

RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP PITA LEBAR STRUKTUR MULTI SLOT UNTUK APLIKASI 5G

WIDEBAND MULTISLOT STRUCTURE OF MICROSTRIP ANTENNA DESIGN FOR 5G APPLICATION

Sukriyah Buwarda^{1*}, Asmawaty Azis², Lutfi³

*email: sukriyah.warda@gmail.com

^{1,2}Fakultas Teknik, Universitas Fajar Makassar Jalan Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar

³Politeknik ATI Makassar

Sul-Sel, Indonesia, Kode Pos : 90231

ABSTRACT

Microstrip antenna was designed with small dimensions and low profile in a wide frequency range between 23 to 33 GHz according to alternative frequencies released by International Mobile Telecommunication (IMT)[1]. Multi-slot structure as one method of achieving wide bandwidth[2]. Simulation using Ansoft HFSS v17 software with the use of FR-4 Epoxy substrate dielectric material (relative permittivity = 4.4). The simulation results are realized in the form of antenna design on a dual layer printed circuit board (PCB). The plot of the multi-slot antenna design that shows the performance of an antenna design is shown with the lowest voltage standing wave ratio (VSWR) achieved at a frequency of 29.27 GHz at 1.10 at the simulation stage and 1.19 at the experimental stage at a frequency of 29.3 GHz, while at the lowest and upper frequencies obtained VSWR of 1.99, the reflection coefficient (S_{11}) at a frequency of 29.27 GHz at the value of -10.10 dB and at a frequency of 33.61 GHz at a value of S_{11} -10.05 dB, the two-dimensional (2D) and three-dimensional (3D) radiation patterns indicate the radiation pattern with directivity the directed. It was concluded that the multi slot structure microstrip antenna works well over a wide frequency range (wideband) of 10 GHz with a frequency below 23 GHz and an upper frequency of 33 GHz at the simulation stage while in the experimental stage a bandwidth of 2900 MHz with a lower frequency of 28.6 GHz and frequency above 31.5 GHz. The frequency range is included in the range of 5G work areas in accordance with the 5G implementation plan in Indonesia

Keywords : 5G, Antenna, Microstrip, Milimeter Wave, VSWR, S_{11}

ABSTRAK

Pada penelitian ini dibuat desain antena mikrostrip dimensi kecil dan low profile pada rentang frekuensi yang lebar antara 23 sampai 33 GHz sesuai alternatif frekuensi yang dirilis oleh International Mobile Telecommunication (IMT)[1]. Struktur multi-slot sebagai salah satu metode pencapaian bandwidth lebar[2]. Simulasi menggunakan software Ansoft HFSS v17, material substrate dielectric FR-4 Epoxy (permitivitas relative = 4.4). Hasil simulasi diwujudkan dalam bentuk rancang bangun antena pada sebuah printed circuit board (PCB) dual layer. Plot hasil desain antena multi-slot yang menunjukkan performansi sebuah rancangan antena ditunjukkan dengan nilai voltage standing wave ratio (VSWR) terendah dicapai pada frekuensi 29.27 GHz sebesar 1.10 pada tahap simulasi dan 1.19 pada tahap eksperimen pada frekuensi 29.3 GHz, sedangkan pada frekuensi terbawah dan teratas diperoleh VSWR sebesar 1.99, reflection coefficient (S_{11}) pada frekuensi 29.27 GHz berada pada nilai -10.10 dB dan pada frekuensi 33.61 GHz pada nilai S_{11} -10.05 dB, pola radiasi dua dimensi (2D) dan tiga dimensi (3D) menunjukkan pola radiasi dengan direktivitas yang terarah. Disimpulkan bahwa antena mikrostrip struktur multi slot bekerja dengan baik pada rentang frekuensi yang lebar (wideband) sebesar 10 GHz dengan frekuensi bawah 23 GHz dan frekuensi atas 33 GHz pada tahapan simulasi sedangkan pada tahapan eksperimen diperoleh bandwidth selebar 2900 MHz dengan frekuensi bawah 28.6 GHz dan frekuensi atas 31.5 GHz. Rentang frekuensi tersebut masuk dalam range daerah kerja 5G sesuai dengan rencana implementasi 5G di Indonesia

Kata Kunci : 5G, Antenna, Microstrip, Milimeter Wave, VSWR, S_{11}

PENDAHULUAN

Kepadatan jalur komunikasi pada frekuensi *existing* seperti pada teknologi 3G dan 4G mendorong eksplorasi ke spektrum frekuensi yang lebih tinggi yang selanjutnya disebut dengan teknologi 5G[3]. Tantangan kebutuhan data *real time* berkecepatan tinggi dengan kualitas yang baik, *low latency video* dan aplikasi multimedia yang membutuhkan *carrier bandwidth* cukup lebar berkisar pada 700 MHz dan 2.6 GHz sudah tidak dapat dihindarkan[4]. Secara *massive*, teknologi komunikasi dunia saat ini bergerak ke arah implementasi teknologi 5G (*fifth generation*) Di Indonesia, teknologi 5G akan mulai diimplementasikan pada tahun 2020[5]. Berbagai piranti pendukung keberhasilan implementasi 5G telah dikembangkan, salah satu yang menjadi infrastruktur terpenting adalah perangkat antenna. Pada dasarnya penelitian terkait antenna untuk teknologi 5G telah banyak dilakukan. Pada salah satu penelitian rancangan antenna yang dilakukan oleh Naser Ojaroudiparchin, *Student Member IEEE*[6], diperoleh suatu desain multi-layer dengan menggunakan susunan antenna *4-layer phased array* dan memperoleh daerah resonan pada frekuensi 27-29 GHz dengan menggunakan material yang relatif sulit diperoleh di Indonesia yaitu *Duroid type Roger RT5880*[7]. Selain hal tersebut, dari beberapa alternatif frekuensi yang dikeluarkan oleh *IEEE forum* dan *ITU* berdasarkan beberapa kajian ilmiah diantaranya yaitu frekuensi 28 GHz dan 38 GHz[4], belum ada penetapan frekuensi yang akan digunakan di Indonesia pada tahun 2020[1]. Sehingga masih sangat dimungkinkan untuk dilakukan kajian ilmiah

terkait infrastruktur teknis yang bisa dibuat untuk mendukung keberhasilan dan kemajuan telekomunikasi di Indonesia. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dibuat rancangan antenna mikrostrip yang dapat bekerja pada beberapa alternatif frekuensi tersebut, sehingga pada saat ditetapkan spektrum frekuensi yang bisa digunakan, piranti antenna yang dimiliki telah siap untuk migrasi ke frekuensi yang ditetapkan. Di samping itu, digunakan material yang lebih efisien, lebih murah dan mudah diperoleh tanpa mengurangi performansi antenna yang akan dibuat. Material *substrate* yang akan digunakan yaitu FR-4 Epoxy dan konektor yang digunakan adalah type SMA connector dengan impedansi input 50 Ω .

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimental dan kajian pustaka. Jenis pengujian yang dilakukan adalah pengujian hasil simulasi dan pengujian hasil rancang bangun. Pelaksanaan pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Fajar dan Laboratorium Antena dan Propagasi Universitas Hasanuddin.

Spesifikasi perangkat

Dalam penelitian ini digunakan perangkat keras dan perangkat lunak. PCB untuk rancang bangun fisik antenna mikrostrip yang digunakan dari material FR-4 Epoxy *double layer* dengan ketebalan ($h=1.6$ mm) dan permitivitas relatif 4.4, SMA Connector Male to Male impedansi 50 Ω . Simulator yang digunakan adalah ANSYS Electromagnetics Suite 17.2 pada sistem operasi Windows.

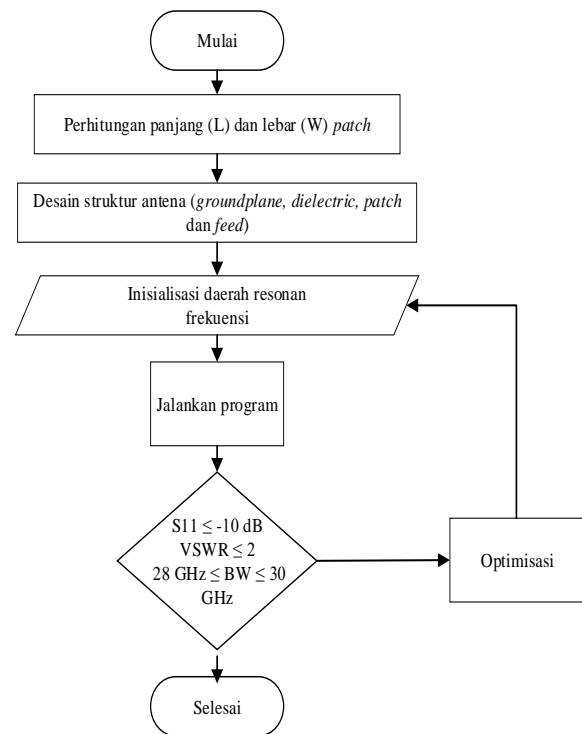
Prosedur

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahapan yaitu studi literatur terkait kemudian melakukan perhitungan dimensi antenna mikrostrip. Dimensi yang ditentukan adalah frekuensi kerja antenna yang diharapkan, ketebalan material dielektrik yang digunakan dan permitivitas relatif dielektrik yang digunakan. Dimensi yang dihitung adalah panjang (L) dan lebar (W) elemen peradiasi (*patch*) serta panjang dan lebar dielektrik[8].

Simulasi menggunakan *software* Ansys HFSS v.17 menghasilkan parameter koefisien refleksi (S_{11}), *bandwidth* (BW), *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR), pola radiasi dan gain. Sebagai tindak lanjut dari hasil simulasi yang diperoleh, maka dibuat fisik antenna mikrostrip dari bahan dielektrik *FR-4 Epoxy* sesuai dengan desain yang telah dibuat pada tahap simulasi.

Hasil rancangan fisik antenna mikrostrip selanjutnya diuji keberhasilannya pada beberapa parameter seperti yang dilakukan pada tahap simulasi yaitu parameter koefisien refleksi (S_{11}) yang sekaligus memberikan gambaran capaian *bandwidth* (BW) yang dihasilkan dan daerah frekuensi kerja antenna yang dirancang, *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR), pola radiasi dan gain antenna mikrostrip yang dihasilkan.

Berdasarkan hasil simulasi dan hasil pengukuran selanjutnya dilakukan analisa dengan membandingkan kedua hasil tersebut. Dengan membandingkan beberapa parameter yang diperoleh dari simulasi dan pengukuran fisik antenna mikrostrip, dapat dilakukan analisis keberhasilan perancangan yang telah dilakukan yang selanjutnya dituangkan dalam bentuk tulisan yaitu laporan.



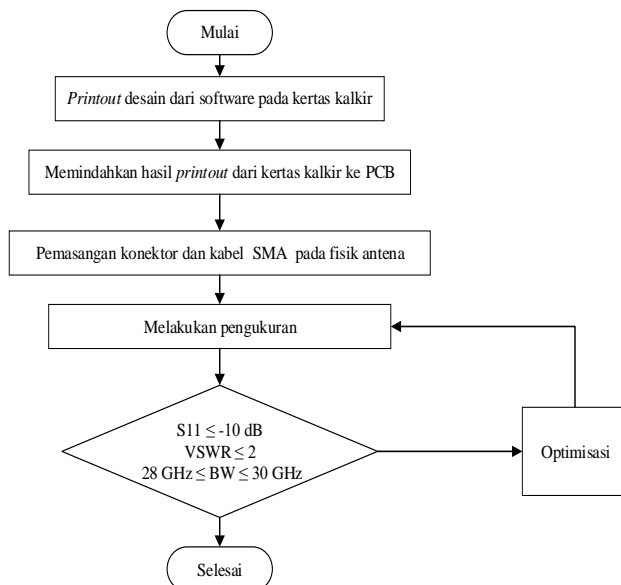
Gambar 1. Alur perancangan simulasi

Perhitungan panjang (L) dan lebar (W) *patch* dengan nilai frekuensi resonansi (f_r), permitivitas relatif (ϵ_0) dan ketebalan dielektrik (h) yang telah ditentukan. Nilai frekuensi resonansi (f_r) berdasarkan hasil studi literatur rencana standar alokasi frekuensi 5G yang akan diterapkan di Indonesia yaitu pada rentang frekuensi 28 GHz sampai 30 GHz, sehingga frekuensi yang digunakan untuk menghitung dimensi antenna diambil pada frekuensi terendah yaitu 28 GHz. Demikian pula dengan nilai permitivitas relatif (ϵ_0) dan ketebalan dielektrik (h) diambil dari pemilihan bahan PCB yang murah dan mudah diperoleh di pasaran yaitu *FR-4 Epoxy* dengan $\epsilon_0 = 4.4$ dan $h = 1.6$ mm.

Struktur mikrostrip antenna yang dirancang dibuat sesuai struktur dasar antenna mikrostrip. Elemen *groundplane* terletak di sisi bawah dari dielektrik, elemen *patch* sebagai medan radiasi gelombang elektromagnetik pada sisi atas dari dielektrik. Teknik *feeding* yang digunakan

yaitu pencatatan samping (*edge feeding*) yang akan disambungkan dengan konektor SMA.

Daerah resonan frekuensi yang diinisialisasi dalam perancangan ini menggunakan spektrum frekuensi yang akan digunakan pada teknologi 5G yaitu frekuensi 28 GHz sebagai frekuensi terbawah dan frekuensi 30 GHz sebagai frekuensi teratas. Dalam perancangan digunakan frekuensi 28 GHz. Karena frekuensi yang diinisialisasi pada tahapan sebelumnya hanya pada satu daerah frekuensi yaitu 28 GHz, sehingga hasil yang diperoleh dapat saja tidak secara spesifik dapat mencakup daerah frekuensi atas yaitu 30 GHz, sehingga langkah berikutnya apabila belum dicapai range frekuensi lebar yang diharapkan, maka dilakukan optimisasi dengan beberapa langkah atau alternatif *adjustment* yang dilakukan, yaitu dengan membulatkan ukuran panjang dan lebar patch ke nilai terdekat, dan mengubah ukuran *line feed* yang digunakan.



Gambar 2. Alur perancangan eksperimen

Rancangan pada tahapan simulasi yang telah memenuhi standar parameter untuk unjuk kerja antenna yang diharapkan,

dilanjutkan ke tahapan pabrikan. Diawali dengan mencetak desain antenna dari software ke kertas kalkir, kemudian hasil *printout* pada kertas kalkir dipindahkan ke PCB dengan metode pemanasan, sehingga gambar pada kertas kalkir berpindah ke papan PCB, setelah itu PCB direndam pada larutan *Ferrit Chlorida* untuk mengangkat bagian tembaga pada PCB yang tidak digunakan. Setelah dilakukan perendaman selama 30 menit, PCB dibersihkan dan digosok menggunakan lembaran amplas halus. Setelah bersih kemudian dilakukan pemasangan konektor SMA menggunakan teknik *edge feeding*. Tahap akhir adalah pengukuran parameter VSWR dan S_{11} menggunakan Spectrum Analyzer dan SWR meter.

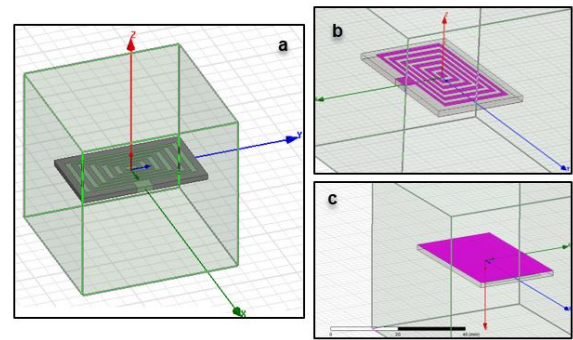
HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai frekuensi resonansi (f_r) berdasarkan hasil studi literatur rencana standar alokasi frekuensi 5G yang akan diterapkan di Indonesia yaitu pada rentang frekuensi 28 GHz sampai 30 GHz, sehingga frekuensi yang digunakan untuk menghitung dimensi antenna diambil pada frekuensi terendah yaitu 28 GHz. Demikian pula dengan nilai permitivitas relatif (ϵ_0) dan ketebalan dielektrik (h) diambil dari pemilihan bahan PCB yang murah dan mudah diperoleh di pasaran yaitu FR-4 Epoxy dengan $\epsilon_0 = 4.4$ dan $h = 1.6$ mm. Dimensi yang diperoleh dari hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ukuran dimensi antenna mikrostrip hasil perhitungan matematis

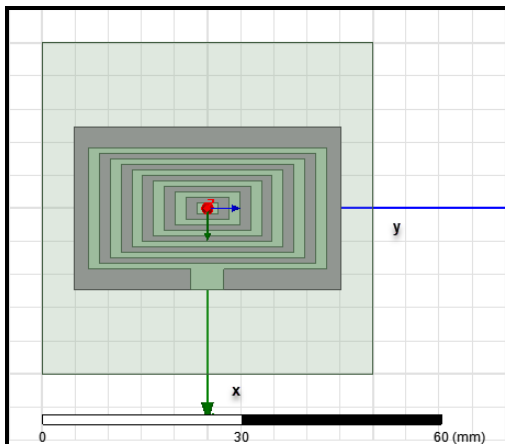
Variabel	Ukuran dimensi (mm)	Deskripsi
Lg	40.32017898	Panjang groundplane
Wg	24.42952674	Lebar groundplane
Lp1	3.260253318	Panjang patch 1
Wp1	1.671188094	Lebar patch 1
Lp2	3.260253318	Panjang patch 2
Wp2	1.671188094	Lebar patch 2
Lp2'	3.260253318	Panjang patch 2'
Wp2'	1.671188094	Lebar patch 2'

Lp3	3.260253318	Panjang patch 3
Wp3	1.671188094	Lebar patch 3
Lp3'	3.260253318	Panjang patch 3'
Wp3'	1.671188094	Lebar patch 3'
Lp4	3.260253318	Panjang patch 4
Wp4	1.671188094	Lebar patch 4
Lp4'	3.260253318	Panjang patch 4'
Wp4'	1.671188094	Lebar patch 4'
Ls	40.32017898	Panjang substrate
Lp5	3.260253318	Panjang patch 5
Wp5	1.671188094	Lebar patch 5
Lp5'	3.260253318	Panjang patch 5'
Wp5'	1.671188094	Lebar patch 5'
Lp6	3.260253318	Panjang patch 6
Wp6	1.671188094	Lebar patch 6
Lp6'	3.260253318	Panjang patch 6'
Wp6'	1.671188094	Lebar patch 6'
Lf	5	Panjang feed
Wf	1.6	Lebar feed
Lf''	5	Panjang sambungan feed
Wf''	3.2	Lebar sambungan feed
Lb	50	Panjang boundary
Wb	50	Lebar boundary
hb	50	Tinggi boundary
hs	1.6	Tinggi substate
Ws	24.42952674	Lebar Substrate

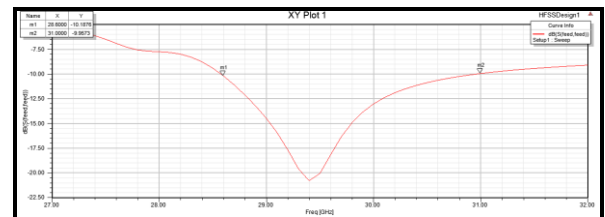


Gambar 5. Tampak 3D antenna mikrostrip

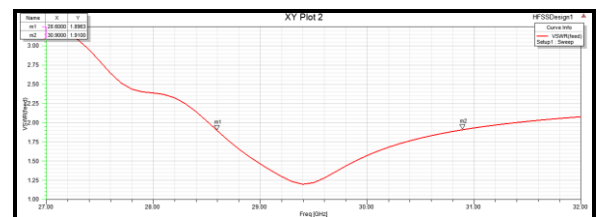
Pada Gambar 6 ditunjukkan hasil simulasi S_{11} untuk rancangan antenna mikrostrip multi slot. Dari kurva tersebut ditunjukkan nilai S_{11} di bawah -10 dB pada rentang frekuensi 28.6 GHz sampai 30.90 GHz dengan nilai S_{11} masing-masing -10.18 dB dan -10.09 dB. Nilai koefisien refleksi minimum terjadi pada frekuensi 29.40 GHz dengan nilai S_{11} -20.78 dB.



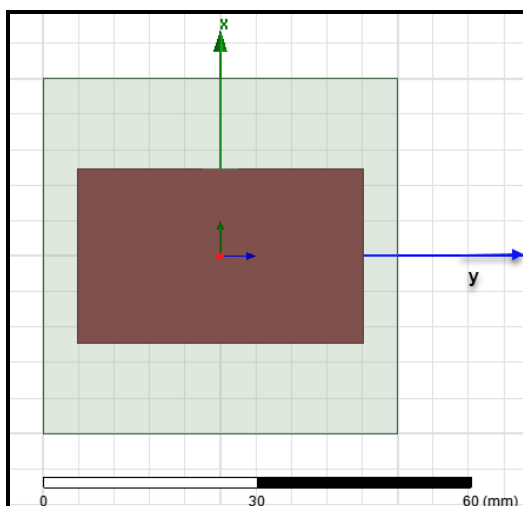
Gambar 3. Tampak atas antenna mikrostrip



Gambar 6. Koefisien refleksi (S_{11})

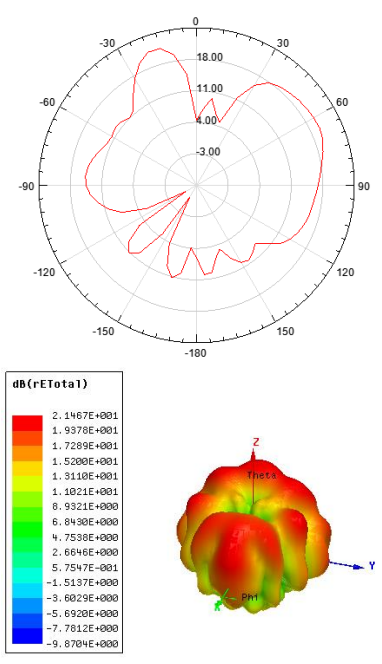


Gambar 7. VSWR

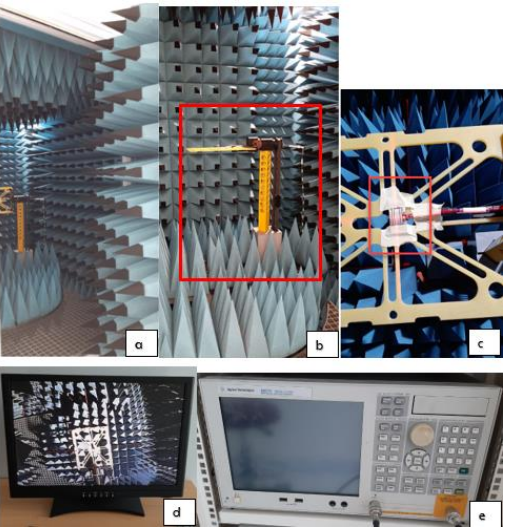


Gambar 4. Tampak bawah antenna mikrostrip

Lebar pita frekuensi atau *bandwidth* ditunjukkan pada daerah dimana nilai S_{11} berada di bawah -9.54 dB. Pada Gambar 5.6 daerah tersebut ditunjukkan pada frekuensi bawah 28.6 GHz dan frekuensi atas 31.3 GHz, dengan demikian diperoleh bandwidth yang cukup lebar sekitar 2900 MHz. Diagram arah radiasi ditunjukkan dengan pola radiasi dua dimensi dan tiga dimensi seperti pada Gambar 8.

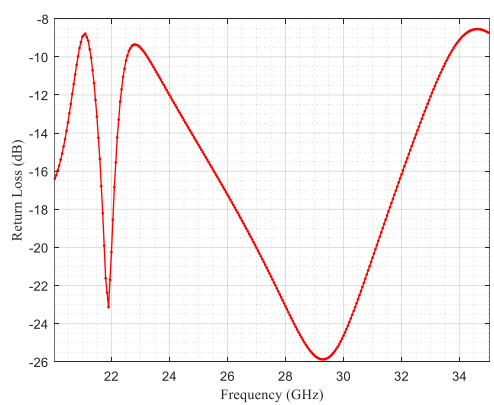


Gambar 8. Pola radiasi 2D dan 3D



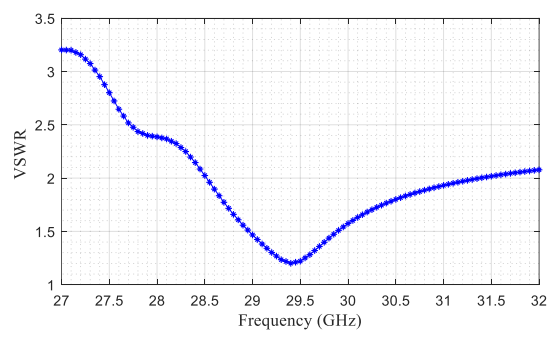
Gambar 9. Pengujian eksperimental

Gambar 10 menunjukkan hasil pengukuran dari rancang bangun antenna mikrostrip struktur multi slot. Dari grafik ditunjukkan hasil yang sedikit berbeda dengan nilai S_{11} yang diperoleh pada tahapan simulasi. Pada pengukuran diperoleh nilai S_{11} di bawah -9.54 dB pada rentang frekuensi yang lebih lebar mulai dari frekuensi 23 GHz sampai 33.75 GHz dengan nilai S_{11} masing-masing -9.6 dB dan -9.64 dB. Nilai koefisien refleksi minimum terjadi pada frekuensi 29.3 GHz dengan nilai S_{11} -25.87 dB.



Gambar 10. Koefisien refleksi (S_{11})

Nilai VSWR hasil pengukuran yang berada pada nilai $0 \leq VSWR \leq 2$ beresonansi pada frekuensi 23 GHz sampai 33.75 GHz. Pada frekuensi 23 GHz diperoleh frekuensi VSWR 1.98 dan pada frekuensi 33.75 GHz diperoleh VSWR 1.99 .



Gambar 11. VSWR

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisa, disimpulkan bahwa antenna mikrostrip struktur multislotted yang dirancang dapat bekerja dengan baik pada rentang frekuensi yang lebar sebesar 10 GHz dengan frekuensi bawah 23 GHz dan frekuensi atas 33 GHz pada tahapan simulasi sedangkan pada tahapan eksperimen diperoleh *bandwidth* selebar 2900 MHz dengan frekuensi bawah 28.6 GHz dan frekuensi atas 31.5 GHz. Rentang frekuensi tersebut baik secara simulasi maupun eksperimen masuk dalam range daerah kerja 5G sesuai dengan rencana implementasi 5G di Indonesia. Nilai VSWR terendah dicapai pada frekuensi 29.27 GHz sebesar 1.10 pada tahap simulasi dan 1.19 pada tahap eksperimen pada frekuensi 29.3 GHz, sedangkan pada frekuensi terbawah dan teratas diperoleh VSWR sebesar 1.99. Sejalan dengan nilai VSWR, nilai *return loss* pada frekuensi 29.27 GHz berada pada nilai -10.10 dB dan pada frekuensi 33.61 GHz pada nilai S_{11} -10.05 dB

Referensi

- [1] Y. Niu, Y. Li, D. Jin, L. Su, and A. V. Vasilakos, "A survey of millimeter wave communications (mmWave) for 5G: opportunities and challenges," *Wirel. Networks*, vol. 21, no. 8, pp. 2657–2676, 2015.
- [2] J. H. Kim, C. H. Ahn, and J. C. Chun, "Bandwidth enhancement of a slot antenna with an open stub," *Microw. Opt. Technol. Lett.*, vol. 60, no. 1, pp. 248–252, 2018.
- [3] S. Dellaoui, A. Kaabal, M. El Halaoui, and A. Asselman, "ScienceDirect ScienceDirect ScienceDirect Patch array antenna with high gain using EBG superstrate for future Patch array antenna with high gain using EBG superstrate for future cellular networks 5G cellular networks Costing models capacity," *Procedia Manuf.*, vol. 22, pp. 463–467, 2018.
- [4] T. S. Rappaport *et al.*, "Millimeter wave mobile communications for 5G cellular: It will work!," *IEEE Access*, vol. 1, pp. 335–349, 2013.
- [5] "A review on activities of fifth generation mobile.pdf." 2017.
- [6] N. Ojaroudiparchin, M. Shen, and G. F. Pedersen, "Multi-layer 5G mobile phone antenna for multi-user MIMO communications," *2015 23rd Telecommun. Forum, TELFOR 2015*, pp. 559–562, 2016.
- [7] N. Ojaroudiparchin, M. Shen, S. Zhang, and G. F. Pedersen, "A Switchable 3-D-Coverage-Phased Array Antenna Package for 5G Mobile Terminals," *IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.*, vol. 15, no. c, pp. 1747–1750, 2016.
- [8] M. M. M. Ali, O. Haraz, S. Alshebeili, and A. R. Sebak, "Broadband printed slot antenna for the fifth generation (5G) mobile and wireless communications," *2016 17th Int. Symp. Antenna Technol. Appl. Electromagn. ANTEM 2016*, pp. 5–6, 2016.