



Perancangan Antena SIW Horn Untuk Meningkatkan *Bandwidth* Menggunakan Bentuk *Patch* Diamond dan Metode *Slot*

Dian Widi Astuti^{1*}, Agung Septian², Muslim Muslim³
Dian Rusdiyanto⁴

^{1,2,3,4}*Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana,
Jl. Meruya Selatan, Jakarta 11650, Indonesia*

*dian.widiastuti@mercubuana.ac.id

Abstrak:

Teknologi nirkabel berkembang seiring dengan bertambahnya kebutuhan manusia yang multifungsi. Teknologi diharapkan mampu menerapkan beberapa aplikasi dalam satu perangkat. Antena merupakan salah satu perangkat penunjang teknologi nirkabel. Penelitian ini mengajukan pengembangan performa antena yang dapat mendukung aktifitas multifungsi, salah satunya dengan meningkatkan performa *bandwidth* antena yang lebar. Antena yang dirancang berupa antena SIW Horn dengan model *patch* berbentuk diamond dan penggunaan metode *slot* sebagai metode untuk menghasilkan *bandwidth* yang lebar. Antena menggunakan substrat Rogers 5880 dengan nilai permitivitas 2,2, ketebalan 1,575 mm dan *loss* tangensial 0.0009. Simulasi antena dilakukan menggunakan *Software Ansoft High Frequency Structure Simulator (HFSS) 2015*. Hasil simulasi menunjukkan *bandwidth* antena yang lebar sebesar 9 GHz dengan rentang frekuensi 23,2 GHz sampai 32,2 GHz, dimana nilai koefisien refleksi terbaik memiliki nilai -29,3 dB. Sementara itu, hasil pengukuran antena yang telah difabrikasi menunjukkan beberapa perbedaan, diantaranya rentang frekuensi kerja, koefisien refleksi dan nilai *bandwidth*. *Bandwidth* hasil pengukuran yang diperoleh sebesar 1,9 GHz dengan rentang frekuensi 27,2 GHz sampai 29,2 GHz. Nilai koefisien terbaik bernilai -31 dB. Perbedaan hasil simulasi dan pengukuran disebabkan karena perbedaan dimensi antena simulasi dengan pabrikasi. Jika mengacu pada hasil simulasi, maka antena SIW dengan *patch* berbentuk diamond dan metode *slot* telah sesuai dengan tujuan yaitu mempunyai *bandwidth* yang lebar.

Keywords:

bandwidth;
SIW;
Horn;
Patch Diamond;
Slot;

Article history:

Diserahkan 22 Agustus, 2023
Direvisi 21 April, 2024
Diterima 17 Juli, 2024

DOI:

10.22441/incomtech.v14i2.22586

*Copyright © 2020 Universitas Mercu Buana.
All right reserved.*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi meningkat sejalan dengan tuntutan masyarakat yang menginginkan kemudahan-kemudahan dalam beraktifitas. Terutama pada bidang telekomunikasi yang penggunaannya tidak pernah lepas dalam kehidupan sehari-hari. Contohnya perangkat gawai dalam komunikasi seluler yang selalu ada dalam genggaman manusia. Dengan gawai, maka segala aktivitas bisa dilakukan, seperti bekerja jarak jauh, berniaga, mengakses informasi, dan lain-lain. Teknologi seluler ini telah berkembang pesat mulai dari Generasi Pertama (1G), sampai saat ini yang sedang dikembangkan dan dalam tahap uji coba yaitu Generasi Kelima (5G). Indonesia yang belum lama ini menapak teknologi Generasi Keempat (4G) sedang berporses dalam teknologi 5G [1].

Secara teoritis, [2] menjelaskan teknologi 5G adalah teknologi seluler yang mempunyai keunggulan untuk meningkatkan performa dalam hal konektivitas *wireless* broadband, terutama dari segi kecepatan yang bisa mencapai lebih dari 1 Gbps. Berdasarkan standarisasi *International Telecommunication Union* (ITU), ada beberapa frekuensi yang akan dioperasikan untuk aplikasi 5G, diantaranya 24,25 GHz - 27,5 GHz, 27,5 GHz - 28,35 GHz, dan 30 GHz - 37 GHz. Walaupun demikian, karakteristik 5G dapat juga digunakan pada frekuensi di bawah 1 GHz, pada frekuensi tengah dengan rentang 1 GHz – 6 GHz, atau di atas 6 GHz. Namun, berdasarkan hasil pertemuan *World Radio Conference* (WRC) 2019, memutuskan untuk menggunakan 24,25 GHz – 37 GHz [3].

Untuk mendukung perkembangan teknologi tersebut, penelitian ini fokus pada pengembangan antena yang dapat meningkatkan *bandwidth* yang dapat beroperasi pada sinyal 5G. Antena yang dirancang beroperasi pada frekuensi kerja 24,25 GHz sampai 27,5 GHz. Jenis antena yang digunakan pada penelitian ini berupa antena mikrostrip. Antena mikrostrip mempunyai keunggulan dan kelebihan. Keunggulan antena mikrostrip diantaranya ringan, kecil, murah, dan mudah dipabrikasi. Walaupun demikian, antena ini mempunyai *bandwidth* yang sempit dan efisiensi yang rendah [4-6]. Selain itu, antena ini juga hanya menghasilkan *gain* yang kecil karena adanya pengaruh dari gelombang permukaan. Bagaimanapun, kekurangan tersebut dapat diatasi dengan beberapa metode sesuai dengan kebutuhan antena.

Untuk penelitian terbaru tentang pengembangan antena mikrostrip, berdasarkan penelitian [7], peningkatan *gain* dapat dilakukan menggunakan metode integrasi *low noise amplifier* (LNA) dan antena. Dapat pula menggunakan metode *superstrate* seperti yang dilakukan oleh [8]. Untuk metode peningkatan *bandwidth*, dapat menggunakan metode *Substrate Integrated Waveguide* (SIW) seperti yang telah dilakukan oleh [9]. Hasil penelitian tersebut menyebutkan bahwa *bandwidth* antena dapat meningkat sekitar 145%. Penggunaan antena SIW dengan penambahan *U-Slot* pada penelitian [10] juga terbukti memberikan reduksi dimensi antena yang mencapai 60% dari bentuk asal. Selain itu, metode *defected ground structure* (DGS) dan gap pada *patch* juga berhasil meningkatkan *bandwidth* secara signifikan [11-12].

Antena 5G memerlukan antena yang dapat bekerja pada frekuensi tinggi dengan *bandwidth* yang lebih dari 1 GHz. Untuk penggabungan antena dan dengan integrasi *waveguide* diharapkan dapat memenuhi kriteria tersebut, seperti yang dijelaskan oleh [13]. *Substrate Integrated Waveguide* (SIW) mampu memiliki keunggulan, yaitu dapat menghasilkan sinyal frekuensi tinggi dengan kerugian yang kecil dan memiliki kemampuan untuk menyatukan banyak komponen seperti penelitian pada [14]. Penggunaan struktur SIW dengan penambahan bentuk

diamond pada penelitian [15] dapat menghasilkan *bandwidth* besar. Beberapa modifikasi SIW Horn secara mandiri dengan menggunakan metode penambahan celah berbentuk persegi panjang (*rectangular slot*) dan celah berbentuk trapesium (*trapezoidal slot*) juga berhasil meningkatkan *bandwidth* antena SIW Horn.

Sebagai aspek keterbaruan pada penelitian ini adalah penggunaan metode *patch* berbentuk diamond, serta adanya *slot* berbentuk *rectangular* dan trapesium pada desain antena SIW Horn untuk memperlebar *bandwidth* antena. Desain antena menggunakan material substrat Roger RT/duroid 5880 dengan konstanta dielektrik 2.2 dan ketebalan 1,575 mm serta loss tangensial 0.0009. Antena didesain dan disimulasi menggunakan *Software Ansoft High Frequency Structure Simulator* (HFSS) 2015.

2. GEOMETRI ANTENA DAN SPESIFIKASI

Perancangan antena dimulai dengan menentukan diagram alir antena yang menjelaskan tahapan-tahapan mulai penentuan spesifikasi antena, perancangan antena, simulasi, fabrikasi, pengukuran dan analisis hasil. Seperti yang terlihat pada Gambar 1.

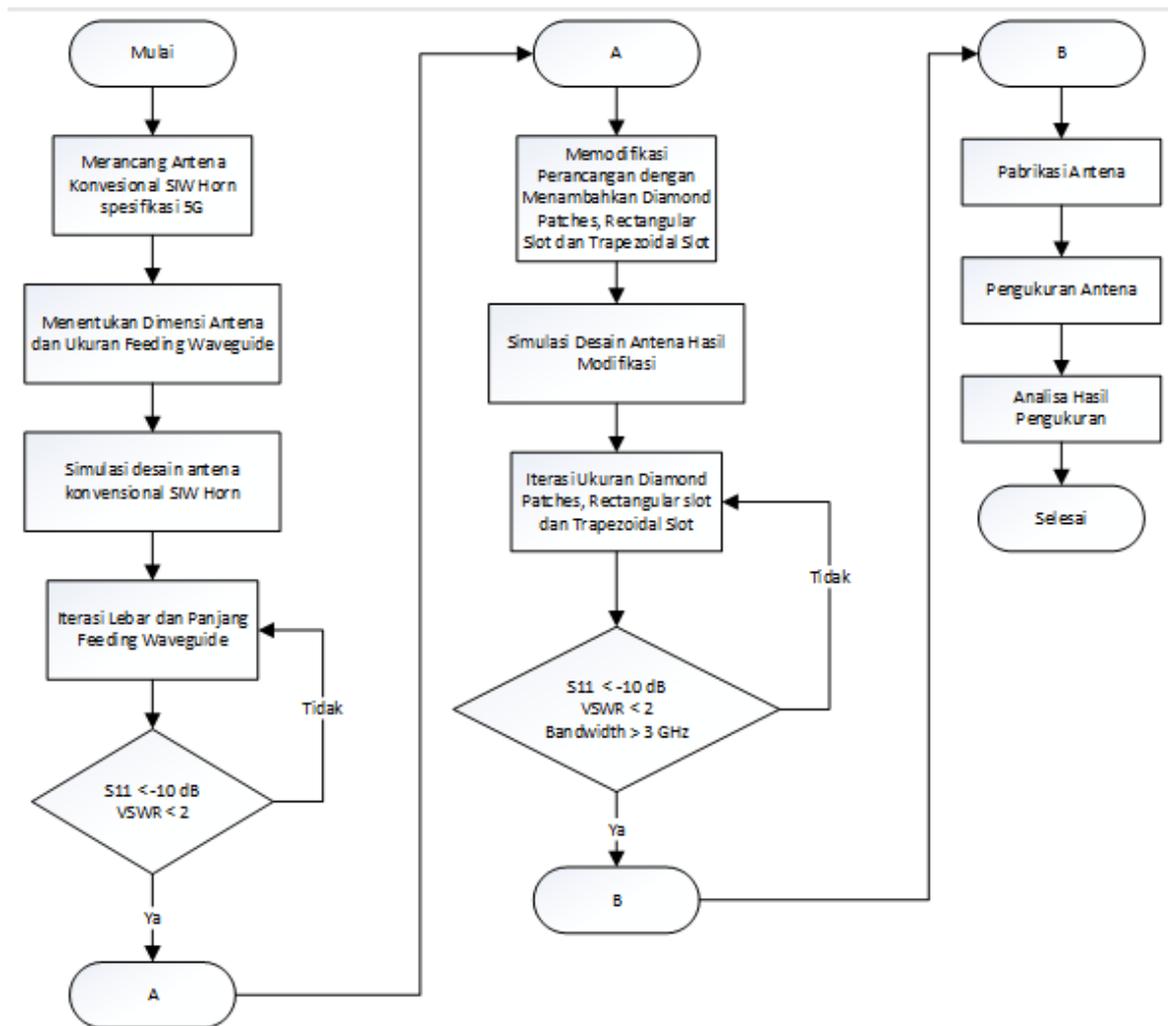
Spesifikasi antena pada penelitian ini diantaranya mempunyai frekuensi kerja 24,25 GHz-27,5 GHz yang merupakan rentang frekuensi 5G. Sedangkan *bandwidth* antena diharapkan dapat mencapai lebih dari 3 GHz. Untuk impedansi masukan menggunakan impedansi 50 Ω . Koefisien refleksi (S11) minimum diharapkan bernilai di bawah -10 dB, sedangkan *voltage standing wave ratio* (VSWR) dapat mempunyai nilai pada rentang 1 sampai 2. Untuk *gain* ditargetkan dapat tercapai lebih dari 6 dB.

A. Material Antena

Setelah menentukan spesifikasi operasional dari antena, langkah selanjutnya menentukan spesifikasi teknis dari antena, terutama dari parameter material yang digunakan. Material antena berpengaruh terhadap performa dari antena. Antena ini dirancang menggunakan material tembaga sebagai *patch* dan ground plane, sedangkan untuk substrat menggunakan Roger RT/duroid 5880. Karakteristik material yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter material antena

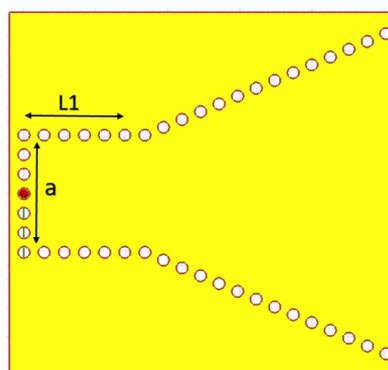
Tembaga	
Permitivitas	1
Permeabilitas	0.99991
Ketebalan	0.035
Substrat	
Permitivitas relatif (ϵ_r)	2,2
Tebal substrat (h)	1,575 mm
Loss tangensial ($\tan\delta$)	0,0009



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

B. Perancangan SIW Horn Konvensional

Geometri awal antenna SIW horn berupa bentuk konvensional seperti yang dilakukan oleh [16], seperti yang terlihat gambar 2. Gambar 2 menunjukkan bentuk SIW horn berbentuk persegi panjang dengan lubang SIW berbentuk *loudspeaker* dengan panjang sisi kiri a dan lebar sebelum lengkungan $L1$.

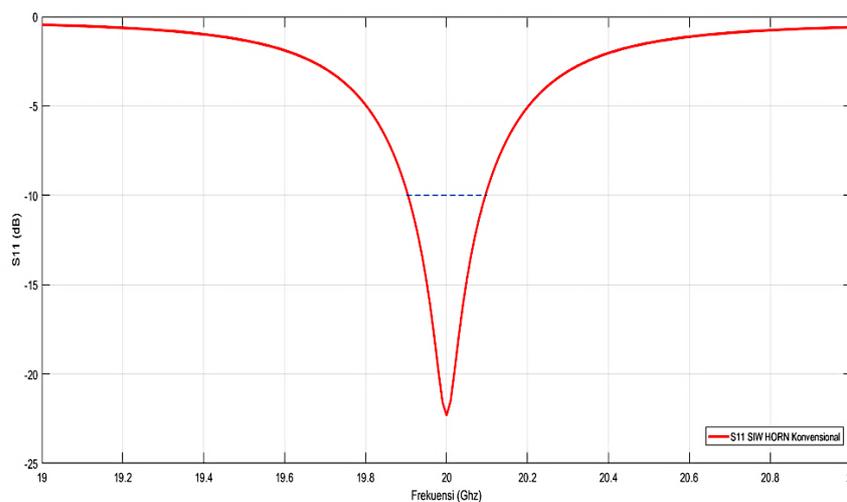


Gambar 2. Geometri SIW Horn Konvensional

Perancangan SIW horn konvensional, yang pertama adalah menentukan nilai feeding waveguide, dengan panjang L_1 dan lebar a . Lebar *waveguide* dapat ditentukan dengan persamaan (1). Dimana, λ_0 merupakan panjang gelombang ruang bebas dan ϵ_r adalah konstanta dielektrik substrat [17].

$$\frac{\lambda_0}{2\sqrt{\epsilon_r}} < a < \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (1)$$

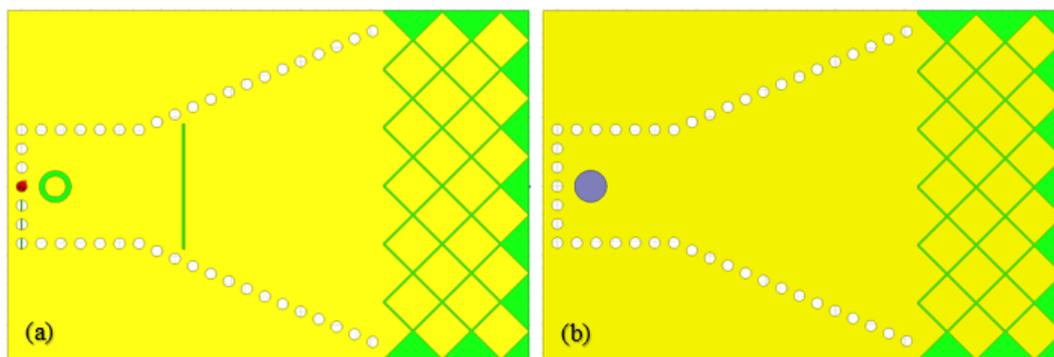
Menggunakan desain antenna konvensional, maka didapat nilai koefisien refleksi hasil simulasi pada frekuensi tengah sebesar -22,3 dB dengan *bandwidth* yang didapat pada -10 dB sebesar 190 MHz.



Gambar 3. Hasil simulasi koefisien refleksi SIW Horn Konvensional

C. Perancangan SIW Horn Patch Diamond dengan Rectangular Slot

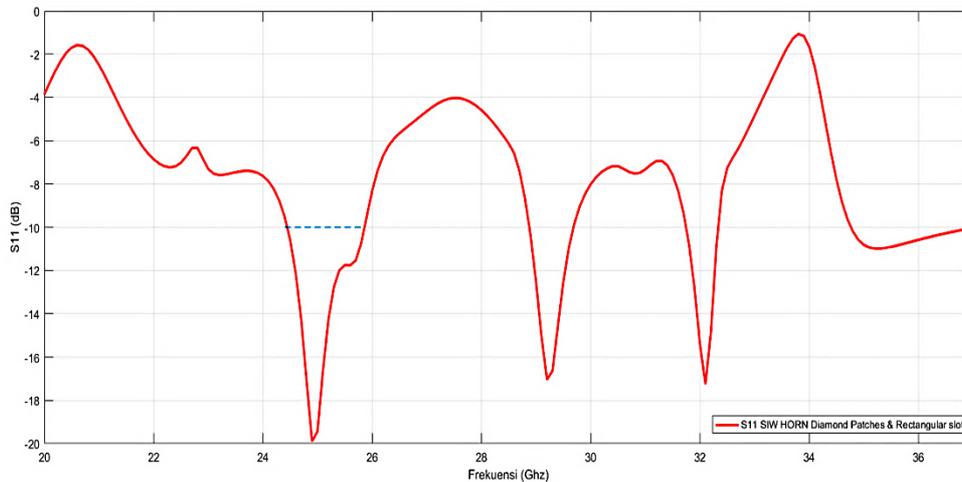
Setelah merancang desain konvensional, selanjutnya memodifikasi desain antenna dengan *patch* berbentuk diamond yang memiliki *slot* berbentuk persegi panjang seperti yang terlihat pada gambar 4.



Gambar 4. Geometri SIW Horn dengan *Patch* Diamond dan Rectangular *Slot* (a) Tampak Atas (b) Tampak Bawah

Penggunaan *slot* persegi panjang kecil pada *patch* berguna sebagai matching koefisien refleksi antenna agar dapat berkerja pada frekuensi 5G. Terbukti hasil

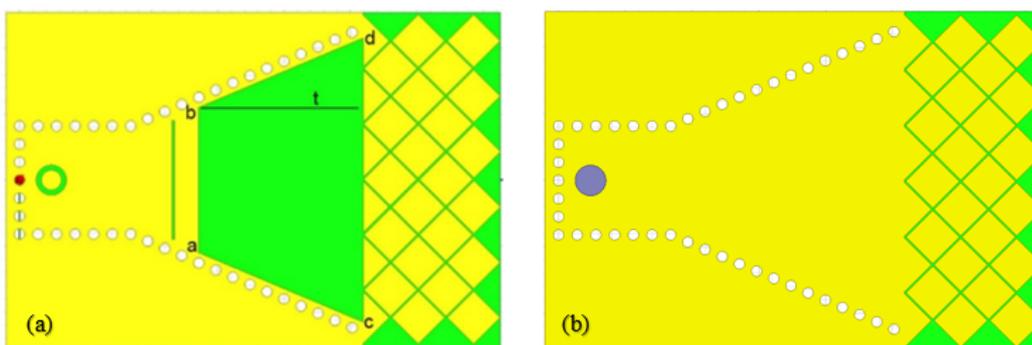
simulasi mempunyai kemajuan dengan frekuensi kerja yang dihasilkan berada pada rentang 24,4 Ghz - 25,86 Ghz atau memiliki *fractional bandwidth* sebesar 5.8%. Hasil simulasi koefisien refleksi SIW horn dengan *patch* diamond dan *slot* persegi panjang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil simulasi koefisien refleksi SIW Horn *Patch* Diamond dan *Slot* persegi panjang

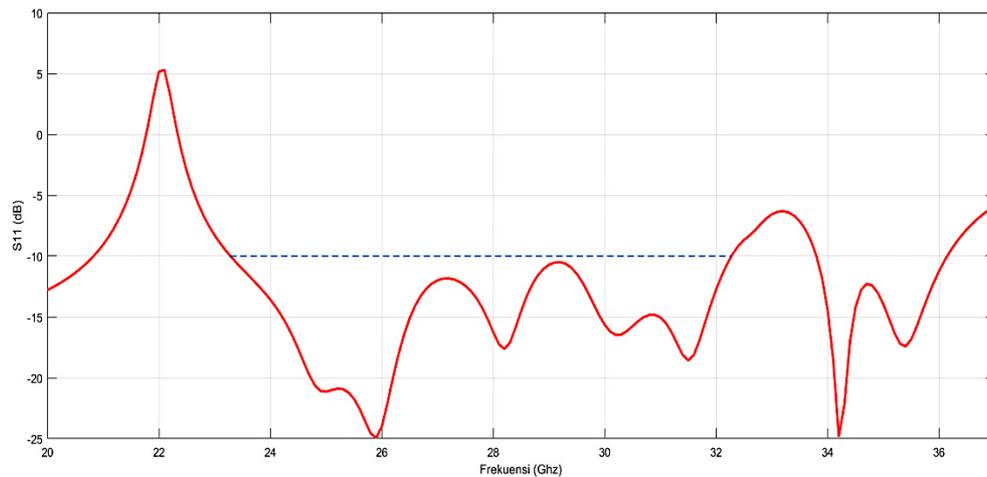
D. Perancangan SIW Horn *Patch* Diamond dengan *Slot* *Rectangular* dan *Trapeسيوم*

Untuk meningkatkan performa antenna agar sesuai dengan spesifikasi, kemudian dilakukan penambahan model *slot* berbentuk trapesium. Panjang *patch* diamond adalah 4 mm dan jarak antar *patch* nya sebesar 0,2 mm, ukuran *rectangular slot* dengan ukuran panjang 9 mm dan lebar 0,2 mm sedangkan dimensi *slot* trapesium $ab = 11$ mm, $cd = 21,6$ mm dan $t = 12,5$ mm. Geometri antenna dapat dilihat pada Gambar 6.

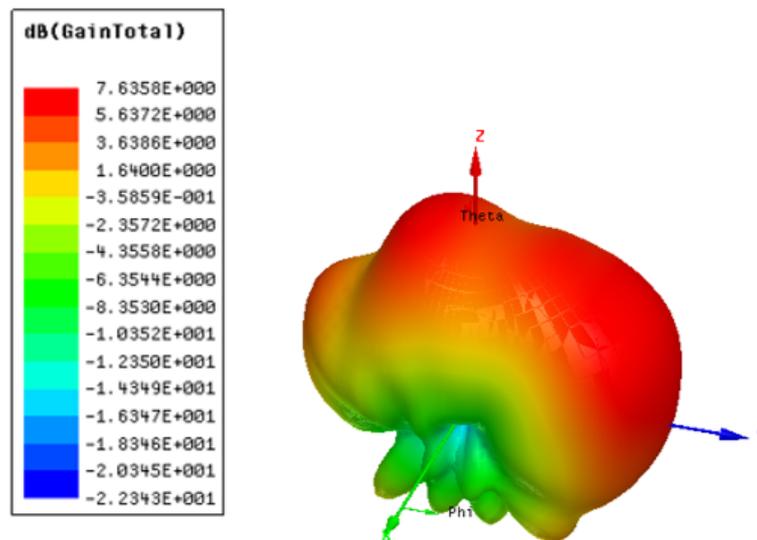


Gambar 6. Geometri SIW Horn dengan *Patch* Diamond dan *Slot* persegi panjang dan *Trapeسيوم*
(a) Tampak Atas (b) Tampak Bawah

Hasil simulasi antenna pada gambar 7 menunjukkan terjadi peningkatan *bandwidth* yang mencapai hampir 9 GHz pada rentang frekuensi 23,28 Ghz sampai 32,27 Ghz dengan nilai *fractional bandwidth* sebesar 32,36%. *Gain* simulasi pada frekuensi tengah mencapai 7,6 dB yang ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 7. Koefisien refleksi hasil simulasi model *Patch* Diamond dan *Slot* persegi panjang dan Trapesium



Gambar 8. *Gain* hasil simulasi model *Patch* Diamond dan *Slot* persegi panjang dan Trapesium

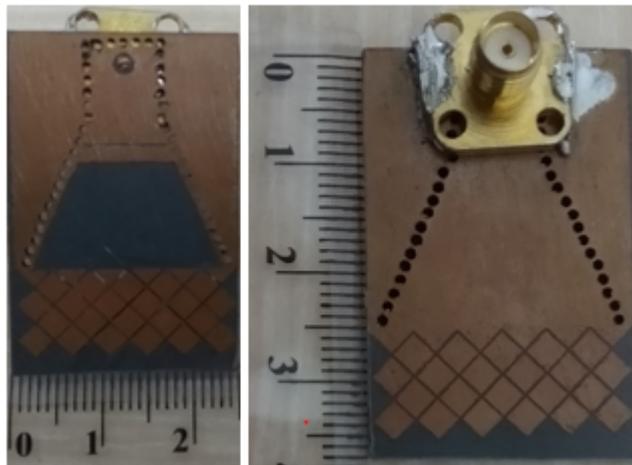
3. ANALISIS HASIL PENGUKURAN

Hasil simulasi akhir menunjukkan hasil yang sesuai dengan tujuan yang diusulkan, yaitu terjadi peningkatan *bandwidth* yang signifikan dibanding model awal, dimana *bandwidth* yang dihasilkan hampir mencapai 9 GHz. Selanjutnya, proses fabrikasi dilakukan untuk memvalidasi hasil simulasi dengan proses pengukuran. Pengukuran mengambil parameter koefisien refleksi untuk melihat *bandwidth* antena. Pengukuran dilakukan di Pusat Penelitian Elektronika Dan Telekomunikasi - Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Bandung. Jawa

Barat dengan menggunakan perangkat VNA merek *Anritsu MS46322A* yang dapat menjangkau frekuensi 1 MHz – 40 GHz.

A. Fabrikasi Antena

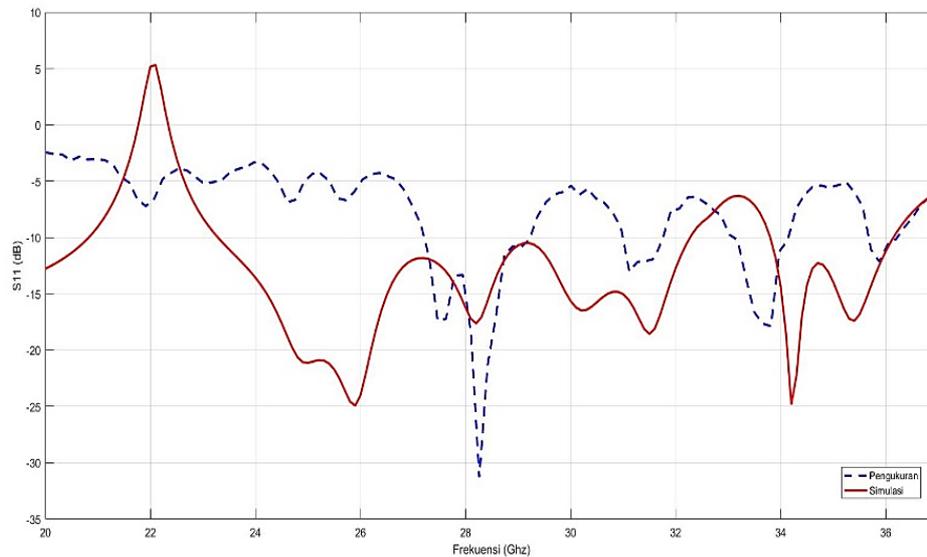
Proses fabrikasi didahului dengan mengekstraksi desain hasil simulasi ke dalam bentuk negative film. Proses ini memerlukan ketelitian dalam mencetak desain, agar tidak terlalu jauh hasil simulasi dan pengukuran. Langkah selanjutnya, film tersebut di tempelkan pada substrat. Melalui proses etching, pola pada desain antena telah menempel dengan baik pada substrat. Antena yang telah dicetak, selanjutnya diberi konektor berupa coaxial probe, dimana ground antena terletak pada bagian bawah, sedangkan feedline terhubung pada bagian atas. Detail pabrikan antena dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil pabrikan antena

B. Pengukuran Antena

Langkah selanjutnya melakukan proses pengukuran S11 untuk mengetahui nilai koefisien refleksi antena. Gambar 10 menunjukkan hasil pengukuran yang di sandingkan dengan hasil simulasi.



Gambar 10. Hasil S11 pengukuran dan simulasi

Pada Gambar 10, hasil S11 pengukuran menunjukkan terjadi perbedaan hasil dengan simulasi. Nilai S11 pengukuran cukup berbeda bentuk yang diambil pada rentang 23 GHz sampai 36 GHz. Frekuensi yang paling matching pada pengukuran berada pada frekuensi 28,3 GHz dengan nilai koefisien refleksi sebesar -31 dB. Frekuensi kerja yang dihasilkan berada pada rentang 27,3 GHz sampai 29,2 GHz. *Bandwidth* pengukuran kurang lebih mencapai 1,9 GHz atau memiliki nilai *fractional bandwidth* sebesar 6,72 %.

C. Analisis Pengukuran

Hasil pengukuran menunjukkan telah terjadi pergeseran frekuensi yang cukup signifikan. Jika hasil simulasi memperoleh frekuensi kerja pada rentang 23,2 GHz - 32,2 GHz namun sebaliknya, hasil pengukuran memperoleh 27,3 GHz - 29,2 GHz. Penurunan juga terjadi pada nilai *fractional bandwidth* dari hasil simulasi sebesar 32% menjadi 6,72% pada saat pengukuran.

Beberapa faktor yang menyebabkan perbedaan hasil antara simulasi dan pengukuran disebabkan salah satunya proses fabrikasi. Hasil proses fabrikasi yang menggunakan media photo etching dalam melakukan printing atau proses mencetak, menyebabkan banyak elemen tembaga yang terutama pada bagian konduktor pada area rectangular *slot* yang memiliki ketebalan 0,2 mm. Selain itu, adanya perubahan dimensi pada hasil fabrikasi dikarenakan kurang presisinya hasil pemotongan dapat menyebabkan hasil yang berbeda dengan simulasi. Proses penyolderan pin konektor juga bisa menjadi faktor ketidaksesuaian hasil pengukuran.

Beberapa faktor yang menyebabkan perbedaan hasil antara simulasi dan pengukuran disebabkan salah satunya proses fabrikasi. Hasil proses fabrikasi yang menggunakan

Tabel 4. Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran

<i>Parameter</i>	<i>Simulasi</i>	<i>Pengukuran</i>
Rentang Frekuensi	23,2 GHz – 32,2 GHz	27,3 GHz – 29,2 GHz
S11	-29,3 dB	-31 dB
<i>Bandwidth</i>	9 GHz	1,9 GHz
<i>Fractional Bandwidth</i>	32%	6,72%

Tabel 5. Perbandingan Hasil Penelitian

Referensi	Metode	Frekuensi Resonansi	S11 Frekuensi Tengah	<i>Bandwidth</i>
[7]	L-Shape	1,560 GHz – 1,590 GHz	-23,42 dB	0,03 GHz
[9]	SIW Slot Center Fed	9,06 GHz – 9,8 GHz	-28 dB	0,74 GHz
[10]	SIW Cavity Backed U-Slot	2,420 GHz – 2,455 GHz	-16,91 dB	0,03 GHz
[11]	Bowtie Patch dan DGS	3,42 GHz – 3,91 GHz	-15 dB	0,49 GHz
[12]	DGS dan Gap Patch	2,703 GHz – 2,837 GHz	-53 dB	0,764 GHz
Penelitian ini	SIW Patch Diamond dan Slot	23,2 GHz – 32,2 GHz	-29,3 dB	1,9 GHz

Tabel 5 menunjukkan perbandingan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan penelitian yang ditawarkan. Metode SIW dengan patch diamond telah terbukti menghasilkan bandwidth yang lebar. Jika mengacu pada hasil simulasi, nilai bandwidth yang dihasilkan lebih besar dibanding hasil pengukuran.

4. KESIMPULAN

Perancangan antenna microstrip SIW Horn yang menggunakan bentuk *patch* diamond dan metode *slot* telah dilakukan untuk menghasilkan *bandwidth* yang lebih lebar. Hasil simulasi menunjukkan, desain antenna mempunyai *bandwidth* sebesar 9 GHz dengan nilai *fractional bandwidth* sebesar 32%. Pada saat difabrikasi, performa antenna mengalami penurunan *bandwidth* kurang lebih 7 GHz, selain itu terjadi bergeseran rentang frekuensi yang semakin menyempit. Perbedaan hasil simulasi dan pengukuran disebabkan karena adanya perbedaan dimensi hasil pemotongan pada proses fabrikasi. Selain itu, ukuran *slot* yang berbentuk persegi panjang mengalami perbedaan dimensi, padahal sedikit perubahan pada *slot* dapat mempengaruhi perbedaan hasil. Jadi dapat disimpulkan, metode SIW Horn dengan menggunakan patch diamond dan metode *slot* terbukti dapat meningkatkan *bandwidth* antenna. Untuk mendapatkan hasil sesuai dengan simulasi, maka perlu dilakukan proses fabrikasi yang presisi atau memiliki bentuk yang sama dengan simulasi.

REFERENSI

- [1] Hikmaturokhman, A., Ramli, K., & Suryanegara, M. (2019). On developing a new 5G spectrum usage fee model for Indonesia. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 9(6), 1968-1975. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.9.6.10656>
- [2] Patil, G. R. (2020). 5G *WIRELESS TECHNOLOGY*. 3(10), 203–207.
- [3] Mohammed, K., Huq, S., Mumtaz, S., Rodriguez, J., & Telecommunicaç, I. De. (2018). a survey of 5G technologies : regulatory, standardization and industrial perspectives. 4(September 2017), 87–97. <https://doi.org/10.1016/j.dcan.2017.09.010>
- [4] Carver, K., & Mink, J. (1981). Microstrip Antenna Technology. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 29(1), 2–24. <https://doi.org/10.1109/TAP.1981.1142523>
- [5] Balanis, C. A. (2005). *Antenna Theory; Analysis and Design*. In A John Wiley & Son, INC. Publication (Thrid Edit). <https://doi.org/10.1109/proc.1984.12959>
- [6] Garg, R., Bhartia, P., Bahal, I., & Ittipiboon, A. (2001). *Artech - Microstrip Antenna Design Handbook.pdf*. London: Artech House.
- [7] Rusdiyanto, D., & Zulkifli, Y. (2019). Antenna Integrated with Low Noise Amplifier Operating at L1 GPS Application. 2019–2021.
- [8] Saravanan, M., Geo, V. B., & Umarani, S. M. (2018). *Gain Enhancement of Patch Antenna Integrated with Metamaterial Inspired Gain enhancement of patch antenna integrated with metamaterial inspired superstrate*. *Journal of Electrical Systems and Information Technology*, 5(3), 263–270. <https://doi.org/10.1016/j.jesit.2018.04.002>
- [9] Chen, M., & Che, W. (2011). *Bandwidth Enhancement of Substrate Integrated Waveguide (SIW) Slot Antenna with Center-fed Techniques*. 2011 International Workshop on Antenna Technology (IWAT), 348–351.
- [10] D. W. Astuti and E. T. Rahardjo, "Size Reduction of *Substrate Integrated Waveguide* Cavity Backed U-Slot Antenna," 2018 IEEE Indian Conference on Antennas and Propagation (InCAP), Hyderabad, India, 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/INCAP.2018.8770702.
- [11] Astuti, D. W., Fadilah, R., Muslim, D. R., Rusdiyanto, D., Alam, S., & Wahyu, Y. (2022). Bandwidth Enhancement of Bow-tie Microstrip Patch Antenna Using Defected Ground Structure for 5G. *J. Commun.*, 17(12), 995-1002.
- [12] Rusdiyanto, D., Apriono, C., Astuti, D. W., & Muslim, M. (2021). Bandwidth and gain enhancement of microstrip antenna using defected ground structure and horizontal patch gap. *Sinergi*, 25(2), 153-158.
- [13] Alaydrus, M. (2009). Saluran Transmisi Telekomunikasi.
- [14] Alaydrus, M. (2016). Studi Transisi Saluran Transmisi Planar – Substrate Integrated Waveguide. *Publikasi Universitas Mercu Buana*, 237 – 239. <https://doi.org/10.22441/incomtech.v7i2.1170>
- [15] Muchhal, N. (2019). Design of Miniaturized Diamond Shaped *Substrate Integrated Waveguide* CSRR Band Pass Filter for X Band Applications. 113–116.
- [16] Jamshidi-zarmehri, & Hojjat. (2018). Modified SIW H-Plane Horn Antenna with Improved *Gain* Using Thin Substrate. (3), 2018–2021.
- [17] Hussaini, Abubakar & Al-Yasir, Yasir & Voudouris, Konstantinos & Mohammed, Buhari & Abd-Alhameed, Raed & Husham, M. & Tamer, Issa & Abdullah, Abdulkareem & Makris, Dimitris & Rodriguez, Jonathan & Noras, J.M. & Nche, Charles & Fonkam, Mathias. (2015). Green Flexible RF for 5G. 10.1002/9781118867464.ch11.