

Simulasi dan Perancangan Antenna Microstrip Dual Band millimeter-wave Pada Teknologi 5G

M. Darsono¹, Heri Triwibowo²

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Darma Persada-Jakarta

Email: ¹em_darsono@ft.unsada.ac.id, ²heri.tri.trac@gmail.com

Koresponden Penulis. Email: emdarunsanda@gmail.com

Abstrak

Perancangan antenna dengan sifat *dual band* dikembangkan guna mendukung teknologi 5G. Sebuah tantangan untuk perangkat yang semakin kecil pada teknologi 5G, sehingga optimasi kemampuan perangkat menjadi isu yang penting. Konsep antenna bersifat dual band merupakan salah satu yang dapat dikembangkan dengan dimensi kecil. Antena bersifat *dualband* dengan target beroperasi pada frekuensi 28 GHz dan 38 GHz. Rancangan antenna mikrostrip terdiri dari sebuah *patch* radiator berbentuk persegi panjang dengan penambahan celah bertingkat pada bidang *patch*. Jenis material substrat yang digunakan adalah Taconic TLY-5. Perancangan antenna di buat menggunakan metode simulasi dengan dukungan piranti lunak CST. Struktur rancangan antenna terdiri dari sebuah *patch* persegi panjang dengan dua celah bertingkat parallel dan pencatutan daya pada sisi tepi menggunakan sebuah transformer. Pada proses simulasi dilakukan dengan perubahan lebar celah dan pergeseran posisi transformer. Hasil eksperimen memperlihatkan yang terbaik di peroleh parameter, antara lain: bandwidth return loss – 10 dB untuk frekuensi 28 GHz adalah 143 MHz dan frekuensi 38 GHz adalah 341 MHz pada VSWR antara 1 sampai 2, Gain pada frekuensi 28 GHz adalah 4.57 dB dan frekuensi 38 GHz adalah 4.52 dB dengan polarisasi linier. Hasil akhir sebuah rancangan antenna yang memiliki dimensi minimalis dan kompak dengan pencapaian nilai sesuai dengan target kerja antenna.

Kata kunci — Antena Mikrostrip, Dual band, Patch persegi panjang, Teknologi 5G.

1. Pendahuluan

Federation Communication Commission (FCC) pita frekuensi *millimeter wave* (30-300 GHz) merupakan kandidat terkuat untuk digunakan sebagai pengganti pita frekuensi untuk komunikasi selular saat ini. Pada pita frekuensi *millimeter wave* tidak banyak digunakan untuk kebutuhan komersil di banyak negara di dunia[1]. Menurut T. S. Rappaport pita frekuensi 28 dan 38 GHz merupakan solusi yang menjanjikan untuk komunikasi 5G, karena pada frekuensi tersebut redaman atmosfer terhadap propagasi gelombang elektromagnetik tidak signifikan.

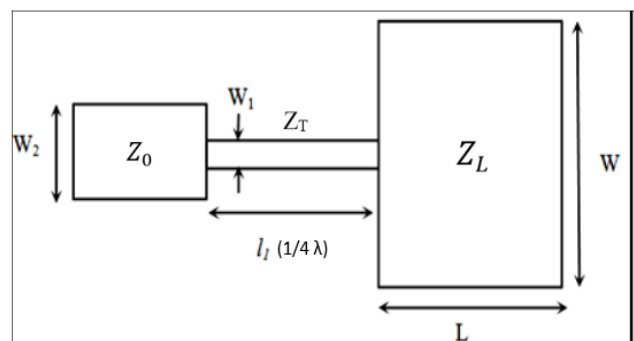
Perancangan antenna mengacu regulasi frekuensi yang ditetapkan oleh *Federal Communications Commission*

(FCC). Untuk mendukung riset ini jenis material substrat yang digunakan jenis Taconic-TLY5, dimana nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) adalah 2.2, *loss tangent* ($\tan \delta$) adalah 0.009, dan ketebalan (h) adalah 0.13 mm[8]. Pemodelan dan simulasi rangkaian struktur antenna menggunakan dengan bantuan piranti lunak *software* CST.

Tujuan dari perancangan antenna adalah membuat model rancangan antenna mikrostrip yang beroperasi di frekuensi kerja 28 GHz dan 38 GHz pada teknologi 5G. Simulasi menggunakan piranti lunak CST dilakukan guna memperoleh nilai parameter yang tepat sesuai target yang diharapkan melalui eksperimen. Hasil akhir riset diharapkan memperoleh dimensi antenna yang minimalis dan bersifat dual band. Untuk konfigurasi rancangan terdiri sebuah *patch* persegi panjang dengan saluran transmisi menggunakan sebuah transformer.

2. Rancangan Antena

Gambar 1 memperlihatkan untuk sebuah konfigurasi struktur dari antenna mikrostrip. Pada system matching impedansi sebuah *patch* peradiasi menjadi sebuah impedansi beban (Z_L) dari sebuah saluran transmisi dengan impedansi karakteristik (Z_0). Untuk memperoleh kondisi matching di suatu frekuensi tertentu dapat dilakukan dengan bantuan transformer saluran transmisi, dimana memiliki nilai impedansi transformer (Z_T)[2]. Untuk merancang sebuah *patch* peradiasi bentuk persegi panjang dapat dilakukan melalui analisa perhitungan terhadap dimensi lebar (W) dan panjang (L).



Gambar 1. Rangkaian Matching Impedansi Transformer[2].

2.1 Bentuk Patch Persegi Panjang

Untuk analisa sebuah dimensi lebar dari sebuah *patch* peradiasi (W) dapat dilakukan melalui perhitungan menggunakan persamaan 1 [2,4].

$$W = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \quad (1)$$

Dimana f_0 adalah frekuensi osilasi dalam Hertz, ϵ_r adalah konstanta dielektrik dan c adalah kecepatan cahaya (3×10^8 m/s).

Untuk mode dominan TM_{10} panjang sisi (L) patch persegi panjang diperoleh melalui persamaan 2 :

$$L = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2)$$

Untuk sisi panjang efektif *patch* bujur sangkar dengan pertimbangan terhadap efek *fringing* pada sisi tepi peradiasi diperluas dengan menambahkan ΔL [4]. Nilai ΔL dapat diperhitungkan dengan persamaan 3 :

$$\Delta L = 0.412h \left[\frac{(\epsilon_{reff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \right] \quad (3)$$

Dimana konstanta dielektrik efektif (ϵ_{reff}) untuk $W/h \geq 1$ dengan W adalah lebar *patch* dan h adalah ketebalan substrat dielektrik [4].

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\frac{1 + 12h}{W} \right)^{-1/2} \quad (4)$$

Sehingga panjang efektif untuk sisi *patch* bujur sangkar diperoleh melalui persamaan 5:

$$L_{eff} = L + 2\Delta L \quad (5)$$

2.2 Saluran Transmisi Mikrostrip

Nilai karakteristik impedansi (Z_0) dan ketebalan substrat. Untuk rasio lebar saluran terhadap ketebalan substrat lebih besar atau sama dengan satu ($w/h \geq 1$), nilai karakteristik impedansi dapat diperoleh melalui persamaan 6:

$$Z_0 = \frac{120 \pi / \sqrt{\epsilon_{eff}}}{W/h + 1.393 + 2/3 \ln(W/h + 1.44)} \quad (6)$$

Dimana Z_0 adalah karakteristik impedansi dalam satuan Ohm dan ϵ_{eff} adalah konstanta dielektrik efektif pada persamaan 4.

2.3 Saluran Transformer 1/4 λ

Sebuah saluran transformer adalah suatu teknik yang digunakan suatu rangkaian memperoleh matching impedansi antara impedansi karakteristik (Z_0) dengan impedansi beban (Z_L)[2]. Dimensi dari suatu transformer $1/4 \lambda$ dapat di analisa menggunakan persamaan 7:

$$Z_T = \sqrt{Z_L \times Z_0} \quad (7)$$

Dimana Z_T adalah impedansi transformer dalam Ohm, sedangkan Z_L adalah impedansi beban untuk suatu patch dapat di hitung menggunakan persamaan 8[2,6]:

$$Z_L = 90 \frac{\epsilon_r^2}{\epsilon_r - 1} \left(\frac{L}{W} \right)^2 \quad (8)$$

Dimana W adalah lebar patch dan L adalah panjang patch dari bentuk persegi panjang.

Untuk lebar sebuah saluran transformer dapat dilakukan dengan analisa perhitungan melalui persamaan 9:

$$Z_T = \frac{60}{\sqrt{2.2}} \ln \left(\frac{8h}{w_1} + \frac{w_1}{4h} \right) \quad (9)$$

Dimana Z_T adalah impedansi transformer dalam Ohm, h adalah ketebalan substrat dalam millimeter dan w_1 adalah lebar saluran transformer dalam millimeter[2,6].

Panjang dari suatu transformer $1/4 \lambda$ dapat di analisa menggunakan perhitungan melalui persamaan 10:

$$l = \frac{\lambda}{4} = \frac{\lambda_0}{4\sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (10)$$

Dimana λ adalah panjang gelombang transformer dalam millimeter dan λ_0 adalah panjang gelombang elektromagnetik dari suatu frekuensi kerja dalam meter.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Dimensi Patch Persegi Panjang

Untuk dimensi sebuah patch peradiasi bentuk persegi panjang analisa dapat dilakukan dengan persamaan 1, dimana kecepatan cahaya 3×10^8 m/s, konstanta dielektrik 2,2 dan frekuensi osilasi 28 GHz. Hasil perhitungan diperoleh lebar patch (W) adalah 4,23 mm. Untuk sisi dimensi panjang patch (L) yang digunakan adalah nilai panjang efektif (L_{eff}) melalui persamaan 5 adalah 3,61 mm.

3.2 Dimensi Saluran Transmisi

Lebar saluran transmisi mikrostrip (w) pencatu daya dapat di analisa melalui perhitungan persamaan 6. Untuk impedansi karakteristik 50 Ohm, dimana konstanta dielektrik efektif (ϵ_{reff}) adalah 1,87 dan ketebalan substrat (h) adalah 0,13 mm, maka diperoleh lebar saluran transmisi mikrostrip adalah 0,4 mm.

3.3 Dimensi Saluran Transformer

Untuk sebuah transformer $1/4\lambda$ dapat di analisa melalui nilai impedansi transformer (Z_T) menggunakan perhitungan persamaan 7 dengan substitusi dari persamaan 8. Nilai impedansi beban (Z_L) dapat di hitung dari dimensi sebuah patch persegi panjang untuk lebar (W) adalah 4,32 mm dan panjang (L) adalah 3,61 mm, maka diperoleh nilai impedansi beban adalah 276 Ohm. Selanjutnya nilai impedansi transformer diperoleh menggunakan persamaan

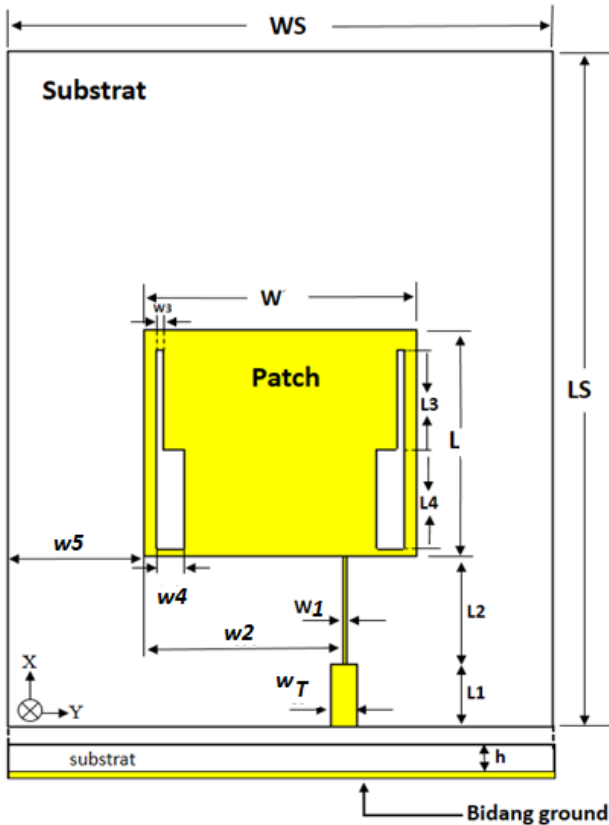
7 dengan memasukan Z_L dan Z_o , maka impedansi transformer adalah 116 Ohm. Untuk lebar saluran transformer dengan nilai impedansi 116 Ohm, maka lebar saluran transformer dapat dihitung melalui persamaan 9 diperoleh 0,06 mm. Panjang dari suatu transformer $\frac{1}{4} \lambda$ dapat dihitung menggunakan persamaan 10, dimana λ_o dapat diperoleh dari kecepatan cahaya (3×10^8 m/s) dibagi dengan frekuensi kerja 28 GHz . Jadi panjang gelombang transformer (λ) yang diperoleh adalah 10,7 mm. Selanjutnya panjang transformer $\frac{1}{4} \lambda(l)$ diperoleh melalui persamaan 10 adalah 1,7 mm.

3.4 Konfigurasi Perancangan Antena

Gambar 2 memperlihatkan hasil dari sebuah rancangan antena yang memiliki sifat dual band pada millimeter wave untuk teknologi 5G[6,7]. Rancangan ini diperoleh dari pengembangan dari gambar 2 dengan penambahan dua buah slot tingkat identik pada patch peradiasi[5]. Secara dimensional dari gambar 3 dapat terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Dimensi Rancangan Antena dengan Slot

Nama dimensi	Simbol	Ukuran (mm)
Lebar substrat	WS	8,46
Panjang substrat	LS	10,83
Ketebalan substrat	h	0,13
Lebar patch	W	4,23
Panjang patch	L	3,61
Lebar saluran transmisi	W_T	0,4
Panjang saluran transmisi	L1	1
Lebar transformator $\frac{1}{4} \lambda$	W1	0,06
Panjang transformator $\frac{1}{4} \lambda$	L2	1,7
Lebar celah sisi atas	W3	0,1
Panjang celah sisi atas	L3	1,6
Lebar celah sisi bawah	W4	0,42
Panjang celah sisi bawah	L4	1,6
Jarak sisi patch ke tepi substrat	W5	3,09



Gambar 2. Rancangan Antena dengan Slot.

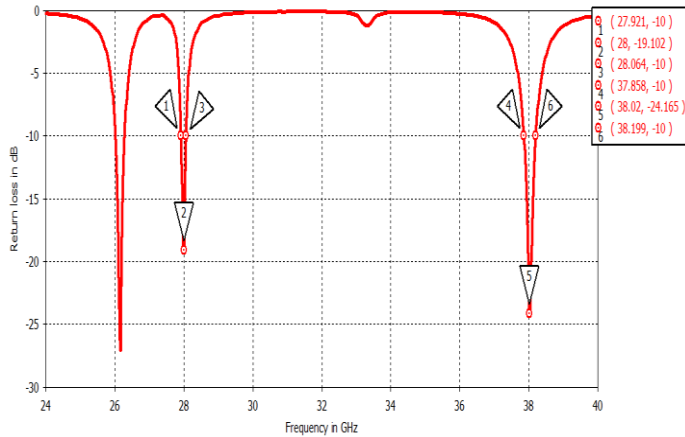
3.5 Parameter Antena

Hasil dari simulasi memperlihatkan gambar 2 penambahan dua slot bertingkat sangat berpengaruh pada sifat dual band. Dalam hal ini terutama terhadap lebar slot kecil dan besar[5]. Untuk bisa matching impedansi yang baik dipengaruhi oleh penempatan posisi saluran transmisi dan transformer terhadap tepi patch sisi bawah. Hasil terbaik parameter diperlihatkan rancangan pada dimensi di tabel 1. Beberapa parameter antena yang diperoleh melalui simulasi, seperti : Bandwidth, Impedansi Masukan , Polaradiasi dan Gain.

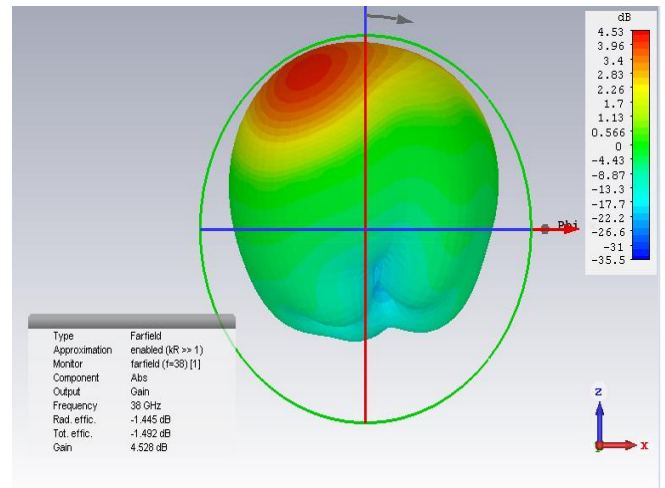
Gambar 3 memperlihatkan grafik dari nilai frekuensi terhadap return loss, dimana hasil yang diperlihatkan terdapat 3 bandwidth terhadap return loss di bawah 10 dB. Secara normativ dari target yang diharapkan diperoleh dua band di frekuensi 28GHz dengan nilai bandwidth sebesar 143 MHz dan di frekuensi 38 GHz adalah 341 MHz.

Gambar 4 memperlihatkan grafik smith chart untuk nilai impedansi masukan yang diperoleh dari matching impedansi antara impedansi beban terhadap impedansi karakteristik 50 Ohm. Koefisien refleksi dalam keadaan mismatch $Z_{in} = 53,7$ Ohm terdapat di frekuensi 28 GHz bersifat kapasitif dan $Z_{in} = 54,5$ Ohm di frekuensi 38 GHz bersifat induktif.

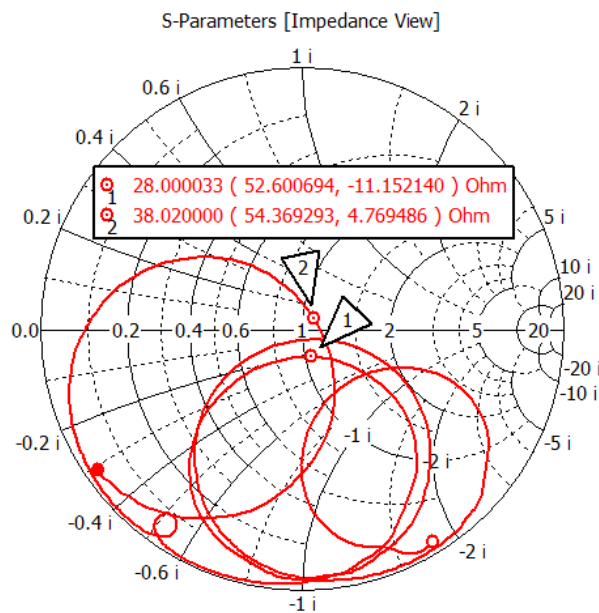
Gambar 5 dan 6 memperlihatkan bentuk dari polaradiasi yang diperoleh secara simulasi di frekuensi 28 GHz dan 38 GHz. Hasil yang diperlihatkan pada frekuensi kerja 28 GHz Gain yang diperoleh dari maksimum directivity adalah 4,58 dB, sedangkan pada frekuensi 38 GHz Gain yang diperoleh adalah 4,53 dB.



Gambar 3. Grafik Frekuensi terhadap Return Loss



Gambar 6. Polaradiasi Pada Frekuensi 38 GHz



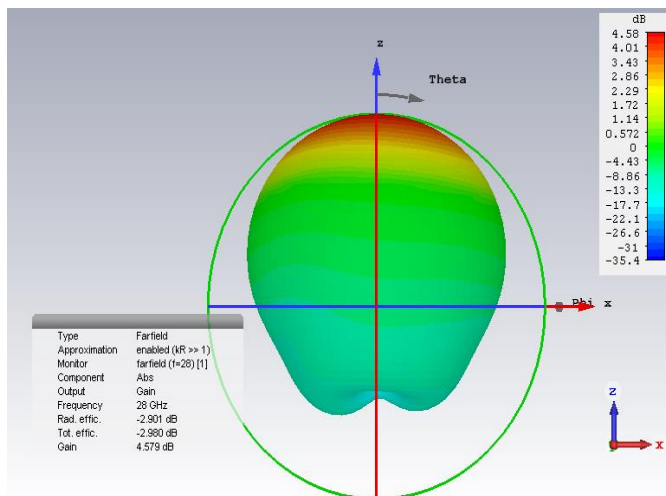
Gambar 4. Grafik Smith Chart Impedansi Masukan (Z_{in})

4. Kesimpulan

Hasil simulasi rancangan antenna masih memperlihatkan sebagai antenna triple band. Tetapi sebagai target efektif yang beroperasi di dualband tetap diperoleh dengan baik di 28GHz dan 38 GHz. Secara dimensi antenna memiliki ukuran yang kecil serta bersifat kompak. Untuk hasil terbaik masih mungkin dapat diperbaiki terhadap lebar serta panjang celah agar terlihat murni di dualband yang diharapkan. Sebagai target penelitian dual band frekuensi kerja di 28 GHz dan 38 GHz hasil rancangan sudah sangat mendukung untuk teknologi 5G.

Referensi

- [1] Knap J, FCC Action to Make Spectrum Available for 5G, 2016 . <https://mentor.ieee.org/802.18/dcn/16/18-16-0058-00-0000-fcc-mmwave-r-o-and-fnprm>
- [2] Huang, Y. and K. Boyle, Antennas from Theory to Practice, Wiley & Sons Ltd, West Sussex, 2008.
- [3] Robert E. Collin. Foundation For Microwave Engineering. McGraw-Hill, 2nd ed, 1992.
- [4] Kai Chang, Inder Bahl, Vijay Nair. RF and Microwave Circuit and Component Design for Wireless System. John Wiley & Son, 2002.
- [5] Kin-Lu Wong, *Compact and Broadband Microstrip Antennas*. Copyright c 2002 John Wiley & Sons, Inc. ISBNs: 0-471-41717-3 (Hardback); 0-471-22111-2 (Electronic) page: 88-91.
- [6] Rahman S, Cao Q, Hussain I, Khalil H, Zeeshan M, Nazar W, *Design of Rectangular Patch Antenna Array for 5G Wireless Communication*, Progress in Electromagnetic Research Symposium (PIERS), Rusia 22-25 May, 2017.
- [7] Haraz O, Ali M, Alshebeili S, Sebak A, *Design of a 28/38 GHz Dual-Band Printed Slot Antenna for the Future 5G Mobile Communication Network*, Access IEEE, 2015.
- [8] Taconic High Performance Laminate Properties, www.taconic-add.com



Gambar 5. Polaradiasi Pada Frekuensi 28 GHz