

Peningkatan *Bandwidth* dan *Gain* Antena Mikrostrip *Leaky Wave* dengan *Multi Slot* untuk Aplikasi WLAN

MUHAMAD WAHYU IQBAL, *FITRI YULI ZULKIFLI, EKO TJIPTO RAHARDJO

Fakultas Teknik, Departemen Teknik Elektro, Universitas Indonesia, Indonesia
Email: muhamad.wahyu@ui.ac.id, *yuli@ui.ac.id
*corresponding author

Received 17 Desember 2021 | Revised 9 Januari 2022 | Accepted 25 Januari 2022

ABSTRAK

Penelitian ini menggunakan antena mikrostrip leaky wave dengan menambahkan dua slot, yaitu E-slot dan U-slot ganda atau multislot pada frekuensi 6 GHz (5,925 GHz-6,425 GHz) untuk aplikasi WLAN. E-slot dan U-slot ganda digunakan untuk meningkatkan performa dari gain dan bandwidth. Hasil dari simulasi memberikan informasi antena mikrostrip leaky wave dengan penambahan E-slot dan U-slot atau multislot diperoleh hasil s-parameter memiliki nilai -23,196 dB, VSWR sebesar 1,164, bandwidth sebesar 615 MHz, dan gain sebesar 6,16 dBi. Hasil simulasi dari antena mikrostrip leaky wave dengan penambahan E-slot dan U-slot ganda atau multislot menunjukkan dapat meningkatkan bandwidth sebesar 130,038 % dan meningkatkan gain sebesar 34,15 % dibandingkan dengan antena leaky wave tanpa penambahan E-slot dan U-slot ganda.

Kata kunci: Mikrostrip Leaky Wave, Multislot, Bandwidth, Gain

ABSTRACT

In this study used microstrip leaky-wave antenna by adding, E-slot and double U-slot or multi-slot at frequency of 6 GHz (5,925 GHz – 6,425) for WLAN applications. E-slot and double U-slot are used to increase performance of the gain and bandwidth. The simulation result from provide microstrip leaky-wave antenna with the addition E-slot and double U-slot obtained s-parameter of -23,196 dB, VSWR of 1,164, bandwidth of 615 MHz, and gain of 6,16 dBi. Simulation results from microstrip leaky-wave antenna with the addition E-slot and double U-slot show that can increase bandwidth by 130,038 % and increase gain by 34,15 % compared to microstrip leaky-wave without the addition E-slot and double U-slot.

Keywords: Microstrip Leaky Wave, Multislot, Bandwidth, Gain

1. PENDAHULUAN

Teknologi Wi-Fi adalah salah satu teknologi yang banyak digunakan oleh penduduk dunia. Teknologi Wi-Fi menurut Cisco pada tahun 2018 telah mencapai 169 juta *hotspot* dan diperkirakan akan terus bertumbuh menjadi 628 juta *hotspot* pada tahun 2023 (**Cisco, 2021**) (**Ahn, 2020**). Teknologi Wi-Fi pada tahun 2018 telah mencapai nilai ekonomi sebesar \$2 triliun di tahun 2018 dan diperkirakan akan tumbuh menjadi \$3.5 triliun pada tahun 2023 (**Lopez, dkk, 2019**). *Wireless Local Area Network* (WLAN) menyumbang 43 persen dari lalu lintas IP global pada tahun 2017 dan memiliki peningkatan pada tahun 2022 sebesar 51 persen (**Yang, dkk, 2020**). Menurut *Wi-Fi Alliance*, teknologi Wi-Fi memiliki peran penting salah satunya selama masa pandemik global dalam mendukung konektivitas dalam beraktivitas dan dalam lima tahun ke depan diperkirakan akan membantu manusia dalam aktivitas sehari-hari dengan nyaman dan memiliki kinerja yang lebih baik. Seiring dengan popularitas dan kemampuan dari Wi-Fi bertumbuh, semakin banyak permintaan dari penggunaan dengan layanan nirkabel, seperti peralatan rumah pintar, *streaming video* dengan kualitas 8K, dan *gadget virtual reality*. Kebutuhan penggunaan dari Wi-Fi memiliki kebutuhan *throughput* tinggi, *high-reliability*, dan konektivitas dari latensi yang rendah (**Garcia, dkk, 2021**) (**Naik, dkk, 2020**) (**Alliance, 2021**). Menurut standar IEEE 802.11 be atau Wi-Fi 7 memiliki kriteria parameter, yaitu memiliki *bandwidth* 40, 80, 160, dan 320 MHz, menggunakan sistem transmisi Mu-MIMO (*Multiple Input-Multiple Output*), memiliki impedansi 50 Ω , 4K-QAM, *gain* 4-8 dB, memiliki frekuensi resonan 2.4 GHz (2,400 -2,4835 GHz), 5 GHz (5,725-5,859 GHz), dan 6 GHz (5,925-6,425 GHz, 6,425-6,525 GHz, 6,525-6,875 GHz, dan 6,875-7,125 GHz) (**FCC, 2018**) (**Au, 2020**).

Salah satu perangkat teknologi yang digunakan untuk mendukung kinerja Wi-Fi 7 adalah antena, antena yang paling banyak digunakan adalah antena mikrostrip. Penggunaan antena mikrostrip banyak digunakan dalam bidang telekomunikasi karena mudah difabrikasi, murah untuk fabrikasi, dan memiliki ukuran yang kecil. Antena mikrostrip memiliki kelemahan, yaitu *bandwidth* sempit, keterbatasan *gain* dan daya yang rendah (**Surjati, 2010**). Salah satu cara untuk memperlebar *bandwidth* adalah dengan menggunakan antena *leaky wave*. Antena *leaky wave* termasuk dalam antena *travelling wave*, antena *leaky wave* menggunakan struktur dari antena sebagai mekanisme utama dari radiasi dan antena *leaky wave* terbagi menjadi dua jenis, yaitu uniform dan periodik. Antena *leaky wave* jenis uniform memiliki gelombang bocor sepanjang struktur yang memiliki modulasi nonperiodik dan antena *leaky wave* periodik memiliki gelombang bocor sepanjang struktur yang seragam (**Balanis, 2008**). Dalam (**Aziz, dkk, 2020**) antena *leaky-wave* periodik memiliki keuntungan daripada antena *leaky -wave* uniform salah satunya, yaitu mudah untuk dianalisa. Pada (**Krishna, dkk, 2016**) antena mikrostrip *leaky wave* diusulkan pertama pada tahun 1978, antena mikrostrip *leaky-wave* memiliki keuntungan, yaitu memiliki *bandwidth* lebar, *narrow beam*, antena mudah dirancang, dan memiliki kemampuan *beam scanning frequency*. Antena *leaky wave* memiliki kekurangan, yaitu dapat mengurangi *gain*.

Pertama penelitian dari (**Aziz, dkk, 2018**) penggunaan antena mikrostrip *leaky-wave* tipe periodik dengan elemen peradiasi segi empat pada frekuensi 6,05 GHz menghasilkan melebarkan *bandwidth* selebar 70 MHz (300 MHz) dan menurunkan *gain* sebesar 0,78 dBi, untuk meningkatkan *gain* dilakukan dengan melakukan *array* menghasil peningkatkan *gain* sebesar 3,1 dBi dan ukuran antena semakin besar dari 19 mm menjadi 95 mm. Penelitian kedua oleh (**Desai, dkk, 2020**) menggunakan antena mikrostrip dengan menggunakan *compact slotted*, yaitu E-Slot dan U-Slot yang memiliki ukuran 30 mm x 30 mm x 1,6 mm yang bekerja pada frekuensi 0,77 GHz, 1,43 GHz, 2,13 GHz, 3,48 GHz, 3,84 GHz, 5,17 GHz, dan 6 GHz. Masing-masing frekuensi menghasilkan *bandwidth* 40 MHz (750 MHz-790 MHz),

40 MHz (1,410 GHz – 1,450 GHz), 40 MHz (2,100 GHz- 2,140 GHz), 70 MHz (3,440 GHz – 3,510 MHz), 70 MHz (3,800 GHz – 3,870 GHz), 60 MHz (5,140 GHz – 5,200 GHz), dan 410 MHz (5,970 GHz-6,380 GHz) dan memiliki *gain* masing-masing frekuensi sebesar 1,3 dBi (0,77GHz), 1,5 dBi (1,43 GHz), 1,4 dBi (2,13 GHz), 1,8 dBi (3,48 GHz), 1,9 dBi (3,84 GHz), 2,3 dBi (5,17 GHz), dan 2,6 dBi (6 GHz). Penelitian ketiga oleh **(Zhang, dkk, 2017)** menggunakan antenna *leaky wave* jenis periodik dengan *H-slot* yang memiliki ukuran 328 mm x 70 mm dengan ketebalan $0,3\lambda_0$ (15 mm) menghasilkan *bandwidth* 2,0 GHz (4,5 GHz -6,5 GHz) dan memiliki *gain* sebesar 13,9 dBi. Penelitian keempat oleh **(Surendrakumar, dkk, 2018)** menggunakan antenna *vertex-fed* dengan *E-Slot* yang memiliki ukuran 50 mm x 50 mm x 1,5 mm, memiliki frekuensi resonan di 3,24 GHz, 5,17 GHz, dan 5,85 GHz dan menghasilkan *bandwidth* sebesar 430 MHz (3,18 GHz- 3,61 GHz), 400 MHz (4,95 GHz-5,35 GHz), 250 MHz(5,76 GHz- 6,01 GHz) dan memiliki *gain* sebesar 2,25 dBi pada frekuensi 3,24 GHz, 3,01 dBi pada frekuensi 5,17 GHz, dan 4,11 dBi pada frekuensi 5,85 GHz. Penelitian kelima oleh **(Panusa, dkk, 2014)** menggunakan antenna mikrostrip dengan *U-Slot* yang memiliki ukuran 36 mm x 29 mm x 2,2 mm, memiliki frekuensi 2,5 GHz dan 5,27 GHz, menghasilkan *bandwidth* sebesar 120 MHz (2,45 GHz-2,57 GHz) dan sebesar 300 MHz (5,1 GHz – 5,4 GHz), dan memiliki *gain* sebesar 6,15 dB pada frekuensi 2,5 GHz dan 9,1 dB pada frekuensi 5,27 GHz. Hasil penelitian sebelumnya menggunakan *E-slot* atau *U-slot* dapat melebarkan *bandwidth* dan *gain* dari antenna. Sehingga penelitian ini mengusulkan antenna mikrostrip *leaky-wave* dengan mengombinasikan *E-slot* dan *U-slot* ganda atau *multislot* pada frekuensi 6 GHz. Dengan mengombinasikan antenna mikrostrip *leaky wave* dengan *slot* memiliki tujuan untuk melebarkan *bandwidth*, meningkatkan *gain* dan memiliki ukuran antenna mikrostrip *leaky-wave* yang kecil.

2. METODOLOGI

2.1 Spesifikasi Antena

Pada penelitian ini menggunakan spesifikasi dari kriteria Wi-Fi 7. Kriteria dari Wi-Fi 7, yaitu bekerja pada frekuensi 6 GHz, memiliki *bandwidth* 320 MHz, s-parameter memiliki nilai sebesar ≤ -10 , memiliki rentang *gain* sebesar 4-8 dBi dan memiliki impedansi 50 Ω .

2.2 Perancangan Antena

Penelitian ini menggunakan desain dasar antenna mikrostrip *leaky-wave* 2x1 yang terdapat dalam penelitian **(Aziz, dkk, 2018)**, karena tidak terdapat dimensi substrat dan *groundplane*, maka dilakukan perhitungan kembali dari ukuran substrat, dan *groundplane*. Penelitian ini menggunakan material sebagai substrat, yaitu FR-4 dengan konstanta dielektrik 4,6 dan memiliki ketebalan 1,6 mm. Bahan yang digunakan untuk elemen peradiasi dan *groundplane* antenna adalah tembaga yang memiliki ketebalan 0,035 mm. Perancangan dimensi dari antenna mikrostrip persegi empat memiliki prosedur sebagai berikut **(Surjati, 2010)**. Untuk Menghitung lebar dari elemen peradiasi (W) menggunakan Persamaan (1) :

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

dimana:

ϵ_r = konstanta dielektrik efektif substrat (F/m)

f_r = frekuensi Resonan (Hz)

c = kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)

Kedua menghitung panjang elemen peradiasi (L) dengan Persamaan (2) sampai (5) :

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

$$L_{eff} = \frac{c}{2 \pi f_r \sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (3)$$

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

$$L_p = L_{eff} - \Delta L \quad (5)$$

dimana

ϵ_{eff} = konstanta dielektrik efektif substrat (F/m)

ΔL = efek medan tepi elemen

h = ketebalan substrat

Untuk menentukan dimensi dari E-slot Ganda dan U-Slot Ganda menggunakan parameter C, D, dan E dengan Persamaan (6) sampai (8) (**Jones, dkk, 2017**):

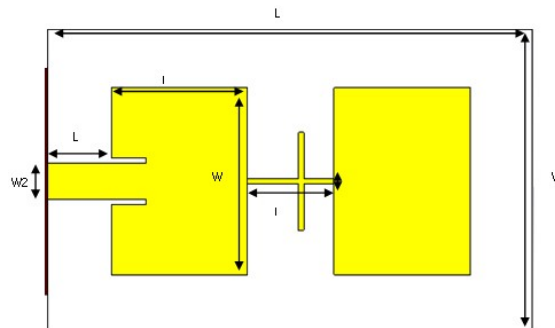
$$E = F = \frac{\lambda}{60} \quad (6)$$

$$\frac{c}{W} \geq 0,3 \quad (7)$$

$$D = \frac{c}{F_{low} \sqrt{\epsilon_{eff}}} - 2(L + 2\Delta L - F) \quad (8)$$

2.3 Model Antena

Dengan menggunakan Persamaan (1) sampai (7) mendapatkan ukuran dari antena mikrostrip *leaky wave*. Desain antena *leaky wave* seperti pada Gambar 1 dan Tabel 1 menunjukkan dimensi sesuai perhitungan dari antena mikrostrip *leaky wave*. Antena mikrostrip *leaky wave* memiliki *ground plane* penuh.



Gambar 1. Desain Antena *Leaky-Wave*

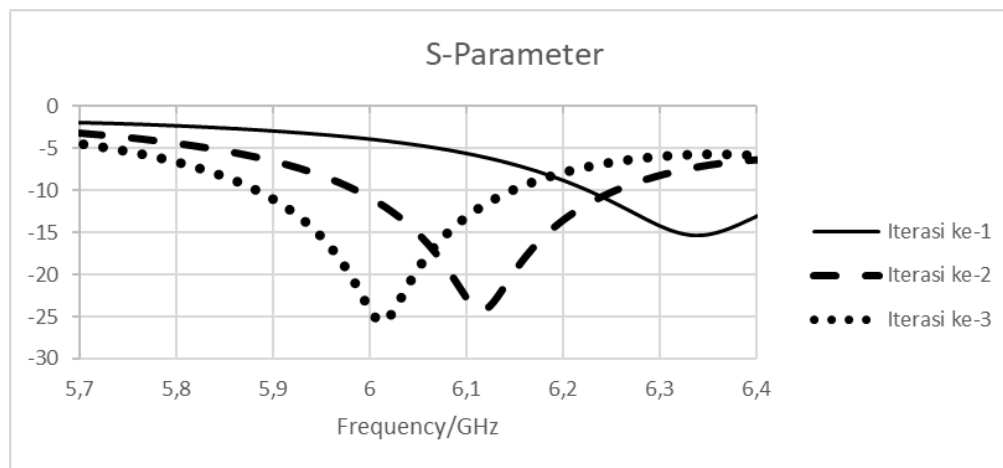
Tabel 1. Dimensi Antena Mikrostrip *Leaky Wave* tanpa *Multi Slot* Sesuai Perhitungan

Parameter	Dimensi (mm)	Parameter	Dimensi (mm)
W	24,20	W2	2,98
L	41,1	L2	7,5
W1	14,9	W3	0,4
L1	10,8	L3	7,5

Desain antena selanjutnya disimulasikan dengan *software CST Microwave Studio*. Untuk mendapatkan hasil terbaik dari simulasi antena mikrostrip *leaky wave* terhadap parameter antena, yaitu *S-parameter*. Maka dilakukan iterasi dengan merubah dimensi dari L1 dari antena *leaky wave*. Tahap Iterasi dari dimensi L1 dan hasil *bandwidth* seperti pada Tabel 2 dan hasil *bandwidth* dari setiap tahap iterasi seperti pada Gambar 2.

Tabel 2. Tahap Iterasi dari Mikrostrip *Leaky Wave* tanpa *Multi Slot*

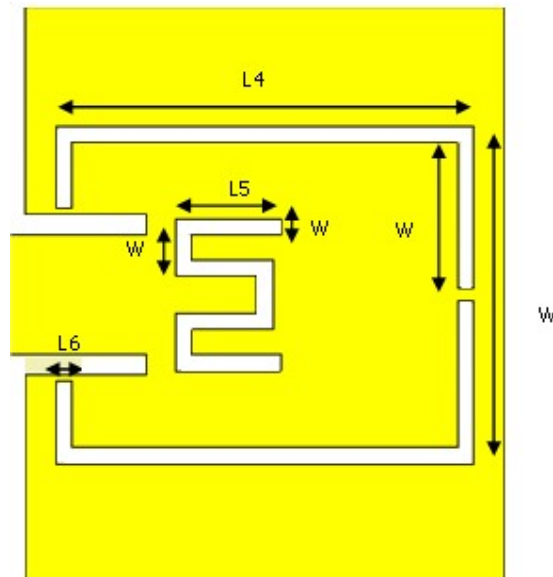
Tahap Iterasi	Dimensi L1 (mm)	Bandwidth (MHz)
Iterasi ke-1	10,8	258 (6,124 GHz -6,382 GHz)
Iterasi ke-2	11,3	260 (5,9854 GHz- 6,245 GHz)
Iterasi ke-3	11,6	263 (5,879 GHz- 6,142 GHz)



Gambar 2. S-Parameter Tahap Iterasi pada dimensi L1

Tabel 2 menunjukkan bahwa hasil simulasi dari proses iterasi yang dilakukan dan Gambar 2 menunjukkan hasil dari tahapan iterasi. Hasil iterasi ke-1 menghasilkan *bandwidth* 258 MHz (6,124 GHz - 6,382 GHz) dan memiliki frekuensi resonan di 6,34 GHz karena tidak sesuai dengan spesifikasi antena memiliki frekuensi resonan di 6 GHz, maka dilakukan iterasi ke-2 menghasilkan *bandwidth* 260 MHz (5,9854 GHz - 6,245 GHz) dan memiliki frekuensi resonan 6,116 GHz karena tidak sesuai dengan spesifikasi antena yang memiliki resonan di 6 GHz, maka dilakukan iterasi ke-3 menghasilkan *bandwidth* 263 MHz (5,879 GHz - 6,142 GHz) dan memiliki frekuensi resonan 6 GHz. Sehingga hasil terbaik didapatkan pada saat iterasi ketiga dengan *bandwidth* 263 MHz (5,879 GHz - 6,142 GHz) dan memiliki frekuensi resonan di 6 GHz. Ukuran elemen peradiasi berubah dari 10,8 mm menjadi 11,6 mm dan ukuran

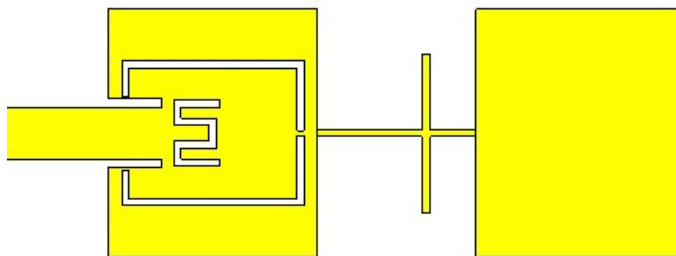
keseluruhan antena berubah dari 41,1 mm menjadi 41,9 mm. Selanjutnya dengan menggunakan Persamaan (8) sampai (10) mendapatkan ukuran dari *E-slot* dan *U-slot* ganda atau *multislot*. *E-slot* dan *U-slot* digunakan untuk meningkatkan parameter performa dari *bandwidth* dan *gain*. Desain dari *E-slot* dan *U-slot* ganda atau *multislot* seperti pada Gambar 3 dan Tabel 3 menunjukkan dimensi sesuai perhitungan dari *E-slot* dan *U-slot* ganda atau *multislot*. Antena sesuai perhitungan secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Desain *E-Slot* dan *U-Slot Ganda*

Tabel 3. Dimensi *E-Slot* dan *U-Slot* Sesuai Perhitungan

Parameter	Dimensi (mm)	Parameter	Dimensi (mm)
W4	8,2	W7	0,86
W5	3,3	L4	9,4
W6=L6	0,4	L5	3,2



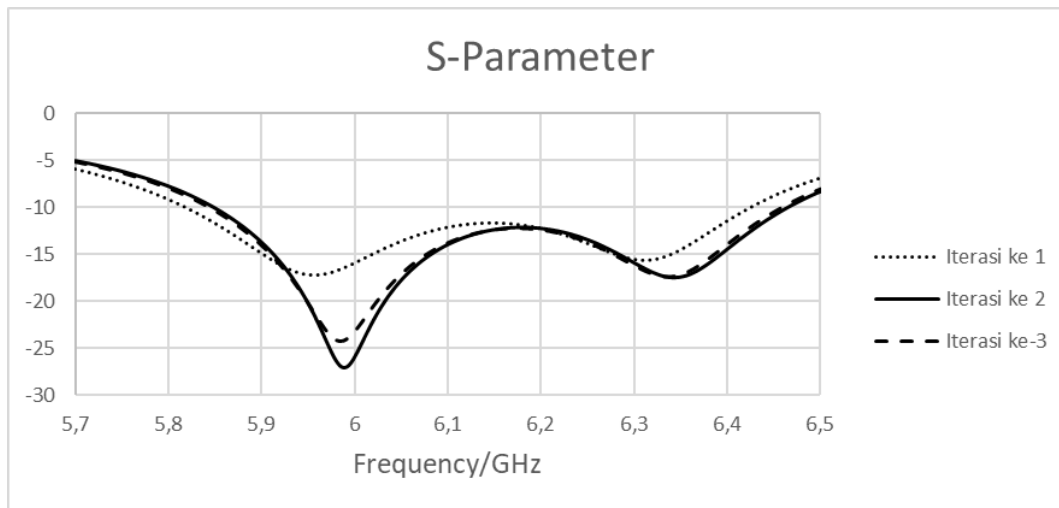
Gambar 4. Desain Antena *Leaky Wave* dengan *E-slot* dan *U-slot Ganda* Perhitungan

Desain antena mikrostrip *leaky wave* dengan *E-slot* dan *U-slot* ganda atau *multislot* sesuai perhitungan selanjutnya disimulasikan dengan *software CST Microwave Studio* untuk mendapatkan hasil yang terbaik dari antena mikrostrip *leaky wave* dengan *E-slot* dan *U-slot* ganda atau *multislot* terhadap parameter antena, yaitu *bandwidth* dan *gain*. Iterasi

selanjutnya yang dilakukan ,yaitu iterasi terhadap dimensi L5, W6 dari *E-slot* dan iterasi terhadap dimensi L6 dari *U-slot* ganda. Tahap Iterasi dari dimensi L5 dan W6 pada *E-slot* seperti pada Tabel 4 dan hasil *S-parameter* dari setiap tahap iterasi seperti pada Gambar 5.

Tabel 4. Tahap Iterasi dari Mikrostrip *Leaky Wave Multi Slot* Pada *E-Slot*

Tahap Iterasi	Dimensi L5 (mm)	Dimensi W6 (mm)	<i>Bandwidth</i> (MHz)
Iterasi ke-1	3,3	0,4	608 (5,817 GHz -6,425GHz)
Iterasi ke-2	3,3	0,3	612 (5,848 GHz- 6,460 GHz)
Iterasi ke-3	2,3	0,3	615 (5,843 GHz- 6,458 GHz)



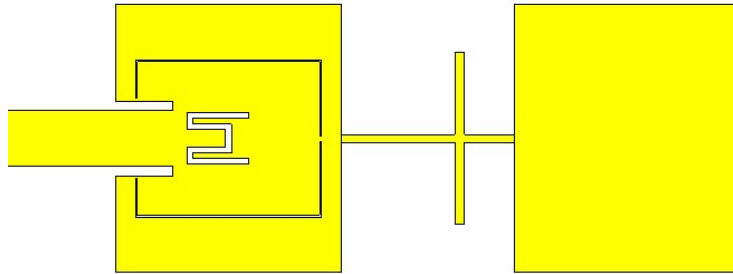
Gambar 5. Tahap Iterasi dari E-Slot

Tabel 4 menunjukkan proses iterasi yang dilakukan dan Gambar 5 menunjukkan hasil *s-paramter* dari tahapan setiap iterasi. Hasil itersi ke-1 menghasilkan *bandwidth* sebesar 608 MHz (5,817 GHz – 6,425 GHz), untuk mendapatkan hasil terbaik maka dilakukan iterasi ke-2 dan ke-3. Iterasi ke-2 dan ke-3 masing-masing menghasilkan *bandwidth* sebesar 612 MHz (5,848 GHz- 6,460 GHz) dan 615 MHz (5,843 GHz – 6,468 GHz). Hasil terbaik didapatkan pada saat iterasi ketiga dengan *bandwidth* 615 MHz (5,843 GHz- 6,458 GHz). Sehingga dimensi dari L5 berubah dari 3,3 mm menjadi 2,3 mm dan dimensi W6 dari 0,4 mm menjadi 0,3 mm. Tahap iterasi selanjutnya adalah pada *U-slot* ganda dengan merubah dimensi dari L6 dan hasil *gain* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Tahap Iterasi dari Mikrostrip *Leaky Wave Multi Slot* Pada *U-Slot* Ganda

Tahap Iterasi	Dimensi L6(mm)	Gain (dBi)
Iterasi ke-1	0,4	6,06
Iterasi ke-2	0,2	6,08
Iterasi ke-3	0,1	6,16

Tabel 5 menunjukkan dari proses iterasi yang dilakukan, hasil iterasi ke-1 menghasilkan *gain* sebesar 6,06 dBi, iterasi ke-2 menghasilkan *gain* sebesar 6,08 dBi dan iterasi ke-3 menghasilkan *gain* sebesar 6,16 dBi. Hasil terbaik didapatkan pada saat iterasi ke-3 dengan dimensi dari L6 memiliki nilai 0,1 mm dan didapatkan nilai *gain* 6,16 dBi. Hasil akhir dari bentuk antena mikrostrip *leaky wave* dengan *E-slot* dan *U-slot* ganda atau *multislot* dapat dilihat pada Gambar 6.

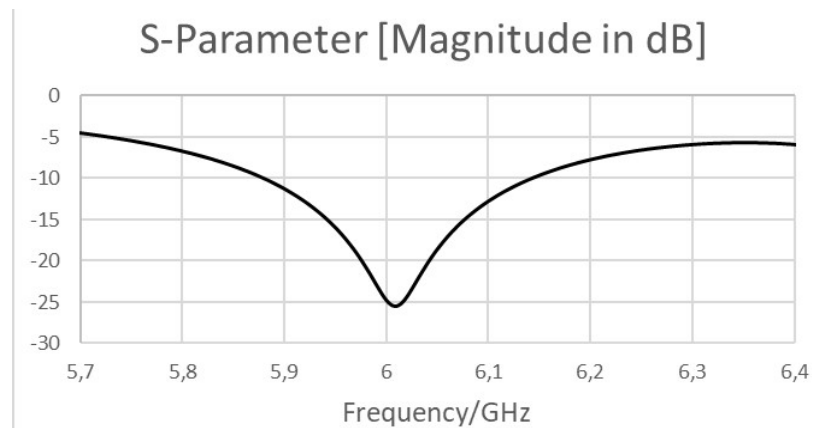


Gambar 6. Gambar Antena Mikrostrip *Leaky Wave* dengan *Multi Slot* Setelah Iterasi

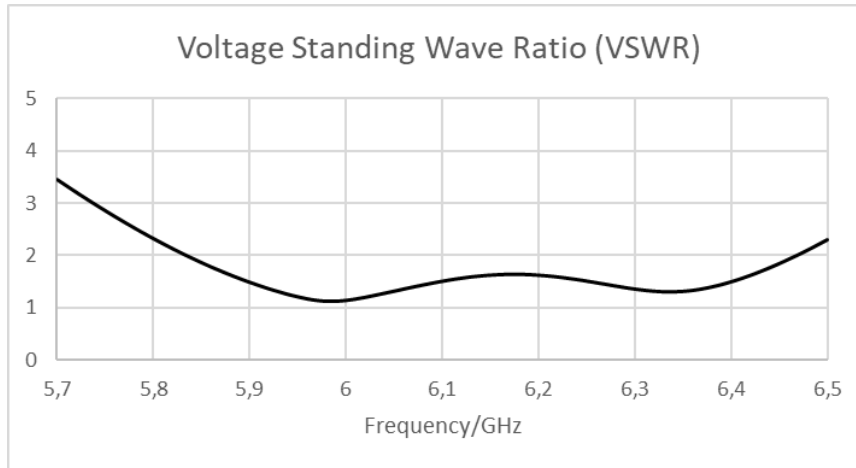
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Leaky Wave* Tanpa *Multi Slot*

Dengan menggunakan dimensi yang telah di iterasi, dilakukan simulasi berupa s-parameter, *bandwidth*, VSWR, pola radiasi dan *gain*. S-Parameter dari antena *leaky wave* tanpa penambahan *E-slot* dan *U-slot* ganda atau *multislot* memiliki s-parameter sebesar -24,809 dB pada frekuensi 6 GHz dan memiliki *bandwidth* 263 MHz (5,879 GHz - 6,1428 GHz), dan parameter VSWR dari antena *leaky wave* tanpa penambahan *E-slot* dan *U-slot* ganda atau *multislot* memiliki nilai sebesar 1,121 pada frekuensi 6 GHz seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7 dan 8.

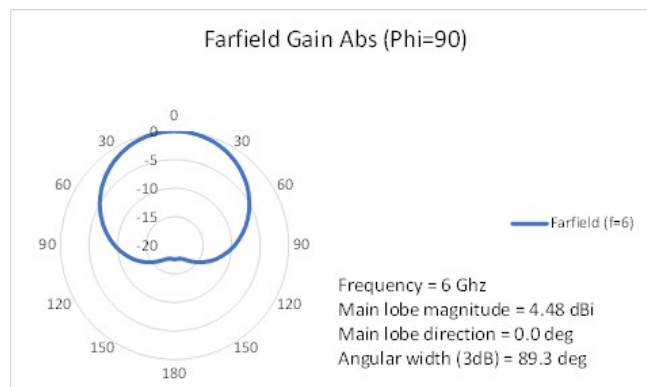


Gambar 7. Hasil S-Parameter dan *Bandwidth* dari Antena *Leaky-Wave* Tanpa *Multi Slot*



Gambar 8. Hasil VSWR dari Antena *Leaky Wave* Tanpa Multi Slot

Parameter *gain* dari antena *leaky wave* tanpa penambahan *E-slot* dan *U-slot* ganda atau *multislot* memiliki nilai sebesar 4,48 dBi sesuai dengan spesifikasi antena yang memiliki rentang *gain* 4-8 dBi dan memiliki pola radiasi *unidirectional* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.

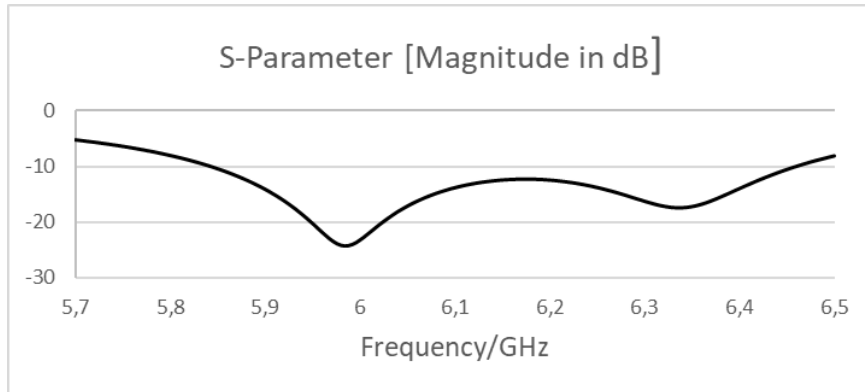


Gambar 9. Hasil Pola Radiasi dari Antena *Leaky Wave* Tanpa Multi Slot

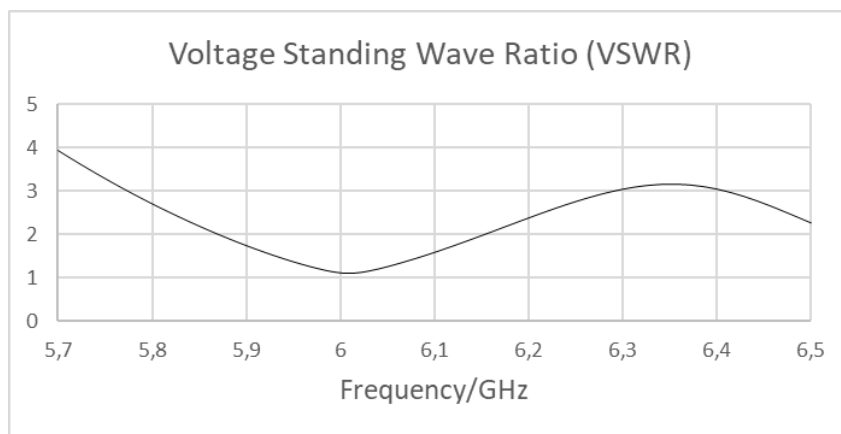
3.2 Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Leaky-Wave* Multi *Slot*

Dengan menggunakan dimensi yang telah di iterasi, didapatkan hasil simulasi dari antena mikrostrip *leaky wave* dengan penambahan *E-slot* dan *U-slot* ganda atau *multislot* berupa s-parameter, *bandwidth*, VSWR, dan *gain*. S-Parameter dari antena *leaky wave* dengan penambahan *E-slot* dan *U-slot* ganda atau *multislot* memiliki nilai s-parameter sebesar -23,196 dB pada frekuensi 6 GHz, memiliki *bandwidth* 615 MHz (5,843 GHz - 6,458 GHz), dan parameter VSWR dari antena mikrostrip *leaky wave* dengan penambahan *E-slot* dan *U-slot* ganda atau *multislot* memiliki nilai sebesar 1,1148 pada frekuensi 6 GHz seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10 dan 11.

Peningkatan Bandwidth dan Gain Antena Mikrostrip Leaky Wave dengan Multi Slot untuk Aplikasi WLAN

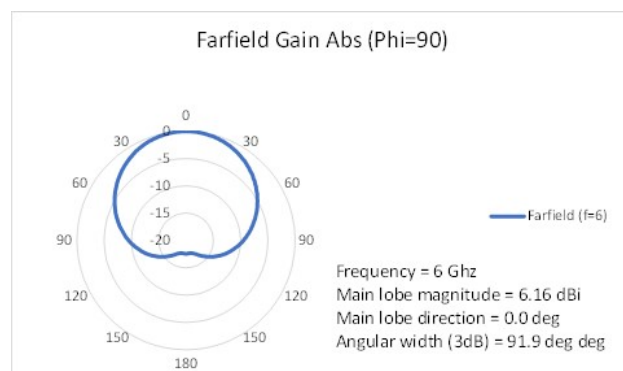


Gambar 10. Hasil S-Parameter dan *Bandwidth* dari Antena *Leaky Wave* dengan Multi *Slot*



Gambar 11. Hasil VSWR dari Antena *Leaky Wave* dengan Multi *Slot*

Parameter *gain* dari antena mikrostrip *leaky wave* dengan penambahan *E-slot* dan *U-slot* ganda atau multi *slot* memiliki nilai sebesar 6,16 dBi sesuai dengan spesifikasi antena 802.11 yang memiliki rentang *gain* 4-8 dBi dan memiliki pola radiasi *unidirectional* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Hasil Pola Radiasi dari *Leaky Wave* dengan Multi *Slot*

3.3 Perbandingan dari Antena Mikrostrip *Leaky-Wave* dan Antena Mikrostrip dengan Multi *Slot*

Perbandingan dari penelitian antena sebelumnya telah yang dilakukan dengan antena pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan dari Setiap Penelitian Antena

Penelitian	Frekuensi (GHz)	Bandwidth (MHz)	Gain (dBi)	Ukuran Substrat (mm)
Hicham Aziz, dkk (Aziz, dkk, 2018)	6	300	8,31	11,51 x 15,35 x 1,6 (hanya elemen peradiasi) x 5 elemen peradiasi
Arpan Desai, dkk (Desai, dkk, 2020)	1,43, 2,13, 3,48, 3,84, 5,17, dan 6	40, 40, 40, 70, 70, 60, dan 410	1,3, 1,5, 1,4, 1,8, 1,9, 2,3, dan 2,6	30 x 30 x 1,6
Qingfeng Zhang, dkk (Zhang, dkk, 2017)	6	2,000	13,9	328 x 70 x 15
Painam Surendrakumar, dkk (Surendrakumar, dkk, 2018)	3,24, 5,17, dan 5,85	120, 450, dan 250	2,25, 3,01, dan 4,11	50 x 50 x 1,5
Swaraj Panusa, dkk (Panusa, dkk, 2014)	2,5 5,27	120 300	9,1 5,27	36 x 29 x 2,2
Antena Mikrostrip <i>Leaky Wave</i> tanpa <i>Multi Slot</i>	6	263	4,48	41,90 x 23,60 x 1,6
Antena <i>Leaky Wave</i> dengan <i>Multi Slot</i> (penelitian ini)	6	615	6,16	41,90 x 23,60 x 1,6

Pada Tabel 6 terdapat penelitian pertama oleh Hicham Aziz, dkk **(Aziz, dkk, 2018)** menggunakan antena mikrostrip *leaky wave* tipe periodic dengan menggunakan elemen peradiasi segi empat pada frekuensi 6,05 GHz menghasilkan *bandwidth* sebesar 300 MHz dan memiliki *gain* sebesar 8,31 dB. Memiliki ukuran elemen peradiasi 11,51 mm x 15,35 mm dan terdiri dari 5 elemen peradiasi dan memiliki jarak antara elemen peradiasi 7,5 mm. Penelitian kedua dilakukan oleh Arphan Desai, dkk **(Desai, dkk, 2020)** menggunakan antena mikrostrip dengan menggunakan *compact slotted*, yaitu E-Slot dan U-Slot yang memiliki ukuran 30 mm x 30 mm x 1,6 mm yang bekerja pada frekuensi 0,77 GHz, 1,43 GHz, 2,13 GHz, 3,48 GHz, 3,84 GHz, 5,17 GHz, dan 6 GHz. Masing-masing frekuensi menghasilkan *bandwidth* 40 MHz (750 MHz-790 MHz), 40 MHz (1,410 GHz-1,450 GHz), 40 MHz (2,100 GHz- 2,14 GHz), 70 MHz (3,440 GHz-3,510 GHz), 70 MHz (3,800 GHz-3,870 GHz), 60 MHz (5,140 GHz – 5,200 GHz), dan 410 MHz (5,970 GHz – 6,380 GHz) dan memiliki *gain* masing-masing frekuensi sebesar 1,3 dBi, 1,5 dBi, 1,4 dBi, 1,8 dBi, 1,9 dBi, 2,3 dBi, dan 2,6 dBi. Penelitian ketiga dilakukan oleh QingLe Zhang, dkk **(Zhang, dkk, 2017)**

menggunakan antena mikrostrip *leaky wave* jenis *uniform* dengan *H-slot* memiliki ukuran antena 328 mm x 70 mm dan memiliki ketebalan $0,3 \lambda_0$ (15mm) menghasilkan *bandwidth* 2 GHz (4,5 GHz-6,5 GHz) dan memiliki *gain* sebesar 13,9 dBi. Penelitian keempat oleh Painam Surendrakumar, dkk (**Surendrakumar, dkk, 2018**) menggunakan antena *vertex-fed* dengan *E-slot* memiliki ukuran 50 mm x 50 mm x 1,5 mm, menghasilkan *bandwidth* sebesar 430 MHz (3,18 GHz- 3,61 GHz), 400 MHz (4,95 GHz-5,35 GHz), 250 MHz(5,76 GHz- 6,01 GHz) dan memiliki *gain* masing-masing sebesar 2,25 dBi, 3,01 dBi, dan 4,11 dBi. Penelitian kelima oleh Swaraj Panusa, dkk (**Panusa, dkk, 2014**) menggunakan antena mikrostrip dengan *U-Slot* yang memiliki ukuran 36 mm x 29 mm x 2,2 mm, menghasilkan *bandwidth* sebesar 120 MHz (2,45 GHz-2,57 GHz) dan sebesar 300 MHz (5,1 GHz – 5,4 GHz), dan memiliki *gain* sebesar 6,15 dB pada frekuensi 2,5 GHz dan 9,1 dB pada frekuensi 5,27 GHz. Berdasarkan hasil dari penelitian yang dilakukan pada antena mikrostrip *leaky wave* dengan mengombinasikan *E-slot* dan *U-slot* ganda atau *multislot* menghasilkan, yaitu dapat melebarkan *bandwidth* sebesar 133 % (352 MHz) dan dapat meningkatkan *gain* sebesar 37,5 % (1,68 dBi) dibandingkan antena *leaky wave* tanpa penambahan *E-slot* dan *U-slot* ganda atau *multislot*. Antena *leaky wave* dengan *multislot* pada penelitian ini memiliki ukuran antena adalah 41,80 mm x 23,60 mm x 1,6 mm.

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini menghasilkan antena mikrostrip *leaky wave* dengan penambahan *E-slot* dan *U-slot* ganda atau *multislot* dapat bekerja pada frekuensi 6 GHz (5,925-6,425 GHz) dan memiliki ukuran antena 41,90 mm x 23,60 mm x 1,6 mm. Hasil simulasi dari mikrostrip *leaky wave* dengan penambahan *E-slot* dan *U-slot* ganda atau *multislot* menghasilkan *bandwidth* sebesar 615 MHz (5,843 GHz-6,458 GHz), memiliki nilai *s-parameter* sebesar -23,196 dB, memiliki nilai VSWR sebesar 1,164, memiliki *gain* sebesar 6,16 dBi, dan memiliki pola radiasi *unidirectional*. Hasil perbandingan antara simulasi dari antena mikrostrip *leaky wave* tanpa penambahan *E-slot* dan *U-slot* ganda atau *multislot* dan antena mikrostrip *leaky wave* dengan penambahan *E-slot* dan *U-slot* ganda atau *multislot* menunjukkan bahwa *bandwidth* dari antena mikrostrip *leaky wave* dengan penambahan *E-slot* dan *U-slot* ganda dapat melebarkan *bandwidth* sebesar 130,038 % (342 MHz), dan *gain* meningkat sebesar 34,15 % (1,53 dBi) dari antena *leaky wave* tanpa penambahan *E-slot* dan *U-slot* ganda. Hasil dari penelitian didapatkan dengan mengombinasikan *E-slot* dan *U-slot* ganda dapat meningkatkan parameter *bandwidth* dan *gain*.

DAFTAR RUJUKAN

- Ahn, W. (2020). Novel Multi-AP Coordinated Transmission Scheme for 7th Generation WLAN 802.11 be. *Entropy*, 22(12), 1426.
- Alliance, W. F. (2021). *Wi-fi alliance publishes 2021 Wi-fi predictions*. Retrieved from <https://www.wi-fi.org/news-events/newsroom/wi-fi-alliance-wi-fi-predictions-for-2021>
- Au, E. (2020). *Specification Framework for TGbe*. Retrieved from [mentor.ieee.org/https://mentor.ieee.org/802.11/dcn/19/11-19-1262-14-00be-specification-framework-for-tgbe.docx](https://mentor.ieee.org/802.11/dcn/19/11-19-1262-14-00be-specification-framework-for-tgbe.docx)

- Aziz, H., Moubadir, M., Farkhsi, A., & Amar Touhami, N. (2020). Sidelobe Suppression in Array-Pattern Synthesis Using Periodic Leaky-Wave Antenna and Binomial Array. *Modelling and Simulation in Engineering*, 1-6.
- Aziz, H., Moubadir, M., Touhami, N. A., & Farkhsi, A. (2018). Planar leaky-wave antenna at 6GHz. *Procedia Manufacturing*, 527-532.
- Balanis, C. (2008). *Modern Antenna Handbook*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Cisco, U. (2020). *Cisco annual internet report (2018–2023) white paper*. Retrieved from <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html>
- Desai, A., Patel, R., Upadhyaya, T., Kaushal, H., & Dhasarathan, V. (2020). Multiband Inverted E And U Shaped Compact Antenna for Digital Broadcasting, Wireless, And Sub 6 Ghz 5G Applications. *AEU - International Journal of Electronics and Communications*, 123, 153296.
- FCC. (2020). *Notice of Proposed Rulemaking; In the Matter of Unlicensed Use of the 6 GHz band (ET Docket No. 18-295); Expanding Flexible Use in Mid-Band Spectrum Between 3.7 and 24 GHz*. Washington, D.C: Federal Communications Commission.
- Garcia-Rodriguez, A., Lopez-Perez, D., Galati-Giordano, L., & Galati-Giordano, L. (2021). IEEE 802.11be: Wi-Fi 7 Strikes Back. *IEEE Communications Magazine*, 102-108.
- Jones, K., Levy, O. N., & Syihabuddin, B. (2017). Perancangan Antena MIMO 2x2 Array Rectangular Patch dengan U-Slot untuk Aplikasi 5G. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, 6(1), 93 - 98.
- Krishna, T. V., Madhav, B. T., Monica, G., Janakiram, V., & Md Abid Basha, S. (2016). Microstrip Line Fed Leaky Wave Antenna with Shorting Vias for Wideband System. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 6(4), 1725.
- Lopez-Perez, D., Garcia-Rodriguez, A., Garcia-Rodriguez, A., Kasslin, M., & Doppler, K. (2019). IEEE 802.11 Be Extremely High Throughput: The Next Generation of Wi-Fi Technology Beyond 802.11 ax. *IEEE Communications Magazine*, 57(9), 113-119.
- Naik, G., Park, J. M., Ashdown, J., & Lehr, W. (2020). Next Generation Wi-Fi and 5G NR-U in the 6 GHz Bands: Opportunities and Challenges. *IEEE Access*, 8, 153027-153056.
- Panusa, S., & Kumar, M. (2014). Modified U-Slot Microstrip Patch Antenna with Gain Enhancement. *2014 International Conference On Computational Intelligence And Communication Networks.*, (pp. 83-86).

- Surendrakumar, P., & Chandra Mohan, B. (2018). A Triple-Frequency, Vertex-Fed Antenna for WLAN/WiMAX Applications [Antenna Applications Corner]. *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, 60(3), 101-106.
- Surjati, I. (2010). *Antena Mikrostrip: Konsep Dan Aplikasi*. DKI Jakarta: Universitas Trisakti.
- Yang, M., & Li, B. (2020). Survey and Perspective on Extremely High Throughput (EHT) WLAN — IEEE 802.11be. *Mobile Networks and Applications*, 25(5), 1765-1780.
- Zhang, Q., Zhang, Q. L., & Chen, Y. (2017). Spoof Surface Plasmon Polariton Leaky-Wave Antennas Using Periodically Loaded Patches Above PEC and AMC Ground Planes. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 16, 3014-3017.