

# PERANCANGAN DAN ANALISIS MIMO MIKROSTRIP PATCH RECTANGULAR DUAL BAND ( 6 GHz DAN 28 GHz) UNTUK KOMUNIKASI *INDOOR*

Dziqru Akbar<sup>1</sup>, Rina Pudji Astuti<sup>2</sup>, Bambang Setia Nugroho<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup>Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia

<sup>1</sup>dziqruakbar@student.telkomuniversity.ac.id,<sup>2</sup>rinapudjiastuti@telkomuniversity.ac.id,  
<sup>3</sup>bambangsetianugroho@telkomuniversity.ac.id

## Abstrak

Teknologi 5G adalah sebuah fase selanjutnya dari 4G. Kandidat frekuensi yang akan digunakan pada teknologi 5G ini berada pada spektrum gelombang milimeter. Salah satu teknologi yang mendukung 5G adalah *Multiple Input Multiple Output* (MIMO). *Internet of Things* (IoT) sebagai bagian dari teknologi 5G perlu dikembangkan di Indonesia, khususnya untuk mendukung komunikasi *indoor* maupun *outdoor*. Pada penelitian ini, dirancang antenna MIMO mikrostrip yang bekerja pada frekuensi 6 GHz dan 28 GHz, dengan masing-masing frekuensi memiliki *patch* dan dimensi yang berbeda. Antena dirancang menggunakan metode *compact* MIMO tetapi dengan desain yang sedikit berbeda dan hanya menggunakan *patch* persegi saja. Antena memiliki pola radiasi unidireksional, polarisasi linear, dan teknik pencatuannya adalah *proximity coupled* serta *cross polarization*. Hasil dari perancangan yang dilakukan, didapatkan antenna MIMO *dual-band* di 6 GHz dan 28 GHz dengan nilai parameter S11 terbesar -17,7 dB, *gain* terkecil sebesar 4,86 dBi, dan *bandwidth* 870 MHz untuk frekuensi 28 GHz dan 60,2 MHz untuk frekuensi 6 GHz. Setelah dilakukan perancangan, selanjutnya dilakukan analisis terhadap parameter *gain*, pola radiasi, koefisien korelasi, dan *mutual coupling*.

**Kata Kunci:** MIMO, antenna, 5G, *dual-band*, *millimeter wave*

## Abstract

5G technology is the next phase of 4G technology. The candidate frequency that will be used in 5G will be in millimeter spectrum. One of the technology that support 5G is Multiple Input Multiple Output (MIMO). 5G is needed for IOT development in Indonesia specifically for indoor. One of the spectrum frequency of 5G is 28 GHz. In the study conducted by Linsheng Li, the compact array of massive MIMO dual band antenna design use a cross and rectangular patch in 5.4 GHz and 15 GHz frequency. In this research, the MIMO microstrip antenna will be designed in 6 GHz and 28 GHz frequency, with different patch and dimension on every frequency. The antenna is designed with compact MIMO method but with a slightly different design from previous study and using only rectangular patch. The antenna has unidirectional radiation pattern, linear polarization, and proximity coupled port. Optimization will be done until the antenna fulfilled the specification. The result of the simulation at 6GHz and 28 GHz dual band MIMO antenna are highest return loss at -17.7 dB, smallest gain at 4.86 dBi, bandwidth at 870 MHz for 28 GHz, and 60.2 MHz for frequency 6 GHz. After the simulation gain, radiation pattern, coefficient correlation, and mutual coupling will be analyzed.

**Key Words:** MIMO, antenna, 5G, *dual-band*, *milimeter wave*

## 1. Pendahuluan

Kebutuhan komunikasi data nirkabel berkecepatan dan mobilitas tinggi di Indonesia dari tahun ke tahun semakin meningkat. Inovasi dan efektivitas kegunaan informasi dan komunikasi teknologi (ICT) menjadi bagian penting untuk peningkatan ekonomi di Indonesia. Teknologi Internet

of Things (IoT) termasuk teknologi yang membutuhkan 5G dalam perkembangannya di Indonesia. Teknologi generasi ke-5 atau 5G direncanakan akan resmi menjadi standar sistem operasi seluler pada tahun 2020 [1]. Kandidat frekuensi yang akan digunakan pada 5G berada pada spektrum *millimeter wave* (*mmWave*) [2]. Pada tahun

2016, Korea Selatan, Amerika, dan Jepang setuju membentuk grup konsultatif, untuk menetapkan pita 28 GHz sebagai standar untuk jaringan 5G, dan menggunakannya sebagai standar internasional. Pita 28 GHz dapat menggunakan frekuensi di antara 26,5 GHz dan 29,5 GHz [3].

Dibalik kelebihan yang dimiliki oleh 5G, masih terdapat banyak kekurangan. Atmosfer dapat dengan mudah menyerap *mmWave*, sehingga membatasi ruang lingkup transmisi 5G. Hujan, kabut, dan partikel pada udara meredam sinyal. Air hujan juga memiliki dimensi yang sama dengan panjang gelombang radio, sehingga membuat *mmWave* menyebar. Karena banyak kendala yang dihadapi pada *mmWave*, standar organisasi telekomunikasi dan *mobile operator* akan sangat bergantung dengan spektrum sub-6 GHz [4]. Gelombang radio pada frekuensi sub-6 GHz dipertimbangkan untuk mengirimkan sinyal seluler, karena dapat menembus material berupa beton dan kaca [5]. Oleh karena itu, *patch* 28 GHz akan digunakan untuk antenna *indoor*, yang menghubungkan IoT pada *Base Transceiver Station* (BTS) atau *mobile user* di sekitarnya dan *patch* 6 GHz akan digunakan untuk menghubungkan IoT pada *mobile user* di sekitar antenna. Salah satu tantangan 5G ini memiliki *mutual coupling* yang rendah.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Linsheng Li [6], terdapat desain *compact array massive Multiple Input Multiple Output MIMO dual band antenna* dengan menggunakan *patch cross* dan persegi, tetapi berada pada frekuensi 5,4 GHz dan 15 GHz; *patch* frekuensi 5,4 GHz terdapat 48 elemen, sedangkan pada 15 GHz terdapat 63 elemen; pada frekuensi 5,4 GHz memiliki S11 di bawah -6 dB dan *mutual coupling* di bawah -10 dB; sedangkan frekuensi 15 GHz memiliki S11 di bawah -10 dB dan *mutual coupling* di bawah -20 dB. Pada penelitian ini, dirancang antenna MIMO mikrostrip dengan *patch* persegi yang bekerja pada frekuensi 6 GHz dan 28 GHz. Antena dirancang dengan menggunakan metode *compact dual-band MIMO*, tetapi dengan desain yang sedikit berbeda dan hanya menggunakan *patch* persegi saja. Antena diperuntukkan untuk pemakaian *indoor* dan akan dianalisis parameter koefisien korelasi, dan *mutual coupling*. Antena ini didesain agar menghemat bahan pembuatannya antenna dan mengurangi *coupling* dari masing-masing frekuensi. Fokus penelitian ini adalah bagaimana merancang suatu antenna yang sesuai dengan spesifikasi untuk pemakaian *indoor*. Analisis selanjutnya dilakukan terhadap parameter yang didapatkan, untuk selanjutnya dilihat performansinya.

## 2. Perancangan

Perancangan sistem atas penentuan spesifikasi antenna, menentukan besar dimensi antenna, dan

simulasi.

### 2.1 Spesifikasi antenna

Spesifikasi antenna menjadi bagian penting dalam proses perancangan. *Mutual coupling*  $\leq -20$  dB dan *return loss*  $\leq -10$  dB merupakan spesifikasi awal agar antenna berjalan dengan baik [7]. Antena yang akan dibuat adalah antenna mikrostrip MIMO *patch rectangular* dengan spesifikasi sebagai transmitter pada mini BTS atau antenna *indoor*. Polarisasi yang dibutuhkan linear karena desain antenna menggunakan teknik pencatutan *cross polarization* dan *gain* yang digunakan minimal 4 dBi karena referensi menyatakan bahwa antenna 5G akan ada di setiap bangunan dan cakupan ruang lingkungannya rendah agar bitrate semakin besar. Spesifikasi antenna yang dibuat dapat dilihat pada Tabel 1. Spesifikasi antenna didapat dari antenna referensi *indoor*.

Tabel 1. Spesifikasi antenna

Parameter	Keterangan
<i>Return loss</i>	$\leq -10$ dB
<i>Gain</i>	$\geq 4$ dBi
Pola radiasi	Unidireksional
Polarisasi	linear
<i>Mutual coupling</i>	$\leq -20$ dB
Frekuensi	6 GHz dan 28 GHz

### 2.2 Dimensi antenna

Antena terdiri dari *patch*, *feed line*, substrat, dan *groundplane*. Perhitungan dimensi antenna secara umum bergantung pada frekuensi kerja dan jenis bahan yang digunakan. Persamaan 1-5 adalah rumus yang digunakan dalam menentukan dimensi antenna [7].

1. Lebar konduktor

$$w = \frac{c}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \tag{1}$$

dengan:

- w: lebar konduktor (m),
- c: kecepatan cahaya (m/s),
- f<sub>r</sub>: frekuensi kerja antenna

2. Konstanta dielektrik

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[ 1 + 12 \frac{h}{w} \right]^{-\frac{1}{2}} \tag{2}$$

dengan:

- $\epsilon_r$ : konstanta dielektrik
- $\epsilon_{reff}$ : konstanta dielektrik relative
- h: tebal substrat (m)

3. Parameter pertambahan panjang L akibat *fringing effect*

$$\Delta l = 0.412h \frac{(\epsilon_{reff} + 0.3) \left(\frac{w}{h} + 0.264\right)}{(\epsilon_{reff} - 0.258) \left(\frac{w}{h} + 0.8\right)} \quad (3)$$

4. Panjang konduktor

$$L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (4)$$

5. Panjang dan lebar substrat

$$W_{substrat} = 6h + W_{patch} \quad (5)$$

$$L_{substrat} = 6h + L_{patch} \quad (6)$$

**Tabel 2. Nilai SNR pada Dimensi patch**

Parameter	Dimensi (mm) 28 GHz	Dimensi (mm) 6 GHz	Keterangan
<i>W<sub>f</sub></i>	4,232	20,512	Lebar patch
<i>W<sub>s</sub></i>	4,994	17,552	Lebar substrat
<i>L<sub>s</sub></i>	4,31	19,75	Panjang substrat
<i>L<sub>f</sub></i>	3,548	16,79	Panjang patch
<i>W<sub>f</sub></i>	0,3907	0,342	Lebar catuan

**Tabel 3. Nilai SNR pada Dimensi antenna setelah optimisasi**

Dimensi Antena	Nilai(mm)
Lebar patch 6 GHz	16,4
Panjang patch 6 GHz	18,3
Lebar feed line 6 GHz	0,8
Lebar patch 28 GHz	3,3
Panjang patch 28 GHz	4,4
Lebar feed line 28 GHz	0,4
Lebar substrat	47,5
Panjang Substrat	47,5

**Tabel 4. Nilai SNR pada Parameter antenna setelah optimisasi**

Parameter	Frekuensi 28 GHz	Frekuensi 6 GHz
<i>Bandwidth</i>	870 MHz	60,2 MHz
<i>Return loss</i>	-18,12 dB	-17,7 dB
Gain terkecil	8,01 dBi	4,86 dBi
Pola radiasi	Unidireksional	Unidireksional
Polarisasi	Linier	Linier
Mutual coupling	-26,3 dB	-35,07 dB

Pembuatan antenna mikrostrip MIMO dilakukan secara bertahap karena optimisasi dibutuhkan pada setiap tahapan. Pembuatan antenna mikrostrip dilakukan seperti ini agar parameter yang diubah selanjutnya tidak signifikan. Pada penelitian ini, dimensi awal antenna dapat dilihat pada Tabel 2.

Setelah simulasi pertama antenna dioptimisasi, kemudian antenna 6 GHz dan 28 GHz dijadikan MIMO 22. Kedua patch dioptimisasi kemudian patch 6 GHz dijadikan MIMO 44. Setelah frekuensi 6 GHz dan 28 GHz dioptimisasi, diselipkan patch 28 GHz diantara patch 6 GHz. Gambar 3-7 adalah daftar gambar masing-masing perancangan.

Teknik pencatutan *cross-polarization* diterapkan pada perancangan antenna, seperti divisualisasikan pada Gambar 8. Kotak kecil pada gambar melambangkan *feedline* dari mikrostrip. Ukuran konektor yang digunakan sebagai acuan adalah RG 188 A/U. Konektor dihubungkan dengan cara melubangi substrat serta *groundplane* dan menghubungkan konektor ke *feedline*.

### 2.3 Simulasi

Antenna yang telah disimulasikan kemudian dioptimisasi dan disusun. Setiap penyusunannya pun dioptimisasi, agar spesifikasi antenna terpenuhi. Berdasarkan hasil simulasi 1 cluster antenna (4 patch 6 GHz dan 8 patch 28 GHz) dan optimisasi, didapat nilai dari dimensi antenna seperti tertera pada Tabel 3.

Gambar 8 mewakili salah satu nilai *axial ratio* dari satu cluster MIMO. Diketahui bahwa nilai *axial ration*nya adalah 40 dB.

Gambar 9 mewakili salah satu pola radiasi dari satu clusters MIMO. Diketahui bahwa pola radiasinya adalah unidireksional.

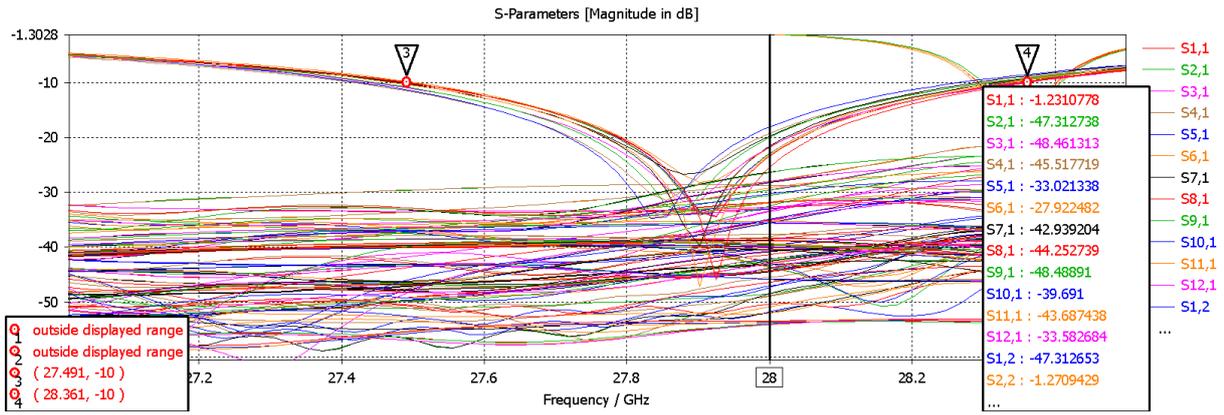
### 3. Analisis

Analisis dilakukan berdasarkan *gain* dan pola radiasi, dengan cara membandingkan kondisi parameter *mutual coupling* dan koefisien korelasi saat keadaan satu cluster *dual-band* dengan saat MIMO 4x4 6 GHz. Berikut adalah analisis dari tiap parameter.

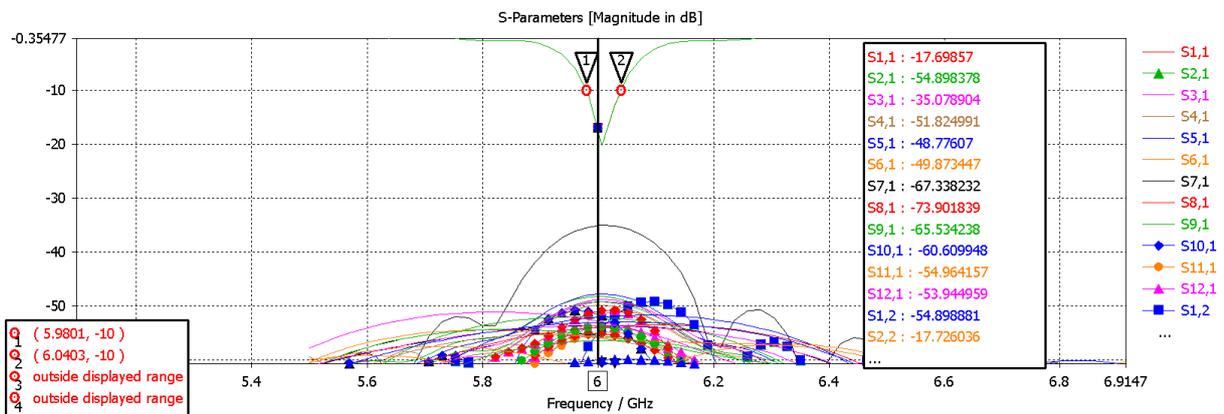
#### 3.1 Analisis Koefisien Korelasi

Gambar 11 menunjukkan grafik koefisien korelasi dari simulasi satu cluster *dual-band*. Dapat dilihat bahwa nilai terbesar adalah  $1,20 \times 10^{-5}$ , nilai terkecil adalah  $4,74 \times 10^{-7}$ , dan rata-rata koefisien korelasinya adalah  $2,103 \times 10^{-6}$ .

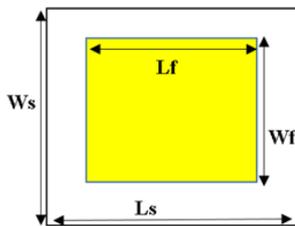
Gambar 12 menunjukkan grafik koefisien korelasi dari simulasi MIMO 4x46 GHz. Dapat dilihat bahwa nilai koefisien korelasi terbesar adalah  $4,108 \times 10^{-5}$ , nilai terkecil adalah  $2,62 \times 10^{-8}$ , dan rata-ratanya adalah  $9,27 \times 10^{-5}$ .



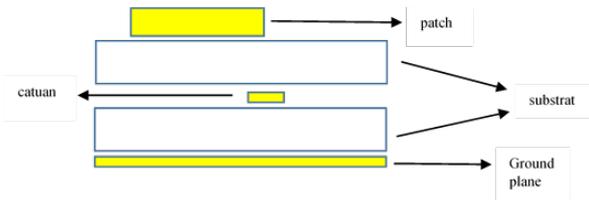
Gambar 1. S-parameter 28 GHz



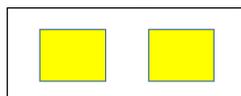
Gambar 2. S-parameter 6 GHz



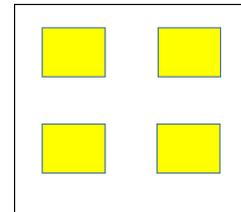
Gambar 3. Tampak depan



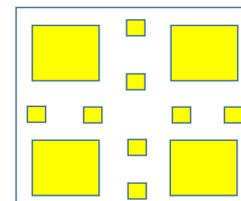
Gambar 4. Tampak samping



Gambar 5. MIMO 22

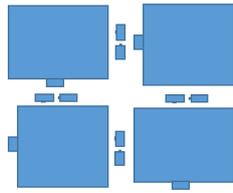


Gambar 6. MIMO 44

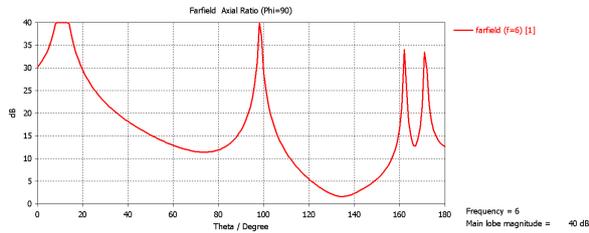


Gambar 7. satu cluster dual-band

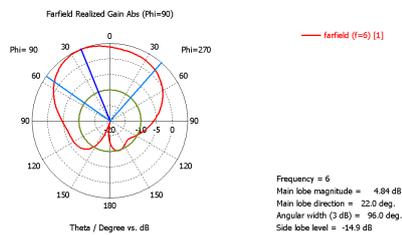
Penyelipan *patch* 28 GHz mempengaruhi nilai koefisien korelasi *patch* 6 GHz. Nilai rata-rata koefisien korelasi setelah diselipkan *patch* 28 GHz menjadi lebih kecil. Terlihat pada grafik bahwa penyelipan *patch* 28 GHz membuat grafik koefisien korelasi menjadi lebih tidak stabil.



Gambar 8. Visualisasi cross-polarization



Gambar 9. Grafik axial ratio

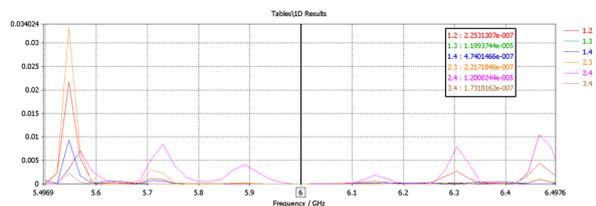


Gambar 10. Grafik polar dari pola radiasi

### 3.2 Analisis mutual coupling

Mutual coupling patch 6 GHz pada satu cluster patch 6 GHz dibandingkan nilainya antara sebelum/sesudah diselipkan patch 28 GHz.

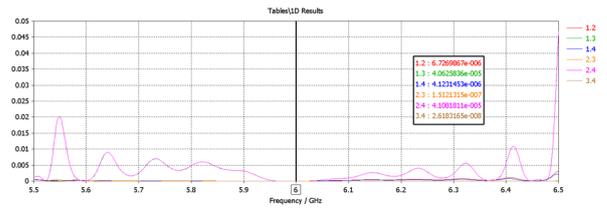
Pada Gambar 13 terlihat bahwa mutual coupling patch 6 GHz paling besar bernilai -35,07 dB sedangkan pada gambar 14 terlihat bahwa mutual coupling patch 6 GHz bernilai -29,06 dB. Penyelipan patch 28 GHz pada satu cluster 6 GHz menyebabkan nilai mutual coupling mengecil. Pada setiap gambar ditampilkan port yang berhubungan menghasilkan nilai coupling dan korelasi tertentu.



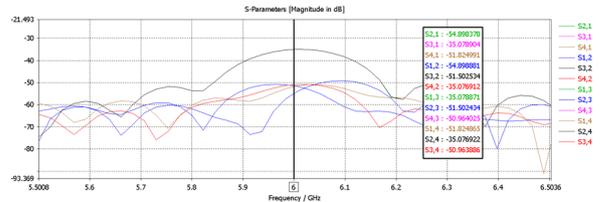
Gambar 11. Grafik Koefisien Korelasi satu cluster dual-band

### 3.3 Analisis Gain dan Pola Radiasi

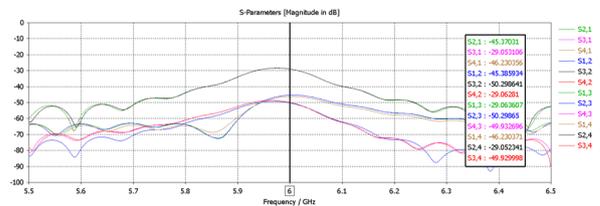
Gain antenna dari suatu patch yang ukurannya sama dapat berbeda-beda saat ditempatkan di berbagai posisi. Patch satu dapat mempengaruhi antenna yang



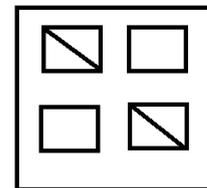
Gambar 12. Grafik koefisien korelasi MIMO 4x4 GHz



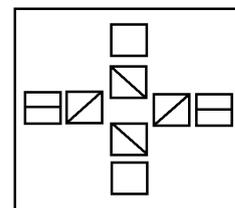
Gambar 13. Grafik mutual coupling cluster dual band



Gambar 14. Grafik mutual coupling 1 cluster 6 GHz

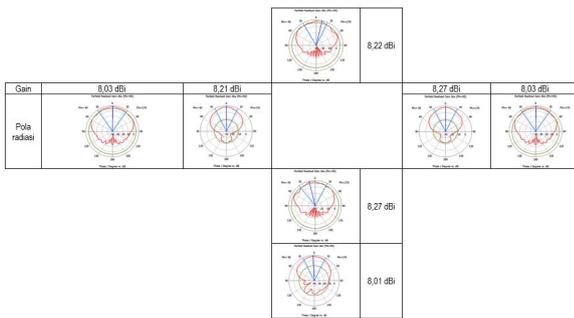


Gambar 15. Visualisasi pola dari pola radiasi 6 GHz

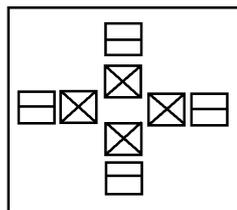


Gambar 16. Visualisasi pola dari pola radiasi 28 GHz

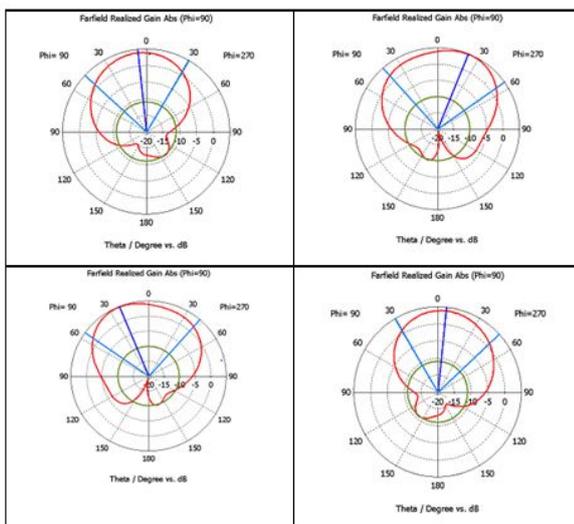
lain, walaupun korelasi dan mutual coupling dari patch satu dengan yang lain sangat kecil. Berikut adalah analisis dari masing-masing frekuensi.



**Gambar 17. Penjelasan visualisasi pola radiasi dan gain 28 GHz**



**Gambar 18. Visualisasi pola dari gain 28 GHz**



**Gambar 19. Penjelasan visualisasi pola 6 GHz**

**3.3.1 Gain dan Pola Radiasi 6 GHz**

Pada frekuensi 6 GHz besar gain dari masing-masing patch sama besar yaitu 4,86 dBi, tetapi pola dari pola radiasi pada frekuensi 6 GHz berpola. Visualisasi pola dari pola radiasi dapat dilihat pada Gambar 15 dan diperjelas dengan Gambar 19.

**3.3.2 Gain dan Pola Radiasi 28 GHz**

Pada frekuensi 28 GHz besar gain dari masing-masing patch berbeda-beda dan membentuk

pola. Pola radiasi pada frekuensi 28 GHz juga berpola. Visualisasi pola dari pola radiasi dan gain dapat dilihat pada Gambar 16 dan 18 serta diperjelas dengan

Gambar 17.

**4. Kesimpulan**

Hasil yang diperoleh dari simulasi tersebut yaitu antenna yang dibuat sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan dengan nilai S-parameter dari setiap patch memiliki besar < -15 dB. Penambahan patch 28 GHz menurunkan nilai koefisien korelasi dan mutual coupling. Nilai mutual coupling mempengaruhi pola dari gain dan pola radiasi sehingga membuat pola gain dan pola radiasi berbeda walaupun letak dari patch-nya sama.

**Daftar Pustaka**

[1] Wired, “What is 5g and when will it come to the uk? 5g phones explained,” 2017. [Online]. Available: <http://www.wired.co.uk/article/wired-explains-5g>

[2] Q. Technologies, “Mobilizing 5g nr millimeter wave: Network coverage simulation studies for global cities,” 2017.

[3] N. Farrell, “Pressure building for 5g to use 28ghz band as the standard,” February 2017. [Online]. Available: <http://www.fudzilla.com/news/42431>

[4] J. P. Toms, “The importance of 5g in the sub-6ghz spectrum bands,” Aug 2016. [Online]. Available: <http://www.rcrwireless.com/20160815/fundamentals/5g-sub-6ghz-tag31-tag99>.

[5] A. Nordrum, ““real 5g” will broadcast above 6 gigahertz, says analyst,” Sep 2016. [Online]. Available: <https://spectrum.ieee.org/tech-talk/telecom/wireless/real-5g-will-broadcast-above-6-gigahertz-analyst-says>

[6] L. Li, M. Ali, and K. Haneda, “Compact dual-band antenna array for massive mimo,” in *Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC), 2016 IEEE 27th Annual International Symposium on*. IEEE, 2016, pp. 1–6.

[7] C. A. Balanis, “Antena theory analisis dan design,” 2005.