

Perancangan dan Optimalisasi Bandwidth Antena Wideband dengan Dua Setengah Circular Path untuk Aplikasi C-Band (4GHz-8GHz)

Muh Asnoer Laagu
Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember
Jl. Kalimantan No. 37, Jember, Jawa Timur 68121
asnoer@unej.ac.id

Abstrak

Komunikasi jarak jauh memerlukan desain antena yang memiliki karakteristik pita lebar (*wideband*). Antena wideband memiliki karakteristik dapat menerima frekuensi yang lebar (*wideband*), salah satu jenis antena yang mendukung teknologi dalam antena sistem komunikasi satelit adalah antena mikrostrip. Antena microstrip dengan dirancang dua setengah *circular patch* mampu bekerja optimal pada frekuensi 4,5GHz – 8,4GHz dengan lebar *bandwidth* sebesar 4000MH. Penggunaan dua setengah *circular patch* jauh lebih efektif pada saat simulasi *return loss* yakni optimal hingga -25dB. Patch dengan sudut *circular* mampu memperbesar lebar *bandwidth* jika dibandingkan dengan patch berbentuk *rectangular*. Dimensi antena perlu digeser lagi agar frekuensi antena bisa benar-benar tepat pada frekuensi 4GHz – 8GHz. Perlu dipertimbangkan juga dimensi antena akan lebih besar jika harus menggeser frekuensi kerja.

Kata Kunci — microstrip, wideband, circular path, komunikasi satelit, u-slot.

Abstract

Long-distance communication requires an antenna design that has wideband characteristics. Wideband antennas have the attributes of being able to receive wide-band frequencies. One type of antenna that supports technology in satellite communication antenna systems is the microstrip antenna. The microstrip antenna with a two-and-a-half circular patch design can work optimally at a frequency of 4.5GHz – 8.4GHz with a bandwidth of 4000MH. Using two and a half circular patches is much more effective when simulating return loss, which is optimal up to -25dB. Patches with circular corners can increase the width of the bandwidth when compared to rectangular patches. The dimensions of the antenna need to be shifted again so that the antenna frequency can be precise at the 4GHz – 8GHz frequency. It should also be considered that the dimensions of the antenna will be more significant if you must shift the working frequency.

Keywords — microstrip, wideband, circular path, satellite communication, u-slot.

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan kondisi geografis yang sangat luas, terdiri lebih dari 17.000 pulau dari Sabang hingga Merauke. Luas total wilayah Indonesia adalah 7,81 juta km² yang terdiri dari 30% daratan dan 70% lautan. Luas wilayah yang sangat luas dan terdiri dari ribuan pulau maka Indonesia memerlukan sistem komunikasi yang mampu menjangkau seluruh luas wilayah kedaulatannya. Sistem komunikasi yang banyak digunakan saat terbagi dua yakni, sistem komunikasi teresterial dan sistem komunikasi satelit. Sistem komunikasi *terrestrial* merupakan sitem telekomunikasi yang dibangun dan dijalankan pada permukaan bumi dan menggunakan infrastruktur di daratan untuk transmisi datanya baik itu melalui kabel (*wired*), *fiber optik* maupun melalui spektrum gelombang radio (*wireless*). Sistem komunikasi satelit merupakan sistem telekomunikasi yang menggunakan satelit diangkasa untuk transmisi datanya dan memiliki cakupan yang sangat luas dibanding teresterial. Indonesia membutuhkan sistem telekomunikasi satelit karena luas wilayah dan kondisi geografisnya yang terpisah antar pulau sehingga bisa menjadi solusi dalam pemerataan akses telekomunikasi di Indonesia.

Untuk menunjang kebutuhan tersebut dibutuhkan desain antena yang memiliki karakteristik *wideband*. Dalam definisi ITU mengatur bahwa penggunaan frekuensi radio dengan lebar bandwidth lebih besar atau sama dengan 1 MHz, maka merupakan kategori wideband[1]. Antena wideband memiliki karakteristik dapat menerima frekuensi yang lebar (*wideband*), salah satu jenis antena yang mendukung teknologi dalam antena sistem komunikasi satelit adalah antena mikrostrip. Keunggulan antena mikrostrip terutama pada antenanya yang tipis, kecil ringan dan mudah untuk diaplikasikan. Pada prinsipnya antena mikrostrip memiliki bandwidth yang sempit, salah satu teknik yang digunakan untuk memperlebar bandwidth adalah dengan optimalisasi patch. Modifikasi *patch* dengan menambahkan *U slot* dan dua setengah *circular patch*

mampu mengoptimalkan antenna untuk bisa bekerja pada frekuensi tinggi dan bandwidth yang lebih besar[2].

Penelitian ini bertujuan untuk mendesai dan merancang sebuah antenna wideband yang memiliki bandwidth lebar dan bisa bekerja optimal pada rentang frekuensi 4GHz-8GHz. Hasil pengujian akan dianalisis pada parameter-parameter antenna wideband yang dirancang saat simulasi maupun saat fabrikasi. Batas rentang frekuensi kerja dalam perancangan antenna ini adalah 4GHz-8GHz, dengan parameter antenna yang diukur adalah pola radiasi, bandwidth, return loss, gain, VSWR, dan efisiensi antenna. Hasil fabrikasi antenna hanya akan mengukur return loss saja (S_{11})

II. METODOLOGI PENELITIAN

Disain antenna *microstrip slot* yang dirancang berbentuk *rectangular*, dengan dua setengah *circular patch* ada beberapa langkah yang akan di lakukan seperti yang di bawah ini, yaitu:

A. Menentukan Spesifikasi Antena

Antena yang didisain pada penelian ini adalah antenna microstrip dengan dua setengah circular patch yang bekerja pada frekuensi C-Band (4-8GHz). Berikut spesifikasi antenna yang akan dirancang:

TABEL 1:
PARAMETER DISAIN ANTENA

Parameter	Spesifikasi
Frekuensi kerja	4 GHz – 8 GHz
Substrate	FR-4 ($\epsilon_r = 4.3$, $h = 1.6 \text{ mm}$)
Panjang Substrate	35mm dan lebar substrate: 22mm
Patch	Cooper Annaled ($t = 0.035 \text{ mm}$)
Bandwidth	> 70% (<i>Wideband</i>)
Return Loss	< -10 dB
VSWR	< 2dB
Impedansi terminasi	50 Ω

B. Perhitungan Dimensi Antena

Perhitungan pada dimensi antenna dibutuhkan perancangan yang sistematis, sehingga mendapatkan nilai pada setiap parameter antenna. Simulasi dilakukan pada software CST, sebelum melakukan optimasi perlu dilakukan perhitungan pada frekuensi 4 GHz hingga 8 GHz sebagai acuan ukuran awal. Perhitungan dimensi antenna dilakukan untuk memenuhi spesifikasi antenna yang akan dibangun dalam penelitian ini, berikut ini adalah spesifikasi antenna yang dibutuhkan:

TABEL 2:
PARAMETER RANCANGAN ANTENA

Parameter	Spesifikasi
Frekuensi kerja	4 GHz – 8 GHz
ϵ_r FR-4 lossy	4,3
Tebal Substrat	1,6 mm
Tebal Patch	0,035 mm

Hal yang pertama akan kita lakukan adalah menentukan lebar *patch* (W_p) dan panjang *patch* (L_p) agar antenna bisa

bekerja efektif dari frekuensi 4 GHz – 8 GHz. Persamaan yang digunakan untuk menentukan lebar *patch* adalah sebagai berikut [6]:

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

Dimana:

- c =Kecepatan cahaya (m/s)
- ϵ_r =Karakteristik permitivitas relative
- W_p =Lebar patch
- f atau f_0 =Frekuensi kerja (Hz)

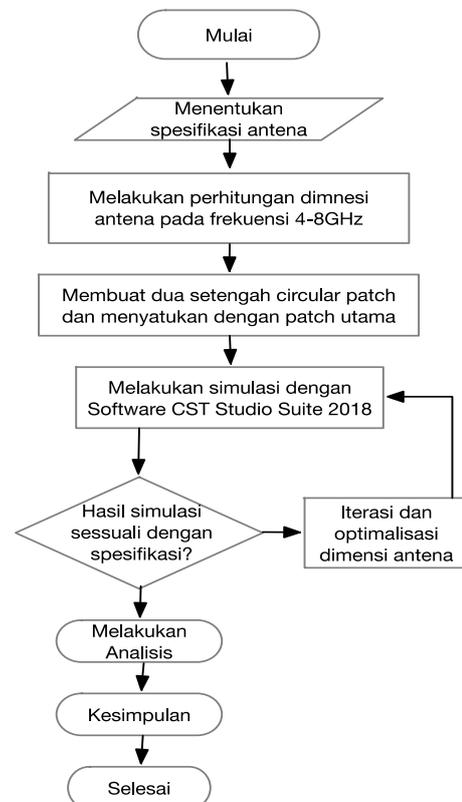
Sedangkan untuk menentukan panjang *patch* (L_p) dapat ditentukan dengan persamaan dibawah ini [6]:

$$L_p = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} - 2\Delta l \quad (2)$$

Dimana:

- c =Kecepatan cahaya (m/s)
- ϵ_{reff} =Konstanta dielektrik efektif
- Δl =Pertambahan dari Panjang patch (mm)
- h =Ketebalan substrate
- f_0 =Frekuensi kerja

C. Perancangan dengan menggunakan perangkat lunak CST Studio Suite 2018

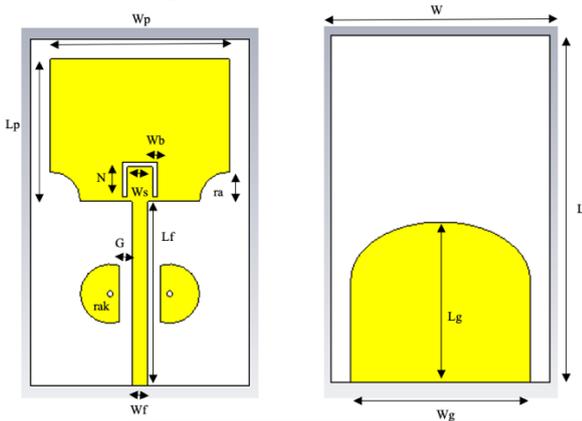


Gbr.1 Flowchart rancangan sistem

Setelah melakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai pada setiap parameter antenna barulah perancangan akan dilakukan, perancangan bertujuan dapat memvisualisasi dan mensimulasikan. Visualisasi berupa gambar tiga dimensi dengan spesifikasi ukuran, jenis bahan dan letak pencatutan agar dapat melakukan simulasi. Hasil dari simulasi yang menggunakan CST Studio Suite 2018 berupa parameter-parameter antenna, *return loss* yang akan di tampilkan dalam bentuk grafik, selanjutnya akan melakukan analisis untuk mengetahui karakteristik dan kinerja antenna.

Dari tahap perancangan di atas maka di buat alur diagram seperti terlihat pada Gambar 1.

Fokus utama yang yang akan dicapai adalah agar antenna bisa bekerja optimal pada frekuensi C-Band (4-8GHz). Disain yang diusulkan berdasarkan pada penelitian antenna ultrawideband sebagai berikut [2]:



Gbr. 2 Rancangan antenna

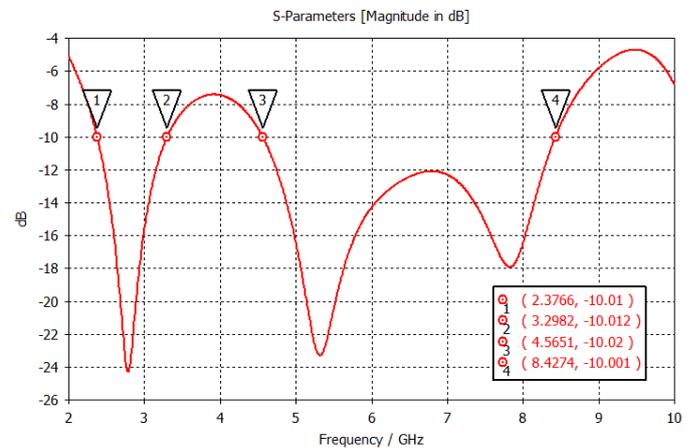
Rancangan antenna pada gambar 1 memiliki *patch rectangular* yang akan memancarkan radiasi dengan dua segmen seperempat lingkaran simetris dibagian tepi bawah *patch*. Segmen-segmen ini dengan radius (ra) memiliki peran untuk mencapai bandwidth yang lebar. Nilai ra sangat menentukan dalam memberikan karakteristik *ultrawideband*. Pada *ground plane*, terdapat dua segmen seperempat lingkaran simetris pada masing-masing sisi *ground plane*. Segmen pada *ground plane* ini secara langsung mempengaruhi frekuensi resonansi. Berikut ini tabel dimensi antenna acuan pada masing-masing segmen antenna:

TABEL 3:
DIMENSI ANTENA

Dimensi	(mm)	Dimensi	(mm)
L	35	Wb	0,5
W	22	Ws	3,05
Wp	18	G	2
Wg	18	h	1,6
Lp	14,4	ra	3,4
Lf	18,6	ral	3
Lg	17,4	rak	0,3
N	3	Wf	1,6

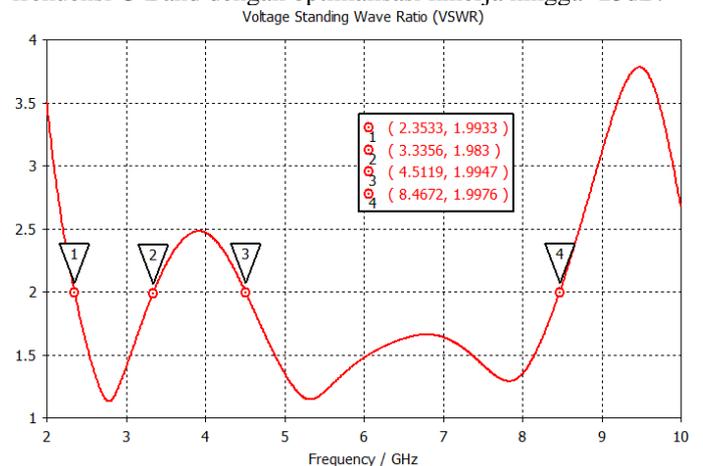
III. HASIL PENELITIAN

Hasil yang didapatkan pada perancangan menggunakan perangkat lunak CST Studio Suite 2018 adalah sebagai berikut: Penentuan nilai-nilai antenna ditentukan agar bisa menghasilkan lebar bandwidth yang diinginkan. Disain antenna yang diukur sesuai dengan rancangan antenna pada gambar 2, lebar bandwidth sudah sesuai apa yang diinginkan. Fungsi utama *groundplane* dari percobaan ini adalah membuat frekuensi resonansi bisa lebih baik, hasil simulasi S_{11} menunjukkan hasil maksimum -24dB.



Gbr. 3 Hasil simulasi parameter S_{11} (*return loss*)

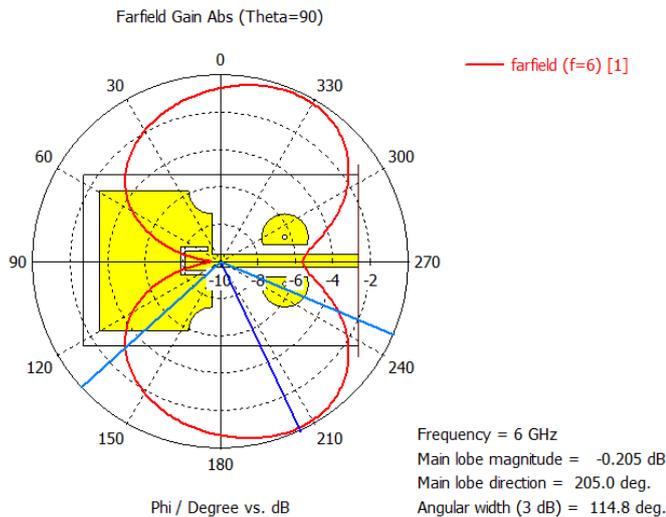
Pada gambar 3 hasil simulasi *return loss* diatas dapat dilihat bahwa antenna bisa bekerja optimal pada frekuensi kerja yang lebih lebar yakni pada frekuensi 2,3GHz – 3,2GHz (900MHz) dan pada frekuensi 4,5GHz – 8,4GHz (4000MHz), mampu bekerja optimal hingga -25dB. Lebar bandwidth sudah memenuhi kriteria tujuan penelitian yakni mampu bekerja pada frekuensi C-Band dengan optimalisasi kinerja hingga -25dB.



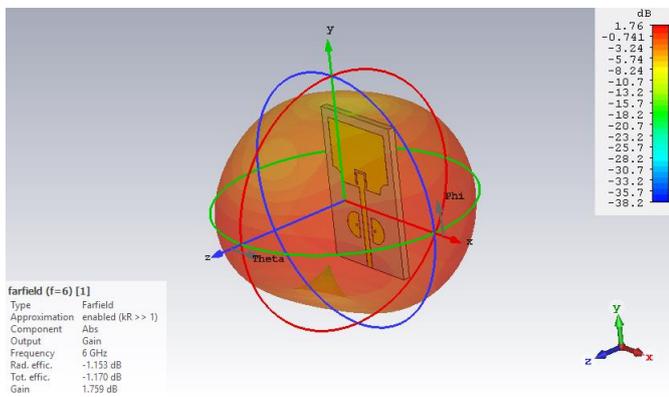
Gbr. 4 Hasil simulasi VSWR antenna

Hasil simulasi VSWR terlihat bahwa nilai VSWR ideal didapatkan pada frekuensi 2,3GHz - 3,3GHz dan pada frekuensi 4,5GHz – 8,5GHz. Jika dibandingkan dengan iterasi 3 sebelumnya maka hasil pola radiasi pada antenna iterasi

keempat ini jauh lebih baik, dapat terlihat pada gambar 5 dibawah ini, pola radiasi yang dihasilkan *omni directional*. Perancangan disain antenna ini kemudian akan menjadi rujukan dalam proses fabrikasi antenna untuk keperluan pengukuran antenna.

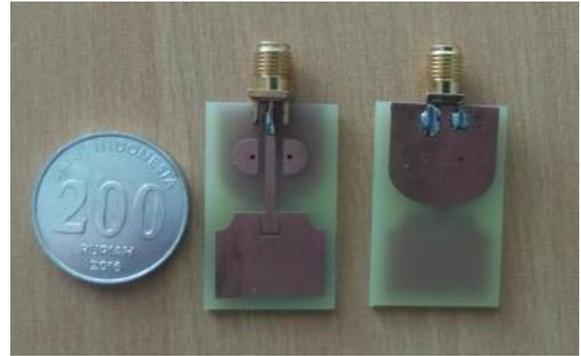


Gbr. 5 Hasil simulasi pola radiasi antenna pada frekuensi 6GHz



Gbr. 6 Hasil pola radiasi antenna dalam bentuk tiga dimensi (3D)

Langkah selanjutnya adalah melakukan perancangan antenna pada perangkat lunak CST Studio Suite 2018, kemudian dilanjutkan dengan proses pencetakan material antenna dengan bahan substrat FR-4 dengan ketebalan 1,6 mm dan patch berupa tembaga dengan tebal 0,035 mm yang kemudian antenna tersebut diukur untuk melihat kesesuaian setiap parameter antara simulasi dan fabrikasi. Antena yang diukur hanya akan dilihat nilai return loss saja dengan tujuan mendapatkan frekuensi kerja dari antenna yang telah dibuat.



Gbr. 7 Hasil fabrikasi antenna dalam penelitian

Setelah proses simulasi dan pengukuran selesai dilakukan, maka proses selanjutnya adalah membandingkan antara hasil yang didapatkan pada saat simulasi dan hasil saat pengukuran. Proses pengukuran dalam penelitian ini parameter yang akan diukur adalah return loss, dengan menggunakan alat ukur network analyser (NA). Prosedur pengukuran dilakukan sebagai berikut:

1. Memasang probe 50W pada input network analyzer (NA) lalu dipilih kalibrasi pada NA. Pengukuran dilakukan pada port 2 network analyzer, dimana sebelumnya dilakukan kalibrasi terlebih dahulu pada frekuensi 2 GHz – 10 GHz karena rentang frekuensi kerja yang diinginkan adalah 4GHz – 8 GHz. Kalibrasi pada NA dilakukan untuk validitas pengukuran dengan cara membuat alat ukur dalam kondisi standar.



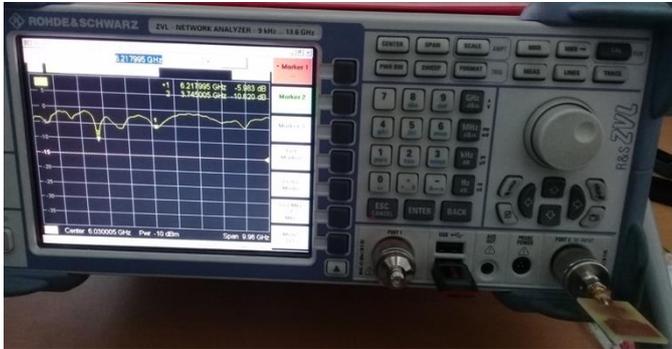
Gbr. 8 Proses kalibrasi network analyzer

2. Setelah proses kalibrasi, antenna kemudian dihubungkan pada port 2 Network analyzer, seperti terlihat pada gambar berikut ini:



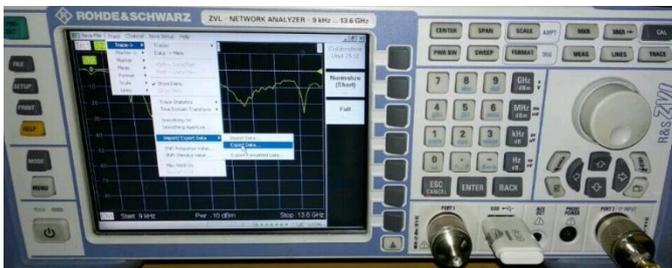
Gbr 9. Konfigurasi antenna dihubungkan pada network analyzer

- Menampilkan tombol start dan stop untuk menampilkan rentang frekuensi sesuai pengamatan pada Network Analyzer
- Menampilkan parameter yang akan dilihat dari hasil pengukuran dengan cara memilih format S_{11} pada NA untuk menampilkan return loss terhadap frekuensi kerja.



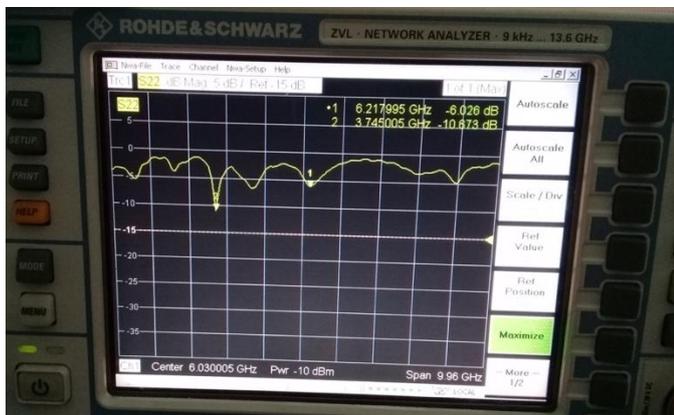
Gbr 10. Tampilan return loss terhadap frekuensi kerja

- Menyimpan file gambar dan data

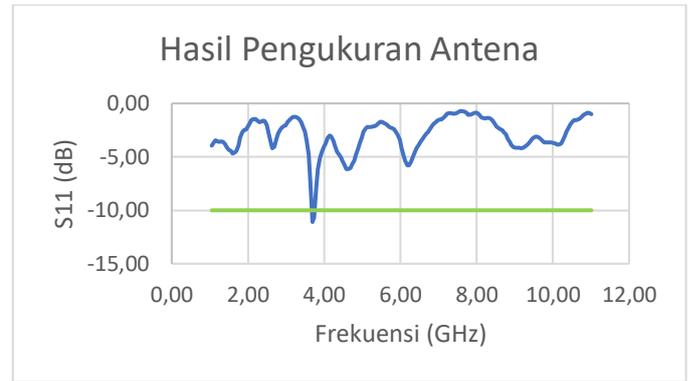


Gbr 11. Proses menyimpan file gambar dan data

Hasil pengukuran antenna yakni berupa grafik return loss sebagai berikut:



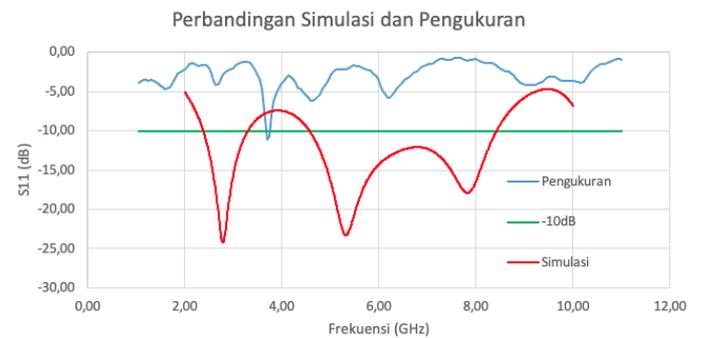
Gbr 12. Hasil pengukuran return loss di network analyzer



Gbr 13. Grafik hasil pengukuran

Dari hasil pengukuran diatas dapat dilihat bahwa frekuensi kerja yang memenuhi parameter return loss -10dB hanya terjadi pada frekuensi 3,6GHz – 3,8GHz dengan lebar bandwidth sekitar 200MHz.

Setelah proses simulasi dan pengukuran selesai dilakukan, maka proses selanjutnya adalah membandingkan antara hasil yang didapatkan pada saat simulasi dan hasil saat pengukuran.



Gbr. 14 Perbandingan hasil pengukuran dan simulasi

Hasil pengukuran dan simulasi menunjukkan cukup banyak perbedaan yang dihasilkan, pada simulasi, parameter antenna dengan return loss -10dB terlihat pada frekuensi 4,5GHz – 8,4GHz (4000MHz) dan pada frekuensi 2,3GHz – 3,2GHz (900MHz) sedangkan pada pengukuran hasil yang didapatkan hanya frekuensi 3,6GHz – 3,8GHz (200MHz). Perbedaan hasil pengukuran dengan hasil simulasi terjadi karena proses fabrikasi yang tidak terlalu baik saat pencetakan antenna dan proses menyolder patch maupun ground antenna tidak terlalu rapi sehingga frekuensi kerja bergeser sangat jauh dari hasil simulasi.

IV. KESIMPULAN

Hasil percobaan dalam penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa antenna microstrip dengan dua setengah *circular patch* berhasil dibuat dan mampu bekerja optimal pada frekuensi 4,5GHz – 8,4GHz dengan lebar *bandwidth* sebesar 4000MHz telah sesuai dengan karakteristik *wideband*.

Penggunaan dua setegah *circular patch* jauh lebih efektif pada saat simulasi *return loss* yakni optimal hingga -25dB jika dibandingkan dengan dua setengan diamond patch pada iterasi ketiga yakni hanya sampai -17dB. Patch dengan sudut *circular* mampu memperbesar lebar *bandwidth* jika dibandingkan dengan patch berbentuk *rectangular*. Pada tujuan percobaan frekuensi kerja yang diharapkan adalah agar antenna mampu bekerja di frekuensi C-Band 4GHz – 8GHz, dalam simulasi hanya didapatkan frekuensi kerja 4,5GHz – 8,4GHz. Dimensi antenna perlu digeser lagi agar frekuensi antenna bisa benar-benar tepat pada frekuensi 4GHz – 8GHz. Perlu dipertimbangkan juga dimensi antenna akan lebih besar jika harus menggeser frekuensi kerja.

Penelitian ini masih sangat jauh dari kesempurnaan, beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam pengembangan penelitian selanjutnya adalah perlu diperhatikan kembali pada saat fabrikasi, ukuran dan dimensi antenna harus sesuai dengan dimensi saat simulasi. Jika terjadi perbedaan, frekuensi kerja bisa bergeser dari apa yang didapatkan pada saat simulasi. Pemilihan bahan substrate harus lebih selektif karena setiap bahan *substrate* berbeda nilai permitivitas relatif. Ukuran feed yang terlalu kecil sangat berpengaruh pada saat penyolderan dengan port antenna, sehingga ketebalan timah bisa mempengaruhi impedansi antenna.

REFERENSI

- [1] I. T. Union, "Radio Regulations, edition of 2004 (Volume 4 - ITU-R Recommendations incorporated by reference)."
- [2] M. Karamanoğlu, M. Abbak, and S. Şimşek, "A planar ultra-wideband monopole antenna with half-circular parasitic patches," *Mediterr. Microw. Symp.*, 2013.
- [3] D. Yuniarti, "Studi Perkembangan dan Kondisi Satelit Indonesia The Study of Development and Condition of Indonesian Satellites," *Bul. Pos dan Telekomun.*, vol. 11, no. 2, pp. 121–136, 2013.
- [4] D. Roddy, *Satellite Communications McGraw-Hill New York Chicago San Francisco Lisbon London Madrid Mexico City Milan New Delhi San Juan Seoul Singapore Sydney Toronto CIP Data is on file with the Library of Congress.*
- [5] "Satellite frequency bands / Telecommunications & Integrated Applications / Our Activities / ESA." [Online]. Available: http://www.esa.int/Our_Activities/Telecommunications_Integrated_Applications/Satellite_frequency_bands. [Accessed: 18-May-2019].
- [6] C. A. Balanis, *Antenna theory*, vol. 25, no. 2. 2005.
- [7] A. Engineering and D. Paper, *Ultra Wide Band Devices*, no. April. 2005.
- [8] P. Pathak and P. K. Singhal, "Compact Broadband Monopole Antenna for C Band Applications," *Adv. Electromagn.*, vol. 7, no. 5, pp. 118–123, 2019.
- [9] S. Lakrit *et al.*, "A new small high-gain wideband rectangular patch antenna for X and Ku bands applications," *J. Taibah Univ. Sci.*, vol. 12, no. 2, pp. 202–207, 2018.
- [10] M. M. Ali, M. T. Islam, M. Samsuzzaman, and M. T. Islam, "Rectangular with half circle cut-out microstrip patch antenna for C-band applications," *4th Int. Conf. Adv. Electr. Eng. ICAEE 2017*, vol. 2018-Janua, pp. 90–93, 2018.
- [11] S. Chakraborty, "Design and Performance Studies of an Elliptical Slot Circular Polarization Antenna for C-Band Wireless Applications," *2019 Int. Conf. Electr. Comput. Commun. Eng.*, pp. 1–6, 2019.