

PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA MIMO 8×8 ARRAY RECTANGULAR PATCH DENGAN U-SLOT PADA FREKUENSI 15 GHZ

Austin Tambunan^{a,1}, Dr. Levy Olivia Nur,S.T, M.T.^{a,1}, Budi Syihabuddin, S.T, M.T.^{a,1}

^aProdi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom,
Jalan. Telekomunikasi No.1 Terusan Buah Batu, Bandung, 40257 INDONESIA
Email: {austintbn@student., levyolivia@, budisyihab@}telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Frekuensi 15 GHz digunakan dalam eksperimen jaringan teknologi 5G, yang di mana frekuensinya jauh lebih tinggi dibandingkan dengan teknologi radio yang dipakai seluler pada saat ini. Namun, karena beroperasi pada frekuensi yang sangat tinggi, sinyal atau gelombang rentan terhadap *obstacles* dan *scattering*. Untuk itulah jaringan teknologi 5G menggunakan teknologi antena dengan sistem *massive* MIMO yang di terapkan pada teknologi *small cells*. Digunakannya *massive* MIMO ditujukan untuk *single array* atau beamforming pada *small cell*.

Tujuan tugas akhir ini adalah merancang sebuah antena MIMO *rectangular patch* pada frekuensi 15 GHz yang akan digunakan pada teknologi *massive* MIMO. Perancangan antena MIMO menggunakan 8 elemen. Bahan substrat antena mikrostrip menggunakan jenis Duroid 5880. Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya yang di mana penelitian sebelumnya menggunakan antena MIMO dengan 4 elemen.

Pada tugas akhir ini teralisasi antena MIMO 8×8 *patch* rektanguler pada frekuensi 15 GHz dengan *Return Loss* terbaik sebesar -23.62 dB dan pada simulasi didapat -16.67 dB. Nilai gain yang di dapat sebesar 9.37 dB, pola radiasi *unidirectional* dan polarisasi *eliptic*.

Abstract

The 15 GHz frequency used in the 5G technology experiments, which use higher frequencies than the radio waves that conventional frequency mobile phones used today. However, because it operates at a very high frequency, the signal can't easily travel through obstacles and scattering. For this reason, 5G networks using technology Antenna with massive MIMO system which is applied to small cells technology. Massive MIMO was intended for single array or beamforming on Small cell.

In this final project designed a MIMO rectangular patch antenna at 15 GHz frequency, used on massive MIMO technology. Design of MIMO antenna, using 8 elements. Substrate material of Microstrip antenna using Duroid 5880. This research is a continuation of Previous studies in which previous studies used antennas MIMO with 4 elements.

In this final project realized an MIMO 8×8 array rectangular patch at 15 GHz with has return loss -23.62 db and simulation -17.67 db. Gain of the antenna is 9.37 dB, polaradiation is unidirectional and polaritation is elliptic.

Keywords: antenna, MIMO, microstrip, rectangular patch.

Email addresses: austintbn@student.telkomuniversity.ac.id (Austin Tambunan),
levyolivia@telkomuniversity.ac.id (Dr. Levy Olivia Nur,S.T, M.T.), budisyihab@telkomuniversity.ac.id (Budi Syihabuddin, S.T, M.T.)

1. Pendahuluan

Jaringan seluler dan *wireless* telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir. Sistem komunikasi *mobile broadband* berbasis *Long Term Evolution* (LTE) saat ini digunakan pada skala global yang menyediakan jaringan layanan kepada ratusan juta orang. Dengan meningkatnya jumlah pengguna (*user*) dan kebutuhan di bidang industri seperti *Internet of Things* (IoT), maka akan sangat dibutuhkan layanan yang *reliable* dan transfer data yang cepat. Salah satu kelebihan teknologi 5G dibandingkan dengan 4G adalah *latency* pada jaringan. *Latency* pada 5G sangat rendah dibandingkan dengan 4G. Sebagai contoh, *latency* pada jaringan 4G berada 40ms sampai 60 ms. *latency* pada jaringan 4G tergolong rendah tapi tidak cukup untuk *real-time response*. Sementara *latency* pada jaringan 5G bisa mencapai 1 ms sampai dengan 10 ms. Teknologi 5G masih dalam tahap penelitian dan pengembangan dan teknologi jaringan pada 5G sangat berbeda dengan jaringan seluler sebelumnya. Teknologi yang diajukan dalam perencanaan jaringan 5G antara lain *millimeter wave*, *small cells*, *massive MIMO*, *full duplex*, dan *beamforming*[1]

Teknologi *millimeter wave* belum digunakan dalam teknologi jaringan seluler sebelumnya. Keterbatasan *bandwidth* menjadi alasan untuk menjadikan spektrum *millimeter wave* sebagai perencanaan teknologi 5G. Frekuensi 15 GHz diajukan oleh NTT DoCoMo dan Ericson sebagai salah satu frekuensi dalam rancangan jaringan 5G [2]. Namun, karena beroperasi pada frekuensi yang sangat tinggi, sinyal atau gelombang rentan terhadap *obstacles*, *fading* yang tinggi, dan *scattering*. Untuk itulah jaringan 5G menggunakan teknologi *beamforming* yang digunakan pada teknologi *massive MIMO* dan *small cells*[1][3][4].

Pada penelitian terkait sebelumnya, dibutuhkan *bandwidth* sebesar 400 MHz dengan pola radiasi yang unidireksional [2]. Namun, antena yang digunakan masih berbentuk horn dan berukuran terlalu besar. Pada penelitian yang merancang antena untuk aplikasi 15 GHz, antena berbentuk grid masih berdimensi terlalu besar untuk disusun dalam sistem MIMO [5]. Untuk mencapai kondisi tersebut, maka antena yang akan digunakan adalah antena mikrostrip dengan *rectangular patch* yang diberi slot berbentuk U dan disusun menjadi array 1x2. Bentuk antena tersebut diambil karena menawarkan bentuk antena yang sederhana, ukuran yang kecil serta mampu mencukupi kebutuhan *bandwidth* lebih besar 400 MHz [6].

2. Antena Mikrostrip

Antena adalah sebuah transduser elektromagnetik yang digunakan untuk mengubah di dalam pengiriman pada saluran transmisi menjadi gelombang yang dipancarkan atau mengubah gelombang yang terpancar menjadi gelombang saluran transmisi/terbimbing. Ada banyak jenis-jenis antena. Salah satunya adalah jenis mikrostrip. Antena mikrostrip terdiri dari *patch* sebagai peradiasi gelombang elektromagnetik, *groundplane* sebagai meradiasikan kembali gelombang dari *patch*, dan substrat yang berfungsi sebagai tempat catuan dan menentukan ukuran dari *patch* [7].

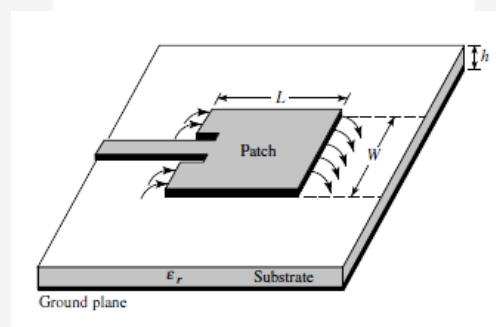


Figure 1: Struktur antena mikrostrip dengan *inset feed*

Untuk menentukan ukuran-ukuran pada antena mikrostrip, digunakan beberapa persamaan. Persamaan berikut adalah persamaan yang umum digunakan dalam menghitung dimensi mikrostrip[8].

Untuk menentukan lebar *patch* (W) dirumuskan sebagai berikut

$$W = \frac{c}{2f} \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right)^{-\frac{1}{2}} \quad (1)$$

c = Kecepatan cahaya pada ruang bebas (3×10^8 m/s)

f = Frekuensi kerja antena yang diinginkan (Hz)

ϵ_r = Dielektrik konstan efektif

Sedangkan untuk menentukan panjang *patch* (L) adalah

$$L = \frac{c}{2f \sqrt{\epsilon_{reff} \sqrt{\mu_0 \epsilon_r}}} - 2\Delta L \quad (2)$$

Dimana nilai dari ϵ_{reff} dan ΔL dihitung menggunakan persamaan

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{W} \right)^{-\frac{1}{2}} \quad (3)$$

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

Dimana:

h = tebal substrat (mm)

μ_0 = permeabilitas bahan dielektrik.

Untuk catuan ke *patch*, digunakan metode *inset feed*. Metode *inset feed* dilakukan agar mampu menambah gain dan bandwidth antena. Berikut persamaan yang dapat digunakan untuk menentukan lebar dan panjang dari *inset feed* [8]

$$L_f = \left(\frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \right) / 4 \quad (5)$$

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

Dimana variabel B dapat dihitung menggunakan persamaan berikut

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

$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} \ln \left(\frac{8h}{W} + \frac{W}{4h} \right) \quad (8)$$

Untuk menghitung lebar dari T - *junction* digunakan persamaan saluran berikut

$$d = \frac{\lambda}{2} \quad (9)$$

Table 1: Spesifikasi Antena

Frekuensi kerja	14,5 – 15,5 GHz
Frekuensi tengah	15 GHz
<i>Bandwith</i>	1 GHz
Impedansi	50 Ω
Gain	≥ 9 dB
VSWR	$\leq 1,5$
Polarisasi	Linier
Polaradiasi	Unidireksional
Mutual Coupling	≤ -20 dB

3. Spesifikasi Perancangan

Penentuan spesifikasi ini didasarkan pada tujuan perancangan, yaitu membuat antena mikrostrip MIMO 8×8 untuk aplikasi komunikasi 5G. Adapun spesifikasi yang diharapkan dapat dicapai oleh antena yang akan dirancang ditampilkan pada *Table 1*. [2][5]

Bahan yang digunakan dalam antena mikrostrip ini adalah tembaga pada *patch* dan *groundplane* dengan ketebalan 0,035 mm. Sementara itu, untuk bahan pada substrat digunakan Duroid 5880. Duroid 5880 memiliki permitivitas (ϵ_r) sebesar 2.2 dan tebal yang digunakan adalah 1.575 mm. Simulasi dilakukan sebanyak 8 tahap, yakni kondisi dengan perhitungan awal, penambahan *inset feed*, patch antena di *array*, penambahan *slot-U*, antena MIMO 2×2 , MIMO 4×4 , dan 8×8 .

Hasil perancangan desain dan simulasi antena MIMO 8×8 pada gambar *Figure 2*.

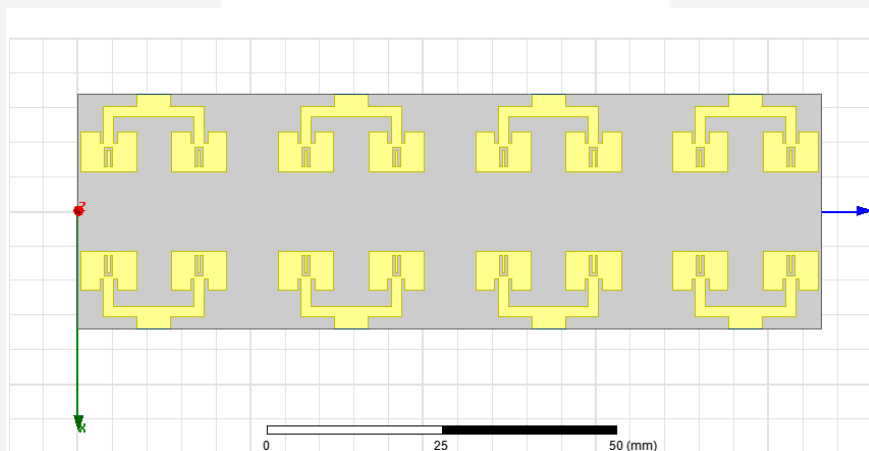


Figure 2: Desain antena pada simulasi

Table 2: Dimensi Antena MIMO 8x8

Nama Variabel	Nilai (mm)	Keterangan
L	7.99	Panjang <i>patch</i>
W	5.69	Lebar <i>patch</i>
L_f	3.27	Panjang Feeder
W_f	4.89	Lebar Feeder
Lg	22	Panjang Groundplane
Wg	17	Lebar Groundplane
Wjunction	14.57	Lebar T-Junction
Wf1	1.48	Lebar feeder pembagi
Lf1	3.89	Panjang feeder pembagi
space	0.54	Jarak antar elemen

4. Hasil Simulasi

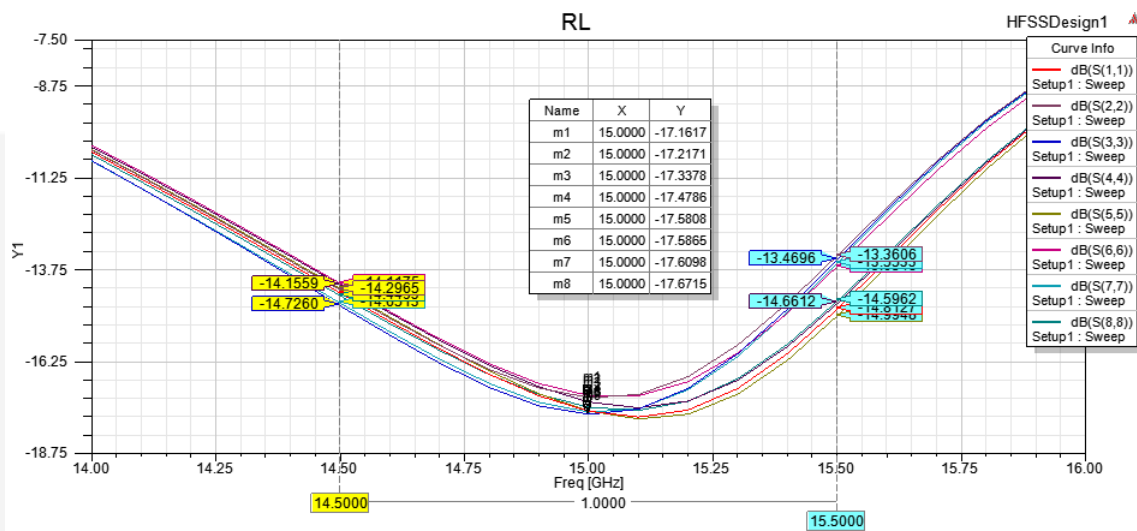


Figure 3: Grafik return loss pada simulasi

Gambar *Figure 3* menampilkan nilai terendah return loss terdapat pada antenna MIMO ke m8. Nilai return loss pada antenna MIMO m8 pada frekuensi 15 GHz senilai -17.67dB, frekuensi 14.5 GHz senilai -14.72 dB, dan frekuensi 15.5 GHz senilai -13.46 dB. Sedangkan nilai terendah return loss terletak pada antenna m1 yakni pada frekuensi 15 GHz senilai -17.161 dB, frekuensi 14.5 GHz senilai -14.117 dB, dan frekuensi 15.5 GHz senilai -13.654 dB.

Pada gambar *Figure 3* didapatkan nilai VSWR terendah pada frekuensi tengah 15 GHz adalah 1.3 pada antenna m8 dan VSWR terbesar pada antenna m1 dengan nilai 1.32. Frekuensi terbawah yang memiliki nilai VSWR 1,49 terletak pada frekuensi 14,5 GHz sementara frekuensi teratas dengan nilai VSWR 1,54 adalah 15,5 GHz. Hal ini enandakan nilai VSWR masing-masing antenna sudah baik dan mencapai nilai yang diharapkan.

Hasil simulasi parameter mutual coupling berdasarkan pada gambar *Figure 5*, nilai mutual coupling terbesar terletak pada S(7,3) S(6,2) S(1,5) S(8,4) senilai -18.86 db yang menandakan terdapat transfer daya dari antenna ke-7 ke antenna ke-3 dan sebaliknya. Kesimpulannya adalah mutual coupling antar antenna belum baik pada port S(7,3) S(6,2) S(1,5) S(8,4) Mutual coupling yang baik berada pada nilai dibawah -20 dB.

Berdasarkan hasil pengukuran sesuai gambar grafik *Figure 6*, terdapat perbedaan pengujian antara hasil simulasi dan hasil realisasi, hal ini disebabkan oleh perbedaan kondisi pengujian. Pengujian hasil simulasi

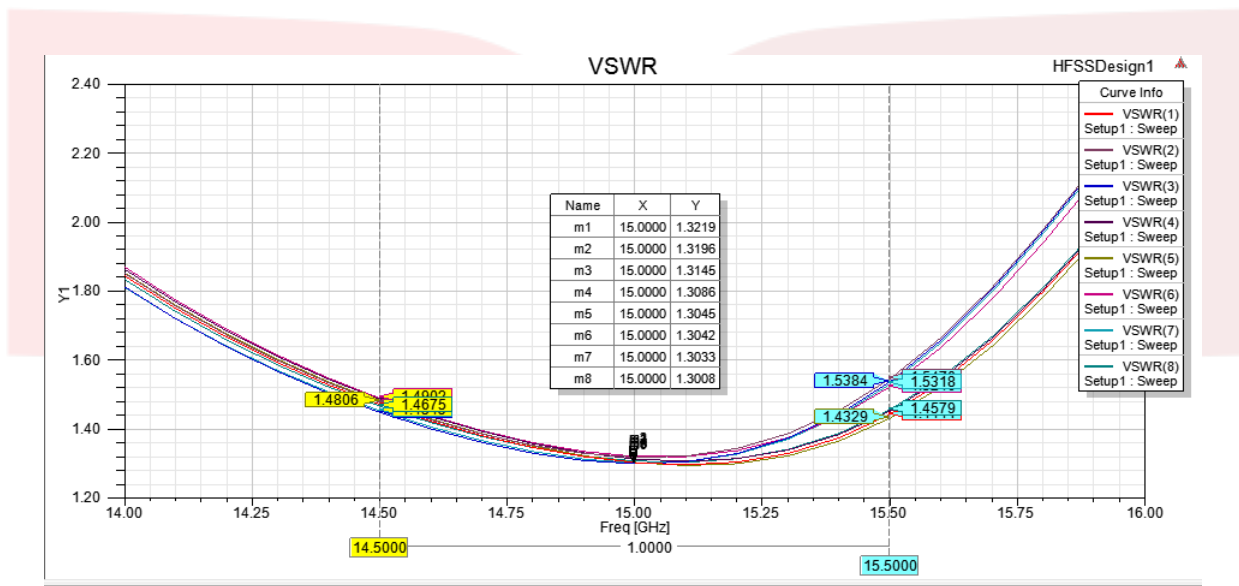


Figure 4: Grafik VSWR pada simulasi

dalam kondisi ideal sedangkan pengujian hasil realisasi dalam kondisi tidak ideal. Kondisi ideal yang dimaksud adalah, pada simulasi tidak ada kesalahan dalam fabrikasi, antenna berada dalam kondisi vakum, tidak mengalami pemantulan medan jauh. Sedangkan yang dimaksud dari kondisi tidak ideal adalah terdapatnya kesalahan fabrikasi yaitu tingkat presisi fabrikasi hanya 0.05 mm, tetapi di simulasi dimensi antenna mencapai perbedaan 0.001. Lalu kondisi konektor yang tidak sesuai dan faktor penyolderan membuat hasil ukur antenna yang sudah di fabrikasi tidak bisa di dapat secara simulasi.

Berdasarkan gambar pola radiasi Figure 7, hasil pengukuran antenna realisasi yang telah ternormalisasi didapat bentuk pola radiasi antenna adalah direksional secara azimuth maupun elevasi. Namun hasil pola radiasi tersebut dari beberapa elemen antenna realisasi terdapat cuping belakang (back lobe), hal ini disebabkan keadaan lingkungan saat pengukuran yang masih belum optimum karena terdapat banyak benda maupun alat di dalam tempat pengukuran dan *anechoic chamber* tidak ideal menyerap gelombang.

Pada Tabel 3, di dapat hasil terbaik pada salah satu port antenna simulasi dan realisasi yaitu, pada antenna port 5.

Table 3: Dimensi Antena MIMO 8x8

Nama Variabel	Simulasi Awal	Pengukuran
<i>Return Loss</i> 15 GHz	-17.67 dB	-23.6291
<i>Return Loss</i> 14.5 GHz	-15.03	-12.02
<i>Return Loss</i> 15.5 GHz	-15.44	-14.99
VSWR	1.30	1.24
<i>Mutual Coupling</i>	≈ -30	≈ -30
Pola Radiasi	Unidireksional	Unidireksional
Polarisasi	Linier	eliptic
Gain	9.37	9.94

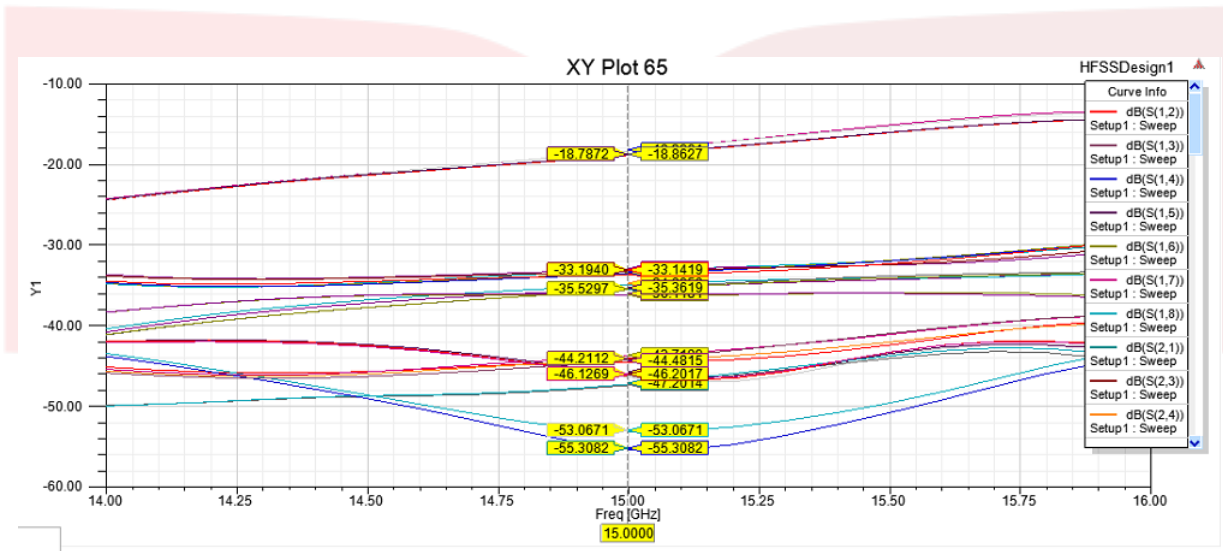


Figure 5: Grafik *Mutual Coupling* antena

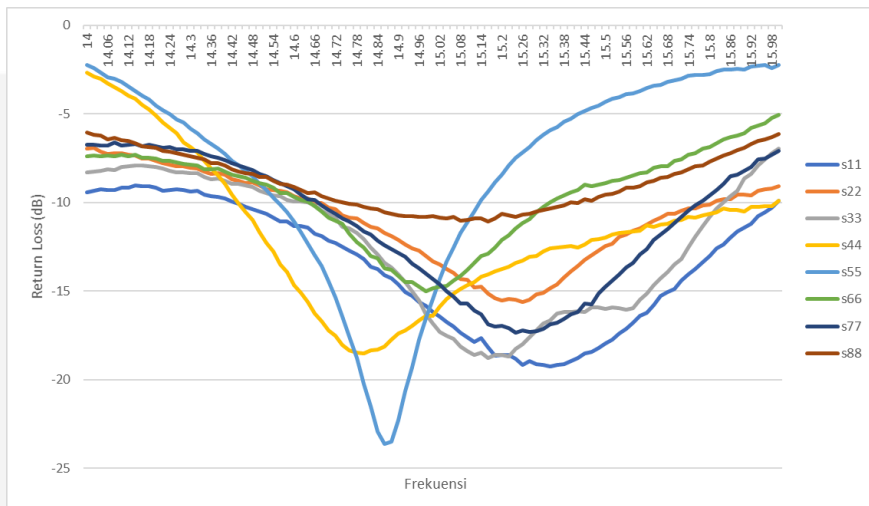


Figure 6: Grafik *return loss* realisasi

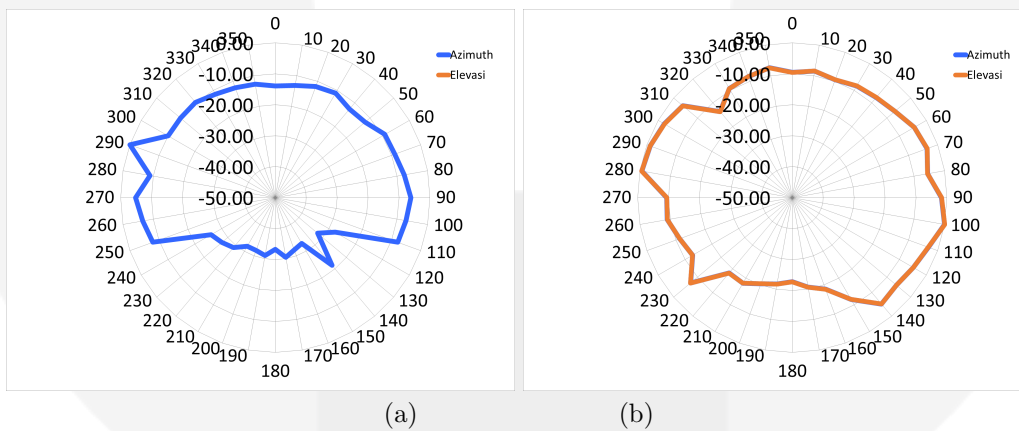


Figure 7: Hasil pola radiasi pengukuran: (a) azimuth (b) elevasi.

5. Kesimpulan

Hasil dari perancangan ini dicapai hasil return loss terbaik pada -23.63 dB dan hasil mutual coupling \leq -20 dB. Nilai *gain* tertinggi diperoleh 9.37 dB dengan pola radiasi unidireksional. Axial ratio yang didapatkan sebesar 9.65 dB hal tersebut menunjukkan polarisasi berbentuk elips. Terdapat perbedaan hasil baik pada simulasi dan realisasi. Pada simulasi hasil mendekati kondisi spesifikasi. Sedangkan pada realisasi, rata-rata frekuensi kerja antenna bergeser/tidak sesuai spesifikasi. Frekuensi antenna yang sangat tinggi juga menyebabkan antenna sangat sensitif terhadap lingkungan. Oleh karena itu faktor fabrikasi sangat berperan penting dalam proses pembuatan dimensi antenna.

References

- [1] A. Nordrum, "Everything You Need to Know About 5G," <https://spectrum.ieee.org/video/telecom/wireless/everything-you-need-to-know-about-5g/>, 2017, [Online; accessed 27-Jan-2017].
- [2] K. Tateishi, D. Kunta, A. Harada, Y. Kishryama, S. Parkvall, E. Dahlman, and J. Furuskog, "Field experiments on 5g radio access using 15-ghz band in outdoor small cell environment," in *2015 IEEE 26th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC)*, Aug 2015, pp. 851–855.
- [3] R. N. Mitra and D. P. Agrawal, "5g mobile technology: A survey," *ICT Express*, vol. 1, no. 3, pp. 132 – 137, 2015, special Issue on Next Generation (5G/6G) Mobile Communications. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405959515300503>
- [4] Ericsson, "5G Radio Access," White Paper, 2015.
- [5] M. Sani Yahya and S. Rahim, "15 ghz grid array antenna for 5g mobile communications system," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 58, no. 12, pp. 2977–2980, 2016. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1002/mop.30190>
- [6] P. Daud, D. Mahmudin, A. A. Fathnan, I. Syamsu, T. T. Estu, and Y. N. Wijayanto, "Inset-fed u-slotted patch antenna array for 10ghz radio-over-fiber applications," in *2016 IEEE International Conference on Semiconductor Electronics (ICSE)*, Aug 2016, pp. 117–120.
- [7] I. Singh and D. V S Tripathi, "Micro strip patch antenna and its applications: a survey," vol. 2, pp. 1595–1599, 09 2011.
- [8] C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*. Wiley-Interscience, 2005.