

PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP MIMO 5G DALAM PENINGKATAN GAIN UNTUK APLIKASI BASE STATION

Muhammad Saiful Fadhil Reyhan^[1], Yusnita Rahayu^[1], Adit Kurniawan^[2]

Teknik Elektro Universitas Riau Jurusan Teknik Universitas Riau^[1],
Kampus Bina Widya KM 12,5 Simpang Baru Pekanbaru 28293^[1]
Sekolah Tinggi Elektro Informatika Institut Teknologi Bandung^[2]
Gedung Achmad Bakrie, Lt. 2, Jl. Ganesha No. 10, Bandung 40132^[2]
Email : muhammad.saifulfadhilreyhan@student.unri.ac.id

ABSTRACT

The last decade has been enormous invasion of wireless device in the evolution of technology. The requirement of high throughput is needed to provide the quality of device such as audio, data, video, and games. However, the connected devices grown and increase critically year by year. Multiple Input Multiple Output (MIMO) that has been embedded for 4G technologies as the one of technology is more likely adapted on 5G to improve the data peak rate for SNR(Signal-to-Noise Ratio). High gain and better efficiency are needed for Base Station as transmit the power to receiver or connected device. MIMO can be confirmed as the solution to increase the gain with better efficiency. This paper proposed the design of MIMO antenna with high gain. The proposed antenna is designed RT Duroid 5880 substrate with the overall size of 136.5x40x0.127 mm³. The MIMO consist of 20 element antenna that achieved 26.4 dBi of gain at 38 GHz frequency and 22.2 dBi at 28GHz.

Keyword: MIMO, 5G, High Gain, Base Station, Microstrip.

I. PENDAHULUAN

Satu dekade belakangan telah terlihat sebuah perkembangan yang masif dalam kuantitas perangkat yang saling terhubung secara nirkabel. Jutaan bahkan miliaran perangkat telah terhubung dan dikendalikan oleh jaringan nirkabel. Alat tersebut membutuhkan *throughput* yang tinggi untuk mendukung kinerja dari alat seperti suara, data, video dan bahkan *game*. Kemudian kebutuhan untuk *throughput* jaringan nirkabel dan banyaknya perangkat nirkabel yang akan selalu bertambah (Mamdouh, 2016). *Multiple Input Multiple Output* (MIMO) telah digunakan sebelumnya untuk teknologi 4G *Long Term Evolution* (LTE) sebagai salah satu teknologi yang dapat diadaptasi kedalam 5G untuk meningkatkan *data peak rate* untuk perbandingan SNR (*Signal-to-Noise Ratio*) (Lota, 2016) (Sayeed, 2016).

Pagelaran *Asian Games* yang diadakan di Indonesia pada tahun 2018 menjadi tempat diadakannya uji coba teknologi 5G. Telkomsel sebagai salah satu *provider* telah menguji coba teknologi 5G dengan membangun 4 BTS 5G

yang menggunakan frekuensi 28 GHz dan menghasilkan *throughput* maksimal 16 Gbps dengan spektrum 800 MHz (Reska, 2018).

Untuk menghasilkan kinerja yang optimal teknologi MIMO digabungkan dengan teknik pencatutan *microstrip line* karena ukuran antena mikrostrip yang kecil dan beratnya yang ringan membuat jenis antena ini sederhana untuk dibuat dan mudah untuk diintergrasikan.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Antena Mikrostrip Square Patch

Salah satu jenis patch antena mikrostrip yang paling sering digunakan dalam perancangan antena mikrostrip adalah bentuk bujur sangkar atau segi empat panjang. Karena ketebalan *substrat* jauh lebih tipis daripada panjang gelombang, maka *square patch* dianggap sebagai bidang *planar* dua dimensi. (Balanis, 2005).

2.2 Teknik Pencatutan Mikrostrip

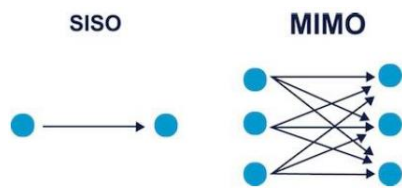
Teknik pencatutan antena akan mempengaruhi impedansi *input* dan karakteristik

antena. Teknik pencatutan pada antenna mikrostrip merupakan salah satu hal penting yang akan mempengaruhi proses perencanaan. Teknik pencatutan antenna mikrostrip *square* dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu secara langsung menggunakan teknik *probe coaxial* atau dengan menggunakan *microstrip line*. Pada perancangan antenna mikrostrip yang dilakukan menggunakan teknik *microstrip line* (Yuniati, 2015).

2.3 Massive MIMO

Sistem *Multiple Input Multiple Output* (MIMO) merupakan sistem yang terdiri atas sejumlah antenna pengirim dan penerima. Sistem MIMO bekerja dengan baik pada komponen *multipath*. *Massive MIMO* merupakan teknologi MIMO dimana jumlah terminal jauh lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah antenna *mobile station*. *Massive MIMO* dapat meningkatkan kapasitas hingga 15 kali, serta meningkatkan efisiensi energi radiasi hingga 100 kali.

Peningkatan efisiensi energi didukung dengan penggunaan antenna dalam jumlah besar (Wijanto, 2017). Teknik MIMO dengan beberapa antenna pemancar ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Konfigurasi MIMO
(Wijanto, 2017)

Prinsip dari MIMO adalah memecah deretan simbol yang akan dikirimkan menjadi beberapa paralel deretan simbol, yang kemudian ditransmisikan secara bersamaan dengan *bandwidth* yang sama (Elda, 2014).

2.4 Karakteristik Antena

2.4.1 Return Loss

Return Loss adalah perbandingan antara amplitudo dari gelombang yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan. Return loss dapat terjadi akibat adanya ketidaksesuaian impedansi (*mismatched*) antara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban (antena), sehingga tidak semua daya yang

diradiasikan melainkan ada yang dipantulkan kembali (Imam dkk, 2017).

2.4.2 VSWR

Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) adalah perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum ($|V|_{\max}$) dengan minimum ($|V|_{\min}$). Kondisi yang paling baik adalah ketika VSWR bernilai 1 yang berarti tidak ada refleksi ketika saluran dalam keadaan *matching* sempurna. Namun kondisi ini pada praktiknya sulit didapatkan. Pada umumnya nilai VSWR yang dianggap baik adalah $VSWR \leq 2$ (Imam dkk, 2017).

2.4.3 Gain

Gain antenna (dalam arah tertentu) didefinisikan sebagai "rasio intensitas, dalam arah tertentu, dengan intensitas radiasi yang akan diperoleh jika daya yang diterima oleh antenna dipancarkan isotropically. Intensitas radiasi yang sesuai dengan isotropically daya yang dipancarkan sama dengan daya yang diterima (input) oleh antenna dibagi dengan 4π , dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut (Balanis, 2016)

2.4.4 Mutual Coupling

Ketika dua antenna berdekatan satu sama lain, apakah satu dan / atau keduanya saling mengirim atau menerima, sebagian dari energi yang terutama ditujukan untuk satu berakhir di ujung yang lain. jumlahnya sangat tergantung pada :

1. Karakteristik radiasi masing-masing
2. Pemisahan relatif di antara mereka
3. Orientasi relatif masing-masing

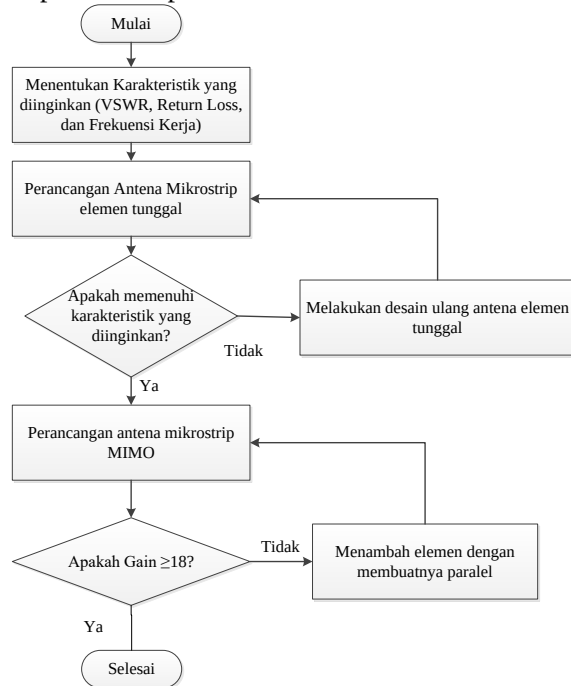
Mutual Coupling merupakan hal umum pada sistem antenna. Efek Mutual coupling pada bidang antenna biasanya terjadi pada antenna array atau juga pada sistem MIMO. Efek mutual coupling dapat menyebabkan perubahan pada parameter antenna baik impedansi, VSWR, pola radiasi yang diinginkan, dan bandwidth antenna tersebut (balanis 2005).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Perancangan Antena

Diagram alir perancangan antenna berisi tahapan tahapan yang bertujuan untuk membantu dalam proses perancangan antenna. Gambar.2 menggambarkan diagram alir dalam perancangan antenna hingga proses simulasi antenna. Perancangan dimulai dengan

menentukan frekuensi kerja yang ingin dicapai. Kemudian dirancang antenna mikrostrip MIMO dengan penambahan elemen *patch* secara parallel dengan pencatutan *Microstrip Line*. Setelah itu dilakukan simulasi hingga memperoleh hasil parameter yang baik sesuai standar antenna 5G dan Gain tinggi untuk diaplikasikan pad Base Station.



Gambar 2. Diagram Alir Perancangan Antena

Dalam perancangan antenna, diperlukan sebuah parameter yang diinginkan untuk mengaplikasikannya, pada tabel.1 adalah parameter-parameter yang diinginkan dalam sebuah perancangan.

Tabel 1 Parameter Antena yang Diinginkan

Parameter	Karakterisasi Antena
Frekuensi Kerja	28&38 GHz
<i>Return Loss</i>	< -10 dB
<i>Bandwidth</i>	> 300 MHz
VSWR	≤ 2
<i>Gain directivity</i>	≥ 18 dBi

3.2 Menentukan Jenis Substrat yang Digunakan

Adapun jenis substrat yang digunakan pada penelitian ini adalah substrat RT Duroid 5880 yang memiliki ketebalan sebesar 0.127 mm dengan spesifikasi yang ditunjukkan pada tabel 2. Substrat ini memiliki keunggulan diantaranya konstanta dielektrik yang kecil dan loss tangen yang juga kecil dibanding dengan substrate lainnya.

Tabel 2 Spesifikasi Substrat yang Digunakan

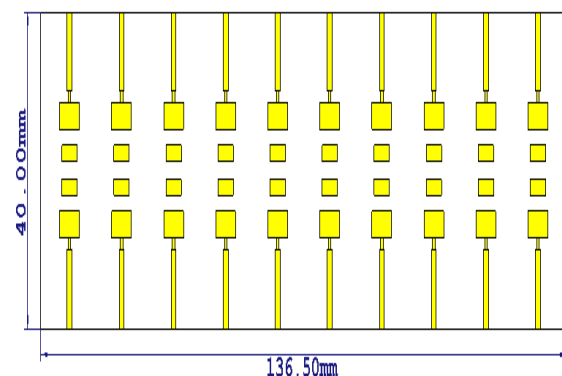
Jenis Substrat	RT Duroid 5880
Konstanta Dielektrik Relatif (ϵ_r)	2,2
<i>Dielectric Loss Tangent</i> ($\tan \delta$)	0,0009

3.3 Simulasi Antena Mikrostrip MIMO

Setelah melakukan perhitungan matematis untuk mengetahui dimensi dari perancangan, maka tahap selanjutnya adalah simulasi antenna menggunakan perangkat lunak CST *Microwave Studio*. Apabila hasil dari perancangan tersebut tidak memenuhi spesifikasi yang diinginkan, maka dibutuhkan variasi pada elemen atau pengkarakterisasian yang bertujuan untuk membentuk desain baru dan pemenuhan dari spesifikasi perancangan.

3.4 Simulasi Antena MIMO 10x2

Antena MIMO 10x2 dirancang dengan menyusun secara paralel sebanyak 10 elemen antenna pada sumbu horizontal dan digandakan pada sumbu vertikan sehingga total menjadi 20 elemen antenna mikrostrip. Gambar.3 memperlihatkan antenna MIMO 10x2 dan merupakan dimensi akhir antenna MIMO 10x2 setelah melewati proses karakterisasi.



Gambar 3. Desain Antena MIMO 10x2

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

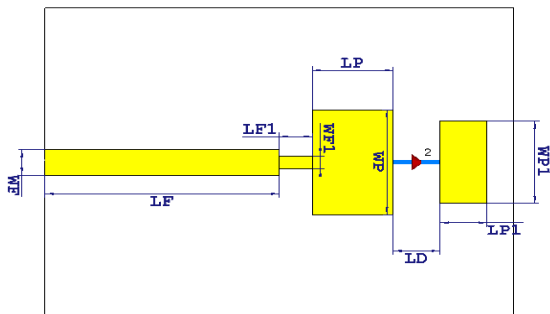
4.1 Perancangan antenna Mikrostrip Square Patch

Antena mikrostrip *patch* elemen tunggal menggunakan Teknik *Array* dengan pencatutan *microstrip line* yang didesain pada skripsi ini merupakan antena mikrostrip yang dibuat dengan menggunakan satu buah substrat RT Duroid 5880 yang memiliki lapisan tembaga pada kedua sisinya. Saluran pencatu dan *patch* berada di lapisan atas dari substrat. Saluran pencatu ini terhubung secara langsung (*contacting*) dengan elemen peradiasi (*patch*). Sedangkan lapisan bawah dari substrat merupakan *ground plane*.

Setelah dilakukan optimasi dengan cara mengganti/merubah nilai beberapa dimensi saluran pencatu dan dimensi *patch* antena yaitu lebar saluran pencatu, lebar *patch*, dan panjang *patch* didapatkan nilai dimensi antena yang ideal berdasarkan hasil simulasi seperti terlihat pada Tabel 3. Tabel 3 merupakan dimensi rancangan akhir antena elemen tunggal dengan teknik *array* menggunakan pencatutan *microstrip line*.

Tabel.3 Dimensi Rancangan Akhir Antena Single Elemen

Parameter	Ukuran (mm)
Panjang <i>substrat</i> (l_s)	20
Lebar <i>substrat</i> (w_s)	15
Panjang <i>patch</i> (l_p)	3.45
Lebar <i>patch</i> (w_p)	5.1
Lebar <i>patch1</i> (w_{p1})	4
Panjang <i>patch1</i> (l_{p1})	2
Panjang Notch (l_{f1})	1.4
Lebar Notch (w_{f1})	0.31
Gap antar elemen (L_d)	4
Panjang pencatu (l_f)	10
Lebar pencatu (w_f)	1.25



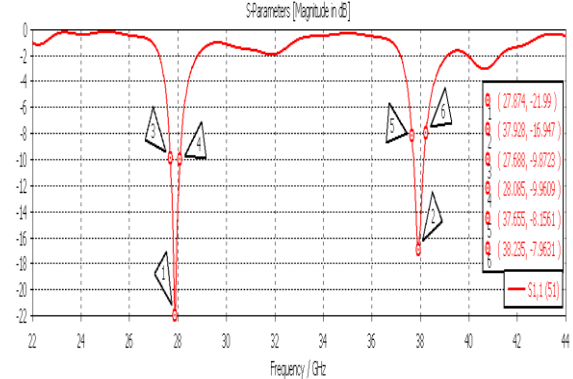
Gambar 4. Desain Antena Mikrostrip Elemen tunggal

4.2 Hasil Simulasi Antena Mikrostrip single element

Perancangan antenna mikrostrip disimulasikan pada *software* CST *Microwave Studio* 2015 menghasilkan nilai parameter seperti berikut ini.

4.3 Return Loss

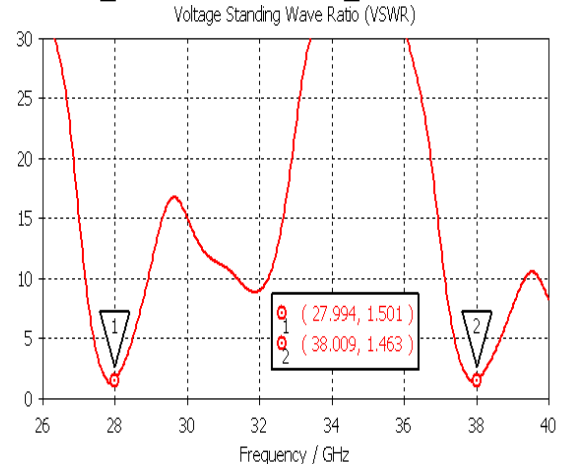
Pada Gambar.4 dapat diperhatikan nilai *return loss* yang didapatkan setelah simulasi adalah -21.99 dB dengan frekuensi kerja 28 GHz dan -16.947 untuk frekuensi kerja 38 GHz



Gambar 5. Grafik Return Loss Antena Mikrostrip

4.4 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

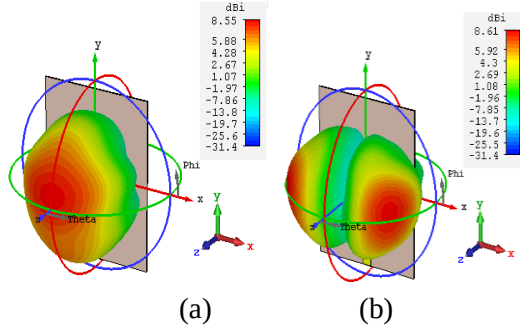
Dari gambar 5 dapat diperhatikan nilai VSWR yang didapatkan setelah simulasi adalah 1.501 untuk frekuensi kerja 28 GHz dan 1.463 untuk frekuensi kerja 38 GHz. Dari data-data yang telah dipaparkan di atas, diketahui bahwa frekuensi bekerja pada 28 & 38 GHz. Rancangan antena mikrostrip elemen tunggal mampu bekerja pada nilai $VSWR \leq 2$ dimana memenuhi kebutuhan yang ingin dicapai, yaitu pada nilai $VSWR \leq 2$ atau *return Loss* ≤ -10 dB.



Gambar 6. Grafik VSWR Antena Mikrostrip Square

4.5 Gain

Nilai gain yang didapatkan dari hasil simulasi setelah proses optimasi adalah sebesar 8.55 dBi pada frekuensi 28 GHz dan 8.61dBi pada frekuensi 38 GHz.



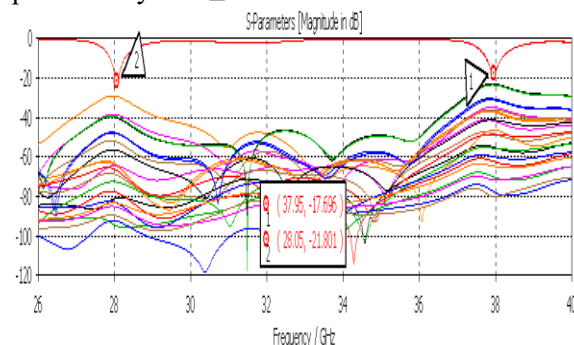
Gambar 7. Hasil Simulasi Gain Antena Mikrostrip Elemen Tunggal (a) 28 GHz dan (b) 38 GHz

4.6 Hasil Simulasi Antena MIMO 10x2

Antena MIMO 10x2 disimulasikan pada software CST Microwave Studio menghasilkan nilai parameter seperti berikut ini.

4.6.1 Mutual Coupling

Dari Gambar.8 dapat diperhatikan bahwa frekuensi kerja yang didapat adalah 28 dan 38 GHz dengan nilai return loss yang diperoleh keduanya yaitu -22.169 dB dan -18.845 dB dan seperti yang ditunjukkan pada marker 1 dan 2. Return loss yang didapat sesuai dengan parameter yakni ≤ -10 dB.

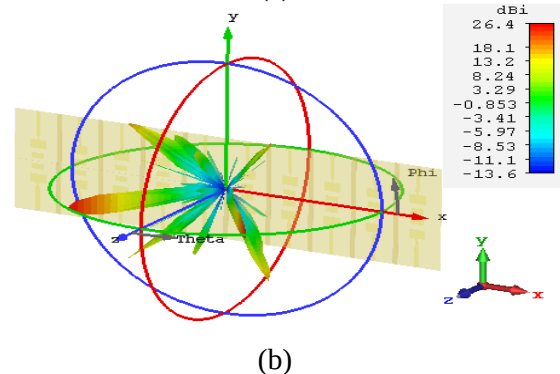
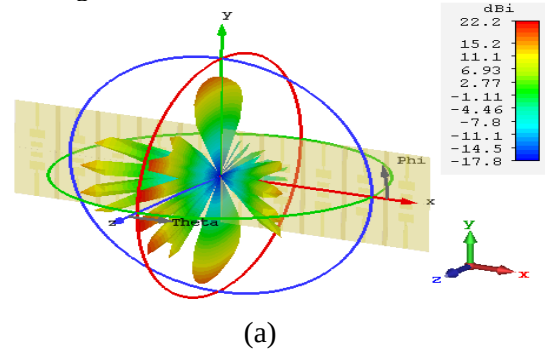


Gambar 8. Grafik *mutual coupling* Antena MIMO

Nilai mutual coupling pada S21, S31, S41, S51, S61, S71 dan S81 setelah patch antena dikarakterisasi menghasilkan nilai yang cukup baik, yaitu dibawah -23dB dan terus menurun hingga -80 dB pada frekuensi kerja 28 dan 38 GHz. Efek mutual coupling pada perancangan tidak mempengaruhi dari S11 pada antenna sehingga untuk frekuensi 28 dan 38 GHz telah sesuai dengan parameter yang diinginkan.

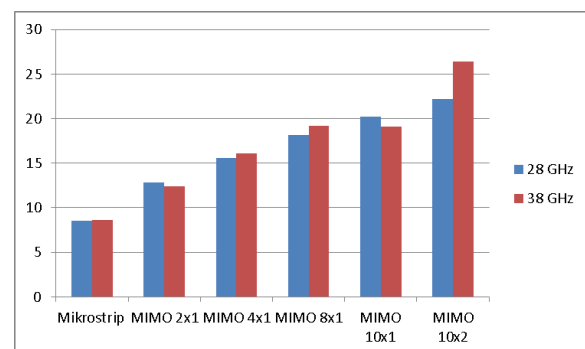
4.6.2 Gain

Nilai gain yang didapatkan dari hasil simulasi masing – masing antenna MIMO 10x2 adalah sebesar 22.2 dBi (28GHz) dan 26.4 dBi(38GHz). Jika dibandingkan dengan nilai gain antenna MIMO 10x1 yang telah dirancang sebelumnya, gain antenna MIMO 10x2 lebih besar. Hal ini dikarenakan antenna MIMO 10x2 terdiri dari 20 buah antenna mikrostrip sehingga memungkinkan gain meningkat lebih tinggi dibanding 10 elemen antenna.



Gambar 9. Gain Antena MIMO 10x2 (a) 28 GHz dan (b) 38 GHz

4.10 Grafik Pertambahan elemen antenna terhadap pengaruh gain



Gambar.10 Grafik pertambahan elemen antenna terhadap gain

Gambar.10 menampilkan grafik perbandingan gain dari masing-masing antenna yang telah dirancang, mulai dari antenna mikrostrip, antenna MIMO 2x1, 4x1, 8x1, 10x1, dan 10x2. Antena mikrostrip menghasilkan nilai gain 8.55 dBi (28GHz) dan 8.61 dBi (38 GHz), kemudian antenna MIMO 2x1 menghasilkan nilai gain 12.8 dBi (28 GHz) dan 12.4 (38GHz). Antena MIMO 4x1 menghasilkan nilai gain 15.6 dBi(28 GHz) dan 16.1 dBi (38 GHz), sedangkan antenna MIMO 8x1 menghasilkan nilai gain 18.2 dBi (28 GHz) dan 19.2 dBi (38 GHz). Antena MIMO 10x1 menghasilkan nilai gain 20.2dBi (28GHz) dan 19.1 dBi (38 GHz). Dilanjutkan dengan antenna MIMO 10x2 yang menghasilkan gain sebesar 22.2 dBi (28 GHz) dan 26.4 dBi (38GHz). Perolehan nilai gain tertinggi yaitu nilai gain yang dihasilkan oleh simulasi antenna MIMO 10x2 yaitu 26.4 dBi pada frekuensi 38 GHz. Berdasarkan data pada grafik perbandingan, dapat disimpulkan semakin banyak jumlah antenna MIMO maka semakin tinggi gain yang dihasilkan antenna MIMO tersebut sehingga parameter untuk gain ≥ 18 dBi telah tercapai.

V. KESIMPULAN

Penggunaan teknik MIMO dengan penambahan *patch* pada antenna yang disusun secara parallel dengan jarak tertentu, dapat berpengaruh terhadap peningkatan *gain* antenna. Hal ini dibuktikan, dimana perancangan antenna MIMO 10x2 dengan pencatutan *microstrip feeding line* memiliki *gain* yang terus bertambah sering dengan bertambahnya elemen. Puncak gain pada MIMO 10x2 adalah 22.2 dBi pada frekuensi 28 GHz dan 26.4 dBi pada frekuensi 38 GHz .

DAFTAR PUSTAKA

A. Sayeed, J. Brad, "Beamspace MIMO Channel Modeling and Measurement: Methodology and Result at 28 GHz," New York: Springer-Verlag, 2016.

- Balanis, C. A. 2005. Antenna Theory Analysis And Design 3th Edition. Microstrip and Mobile Communications Antennas. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Balanis, C. A. 2016. Antenna Theory Analysis And Design 4th Edition. Microstrip and Mobile Communications Antennas. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- J. Lota, S. Sun, T. S. Rappaport, and A. Demosthenous, "5G Uniform Linear Arrays with Beamforming and Spatial Multiplexing at 28, 37, 64, and 71 GHz for Outdoor Urban Communication: A Two-Level Approach," IEEE Transactions on vehicular technology, Vol. 66, No. 11, pp. 9972-9985, 2017.
- K. N. Reska "Inisiatif 5G Telkomsel di Momen Asian Games 2018" kompas.com available at 13/06/19
- M. M Mamdouh, Ali, A. R Sebak "Design of Compact Millimeter Wave Massive MIMO Dual- band (28/38 GHz) Antenna Array for Future 5G Communication Systems," IEEE International Symposium on Antenna Technology and Applied Electromagnetics (ANTEM), Montreal, 2016.
- Wijanto E. (2017). Analysis Of Technology Readiness For The Implementation Of Fifth Generation (5G) Telecommunications Technology. Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Kristen Krida Wacana, Jakarta, Indonesia.
- Yuniati, M. 2015. Design dan Realisasi Antena Mikrostrip Rektanguler 2 Array untuk Aplikasi WiFi. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Sekolah Tinggi Teknologi Telematika Telkom, Indonesia.