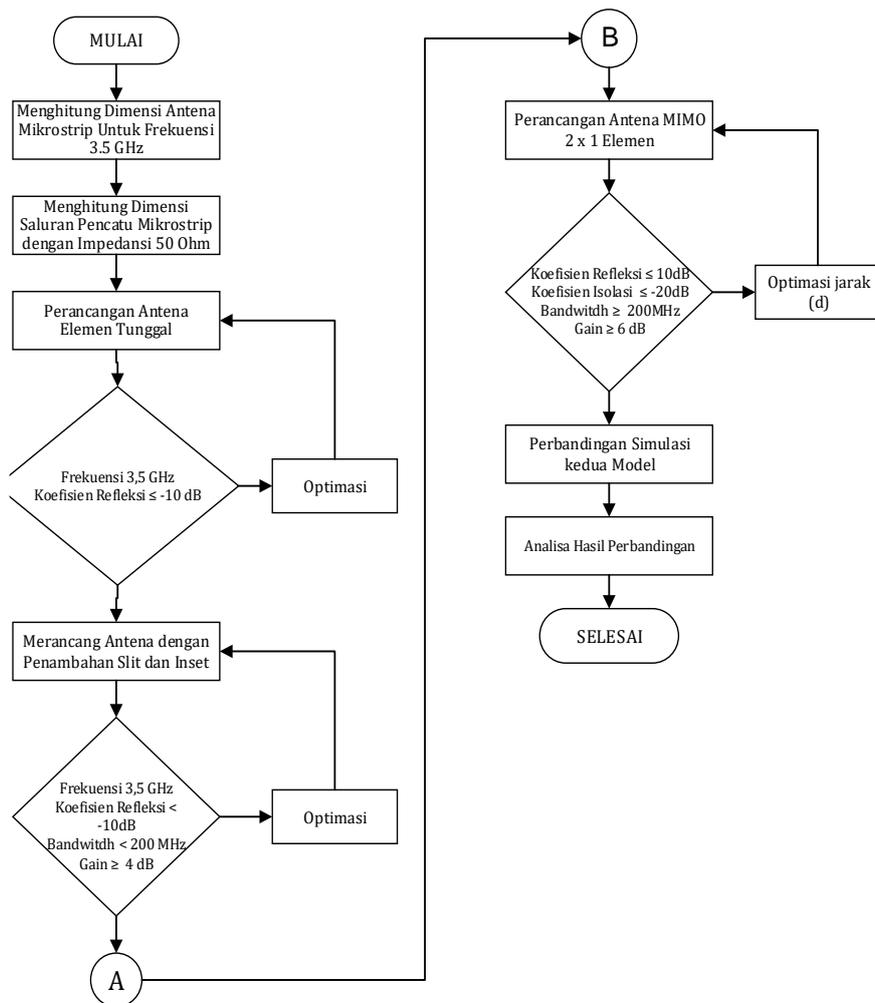
#### A. Tahapan Penelitian

Proses perancangan antena dilakukan melalui beberapa tahapan mulai dari menentukan frekuensi kerja yang diinginkan. Kemudian menentukan substrat yang akan digunakan. Setelah beberapa hal diatas telah dilakukan maka perancangan antena sudah dapat dilakukan, yaitu menentukan dan menghitung dimensi *patch*, menghitung dimensi pencatu dan melakukan simulasi antena yang telah dirancang dengan perangkat *EM Simulation*.

Pada penelitian ini dilakukan perancangan awal antenna tunggal pada frekuensi 3.5 GHz selanjutnya baru dilakukan uji coba metode array MIMO 2x1 elemen dengan iterasi melalui perangkat lunak komputer. Setelah diperoleh bentuk yang kompak dan memiliki bandwidth 200 MHz (3.4 – 3.6 GHz) dengan koefisien refleksi  $\leq -10$  dB, VSWR  $\leq 2$  dan koefisien isolasi  $\leq -20$  dB maka dilakukan tahapan berikutnya dengan melakukan iterasi jarak antar patch antenna untuk mendapatkan nilai gain yang maksimal. Adapun indikator parameter antenna mikrostrip yang akan dicapai adalah antara lain meliputi parameter koefisien refleksi dan isolasi, VSWR, lebar pita, pola radiasi dan polarisasi linear. Parameter koefisien refleksi yang diharapkan adalah  $\leq -10$  dB dan koefisien isolasi  $\leq -20$  dB, pola radiasi directional dan gain  $\geq 6$  dB. Pada perancangan ini substrat yang digunakan adalah jenis RT Duroid 5880 dengan nilai konstanta dielektrik 2.2, ketebalan 1.578 mm dan *loss tangen* sebesar 0.0009, penggunaan substrat ini bertujuan untuk menghasilkan antenna yang memiliki efisiensi yang baik karena *loss* dari substrat jenis duroid sangat kecil. Untuk proses simulasi perancangan antenna menggunakan perangkat lunak *EM Simulation*. Tahapan akhir dari penelitian ini adalah melakukan analisa hasil perbandingan antara desain antenna elemen tunggal dengan antenna MIMO 2x1 elemen. Penambahan elemen antenna diharapkan dapat meningkatkan nilai gain dan pengontrolan jarak antar antenna (d) diharapkan mampu mereduksi nilai koefisien isolasi. Nilai koefisien isolasi menunjukkan independensi dari masing-masing patch antenna MIMO. Diagram alir dari penelitian yang dilakukan ditunjukkan pada gambar 6.

### B. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir dan proses perancangan antenna yang diusulkan dalam penelitian ini ditunjukkan dan ditampilkan pada gambar 6.



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan awal dilakukan perancangan desain antena mikrostrip elemen tunggal yang bekerja pada frekuensi 3.5 GHz menggunakan jenis substrat RT Duroid R5880 dengan spesifikasi sesuai yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1 Spesifikasi Substrat RT Duroid R5880

Parameter	Nilai
Konstanta Dielektrik ( $\epsilon_r$ )	2.2
Ketebalan (h)	1.575 mm
Rugi-rugi Dielektrik / Loss Tan ( $\tan \alpha$ )	0.0009
Cooper Cladding	1 Oz, 35 $\mu\text{m}$
Volume Resistivity	$2 \times 10^7$ M Ohm.cm

Pada tabel 1 ditunjukkan spesifikasi dari substrat RT/Duroid R5880 dengan nilai konstanta dielektrik 2.2, ketebalan 1.575 mm dan rugi-rugi dielektrik 0.0009. Kelebihan dari jenis substrat RT/Duroid R5880 adalah memiliki rugi-rugi dielektrik dan resistivitas bahan yang rendah sehingga dapat menghasilkan distribusi arus pada antena yang lebih optimal dan mampu bekerja pada frekuensi tinggi. Selain itu, nilai konstanta dielektrik yang rendah juga akan menghasilkan *velocity* (kecepatan rambat) gelombang yang tinggi sehingga menghasilkan antena yang dapat beresonansi dengan baik pada frekuensi tinggi. Bentuk antena mikrostrip yang diusulkan dalam penelitian ini adalah bentuk persegi panjang dengan nilai panjang dan lebar masing-masing adalah L (*length*) dan W (*width*). Selain itu, antena mikrostrip akan dihubungkan dengan konektor SMA jenis *female* yang memiliki impedansi sebesar 50 Ohm dengan menggunakan saluran transmisi *microstrip line*. Fungsi dari *microstrip line* adalah sebagai penyesuaian impedansi (*matching impedance*) antara antena dan konektor yang digunakan. Antena dan konektor harus memiliki impedansi yang sesuai untuk dapat meradiasikan gelombang elektromagnet pada antena yang diusulkan. Untuk menghitung dimensi dari antena mikrostrip bentuk persegi panjang dapat menggunakan persamaan (1), (2), (3), (4) dan (5) sedangkan untuk saluran pencatu *microstrip line* dapat menggunakan persamaan (6) dan (7) (Surjati, 2010).

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

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

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

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

$$\Delta L = 0.412 \cdot h \frac{(\epsilon_{\text{reff}} + 0.3) \left( \frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{\text{reff}} - 0.258) \left( \frac{W}{h} + 0.8 \right)} \quad (5)$$

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

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

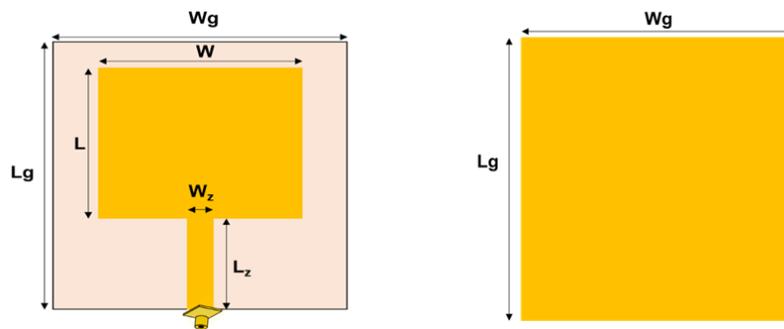
Setelah melakukan perhitungan menggunakan persamaan (1), (2), (3), (4) dan (5) maka didapatkan nilai  $W = 33.88$  mm dan  $L = 28.05$  mm. Nilai ini didapatkan dengan menggunakan frekuensi kerja (f) 3.5 GHz dan nilai konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ) = 2.2 dan ketebalan dari substrat (h) = 1.575 mm sesuai dengan spesifikasi substrat duroid / RT 5880. Untuk dimensi saluran pencatu *microstrip line* diperoleh dimensi  $W_z = 4.6$  mm. Hal ini didapatkan dengan menggunakan nilai impedansi  $Z_0 = 50$  Ohm.

Penggunaan nilai impedansi ini disesuaikan dengan nilai impedansi dari konektor yang digunakan dari antenna yang dirancang yaitu sebesar 50 Ohm. Untuk panjang saluran pencatu *microstrip line* ( $L_z$ ) diperoleh dari proses optimasi menggunakan perangkat lunak *AWR Microwave Office 2009*. Struktur dari antenna mikrostrip yang diusulkan terdiri dari patch sebagai elemen peradiasi gelombang elektromagnetik, saluran pencatu *microstrip line* sebagai penyesuai impedansi antara antenna dan konektor dengan impedansi 50 Ohm dan *ground plane* sebagai bagian pentanahan pada antenna yang berfungsi sebagai reflektor yang memantulkan sinyal yang tidak diinginkan. Dimensi panjang dan lebar *ground plane* dari antenna yang diusulkan yaitu  $W_g$  dan  $L_g$  diperoleh dengan menggunakan persamaan (8) dan (9) (Alam, S. and Wibisono, I.G.N.Y., 2017).

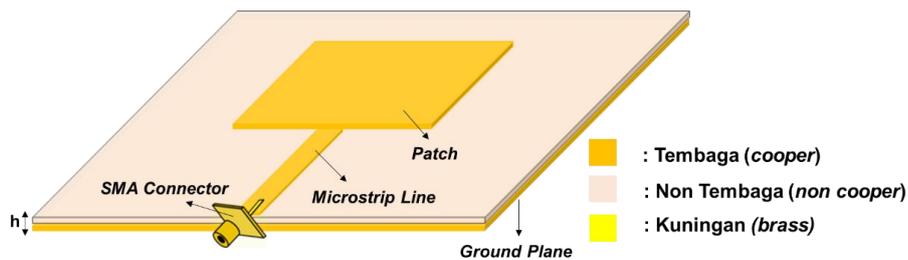
$$L_g \geq 6h + L \tag{8}$$

$$W_g \geq 6h + W \tag{9}$$

Dalam penelitian ini, *ground plane* yang digunakan adalah konduktor jenis tembaga dengan ketebalan 1 Oz ( $35 \mu\text{m}$ ) dan memiliki ukuran yang sama yaitu  $W_g = L_g = 43 \text{ mm}$ . Gambaran disain dari antenna diusulkan ditunjukkan pada gambar 7 (a) dan (b) sedangkan gambar 8 menampilkan struktur dari antenna yang dirancang.

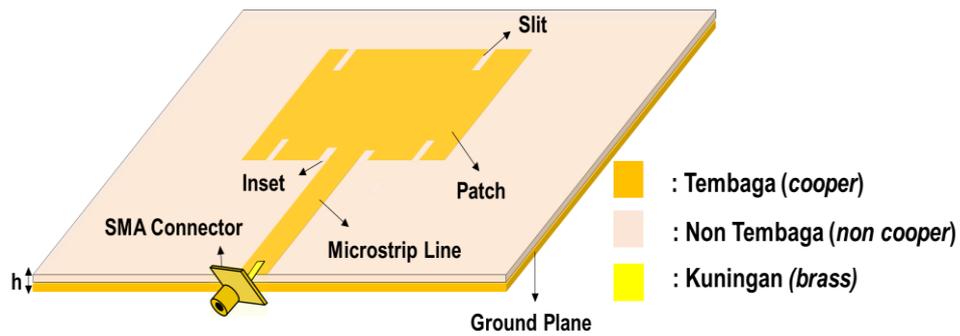


Gambar 7. Disain Antena Elemen Tunggal ; (a) Tampak Atas, (b) Tampak Bawah



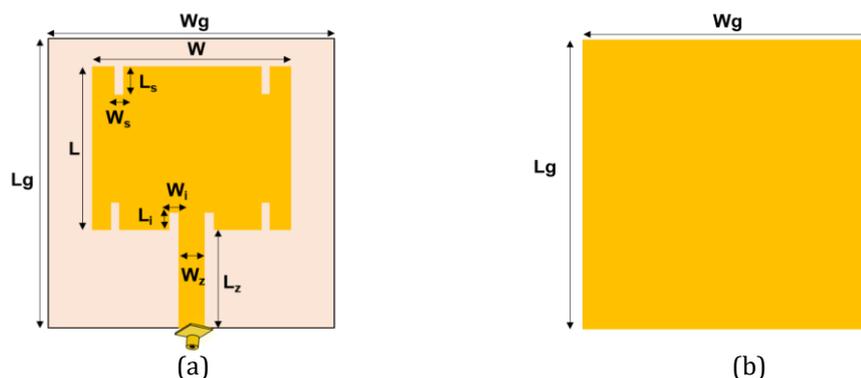
Gambar 8. Struktur Antena Mikrostrip Elemen Tunggal

Tahapan optimasi pada antenna mikrostrip elemen tunggal dilakukan dengan menggunakan beberapa teknik yaitu *inset* dan *slit*. Teknik *inset* dilakukan dengan memberikan celah pada bagian saluran pencatu *microstrip line* yang terkoneksi dengan antenna sedangkan teknik *slit* dilakukan dengan memberi celah pada bagian tepi *patch* antenna. Kedua teknik ini diterapkan untuk mereduksi nilai koefisien refleksi dan mengontrol impedansi antenna agar sesuai dengan impedansi saluran yaitu 50 Ohm. Struktur dari antenna elemen tunggal yang telah dioptimasi dengan menggunakan *inset* dan *slit* ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9. Struktur Antena Elemen Tunggal dengan Teknik *Inset* dan *Slit*

Dimensi dari *inset* dan *slit* didapatkan dari proses optimasi dan studi parameter terhadap teknik masing-masing menggunakan perangkat lunak *AWR Microwave Office 2009*. Proses iterasi dilakukan dengan mengatur nilai tinggi dan lebar celah masing-masing sampai dengan diperoleh nilai simulasi terbaik. Penggunaan teknik optimasi akan berdampak terhadap besaran arus yang mengalir di *patch* antena yang juga akan mempengaruhi panjang gelombang dan frekuensi kerja dari antena. Adapun disain antena mikrostrip elemen tunggal yang telah dioptimasi dengan teknik *inset* dan *slit* ditunjukkan pada gambar 10 sedangkan dimensi keseluruhan dari antena ditunjukkan pada tabel 2.

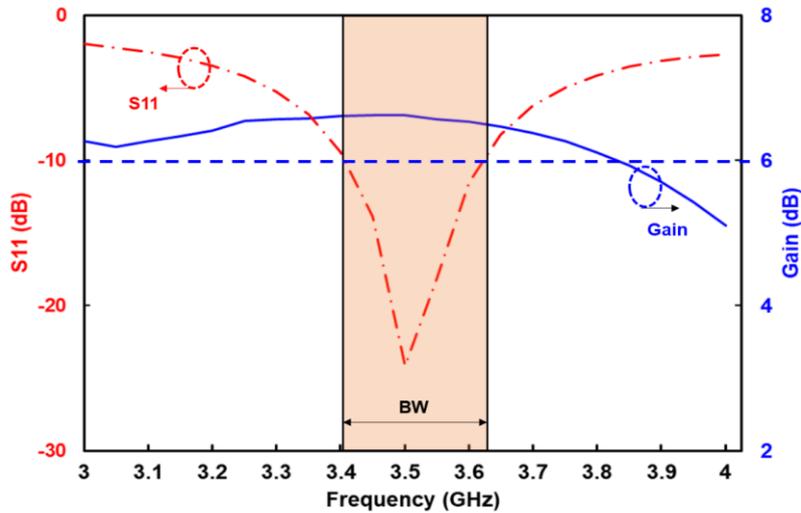


Gambar 10. Disain Antena dengan *Inset* dan *Slit* ; (a) Tampak Atas, (b) Tampak Bawah

Tabel 2. Dimensi Antena Elemen Tunggal

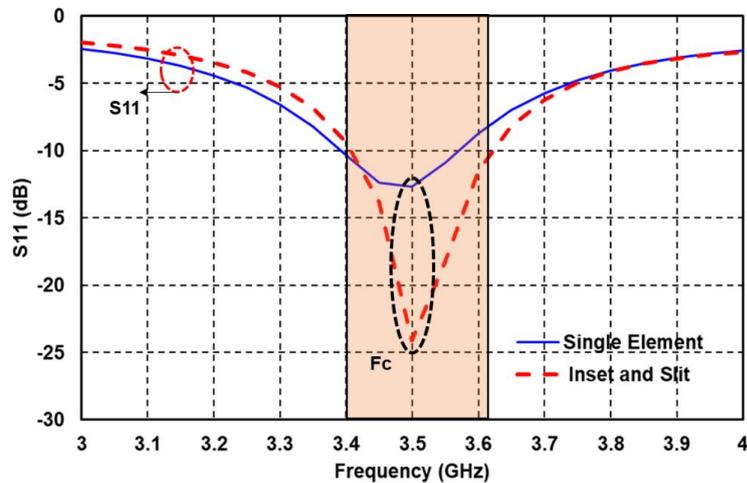
No.	Parameter	Keterangan	Dimensi
1.	$W_g$	Lebar <i>Ground Plane</i>	43 mm
2.	$L_g$	Panjang <i>Ground Plane</i>	43 mm
3.	$W$	Lebar <i>Patch</i> Antena	35 mm
4.	$L$	Panjang <i>Patch</i> Antena	28.3 mm
5.	$W_z$	Lebar Saluran Catu	5 mm
6.	$L_z$	Panjang Saluran Catu	13 mm
7.	$W_s$	Lebar <i>Slit</i>	1 mm
8.	$L_s$	Panjang <i>Slit</i>	6.6 mm
9.	$W_i$	Lebar <i>Inset</i>	1 mm
10.	$L_i$	Panjang <i>Inset</i>	6 mm

Selanjutnya, hubungan antara penguatan (*gain*) dan koefisien refleksi dari antena ditunjukkan pada gambar 11.



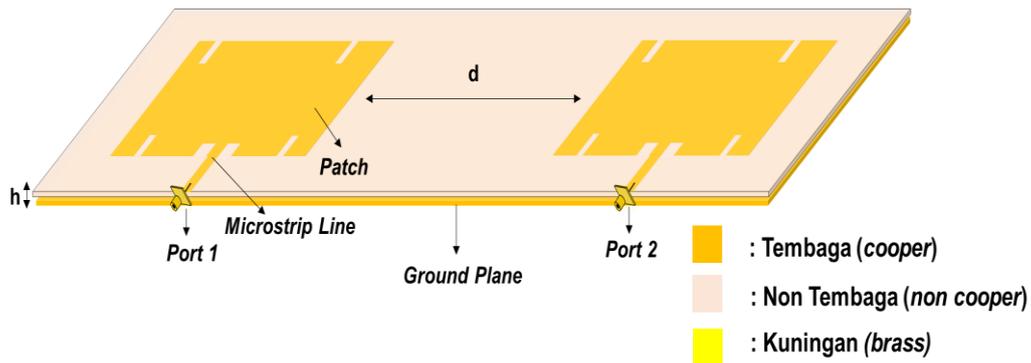
Gambar 11. Hasil Simulasi *Gain* Vs Koefisien Refleksi

Gambar 11 menunjukkan hasil simulasi *gain* dan koefisien refleksi yang ditunjukkan dalam satu grafik. *Gain* dari antenna dengan *slit* dan *inset* linear dan selaras dengan koefisien refleksinya dan berada dalam rentangan frekuensi 3.4 – 3.6 GHz. Pada saat frekuensi kerja 3.5 GHz diperoleh koefisien refleksi -24.14 dB dan gain 6.7 dB. Perbandingan koefisien refleksi dan *bandwidth* dari antenna elemen tunggal dengan antenna yang telah dioptimasi menggunakan *inset* dan *slit* ditunjukkan pada gambar 11. Penambahan *inset* dan *slit* berhasil mereduksi nilai koefisien refleksi dari antenna single element yang awalnya -12 dB menjadi -25 dB pada frekuensi 3.5 GHz. Peningkatan nilai koefisien refleksi dari penambahan *inset* dan *slit* adalah 108.3% dibandingkan dengan antenna *single element*. Penambahan *inset* dan *slit* juga berdampak terhadap peningkatan *bandwidth* dari antenna yang awalnya bernilai 180 MHz menjadi 220 MHz atau meningkat sampai dengan 22%.



Gambar 12. Perbandingan Simulasi Koefisien Refleksi Antena Elemen Tunggal Vs *Inset*

Tahapan selanjutnya adalah merancang antenna mikrostrip *Multiple Input dan Multiple Output* (MIMO) dengan 2 x 1 elemen. Antenna MIMO 2 x 1 elemen dirancang dengan memisahkan antenna yang telah dirancang sebelumnya menggunakan *inset* dan *slit* dengan jarak (*d*). Disain dan struktur dari antenna mikrostrip MIMO 2 x 1 elemen ditunjukkan pada gambar 13.



Gambar 13. Disain Antena MIMO 2 x 1 Elemen

Gambar 13 menunjukkan disain dan struktur antena MIMO 2 x 1 elemen yang dipisahkan sejauh jarak ( $d$ ). Struktur dari antena MIMO terdiri dari 2 antena yang menggunakan *port 1* dan *port 2* yang terhubung dengan konektor jenis SMA - Female. Untuk jarak antar patch antena di dapatkan dengan menggunakan persamaan 10 (Firmansyah, T., Praptodiyono, S., Aribowo, D., Alam, S., Astuti, D. W., & Yunus, M., 2019)

$$d = \frac{1}{2} \lambda \tag{10}$$

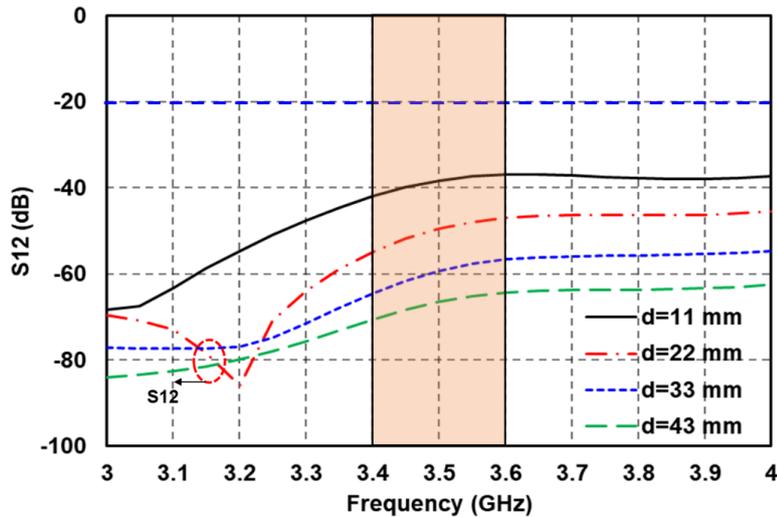
Dalam proses perancangannya dilakukan beberapa optimasi untuk menghasilkan nilai parameter yang ditargetkan. Parameter yang diamati dalam perancangan antena MIMO adalah nilai koefisien isolasi yang ditunjukkan dengan nilai  $\leq -20$  dB pada frekuensi kerja yang digunakan. Nilai koefisien isolasi  $\leq -20$  dB menunjukkan bahwa antena pada masing-masing *port* sehingga tidak terjadi interferensi antara masing-masing antena. Interferensi yang terjadi akan berdampak terhadap nilai  $S_{12}$  dan  $S_{21}$  dan akan mereduksi *gain* dari antena yang diusulkan. Dalam perancangan antena MIMO dilakukan iterasi terhadap parameter jarak antar *patch* ( $d$ ) seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Iterasi Parameter Jarak Antar Patch ( $d$ )

Iterasi ke-	Jarak Antar Patch ( $d$ )
1	11 mm
2	22 mm
3	33 mm
4	44 mm

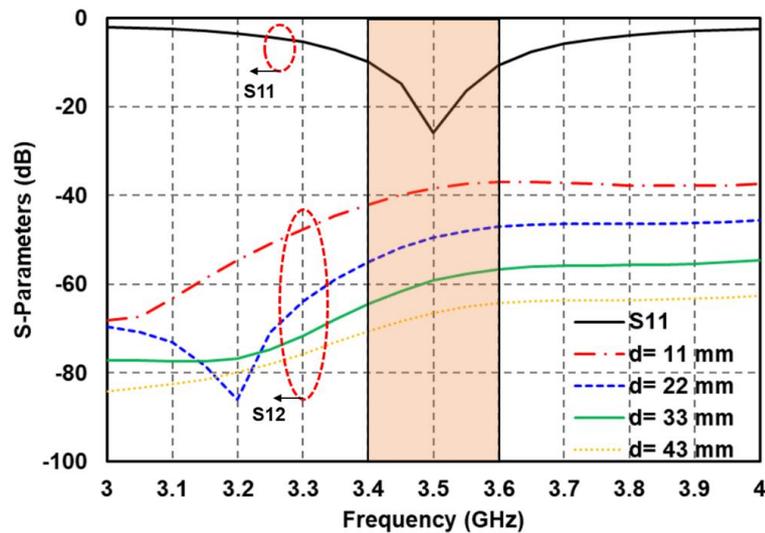
Setelah dilakukan proses perancangan, dilakukan simulasi terhadap parameter  $S_{12}$  yang menunjukkan independensi dari masing-masing antena. Hasil simulasi parameter  $S_{12}$  dan  $S_{21}$  ditunjukkan pada gambar 14 dan gambar 15. Selanjutnya untuk mengamati kesesuaian antara  $S_{11}$ , dan  $S_{12}$  dilakukan proses simulasi *S-Parameter* yang ditunjukkan pada gambar 14. Target dari nilai parameter  $S_{12}$  adalah  $\leq -20$  dB pada frekuensi yang digunakan oleh antena yang diusulkan. Selanjutnya untuk target dari parameter  $S_{11}$  dari antena diusulkan adalah  $\leq -20$  dB pada frekuensi 3.5 GHz. Umumnya nilai  $S_{11}$  akan sama besarnya dengan  $S_{22}$  sedangkan untuk nilai  $S_{12}$  akan sama besar dengan  $S_{21}$

Gambar 14 menunjukkan parameter  $S_{12}$  dari antena MIMO 2x1 elemen. Hasil simulasi menunjukkan bahwa semakin jauh jarak antar antena maka nilai koefisien isolasinya akan semakin baik yaitu  $\leq -20$  dB. Nilai terbaik diperoleh pada jarak  $d = 43$  mm dengan koefisien isolasi  $-70$  dB pada frekuensi kerja 3.5 GHz. Selain itu nilai koefisien isolasi  $\leq -20$  dB juga didapatkan pada rentangan frekuensi 3 - 4 GHz, hal ini menunjukkan bahwa antena MIMO yang diusulkan memiliki independensi yang sangat baik antara *port 1* dan *port 2*.



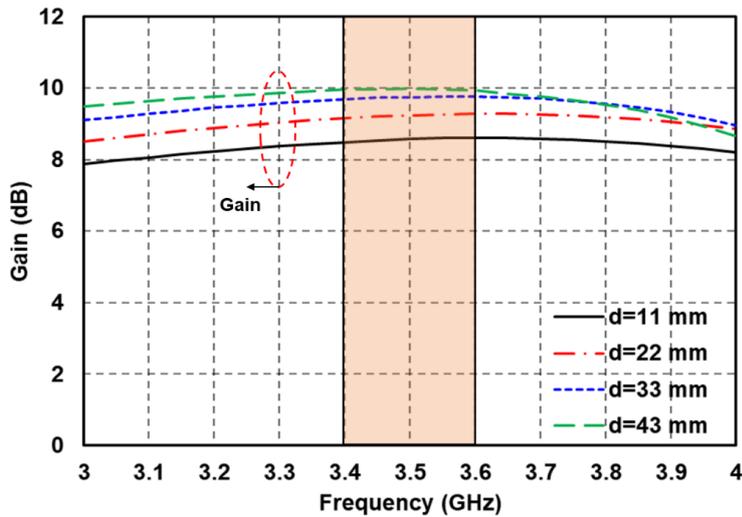
Gambar 14. Hasil Simulasi  $S_{12}$  dari antenna MIMO

Gambar 14 menunjukkan parameter  $S_{12}$  dari antenna MIMO 2x1 elemen. Hasil simulasi menunjukkan bahwa semakin jauh jarak antar antenna maka nilai koefisien isolasinya akan semakin baik yaitu  $\leq -20$  dB. Nilai terbaik diperoleh pada jarak  $d=43$  mm dengan koefisien isolasi  $-70$  dB pada frekuensi kerja  $3.5$  GHz. Selain itu nilai koefisien isolasi  $\leq -20$  dB juga didapatkan pada rentangan frekuensi  $3 - 4$  GHz, hal ini menunjukkan bahwa antenna MIMO yang diusulkan memiliki independensi yang sangat baik antara *port 1* dan *port 2*. Independensi dari antenna MIMO menunjukkan bahwa kinerja dari masing-masing antenna MIMO tidak saling menginterferensi sehingga dapat beresonansi dengan baik dan memiliki penguatan (*gain*) yang optimal. Tahapan selanjutnya dilakukan pengamatan terhadap parameter  $S_{11}$  dan  $S_{21}$  untuk melihat kinerja antenna secara keseluruhan. Nilai parameter  $S_{11}$  akan sama besar dengan  $S_{12}$ , hal ini dikarenakan dimensi dan posisi dari antenna pada *port 1* sama dengan antenna pada *port 2*. Untuk itu dalam penelitian ini parameter yang ditunjukkan hanya  $S_{11}$ .



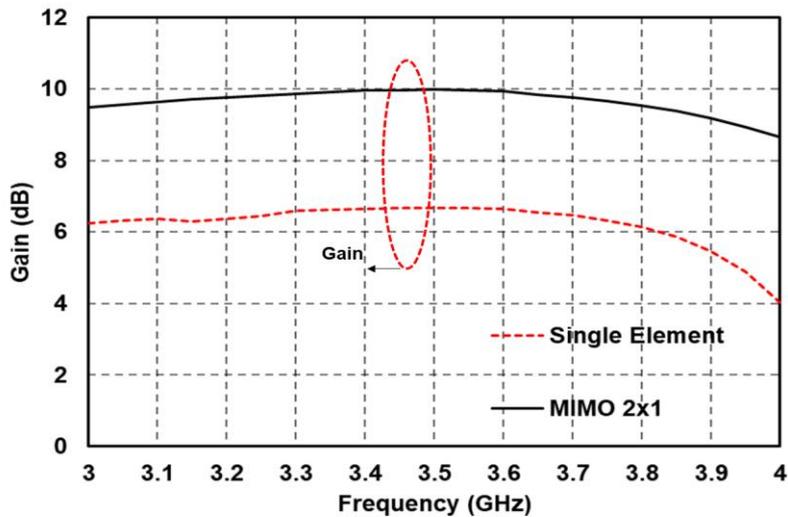
Gambar 15. Hasil Simulasi  $S_{11}$  Vs  $S_{21}$  dari antenna MIMO

Gambar 15 menunjukkan bahwa antenna MIMO yang dirancang telah memenuhi kriteria yang ditargetkan, hal ini ditunjukkan pada frekuensi  $3.5$  GHz nilai  $S_{11} \leq -10$  dB dan nilai  $S_{12} \leq -20$  dB. Jarak antar *patch* antenna ( $d$ ) mempengaruhi nilai dari parameter  $S_{12}$ , semakin jauh jarak antar elemen ( $d$ ) maka nilainya akan semakin kecil begitu juga sebaliknya. Selanjutnya, hasil pengamatan gain terhadap perubahan jarak antar *patch* antenna ( $d$ ) ditunjukkan pada gambar 16.



Gambar 16. Hasil Simulasi Gain dari iterasi d

Efek pengaturan jarak antar elemen ( $d$ ) terhadap *gain* ditunjukkan pada gambar 16. *Gain* maksimal didapatkan pada saat jarak  $d = 43$  mm dengan nilai 10 dB. Hal ini menggambarkan bahwa semakin jauh jarak antar elemen maka nilai penguatan antenna semakin meningkat. Hal ini juga sejalan dengan nilai koefisien isolasi dari antenna MIMO yang ditunjukkan pada gambar 15. Perbandingan simulasi gain dari antenna elemen tunggal dengan antenna MIMO ditunjukkan pada gambar 17.

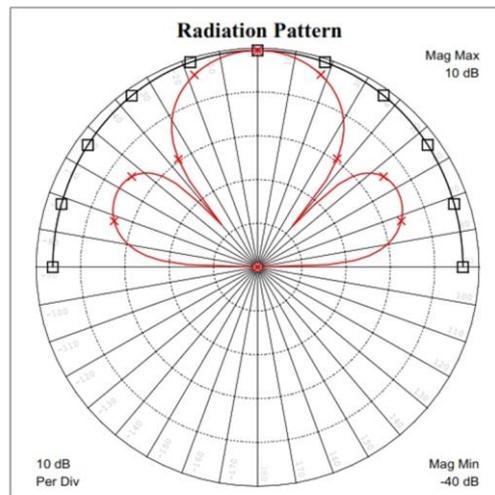


Gambar 17. Hasil Simulasi Gain dari iterasi d

Tabel 4. menunjukkan perbandingan gain antara elemen tunggal dan MIMO 2x1 Elemen. Penerapan MIMO 2x1 Elemen 49.52 % dibandingkan dengan antenna mikrostrip *single element*. Selanjutnya, pola radiasi dari antenna MIMO ditunjukkan pada gambar 18 yang menggambarkan bahwa antenna menghasilkan pola radiasi *directional* (satu arah).

Tabel 4. Dimensi Antena Elemen Tunggal

Jenis Antena	Gain (dB)
Elemen Tunggal	6.7 dB
MIMO 2x1	10 dB



Gambar 18. Hasil Simulasi Gain dari iterasi d

Dari keseluruhan hasil yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa antenna yang dirancang telah berhasil bekerja dengan baik pada frekuensi kerja 3.5 GHz dengan nilai koefisien refleksi  $\leq -10$  dB, koefisien isolasi  $\leq -20$  dB, *bandwidth*  $\geq 200$  MHz dan nilai gain  $\geq 6$  dB.

## V. SIMPULAN

Pada penelitian ini telah dipaparkan desain pengembangan antenna mikrostrip MIMO 2x1 elemen yang bekerja pada frekuensi 3.5 GHz untuk sistem komunikasi generasi kelima (5G). Antena yang dirancang dioptimasi menggunakan teknik *inset* dan *slit* untuk menghasilkan nilai koefisien refleksi  $\leq -10$  dB dan *bandwidth*  $\geq 200$  MHz. Selanjutnya, untuk menghasilkan koefisien isolasi yang baik dilakukan optimasi dengan mengatur jarak antar elemen (d). Dari hasil simulasi didapatkan jarak (d) = 43 mm dengan nilai koefisien isolasi pada rentang -75 dB sampai dengan -80 dB. Selain itu, penerapan antenna MIMO 2x1 elemen berhasil mendapatkan *gain* sebesar 10 dB atau meningkat 49.52 % dibandingkan dengan antenna elemen tunggal. Tahapan selanjutnya dalam penelitian ini adalah melakukan proses pabrikan dan pengembangan antenna MIMO 2x2 elemen untuk mendapatkan nilai penguatan yang lebih optimal.

## VI. UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian Universitas Trisakti yang telah mendukung dan membiayai penelitian ini secara penuh melalui skema Hibah Penelitian Internal Tahun Anggaran 2020/2021.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., Ban, Y.L., Kang, K., Li, M.Y. and Amin, M. (2017). Compact four-port MIMO antenna system at 3.5 GHz. In *2017 IEEE 2nd Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC)* (pp. pp. 656-660). China: IEEE.
- Alam, S. and Wibisono, I.G.N.Y. (2017). *Pengantar Antena dan Propagasi: Konsep Dasar dan Teori*. DKI Jakarta: UTA Press.
- Alam, S., Wibisana, I. G. N. Y., & Surjati, I. . (2017). Rancang Bangun Antenna Mikrostrip Peripheral Slits Linear Array Untuk Aplikasi Wi-Fi. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, pp 18-26.
- Alaydrus, M. (2015). Riset Antena–State of the Art. *InComTech*, 6(1), pp.1-22.
- Firmansyah, T., Praptodiyono, S., Aribowo, D., Alam, S., Astuti, D. W., & Yunus, M. (2019). Bandwidth enhancement and miniaturization of circular-shaped microstrip antenna based on beveled half-cut structure for MIMO 2× 2 application. *International Journal of Electrical & Computer Engineering*, 9(2), pp 2088-8708.

- Heath Jr, R.W. and Lozano, A. (2018). *Foundations of MIMO communication*. England: Cambridge University Press.
- Hikmaturokhman, A., Ramli, K. and Suryanegara, M. (2018). Spectrum Considerations for 5G in Indonesia. *In 2018 International Conference on ICT for Rural Development (IC-ICTRuDev)* (pp. 23-28). Bandung, Indonesia: IEEE.
- 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*, 3.
- Jiang, W., Liu, B., Cui, Y., & Hu, W. . (2019). High-isolation eight-element MIMO array for 5G smartphone applications. *IEEE Access*, 34104-34112.
- Kementerian Komunikasi dan Informatika. (2018). *Kepdirjen 235 Tahun 2018 Penetapan Pita Frekuensi Radio untuk Uji Coba Penggunaan Teknologi IMT2020*. DKI Jakarta: Direktorat Jenderal Pos dan Telekomunikasi.
- Li, Y., Luo, Y., & Yang, G. (2019). High-isolation 3.5 GHz eight-antenna MIMO array using balanced open-slot antenna element for 5G smartphones. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 67(6), 3820-3830.
- Mumtaz, S., Rodriguez, J. and Dai, L.,. (2016). *MmWave Massive MIMO: A Paradigm for 5G*. American: Academic Press.
- Pandey, A. (2019). *Practical Microstrip and Printed Antenna Design*. England: Artech House.
- Rafiqul, I. M., Rafiq, S., Yasmin, M. S., & Habaebi, M. H. . (2017). A 2X2 MIMO Patch Antenna for Multi-Band Applications. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics (IJEI)*, 5(4), 383-389.
- Souza, E. A., Oliveira, P. S., D'Assunção, A. G., Mendonça, L. M., & Peixeiro, C. (2019). Miniaturization of a microstrip patch antenna with a koch fractal contour using a social spider algorithm to optimize shorting post position and inset feeding. *International Journal of Antennas and Propagation*, 1-6.
- Surjati, I. (2010). *Antena Mikrostrip*. DKI Jakarta: Universitas Trisakti.