

PERANCANGAN DAN ANALISIS ANTENA MASSIVE MIMO MIKROSTRIP PATCH PERSEGI PANJANG DENGAN POLARISASI LINIER UNTUK KOMUNIKASI 5G (28GHz)

Alfrina Dyah Purnamasari¹, Rina Pudji Astuti² dan Bambang Setia Nugroho

¹Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

^{2,3}Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹alfrinadvah@students.telkomuniversity.ac.id, ²rinapudjiastuti@telkomuniversity.ac.id,

³bambangsetianugroho@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Teknologi 5G adalah suatu perkembangan teknologi terbaru yang diperkirakan akan mulai diimplementasikan di Indonesia pada tahun 2020. Teknologi ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan layanan berbasis teknologi nirkabel (*mobile wireless*). Terutama kebutuhan akan *very high data rate, great service, low latency*, dan *support high mobility* yang belum dapat terpenuhi oleh teknologi sebelumnya. Pada tahun 2020, diperkirakan jaringan *mobile* dapat terkoneksi kapan saja dan dimana saja. Salah satu kriteria 5G adalah mampu beradaptasi dengan jumlah user yang menggunakan. Teknik *on/off* merupakan salah satu teknik yang dapat dilakukan untuk melihat pola dari beberapa parameter dari suatu antenna.

Pada penelitian sebelumnya, telah dilakukan perancangan dan analisis antenna *massive MIMO* mikrostrip dengan pencatutan *proximity feed* berpolarisasi *cross linier* untuk komunikasi 5G (28 GHz). Kemudian, telah dilakukan juga perancangan antenna *Massive MIMO* dual frekuensi pada frekuensi 28/38 GHz. Pada penelitian tersebut, belum dilakukan belum dilakukan perancangan antenna planar *massive MIMO* pada frekuensi 28 GHz.

Pada tugas akhir ini dilakukan perancangan antenna *Massive MIMO* berpolarisasi linier yang bekerja pada frekuensi 28 GHz dan dilakukan penerapan teknik *on/off*. Antena yang dirancang adalah antenna mikrostrip berjumlah 64 elemen antenna dengan bentuk *patch* persegi panjang, berpola radiasi unidireksional dengan menggunakan substrat *rogers duroid 5880*. Optimasi dilakukan pada tiap tahapan perancangan antenna dari 1 antenna, 2 antenna, empat antenna, 8 antenna, 16 antenna, dan 64 antenna.

Antena *massive MIMO* yang telah dirancang memperoleh bentuk polarisasi linier dengan nilai *Return Loss* rata-rata dibawah -10dB, *gain* rata-rata diatas 7,5 dB, dan *bandwidth* lebih besar dari 667 MHz. Kemudian dilakukan teknik *on/off* dan melihat pengaruh terhadap parameter antenna yang telah di buat.

Kata kunci : Antena *massive MIMO*, 5G, Polarisasi Linier

Abstract

5G technology is a new technology development that is expected to begin to be implemented in Indonesia in 2020. This technology is used to meet the needs of wireless technology-based services (*Mobile wireless*). Especially in the need of *very high data rate, great service, low latency*, and *support high mobility* cannot be fulfilled by the previous technology. In 2020, the mobile network can be connected anytime and anywhere. One of the 5G criteria is being able to adapt to the number of users that using. Mechanical *on / off* is one of the technique that can be done to look at the pattern of some parameters of an antenna.

In previous studies, have been carried out the design and analysis of *massive MIMO* antenna micro strip with *proximity feed* rationing *cross linear polarization* for communication 5G (28 GHz). Then, there has been also designing dual frequency antenna *MIMO Massive* at 28/38 GHz frequency. In these studies, there's yet a study of *massive planar antenna design MIMO* in the frequency of 28 GHz.

In this final project is to design a linear polarized antenna *Massive MIMO* who works at a frequency of 28 GHz and application of method performed *on / off*. Designed antenna is micro strip antenna of the antenna elements numbered 64 to form a rectangular patch, unidirectional radiation pattern using *Duroid Rogers substrate 5880*. Optimization is performed at each stage of antenna design of 1 antenna, 2 antennas, four antennas, 8 antennas, 16 antennas, and 64 antennas.

Massive MIMO antenna has been designed to take shape with the linear polarization *Return Loss* values averaging below 10dB, average gain above 7.5 dB, and a bandwidth greater than 677 MHz then done the *on / off* method and see the effect on antenna parameters that have been made.

Keywords : *MIMO massive antenna, 5G, Linear Polarization*

1. Pendahuluan

Teknologi komunikasi nirkabel telah berkembang sangat pesat seiring dengan kebutuhan pengguna akan kualitas sistem komunikasi yang berkecepatan tinggi, efisien, handal dan berkualitas[1]. Oleh karena itu diperlukan teknologi yang dapat mengatasi permasalahan tersebut. Teknologi yang

dapat mengatasi permasalahan tersebut adalah teknologi 5G. Teknologi 5G akan mengakomodasi trafik data yang tinggi, *bandwidth* yang tinggi dengan kapasitas yang besar dan koneksi yang luas[2]. Salah satu penerapan teknologi 5G adalah menggunakan antenna *massive MIMO*. Sistem komunikasi *nirkabel Multiple Input Multiple Output (MIMO)* menggunakan antenna dengan jumlah banyak baik pada sisi pengirim maupun pada sisi penerima untuk menyediakan jalur komunikasi yang substansial secara efisiensi *spektral*, *diversity* dan kapasitas[3].

Teknologi *wireless* untuk komunikasi 5G, membutuhkan sistem antenna MIMO untuk mengatasi *multipath fading* yang merugikan dalam proses pengiriman data. *Multipath fading* disebabkan oleh pergerakan pengguna yang tidak menentu sehingga dapat menggunakan jalur yang berbeda-beda saat proses transmisi. Selain itu juga disebabkan oleh bentuk permukaan bumi, pepohonan, dan bangunan di sekitar pengguna[4]. Komunikasi 5G juga menggunakan frekuensi tinggi dalam penerapannya. Penggunaan frekuensi tinggi ini menyebabkan semakin rapat panjang gelombang yang dipancarkan dan kerugian propagasi sinyal yang terlalu tinggi. Selain itu terdapat permasalahan pengaruh parameter dasar pada tiap antenna dengan antenna yang lain.

Salah satu teknik yang dapat digunakan adalah teknik *on/off* pada antenna. Teknik ini diharapkan dapat menunjang kinerja dari antenna tersebut. Cara kerja teknik ini dengan mengatur jumlah antenna yang akan diaktifkan, sehingga bisa dilihat pengaruh parameter dasar antenna pada tiap antenna dengan antenna yang lain.

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan perancangan antenna *massive MIMO* yang bekerja pada frekuensi 28/38 GHz. Penelitian tersebut menyusun antenna menjadi beberapa sektor menggunakan antenna *array* dengan *gain* yang tinggi. Dengan susunan tersebut, dapat melingkupi seluruh daerah disekeliling antenna[5]. Pada penelitian lain telah dilakukan perancangan dan analisis antenna *massive MIMO* mikrostrip dengan pencatuan *proximity feed* berpolarisasi *cross linier* untuk komunikasi 5G (28 GHz). Di dalam penelitian tersebut, dibuktikan bahwa *bandwidth* dari setiap antenna yang dihasilkan mencapai 950 MHz tiap antenna, dan teknik *cross linier polarization* didapat dengan membedakan letak catuan pada antenna sebesar 90° [6]. Berdasarkan pertemuan kedua dari APT *conference preparatory group* untuk WRC-19 (APG19-2) dialokasikan frekuensi 24,25 - 27,5 GHz untuk *mobile servis on a primary basis*[7].

Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini akan dibuat suatu desain antenna mikrostrip *massive MIMO linier polarization* yang bekerja pada frekuensi 28 GHz dengan menggunakan konektor. Antenna yang dirancang menggunakan patch persegi panjang. Antenna *Massive MIMO* ini nantinya akan dianalisis teknik *on/off* dari perubahan polarisasi, *gain* dan korelasi antar elemen antenna.

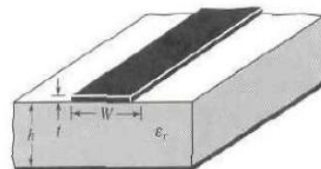
2. Dasar Teori

2.1 Teknologi 5G

Teknologi generasi ke-5 yang sedang dikembangkan dan diprediksi akan mulai dapat digunakan secara komersial pada tahun 2020 mendatang. Merupakan sebuah sistem teknologi radio akses dengan pertumbuhan trafik yang tinggi dan konektivitas *bandwidth* yang tinggi. Setiap jaringan pada 5G akan bertanggung jawab dalam menangani pergerakan pengguna, sementara koneksi akan menentukan pilihan terakhirnya antara nirkabel yang berbeda dan penyedia layanan jaringan akses seluler untuk pelayanan tertentu^[2]. Parameter yang dikembangkan dan ingin dicapai dalam teknologi 5G adalah *very high data rate, ultra high reliability and availability, very low latency, energy efficient networks, very low cost and energy consumption, and smart communications*[2].

2.2 Antena Mikrostrip Patch Rectangular

Bentuk *patch* ini pada dasarnya menghasilkan polarisasi linier. Pada konfigurasi dimensi elemen peradiasi terdiri atas parameter lebar *patch* (W) dan panjang *patch* (L)[8].



Gambar 1. Antena Mikrostrip Patch Rectangular[8]

Lebar elemen peradiasi (W)

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

Nilai konstanta dielektrik efektif

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

Nilai panjang patch efektif

$$L_{eff} = \frac{c}{2fr\sqrt{\epsilon_{reff}}}$$

Efek medan tepi pada elemen peradiasi (*patch*)

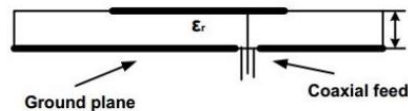
$$\Delta L = 0,412h \frac{(\epsilon_{reff} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,8 \right)}$$

Panjang elemen peradiasi

$$L = L_{eff} - 2(\Delta L)$$

2.3 Teknik Pencatuan Coaxial Probe

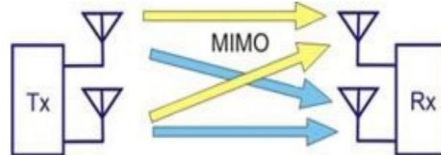
Teknik pencatuan *coaxial probe* dimana konektor koaksial atau probe dipasang langsung terhadap patch sehingga memudahkan kita dalam menentukan letak mana yang menghasilkan *matching impedance*. Tetapi kekurangannya, karena teknik *coaxial probe* ini melubangi substrat untuk memasang probenya menonjol ke bawah *ground plane*, hal ini membuat konfigurasi antena menjadi tidak simetris[9].



Gambar 2. Teknik Pencatuan Coaxial Probe[8]

2.5 Antena Massive MIMO

Massive Multiple Input Multiple Output (Massive MIMO) adalah merupakan sistem yang menyusun jumlah antena pengirim dan penerima lebih dari satu atau bisa dikatakan sangat banyak. *Massive MIMO* digunakan dalam teknologi *wireless* karena dapat meningkatkan *throughput* tanpa adanya tambahan *bandwidth* maupun *transmit power*[1].



Gambar 3. Sistem MIMO (Multiple Input Multiple Output)[10]

Berdasarkan Gambar 2.10 mengenai skenario penggunaan teknologi 5G, ITU-R telah mendefinisikan tiga skenario utama 5G yaitu *enhanced mobile broadband*, *ultra-reliable and low latency communications*, dan *massive machine type communications*. Pada *enhanced mobile broadband* dibutuhkan kapasitas kanal yang tinggi dan *data rate* yang tinggi. Berdasarkan persamaan 2.14 untuk meningkatkan kapasitas disuatu kanal, salah satu cara yang dapat dilakukan adalah menambah jumlah lintasan transmisi dari antena *massive MIMO*.

2.6 Mutual Coupling

Mutual coupling terjadi ketika ada lebih dari satu antena diletakkan secara berdekatan, maka bisa jadi sebagian daya yang dipancarkan oleh antena satu akan diterima oleh antena yang ada di sebelahnya. Jika daya ini terlalu besar, maka dapat menimbulkan perubahan karakteristik dari antena, dan juga akan mempengaruhi performa dari sistem antena MIMO. Besarnya pengaruh tersebut bergantung pada faktor berikut:

1. Karakteristik radiasi tiap antena
2. Jarak antar antenna

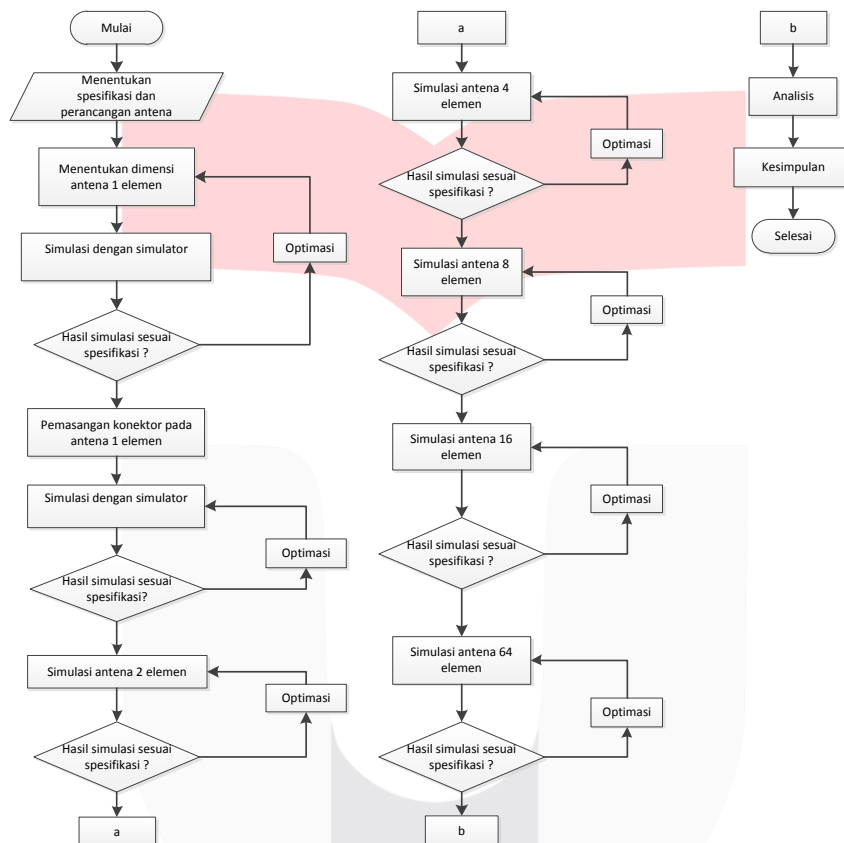
3. Orientasi masing-masing antena

Keterkaitan *mutual coupling* dan parameter antena MIMO lainnya adalah ketika *mutual coupling* suatu antena baik, maka *coefficient correlation* dan *diversity gain* juga baik. *Mutual coupling* pada antena MIMO dikatakan baik apabila bernilai ≤ -20 dB[9].

Adapun teknik untuk memperkecil efek *mutual coupling* yaitu dengan cara mengatur jarak dan penempatan antena. Kedua teknik ini merupakan cara yang paling sederhana dilakukan dan cukup efektif untuk mengurangi *mutual coupling*.

3. Perancangan dan Simulasi

3.1 Flow Chart Perancangan



Gambar 4. Flow Chart

3.2 Spesifikasi perancangan

Dalam perancangan antena, langkah awal adalah menentukan spesifikasi antena, spesifikasinya sebagai berikut:

Tabel 1 Spesifikasi Perancangan

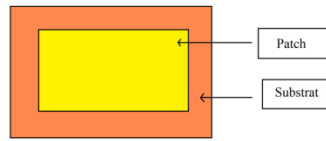
| | |
|-----------------|-----------------|
| Frekuensi kerja | 28 GHz |
| Bandwidth | ≥ 667 MHz |
| Return Loss | ≤ -10 dB |
| Gain | ≥ 20 dB |
| Pola radiasi | Unidireksional |
| Patch | Persegi Panjang |
| Polarisasi | 40 dB |

3.3 Dimensi Substrat dan Groundplane antena

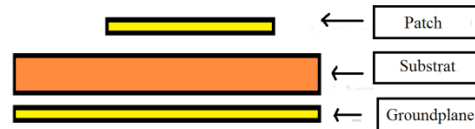
Tabel 2 Dimensi Antena Berdasarkan Perhitungan

| Parameter | Nilai (mm) | Keterangan |
|-----------|------------|---------------------|
| Ls | 5,009 | Panjang Groundplane |
| L | 3,485 | Panjang Patch |
| Ws | 5,759 | Lebar Groundplane |

| | | |
|---|-------|-------------|
| W | 4,235 | Lebar Patch |
|---|-------|-------------|



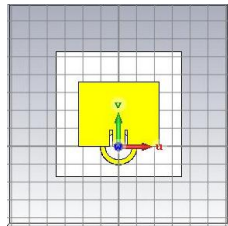
Gambar 5. Tampak Depan



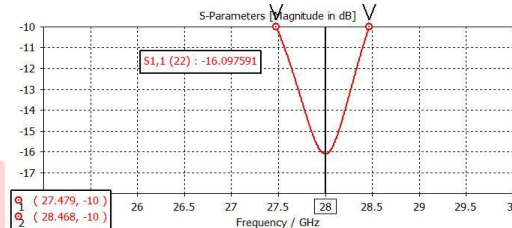
Gambar 6. Tampak Samping

3.4 Perancangan 1 Antena

Perancangan 1 antena menghasilkan desain seperti gambar dan lebar bandwidth dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8



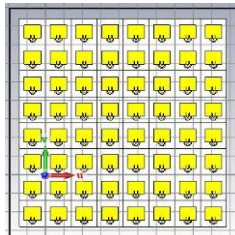
Gambar 7. Simulasi 1 Antena



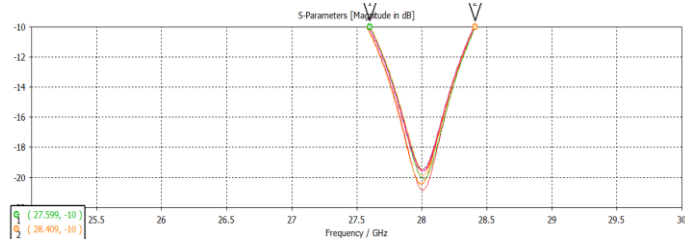
Gambar 8. Bandwidth 1 Antena

3.5 Perancangan Enam Puluh Empat Antena

Perancangan 64 antena menghasilkan desain seperti gambar dan lebar bandwidth dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10



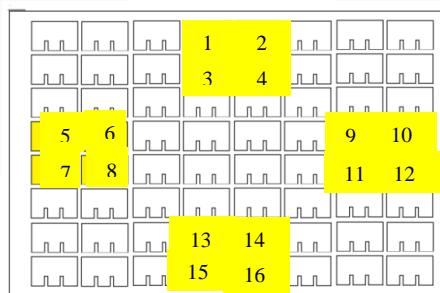
Gambar 9 Simulasi 64 Antena



Gambar 10 Bandwidth 64 Antena

4. Analisis

4.1 Skenario On/Off 1



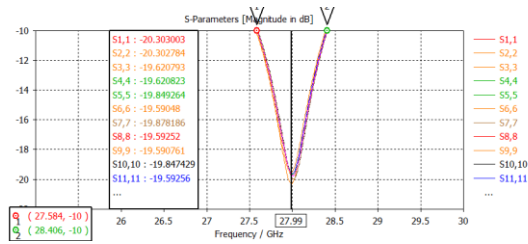
Gambar 11 Skenario On/Off 1

Berdasarkan skenario diatas, akan dianalisis bagaimana bentuk pola radiasi dari beberapa antena yang telah diaktifkan. Dari sampel perbandingan pola radiasi yang telah dilakukan, dapat dihitung nilai korelasi antara antena seperti Tabel 3.

Tabel 3 Perbandingan Antena Skenario 1

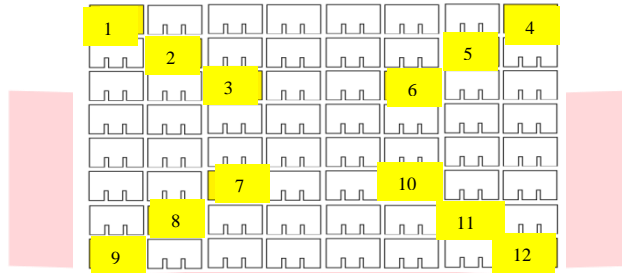
| No | Perbandingan Antena | Nilai Korelasi |
|----|------------------------|-------------------------|
| 1. | Antena 1 dan antena 4 | $2,972 \times 10^{-5}$ |
| 2. | Antena 1 dan antena 2 | $1,47 \times 10^{-4}$ |
| 3. | Antena 1 dan antena 3 | $2,418 \times 10^{-6}$ |
| 4. | Antena 8 dan antena 11 | $1,320 \times 10^{-7}$ |
| 5. | Antena 2 dan antena 10 | $5,575 \times 10^{-6}$ |
| 6. | Antena 9 dan antena 16 | $2,1196 \times 10^{-6}$ |

Sedangkan *bandwidth* yang dihasilkan untuk skenario tersebut adalah sebesar 822 MHz pada Gambar 12.



Gambar 12 Bandwidth Skenario 1

4.2. Skenario On/Off 2

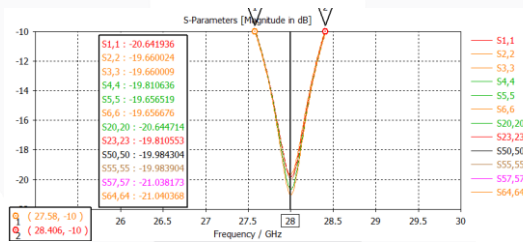


Gambar 13 Skenario On/Off 2

Skenario *On/Off 2* seperti Gambar 13 menghasilkan perbandingan nilai korelasi seperti pada Tabel 4. Sedangkan *bandwidth* yang dihasilkan untuk skenario tersebut adalah sebesar 826 MHz dilihat pada Gambar 14.

Tabel 4 Perbandingan Antena Skenario 2

| No | Perbandingan Antena | Nilai Korelasi |
|----|------------------------|-------------------------|
| 1. | Antena 1 dan antena 4 | $2,9184 \times 10^{-6}$ |
| 2. | Antena 1 dan antena 3 | $5,4648 \times 10^{-6}$ |
| 3. | Antena 4 dan antena 3 | $6,1112 \times 10^{-6}$ |
| 4. | Antena 1 dan antena 9 | $4,0521 \times 10^{-6}$ |
| 5. | Antena 3 dan antena 11 | $1,695 \times 10^{-7}$ |



Gambar 14 Bandwidth Skenario On/Off 2

4.3 Skenario On/Off 3

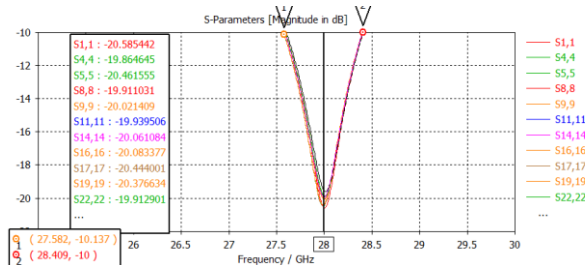


Gambar 15 Skenario On/Off 3

Karena jumlah antena yang dihidupkan sangat banyak seperti Gambar 15 sulit untuk ditemukan pola dari pola radiasi yang sama dari tiap antena. Nilai korelasi dapat dilihat pada Tabel 6. *Bandwidth* yang dihasilkan untuk skenario 3 adalah sebesar 827 MHz seperti pada Gambar 16

Tabel 5 Perbandingan Antena Skenario 2

| No | Perbandingan Antena | Nilai Korelasi |
|----|-------------------------|-------------------------|
| 1. | Antena 1 dan antena 14 | $8,3817 \times 10^{-7}$ |
| 2. | Antena 17 dan antena 20 | $1,663 \times 10^{-7}$ |
| 3. | Antena 4 dan antena 29 | $4,0145 \times 10^{-8}$ |



Gambar 16 Bandwidth Skenario 3

4.4 Analisis Keseluruhan Teknik On/Off

Pola radiasi dari antena yang dihasilkan untuk skenario *on/off* 1 dan 2 memiliki arah yang berkebalikan atau cerminannya. Nilai *gain* yang dihasilkan juga sama pada pola tertentu. Perbedaan pola radiasi dari setiap antena disebabkan oleh letak dari masing-masing antena dan dikarenakan pengaruh dari antena yang berada disekitarnya. Posisi antena mempengaruhi besar nilai korelasi antena. Semakin dekat posisi antena maka nilai korelasinya akan semakin besar, tapi sebaliknya jika posisi antena semakin jauh maka nilai korelasinya semakin kecil.

4.5 Analisis Impedansi Gandeng

Impedansi gandeng atau mutual terjadi jika terdapat benda- benda (terutama konduktor) lain disekitar antena catu. Tergantung pada posisi relatif antara benda tersebut dengan antena tercatu. Ada 3 macam posisi relatif yaitu, *side by side*, kolinier dan *staggered*. Pada percobaan skenario *on/off* yang dilakukan posisi relatif antena tiap skenario berbeda. Pada skenario *on/off* 1, antena 1 dan 2 memiliki posisi relatif *side by side*. Sedangkan untuk antena 1 dan 3 memiliki posisi relatif kolinier, dan antena 1 dan 4 memiliki posisi relatif *staggered*. Oleh karena itu nilai impedansi gandeng antena berbeda, sesuai dengan posisi relatifnya.

4.6 Analisis VSWR

Kondisi yang paling baik adalah ketika VSWR bernilai 1 yang berarti tidak ada refleksi ketika saluran dalam keadaan matching sempurna. Namun kondisi ini pada kenyataannya sulit untuk di dapatkan. Pada umumnya nilai VSWR yang dianggap baik adalah $VSWR \leq 2$. Sedangkan pada penelitian ini nilai VSWR yang dihasilkan adalah ≤ 1.5 .

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, terdapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Parameter yang diperoleh berdasarkan simulasi sudah sesuai dengan spesifikasi antena yang diinginkan. Nilai S-Parameter dari setiap antena dibawah -15dB dan gain yang diperoleh setiap antena, *gain* rata-rata diatas 7,5 dB.
2. *Bandwidth* dari setiap antena lebih besar dari 800 MHz.
3. Posisi antena pada teknik *on/off* mempengaruhi besar nilai korelasi antena. Semakin dekat posisi antena maka nilai korelasinya akan semakin besar, tapi sebaliknya jika posisi antena semakin jauh maka nilai korelasinya semakin kecil.
4. Beberapa pola radiasi dari skenario antena memiliki nilai yang sama tetapi dengan arah yang berkebalikan atau cerminannya.
5. Nilai impedansi gandeng dari antena berbeda-beda tergantung pada posisi relatif antena tersebut.
6. Perbandingan penelitian sekarang dan sebelumnya terletak pada desain patch yang digunakan, lebar bandwidth, nilai return loss dan nilai gain yang dihasilkan.
7. Nilai VSWR yang di dapatkan dengan skenario sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, yaitu $VSWR \leq 1.5$.

5.2 Saran

Untuk mendapatkan hasil yang menunjang sistem massive MIMO pada komunikasi 5G, ada beberapa hal yang dapat dijadikan pertimbangan untuk penelitian selanjutnya.

1. Pada tugas akhir ini skenario yang dirancang belum disesuaikan dengan posisi user sesungguhnya.
2. Frekuensi yang digunakan masih belum sesuai dengan regulasi yang akan ditentukan.

Daftar Pustaka

- [1] S. Product and M. Manager, "5G Massive MIMO Testbed : From Theory to Reality," pp. 1–11, 2014.
- [2] E. Ab, "5G radio access What is 5G?," no. April, 2016.
- [3] E. G. Larsson, O. Edfors, F. Tufvesson, and T. L. Marzetta, "Massive MIMO for next generation wireless systems," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 52, no. 2, pp. 186–195, 2014.
- [4] H. T. Pada, F. Ghz, R. Sanusi, H. Wijanto, and Y. Wahyu, "untuk mengatasi multipath fading . Pada komunikasi mobile , multipath fading tidak dapat Implementasi dan Analisis Antena PIFA Mimo 4 X 4 Untuk Aplikasi Handset Tdd-LTE," 2013.
- [5] M. Mamdouh, M. Ali, and A.-R. Sebak, "Design of Compact Millimeter Wave Massive MIMO Dual-band (28/38 GHz) Antenna Array for Future 5G Communication Systems."
- [6] R. Santoso, "Perancangan dan Analisis Antena Massive MIMO Mikrostrip dengan Pencatuan Proximity Feed Berpolarisasi Cross Linier untuk Komunikasi 5G (28 GHz)," 2017.
- [7] "APG19-2-OUT-23_PV_AI_1." 2017.
- [8] S. Sasono, H. Wijanto, Y. Wahyu, F. T. Elektro, and U. Telkom, "Band Untuk Radar Otomotif Design and Realization of Microstrip Antenna At Frequency K-."
- [9] I. Ammar, "Perancangan dan Realisasi Planar Inverted-F Antenna untuk FDD Pada Frekuensi 850 MHz, 1800 MHz dan TDD Pada Frekuensi 2300 MHz.," 2017.
- [10] A. Budiawan, "Perancangan dan Realisasi MIMO 4x4 Mikrostrip Patch Persegi Panjang 5,2 GHz untuk WIFI 802.11N," pp. 1–8, 2014.