

PERANCANGAN ANTENA UNTUK CONTINUOUS WAVE RADAR PADA FREKUENSI 10,5 GHz

Antenna Design for Continuous Wave Radar on 10,5 GHz Frequency

Auliya Sabila¹, A Adya Pramudita², Yuyu Wahyu³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

¹auliyasabila@student.telkomuniversity.ac.id, ²pramuditaadya@telkomuniversity.ac.id,

³yuyuwahyusr@student.telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Human to Machine Interface (HMI) merupakan suatu interface antara manusia dengan mesin atau system sehingga mampu berkomunikasi. Komunikasi ini dapat terjadi akibat suatu tanda tertentu yang dilakukan sebagai interface perintah pada mesin atau system. HMI merupakan perangkat lunak yang mempermudah dan efisien bagi aktifitas pengguna untuk mengendalikan mesin. Pada pengembangan yang telah dilakukan, HMI berupa pendeteksian suatu gerakan, mata, bioelektrik yang diperuntukkan untuk mempermudah aktifitas penyandang disabilitas. Pada beberapa pengembangan HMI, Continuous Wave Radar menjadi alternatif detector terhadap suatu target atau objek. Continuous Wave Radar ini mampu dioperasikan pada frekuensi S-Band, X-Band, L-Band, Ku-Band dan Ka-Band. Pada tugas akhir ini merancang antenna sederhana yang beroperasi di frekuensi 10,5 GHz sehingga mampu diaplikasikan terhadap CW radar. Dimana antenna yang memiliki frekuensi kerja 10,5 GHz merupakan tergolong frekuensi X-band. Antena yang dirancang merupakan sebuah antenna microstrip dengan Teknik pencatutan pencatutan microstrip line feed. Proses merancang desain antenna dilakukan dengan simulasi dan pengukuran realisasi antenna. Simulasi antenna dilakukan dengan software simulator dan pengukuran realisasi dengan vector network analyzer (VNA). Perancangan antenna pada frekuensi kerja 10,5 GHz yang dilakukan dengan software simulator didapatkan nilai return loss sebesar -42,737 dB dengan polarisasi linier. Kemudian pengukuran antenna realisasi -22,223 dB, dimana hal ini menunjukkan nilai return loss pada simulasi antenna lebih kecil dari pada realisasi antenna.

Kata Kunci : HMI, CW Radar, Antena Microstrip, Frekuensi 10,5 GHz, Microstrip Line Feed

Abstract

Human to Machine Interface (HMI) is an interface between humans and machines or systems so that they are able to communicate. This communication can occur due to a certain sign that is performed as a command interface on the machine or system. HMI is software that makes it easy and efficient for user activities to control machines. In the development that has been carried out, HMI is in the form of detecting a movement, eye, bioelectric which is intended to facilitate the activities of persons with disabilities. In several HMI developments, Continuous Wave Radar has become an alternative detector for a target or object. This CW Radar is capable of operating on S-Band, X-Band, L-Band, Ku-Band and Ka-Band frequencies. In this final project design a simple single antenna that operates at a frequency of 10,5 GHz which can be applied to CW Radar. Where the antenna which has a working frequency of 10,5 GHz is classified as an X-Band frequency. The designed antenna is a microstrip antenna with a microstrip line feed technique. The process of designing the antenna design is carried out by simulating and measuring the realization of the antenna. Antenna simulation is done with simulator software and antenna realization measurement is done with Vector Network Analyse (VNA). Antenna design at a working frequency of 10,5 GHz which is done with simulator software obtained a return loss value of -42,737 dB with linear polarization. Then the measurement of the realized antenna gets the optimum frequency at 10,581 GHz with a return loss of -22,223 dB, which shows that the return loss value in the antenna simulation is smaller than the realized return loss value of the antenna.

Keywords: HMI, CW Radar, Microstrip Antenna, 10,5 GHz Frequency, Microstrip Line Feed

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Mengingat Industri 4.0, inovasi saat ini sedang berfokus pada pengembangan *Internet of Things* (IoT). *Smart home* merupakan salah satu pengembangan IoT yang banyak dilakukan [1]. *Smart home* memanfaatkan berbagai sensor untuk

merealisasikan inovasi yang diharapkan oleh developer. Salah satu pemanfaatan sensor tersebut merupakan implementasi dari *Human to Machine Interface* (HMI) [2]. HMI merupakan suatu interface antara manusia dengan mesin atau sistem sehingga mampu berkomunikasi. Komunikasi ini dapat terjadi akibat suatu tanda tertentu yang dilakukan sebagai interface perintah pada mesin atau sistem [3].

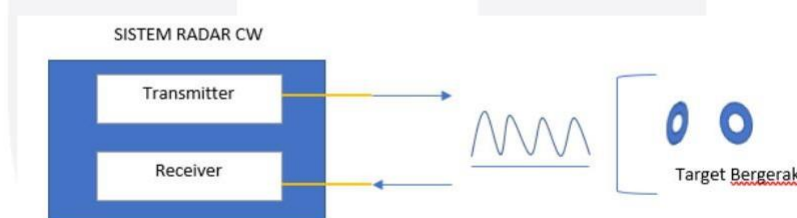
Dalam pengembangan HMI pada penelitian [4] memanfaatkan Continuous Wave (CW) Doppler Radar untuk mendeteksi gerakan tangan dimana gerakan tangan tersebut diharapkan mampu diidentifikasi dengan CW radar berdasarkan respon Dopplernya. CW Radar. Eksperimen yang telah dilakukan pada penelitian ini yaitu telah dilakukan pengambilan data sebanyak 50 kali untuk setiap gerakan yang berbeda dimana terdapat 3 gerakan tangan berbeda yaitu gerakan memutar, mendorong dan menggeser. Pada penelitian ini memanfaatkan modul HB100 sebagai CW radar yang bekerja pada frekuensi 10,5 GHz. Hasil metode *cross-correlation* yang dilakukan deteksi pada empat gerakan tangan bahwa gerakan memutar dan gerakan mendorong memiliki tingkat keberhasilan deteksi sebesar 90% sedangkan pada gerakan menggeser memiliki tingkat keberhasilan deteksi sebesar 60%. Pada penelitian [5], melakukan array antenna terhadap CW Radar dengan memanfaatkan Linear Frequency Modulated (LFM) yang beroperasi pada frekuensi 2,44 GHz. Dalam penelitian tersebut mendeteksi 4 benda yang diletakkan dengan jarak yang berbeda-beda. Hasil penelitian yang didapatkan dari penelitian tersebut bahwa dideteksi dengan tepat 3 benda dari 4 benda.

Dalam Tugas Akhir ini melakukan pengembangan penelitian sebelumnya dengan memberikan sarana pengembang lainnya untuk melakukan array antenna yang diaplikasikan pada CW Radar sehingga dapat meningkatkan tingkat keberhasilan deteksi objek dengan single antenna sederhana yang dirancang dalam Tugas Akhir ini. Dimana antenna yang dirancang mampu diaplikasikan sebagai antenna pemancar dan antenna penerima pada CW Radar. CW Radar yang digunakan pada penelitian [4] merupakan X-Band Radar karena bekerja pada frekuensi 10,5 GHz. Dimana frekuensi 10,5 GHz merupakan rentang radar frekuensi X-Band yaitu berkisar 8GHz hingga 12GHz [6]. Antena sederhana yang dirancang dalam Tugas Akhir ini akan bekerja pada frekuensi 10,5 GHz. Kemudian antenna yang dirancang merupakan antenna mikrostrip. Antena mikrostrip banyak direkomendasikan pada beberapa aplikasi system komunikasi radio karena memiliki beban lebih ringan, volume yang rendah, mampu memperoleh polarisasi linier dan sirkular dengan pencatuan yang sederhana, serta memiliki biaya fabrikasi yang relative lebih murah terlebih lagi jika diproduksi secara massal [8].

2. Dasar Teori

2.1 Continuous Wave Radar

Continuous Wave Radar (CW Radar) adalah radar yang mampu mendeteksi kecepatan suatu target dengan mengirimkan sinyal terus menerus berupa frekuensi yang kontinyu [6]. CW Radar meletakkan antenna pemancar dan penerima terpisah, artinya CW Radar tidak menggunakan satu antenna yang bertugas sebagai pemancar sekaligus penerima gelombang elektromagnetik [6]. Sistem CW Radar ini dapat ditunjukkan pada Gambar 2.1. CW Radar dapat menggunakan 2 antenna atau lebih dimana masing-masingnya dapat ditentukan sebagai pemancar atau penerima.



Gambar 2.1 Sistem CW Radar

Dalam CW radar output pemancar adalah osilasi frekuensi radio kontinyu atau secara terus menerus (unmodulated radar, doppler radar) [6]. Sebagian energi yang terpancar ditahan oleh objek atau target dan tersebar yang kemudian beberapa energi tersebut ditangkap oleh antenna penerima pada radar [6]. Hal ini berarti antenna penerima bertugas untuk mendeteksi frekuensi dopplernya, persamaan frekuensi doppler dapat ditunjukkan pada persamaan 2.1. CW Radar juga memanfaatkan efek doppler untuk meningkatkan deteksi kecepatan target tersebut dengan mengamati perubahan frekuensi gelombang akibat pergeseran relative [3]. Efek Doppler terjadi apabila ada tingkat jangkauan relatif, atau kecepatan radial, antara radar dan target [4]. Efek doppler ini terjadi ketika frekuensi gelombang pada penerima detektor mengalami perubahan akibat pergeseran relatif detektor. Radar akan mendeteksi keberadaan target dan mentransmisikan energi elektromagnetik kemudian mengamati gelombang yang dikembalikan.

(2.1)

Dimana $v \cos \theta$ merupakan kecepatan relative dari target (relative terhadap radar) dalam m/s, v merupakan kecepatan absolut dari target dalam m/s, λ merupakan panjang gelombang radar dalam m, dan θ adalah sudut antara arah target dan sinar radar [10].

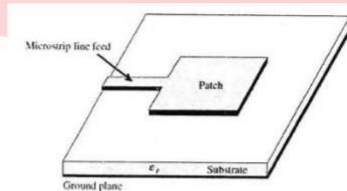
CW Radar pada dasarnya terdiri dari generator sinyal sinusoidal, splitter, amplifier daya tinggi (PA), mixer, antenna pemancar (Tx), antenna penerima (Rx) dan memanfaatkan *low pass filter* (LPF) dan *low noise amplifier* (LNA) ketika gelombang elektromagnetik dipancarkan oleh antenna pemancar sehingga diterima oleh antenna penerima [3].

2.2 Frekuensi X-Band

Frekuensi *X-Band* berkisar dari 8 hingga 12 GHz yang digunakan pada radar [6]. *X-Band* memungkinkan pencitraan resolusi yang lebih tinggi untuk identifikasi target [7] dan diskriminasi pada kondisi panjang gelombang pendek *X-Band* [6]. Dimana dengan panjang gelombang yang pendek itulah mampu memberikan pendeteksian objek yang lebih detail dengan jarak antara radar dengan objek tidak jauh karena panjang gelombang yang dihasilkan itu pendek [6]. Pada frekuensi *X-Band* ini mampu bekerja pada jarak yang berkisar 1 cm hingga 10 cm [] skoklnik.

2.3 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip (*microstrip antenna*) yang dikenal juga sebagai antenna *patch* atau antenna *printed* merupakan lempengan konduktor tipis yang diletakkan diatas lempengan konduktor tipis lainnya dan dipisahkan oleh sebuah bahan isolator (*substrate*). Antena mikrostrip terdiri dari strip logam yang tipis (*patch*) yang diletakkan di atas *groundplane*. Elemen *patch* dan *ground plane* dipisahkan oleh elemen dengan bahan dielektrik (substrat). Penentuan karakteristik dielektrik elemen substrat dapat menentukan kualitas performansi antena, substrat yang tebal dengan konstanta dielektrik rendah dapat memberikan efisiensi yang lebih baik, bandwidth yang lebihbesar, tetapi ukuran elemen akan lebih besar [11]. Konsep dasar antena mikrostrip tersebut akan diterapkan pada perancangan antena Tugas Akhir ini yaitu dengan perancangan *patch* persegi yang diletakkan di atas elemen substrat. Kemudian akan ditambahkan saluran transmisi berupa *microstrip line* yang diletakkan dibawah substrat. *Microstrip line* berupa strip konduktor dengan lebar yang lebihkecil dibandingkan dengan *patch* [8]. Gambar 2.2 menunjukkan pencatutan *patch* dengan menggunakan saluran mikrostrip (*microstrip line feed*). Teknik *microstrip line* mudah untuk difabrikasi, memiliki model yang sederhana, serta mudah untuk *match* denganmengatur posisi pencatutan tersebut [8].



Gambar 2.2 Microstrip Line Feed

2.8 Dimensi Antena Mikrostrip dengan Patch Segiempat

Dalam merancang suatu antena perlu diketahui ukuran antena karena hal tersebut mempengaruhi kinerja dari antena tersebut. Hal-hal yang perlu diketahui terlebih dahulu dalam perhitungan dimensi antena antara lain frekuensi kerja () antena, bahan yang digunakan terhadap antena seperti ketebalan substrat (h) dan konstanta dielektriknya ().

2.8.1 Dimensi Patch

Dalam Tugas Akhir ini akan memanfaatkan *patch* segiempat yang hanya memiliki parameter panjang sisi *patch*. Persamaan 2.1 berikut dapat digunakan untuk menghitung dimensi *patch* segiempat dimana merupakan Panjang sisi dari *patch*, merupakan cepat rambat gelombang, merupakan frekuensi kerja antena dan merupakan konstanta dielektrik substrat antena [8].

$$= \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} \sqrt{2} \quad (2.2)$$

2.8.2 Dimensi Mikrostrip Line

Dalam Tugas Akhir ini menerapkan pencatutan dengan *microstrip line* dengan dimensi yang memiliki parameter Panjang dan lebar yang dipengaruhi oleh konstanta dielektrik substrat (), ketebalan substrat (h), dan impedansi input antena (Z_0). Untuk mendapatkan lebar *microstrip line* () maka diperlukan parameter *static value* atau nilai pada persamaan 2.2 berikut ini [12].

$$= \frac{Z_0}{377} \quad (2.3)$$

Kemudian perlu mengetahui perbandingan nilai panjang sisi dari *patch* () dengan nilai ketebalan substrat (h) terlebih dahulu. Jika hasil perbandingan $a < 2$, maka untuk menghitung nilai lebar *microstrip line* sebagai berikut [12].

$$= \frac{8}{\dots} \quad (2.4)$$

Namun jika hasil perbandingan $a > 2$, maka untuk menghitung nilai lebar *microstrip line* sebagai berikut [12].

$$(2.5)$$

$$L = \frac{c}{f} \left[-1 - \ln(2 - 1) + \frac{1}{0.61} \{ \ln(-1) + 0.39 - \frac{0.61}{L} \} \right]$$

Nilai panjang *microstrip line* dapat diperoleh jika nilai L diketahui melalui persamaan berikut [11].

$$L = \frac{c}{f} \left[-1 - \ln(2 - 1) + \frac{1}{0.61} \{ \ln(-1) + 0.39 - \frac{0.61}{L} \} \right] \quad (2.6)$$

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2.7)$$

2.9 S-Parameter

S-Parameter merupakan hubungan *input* dan *output* antar port pada suatu sistem elektronik. Sebagai contoh, pada Tugas Akhir ini digunakan sistem elektronik *Vector Network Analyzer* (VNA) yang memiliki dua port yaitu *Port 1* dan *Port 2*. Apabila daya ditransfer dari port 1 ke port 2, hal itu dapat mewakili parameter S_{21} . Sedangkan parameter S_{11} menggambarkan pantulan pada port 1 dari sinyal ditransfer oleh port 1. Oleh karena itu, pengukuran parameter S_{11} digunakan untuk mengetahui nilai *return loss* dari suatu antenna.

2.10 Return Loss

Return Loss merupakan rugi-rugi (redaman) daya pada saat melakukan transfer daya karena adanya Sebagian daya yang dipantulkan oleh antenna. Hal ini terjadi akibat adanya perbedaan impedansi antara saluran transmisi dengan impedansi input antenna. *Return Loss* berkaitan dengan besarnya nilai koefisien pantul (Γ) yang ditunjukkan dengan persamaan berikut.

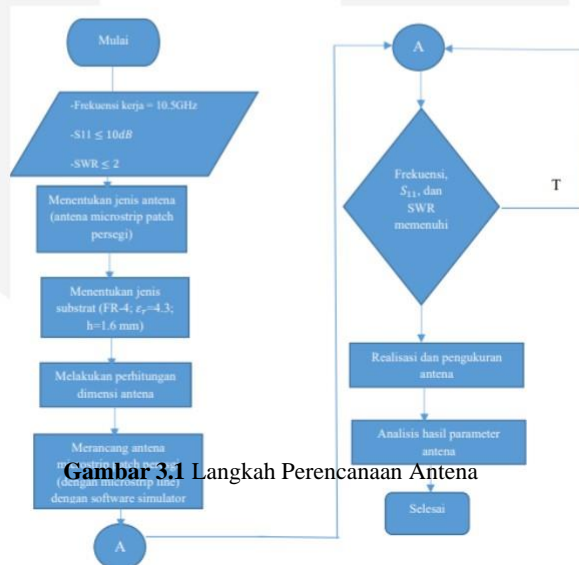
$$RL = -20 \log |\Gamma| \quad (2.8)$$

Nilai *return loss* yang baik yaitu kurang dari -10 dB yang menghasilkan nilai koefisien pantul sebesar 0,3 yang berarti setengah daya yang dipantulkan kembali oleh antenna.

3. Perancangan

3.1 Langkah Perencanaan

Pada Tugas Akhir ini dilakukan simulasi antenna dengan menggunakan software simulator sebelum melakukan realisasi antenna. Hal tersebut bertujuan untuk meminimalisir kesalahan saat fabrikasi sehingga pembuatan antenna menjadi lebih efektif dan efisien. Gambar menunjukkan rumusan proses perancangan antenna saat simulasi hingga realisasi.



Gambar 3.1 Langkah Perencanaan Antena

3.2 Spesifikasi Antena

Dalam proses perancangan antena, maka perlu diketahui terlebih dahulu spesifikasi antena berdasarkan dengan tujuan dan manfaat yang diinginkan. Tabel menunjukkan beberapa spesifikasi antena yang diharapkan dalam Tugas Akhir ini. Kemudian tabel menunjukkan beberapa spesifikasi jenis bahan antena.

Tabel 3.1 Spesifikasi Antena

Parameter	Spesifikasi
Frekuensi	10,5 GHz
Polarisasi	Linier
Return Loss	≤ -10 dB

Tabel 3.2 Spesifikasi Jenis Bahan Antena

Parameter	Spesifikasi
Jenis Patch	Persegi empat
Jenis Substrat	FR-4
Permittivitas Relative (ϵ_r)	4,3
Tebal substrat (h)	1,6 mm

3.3 Dimensi Antena

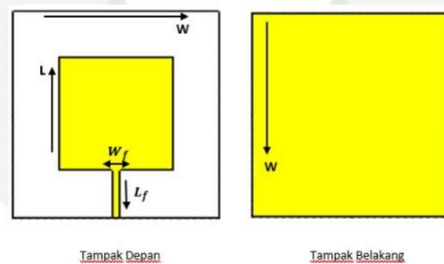
Berdasarkan perhitungan dimensi antena yang telah dilakukan, maka ukuran rancangan antena dapat dirumuskan pada tabel.

Tabel 2.3 Dimensi Antena

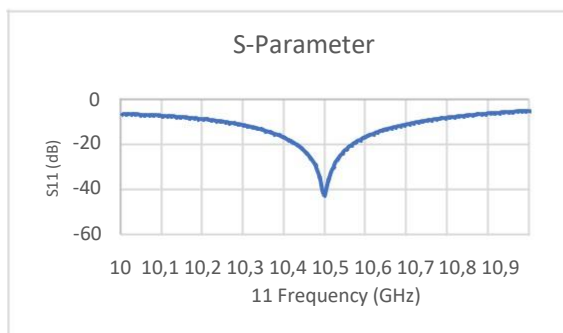
No	Parameter	Nilai	Keterangan
1	L	8,77 mm	Panjang sisi patch
2	W	18,37 mm	Panjang sisi substrat
3	W_f	6,9 mm	Lebar microstrip line
4	L_f	3,819 mm	Panjang microstrip line
5	h	1,6 mm	Tebal susbrat
6	h_c	0,035	Tebal patch dan microstrip line

4. Pembahasan

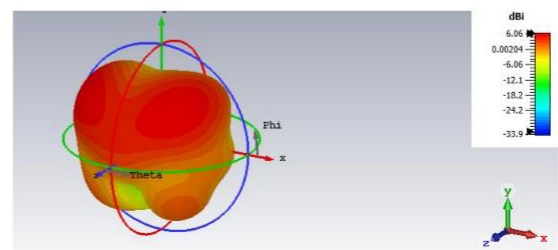
4.1 Simulasi Antena dan Hasil



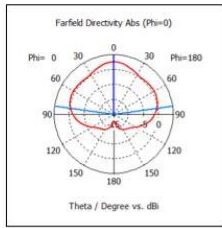
Gambar 4.1 Desain Antena



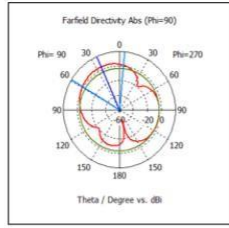
Gambar 4.2 Return Loss Antena Simulasi



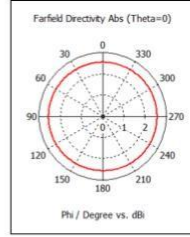
Gambar 4.3 Medan Jauh Antena



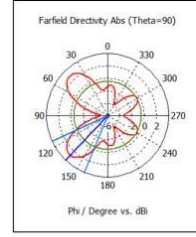
(a) $\Phi=0^\circ$



(b) $\Phi=90^\circ$



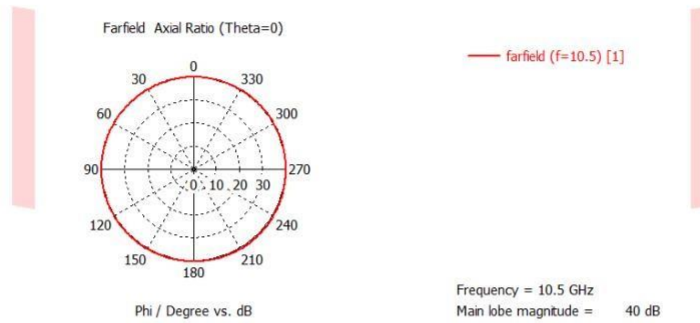
(b) $\Theta=0^\circ$



(a) $\Theta=90^\circ$

Gambar 4.4 Medan Jauh Antena Perpotongan ϕ

Gambar 4.5 Medan Jauh Antena Perpotongan θ



Gambar 4.6 Axial Ratio Antena

Hasil S-Parameter (S_{11}) telah didapatkan nilai return loss yaitu -42.74 dB pada frekuensi kerja 10.5 GHz seperti ditunjukkan pada Gambar 4.2. Kemudian untuk polarisasi dan polarisasi dari antenna dapat dilihat dari perpotongan pada sumbu ϕ dengan arah main lobe pada sudut θ 0° didapatkan nilai magnitude sebesar 2.54 dBi dan arah main lobe pada sudut θ 24° didapatkan nilai magnitude sebesar 4.5 dBi yang dapat ditunjukkan pada Gambar 4.4. Sedangkan pada perpotongan sumbu θ 0° , arah main lobe menunjukkan pada ϕ di segala arah dengan magnitude sebesar 2.54 dBi dan pada perpotongan θ 90° menunjukkan main lobe pada arah ϕ 136° dengan magnitude sebesar 2.86 dBi yang terlihat pada Gambar 4.5. Berdasarkan empat grafik medan jauh diatas, magnitude maksimum berada pada sudut θ di ϕ 0° yaitu sebesar 2.54 dBi. Oleh karena itu, tahap selanjutnya akan dilakukan pengamatan karakteristik polarisasi berdasarkan nilai axial ratio pada arah sudut θ di perpotongan sudut ϕ 0° . Hasil nilai axial ratio pada main lobe antenna terlihat pada Gambar 4.6 yaitu sebesar 40 dB.

4.2 Realisasi Antena dan Hasil

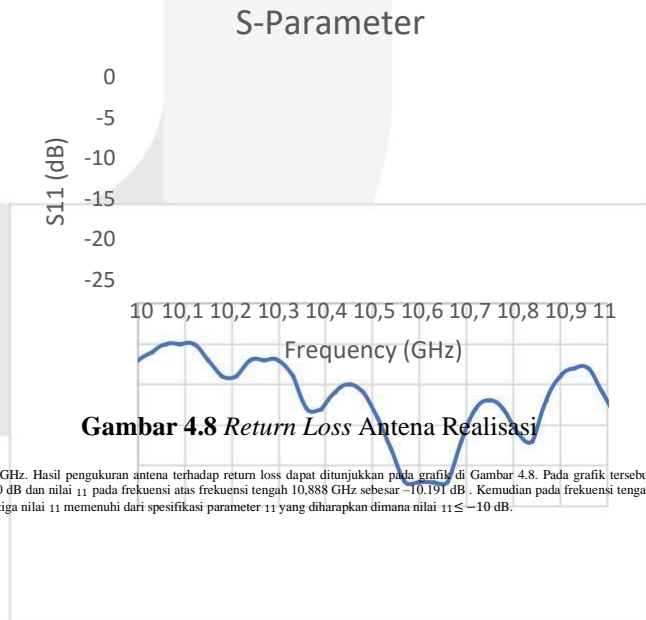


Gambar 4.7 Antena Realisasi

Tampak Depan



Tampak Belakang



Pengukuran dilakukan dengan VNA pada frekuensi 10.5 GHz hingga 13 GHz. Hasil pengukuran antenna terhadap return loss dapat ditunjukkan pada grafik di Gambar 4.8. Pada grafik tersebut menunjukkan bahwa pada frekuensi bawah 10.4 GHz sebesar -10.770 dB dan nilai -11 pada frekuensi atas frekuensi tengah 10.888 GHz sebesar -10.191 dB. Kemudian pada frekuensi tengah 10.581 GHz dengan nilai -42.74 dB. Hasil dari ketiga nilai -11 memenuhi dari spesifikasi parameter S_{11} yang diharapkan dimana nilai $S_{11} \leq -10$ dB.

5. Analisis

Hasil simulasi pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa return loss yang didapatkan oleh antenna pada frekuensi kerja 10,5 GHz didapatkan sebesar -42,737 dB. Sedangkan nilai return loss yang didapatkan pada pengukuran realisasi antenna dengan frekuensi optimum 10,581 GHz yaitu sebesar -22,223 dB. Perbedaan hasil return loss didapat antara antenna yang disimulasikan dengan software simulator dibandingkan dengan realisasi antenna yang diukur dengan VNA berbeda sedikit jauh dengan selisih sebesar -20,514 dB. Kemudian frekuensi optimum yang bergeser sedikit dengan selisih sebesar 0,081 GHz. Hal ini dapat disebabkan ketika pengukuran patch antenna yang berbahan tembaga sering terkena sidik jari yang mengakibatkan banyak loss pada antenna tersebut. Dan penggunaan bahan substrat yang tidak seharusnya digunakan pada antenna yang bekerja di frekuensi 10,5 GHz. Karena seharusnya bahan substrat yang digunakan pada frekuensi 8 GHz dan di atasnya adalah duroid bukan FR-4 sehingga mampu menghasilkan kinerja yang maksimal [13].

Dari hasil pengukuran return loss dapat dilihat bahwa antenna realisasi memiliki frekuensi bawah sebesar 10,465 GHz, frekuensi tengah sebesar 10,581 GHz dimana frekuensi tengah menjadi frekuensi optimum antenna realisasi, dan frekuensi atas sebesar 10,888 GHz. Hal ini dapat ditentukan bandwidth dari antenna realisasi adalah 0,423 GHz atau 423 MHz.

6. Kesimpulan dan Saran

6.1 Kesimpulan

Pada Tugas Akhir ini melakukan simulasi dan realisasi single antenna mikrostrip dengan pencatutan *microstrip line* yang bekerja pada frekuensi 10,5 GHz. Antenna ini memiliki frekuensi yang termasuk kedalam rentang frekuensi X-Band dimana frekuensi X-Band memiliki rentang antara 8 GHz hingga 12 GHz. Dimana frekuensi X-Band ini mampu digunakan pada CW Radar untuk mendeteksi suatu target atau objek.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa return loss yang didapatkan oleh antenna pada frekuensi kerja 10,5 GHz didapatkan sebesar -42,737 dB. Hal tersebut menunjukkan bahwa antenna yang dirancang pada simulasi mendapatkan nilai return loss (Γ) ≤ 10 dB. Berdasarkan hasil return loss yang didapat pada simulasi antenna telah memenuhi spesifikasi antenna yang diharapkan sehingga mampu bekerja pada frekuensi 10,5 GHz. Selanjutnya karakteristik polarisasi yang didapatkan dari simulasi antenna adalah polarisasi linear. Hal ini dapat ditunjukkan nilai axial ratio pada arah sudut theta dengan perpotongan phi 0° sebesar 40 dB.

Kemudian pada hasil pengukuran antenna menunjukkan pada frekuensi optimum antenna 10,581 GHz mendapatkan hasil return loss sebesar -22,223 dB. Hasil *return loss* yang didapatkan pada realisasi antenna berbeda dengan hasil simulasi antenna. Dimana nilai *return loss* pada simulasi antenna lebih kecil daripada nilai *return loss* realisasi antenna. Hal ini dapat terjadi karena *patch* dari antenna sering terkena kontak fisik sehingga menimbulkan *loss* dan penggunaan bahan substrat yang tidak sesuai dengan frekuensi kerja yang digunakan. Kemudian bandwidth dari antenna realisasi didapatkan 423 MHz yang dapat ditunjukkan dari frekuensi bawah, frekuensi tengah, dan frekuensi atas. Antenna yang dirancang dan telah direalisasikan masih dapat digunakan dimana bekerja optimum pada frekuensi 10,581 GHz dengan bandwidth sebesar 423 MHz dan memungkinkan memiliki polarisasi linear.

6.2 Saran

Pada Tugas Akhir ini masih diperlukan penelitian lanjutan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dan tepat. Pengukuran antenna diperlukan penelitian lanjutan mengenai polarisasi dan pola radiasi dikarenakan penulis tidak memiliki fasilitas yang memadai untuk mengukur polarisasi dan pola radiasi. Kemudian saat pengukuran diperlukan antenna dalam kondisi ideal seperti tidak terkena kontak fisik dengan manusia. Penelitian Tugas Akhir ini mampu digunakan referensi atau penelitian lanjutan untuk array antenna yang kemudian diaplikasikan pada CW Radar dalam mendeteksi objek atau target.

REFERENSI

- [1] Jeu Young Kim, Hark-Jin Lee, Ji-Yeon Son, Jun-Hee Park , "Smart home web of objects-based IoT management model and methods for home data mining," in *2015 17th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS)*, Busan, 2015.
- [2] Munadi, Bob Aditiyo, Moch. Ariyanto, Norman Iskandar, "Pemodelan Smart House System Berbasis Human Machine Interface Menggunakan Software Labview dan Mikrokontroler Arduino," *ROTASI*, vol. 17, pp. 175-181, Juli 2015.
- [3] Aloysius Adya Pramudita, Lukas, Edwar, "Time and Frequency Domain Feature Extraction Method of Doppler Radar for Hand Gesture Based Human to Machine Interface," *Progress In Electromagnetics Research C*, vol. 98, pp. 83-96, 2020.
- [4] Putri Milhatun Ni'mah, Dharu Arseno, P Aloysius Pramudita, "Model Penerjemah Isyarat Gerakan Tangan Berbasis Efek Doppler," in *e-Proceeding of Engineering*, 2019.
- [5] Alfonso Zozaya, Paulino Del Pino, "Design of an antenna array for a LFM-CW synthetic aperture radar," *DYNA*, no. 0012-7353, pp. 96-101, March 2020.
- [6] M. I. Skolnik, *Introduction to Radar Systems*, 3 ed., New York: McGraw-Hill, 1980, pp. 68-78.
- [7] "In Situ and Remote Methods for," *Fundamentals of Ocean Renewable Energy*, p. Chapter 7, 2018.
- [8] A. H. Rambe, "Antena mikrostrip: Konsep dan Aplikasinya," *JiTEKH EDISI 1*, vol. 01, pp. 86-92, September 2012.
- [9] A. Fadolli, "RADAR : Radio Detecting and Ringing," TGJ LIPI, 23 Maret 2015. [Online]. Available: <http://www.fisikanet.lipi.go.id/utama.cgi?fenomena&1364039911>. [Accessed 16 Februari 2020].
- [10] Rizky Ambarini, Aloysius Adya Pramudita, Erfansyah Ali, "Single-Tone Doppler Radar System for Human Respiratory Monitoring," *Proceeding of EECSI*, 16-18 October 2018.
- [11] C. A. Balanis, *Modern Antenna Handbook*, 2007.
- [12] D. M. Pozar, *Microwave Engineering Fourth Edition*.
- [13] Marthin Purba, Budi Prasetya, ST, MT. , Dr . Ir Yuyu Wahyu, MT., "Perancangan dan Realisasi Patch Array Antena Radar FM-CW pada Frekuensi," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 2, no. 2355-9365, p. 7065, December 2015.
- [14] J. Oberhammer, n. Somjit, u. Shah, "RF MEMS for Automotive Radar Sensors," p. Chapter 5, 2013.

