

PERANCANGAN DUPLEXER JENIS *FERRITE CIRCULATOR* UNTUK APLIKASI *SYNTHETIC APERTURE RADAR* (SAR)

REALIZATION OF FERRITE CIRCULATOR TYPE DUPLEXER FOR SYNTHETIC APERTURE RADAR (SAR) APPLICATION

Muhammad Anshar Arif¹, Heroe Wijanto², Agus Dwi Prasetyo³

^{1,2,3}Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
muhammad.anshar.arif@gmail.com¹, heroe.wijanto@gmail.com², surel.adp@gmail.com³

Abstrak

Duplexer merupakan perangkat yang berfungsi untuk mengisolasi *receiver* dari *transmitter* saat keduanya menggunakan satu antena yang sama. *Duplexer* yang ideal menghasilkan isolasi yang sempurna tanpa ada *loss*, dari dan ke antena. Teknologi *Synthetic Aperture Radar* (SAR) -yang merupakan salah satu teknologi pencitraan profil permukaan bumi dari ruang angkasa untuk mendapatkan profil bumi secara keseluruhan-, merupakan teknologi yang menggunakan satu antena dan satu frekuensi untuk proses *receiver* dan *transmitter*. Karena daya yang dikirim oleh *transmitter* besar, maka pada penelitian ini direalisasikan sebuah *duplexer* jenis *ferrite circulator* bentuk-Y yang berfungsi untuk meredam pembalikan sinyal ke *input*, yang dapat mengakibatkan kerusakan pada perangkat tersebut. Hasil pengukuran menunjukkan nilai *insertion loss* pada *port* 1 (S_{21}) sebesar -10,483 dB, pada *port* 2 (S_{32}) sebesar -12,535 dB, pada *port* 3 (S_{13}) sebesar -10,933 dB, nilai *return loss* pada *port* 1 (S_{11}) sebesar -16,045 dB, pada *port* 2 (S_{22}) sebesar -10,898 dB, pada *port* 3 (S_{33}) sebesar -9,7252 dB, dengan nilai VSWR di *port* 1 sebesar 1,3156, pada *port* 2 sebesar 1,6869, dan pada *port* 3 sebesar 1,9543.

Kata kunci: *Synthetic Aperture Radar, duplexer, ferrite circulator*

Abstract

A *duplexer* is a device that isolate receiver from transmitter when use same antenna. An ideal *duplexer* produces the perfect isolation without loss, from and to the antenna. *Synthetic Aperture Radar* (SAR) - which is one of the earth's surface profile imaging technology from space to get an overall earth's profile-, is a technology that uses one antenna and one frequency for receiver and transmitter. Because of the power from transmitter is high, so that in this final task is realized a ferrite circulator Y-shaped type *duplexer*, which aims to reduce reflected signal to input, that can be caused damage to that component. The measurement results show the value of insertion loss on port 1 (S_{21}) is -10,483 dB, on port 2 (S_{32}) is -12,535 dB, on port 3 (S_{13}) is -10,933 dB, the value of return loss on port 1 (S_{11}) is -16,045 dB, on port 2 (S_{22}) is -10,898 dB, on port 3 (S_{33}) is -9,7252 dB, while the value of VSWR on port 1 is 1,3156, on port 2 is 1,6869, on port 3 is 1,9543.

Keywords : *Synthetic Aperture Radar, duplexer, ferrite circulator*

1. Pendahuluan

Synthetic Aperture Radar (SAR) merupakan salah satu teknologi satelit yang digunakan untuk radar. SAR digunakan untuk menggambarkan obyek secara *landscape*. SAR merupakan salah satu teknologi *remote sensing* (penginderaan jarak jauh) yang biasa digunakannya pada pesawat angkasa. Secara umum, cara kerja SAR adalah mengirimkan sinyal dari ruang angkasa yang kemudian dipantulkan oleh permukaan bumi, kemudian data yang sudah dipantulkan kembali ke ruang angkasa akan disimpan. Teknologi *Synthetic Aperture Radar* (SAR) -yang merupakan salah satu teknologi pencitraan profil permukaan bumi dari ruang angkasa untuk mendapatkan profil bumi secara keseluruhan-, merupakan teknologi yang menggunakan satu antena dan satu frekuensi untuk proses *receiver* dan *transmitter*. *Duplexer* merupakan perangkat yang terletak sebelum antena pada blok sistem transmisi, dan berfungsi untuk mengisolasi *receiver* dari *transmitter* saat keduanya menggunakan satu antena yang sama. *Duplexer* yang ideal menghasilkan isolasi yang sempurna tanpa ada *insertion loss*, dari dan ke antena. Oleh karena daya yang dikirim oleh *transmitter* besar, maka pada Tugas Akhir ini direalisasikan sebuah *duplexer* jenis *ferrite circulator*, yang bertujuan yang berfungsi untuk meredam pembalikan sinyal ke *input* dan ke *receiver*, yang dapat mengakibatkan kerusakan pada perangkat tersebut.

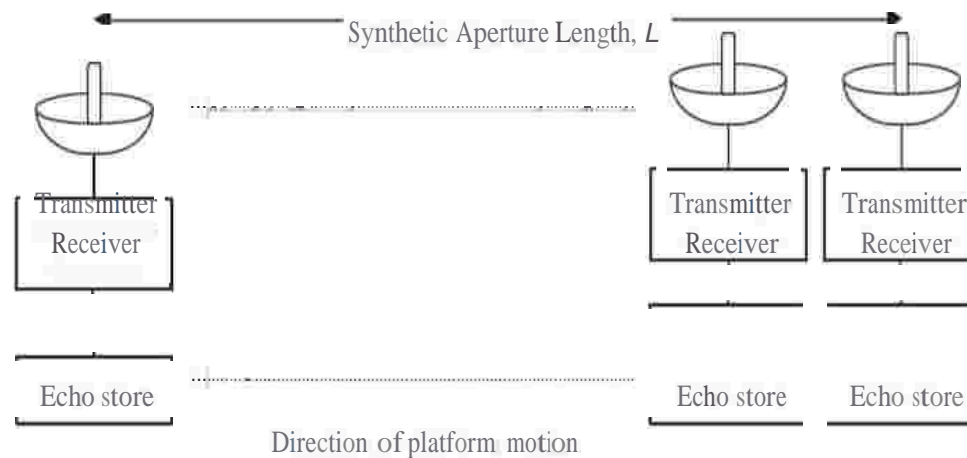
Pada tugas akhir ini, akan dirancang sebuah *duplexer* jenis *ferrite circulator* bentuk-Y yang akan diaplikasikan ke dalam teknologi SAR dengan frekuensi tengah 1,27 GHz. Penggunaan frekuensi L-band untuk satelit diatur dalam Keputusan Ketua Umum Organisasi Radio Amatir Indonesia Nomor: KEP-065/OP/KU.2009 tentang Pembagian dan Penggunaan Segmen Band Frekuensi Amatir Radio (Bandplan)[4] dengan rentang frekuensi 1.265 – 1.275 MHz. *Duplexer* merupakan sebuah perangkat yang berfungsi untuk mengisolasi *receiver* dari *transmitter* saat keduanya menggunakan satu antena yang sama, sehingga sebuah antena dapat menjadi *transmitter* sekaligus *receiver*[3].

2. Dasar Teori

2.1. Synthetic Aperture Radar (SAR)

Untuk meningkatkan resolusi gambar radar, antena harus diperpanjang[7]. Karena ini tidak dapat dilakukan secara fisik, dibutuhkan solusi virtual untuk mencapai tujuan ini. Pada bulan Juni 1951, Carl Wiley menjelaskan penggunaan analisis frekuensi Doppler untuk meningkatkan resolusi gambar radar dengan menggunakan gerakan *platform* dan sinyal koherensi untuk merekonstruksi antena besar dengan perhitungan. Sebagai radar bergerak antara dua transmisi pulsa, memang mungkin untuk menggabungkan secara bertahap semua gema dan mensintesis antena *array* yang sangat cukup besar (Gambar 2.1). Teknik saat ini dikenal sebagai *Synthetic Aperture Radar (SAR)*[1]. Oleh karena itu, SAR merupakan kemajuan besar dalam radar penginderaan jauh untuk meningkatkan resolusi *azimuth* oleh sintesis antena panjang. Posisi geometris yang berbeda dari elemen antena adalah hasil dari *platform* bergerak sekarang. Prosesor SAR menyimpan semua radar kembali sinyal sebagai amplitudo dan fase untuk periode waktu T .

Secara umum, kinerja sensor SAR dapat ditentukan oleh sensitivitas, resolusi spasial dalam arah *azimuth*, kualitas gambar, ambiguitas, dan cakupan petak[5]. Di sini, antena adalah kunci utama dalam mewujudkan sistem SAR yang baik, karena antena adalah struktur yang berfungsi sebagai transisi antara gelombang yang sedang merambat ruang bebas, dan tegangan berfluktuasi di sirkuit yang terhubung. Sebuah antena baik menerima energi dari medan elektromagnetik atau memancarkan gelombang elektromagnetik yang dihasilkan oleh generator frekuensi tinggi. Oleh karena itu, antena harus memenuhi persyaratan sistem SAR dalam hal ukuran, karakteristik radiasi, lebar balok, karakteristik pola, dan lain listrik dan mekanik.



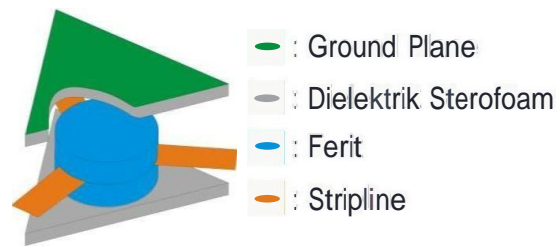
Gambar 2.1 Prinsip Dasar *Synthetic Aperture*[7]

2.2. Duplexer

Duplexer[3] merupakan sebuah perangkat yang berfungsi untuk mengisolasi *receiver* dari *transmitter* di sebuah antena. *Duplexer* umumnya berada sebelum antena pada blok transmisi. *Duplexer* yang ideal menghasilkan isolasi yang sempurna tanpa menghasilkan *insertion loss*, dari dan ke antena. *Duplexer* dapat dibuat dari kuningan ataupun berbasis *microstrip*.

2.3. Ferrite Circulator

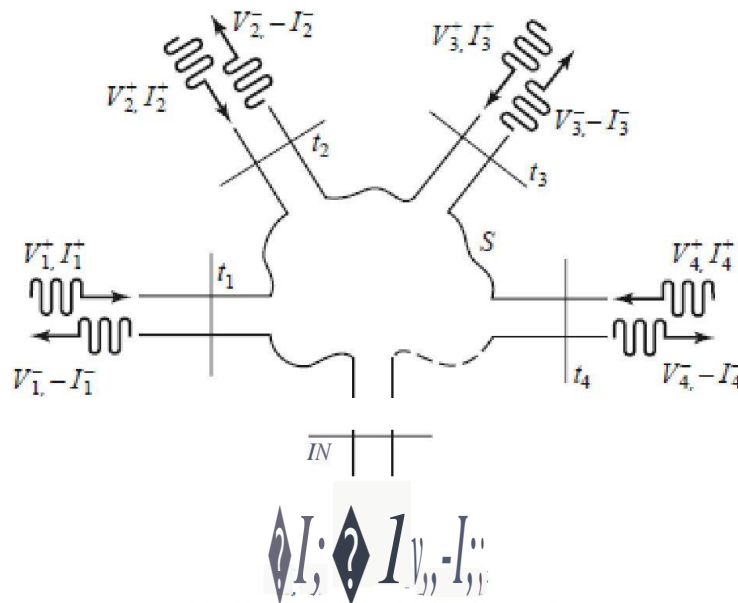
Ferrite circulator[6] merupakan suatu perangkat pasif gelombang mikro yang terbuat dari bahan ferit dan bahan dielektrik, memiliki banyak *port*, umumnya dibangun dari tiga *port* sepadan, namun tiap-tiap *port* memiliki fungsi yang berbeda. Sifat sirkulator adalah *non-reciprocal*, yaitu arah sinyal masukan tidak dapat menjadi arah sinyal keluaran dan sebaliknya. Sirkulator bentuk Y memiliki bentuk simetris yang terbagi menjadi tiga bagian *port* yang sepadan, sehingga membentuk fasa 120° dan ditengahnya terdapat ferit yang berfungsi untuk mempolarisasikan sinyal. Adapun gambar penampang sirkulator terdapat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Bentuk Penampang Ferrite Circulator[2]

2.4. Parameter S (Scattering Matrix)

Parameter S (scattering matrix)[6] merupakan sebuah parameter yang merepresentasikan besar gelombang datang dan gelombang pantul dalam bentuk matriks. Parameter S ini juga merepresentasikan penjelasan lengkap tentang sebuah sistem atau sebuah perangkat yang memiliki N-port.



Gambar 2.4 Sistem kerja N-port[6]

Misalkan sebuah sistem dengan N-port (Gambar 2.4), dengan V_N^+ merupakan besar tegangan dari gelombang datang pada port N, dan V_N^- merupakan besar tegangan dari gelombang pantul pada port N, maka dapat direpresentasikan parameter S dari sistem tersebut pada persamaan (1) dan (2)[6]

$$\begin{bmatrix} V_1^- \\ \vdots \\ V_N^- \\ \vdots \\ V_N^+ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \dots & S_{1N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{N1} & S_{N2} & \dots & S_{NN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1^+ \\ \vdots \\ V_N^+ \\ \vdots \\ V_N^+ \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$[Y^-] = [S][V^+] \quad (2)$$

Elemen spesifik dari matriks S dapat ditentukan dengan:

$$S_{ij} = \frac{V_i^-}{V_j^+} \quad \begin{matrix} i=1, \dots, N \\ j=1, \dots, N \end{matrix} \quad \text{for } k \neq j \quad (3)$$

Dengan persamaan (3), S_{ij} didapatkan dari perbandingan besar tegangan gelombang pantul pada port i terhadap besar tegangan gelombang datang pada port j. Gelombang datang pada semua port selain j dibuat 0, dengan kata lain semua port dipasang beban yang sepadan untuk menghindari pantulan. Sehingga dapat didefinisikan, S_{ij} merupakan koefisien pantul pada port i saat semua port yang lain diberi beban yang sepadan, dan S_{ji} merupakan koefisien transmisi dari port j ke port i saat port yang lain diberi beban yang sepadan.

3. Perancangan dan Realisasi

3.1. Spesifikasi Ferrite Circulator

Adapun spesifikasi *ferrite circulator* yang akan direalisasikan adalah sebagai berikut:

- Frekuensi operasi : 1.265 MHz – 1.275 Mhz
- VSWR $\leq 1,5$
- *Insertion loss* ≤ -3 dB
- Impedansi $\leq 75 \Omega$
- Bahan dielektrik : Polifoam dan ferit

3.2. Pembuatan dan Pengukuran Sampel Bahan

Dalam menentukan besar dimensi *ferrite circulator*, langkah pertama yang harus dilakukan adalah mencari nilai permitivitas bahan (ϵ_r). Nilai ϵ_r didapatkan dengan cara membuat sampel bahan masing-masing bahan, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2.

Sampel bahan ferit terdiri dari campuran pasir besi dan semen putih. Adapun perbandingan bahan ferit yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Pasir besi : 60 gram
- Semen putih : 30 gram
- Air : 30 gram

Tabel 3.1 Hasil Pengukuran Sampel

Bahan	Kapasitansi (pF)	Kapasitansi Rata-rata (F)	Jarak Dua Lempeng Sejajar (m)	Luas Penampang Bahan (m ²)
Ferit	3,8594	3,88608 x 10 ⁻¹²	0,018	2,5 x 10 ⁻³
	3,8847			
	3,8843			
	3,8896			
	3,8764			
Polifoam	3,8562	3,85224 x 10 ⁻¹²	0,02	2,5 x 10 ⁻³
	3,8508			
	3,8546			
	3,8501			
	3,8495			

Dari hasil pengukuran seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.1, dan dengan menggunakan persamaan (8) dibawah ini

$$\epsilon_r = \frac{C}{C_0} \quad (4)$$

dapat ditentukan:

- Nilai ϵ_r bahan ferit sebesar 3,16
- Nilai ϵ_r bahan dielektrik polifoam sebesar 3,481

3.3. Menentukan Dimensi Ferrite Circulator

Untuk menentukan dimesin *ferrite circulator* digunakan persamaan – persamaan berikut:

$$\text{---} \quad (5)$$

$$\frac{\text{---}}{\sqrt{\text{---}}} \left[\text{---} \text{---} \right] \quad (6)$$

$$\text{---} / \quad (7)$$

$$\text{---} \left[\left(\text{---} \right) \left(\text{---} \right) \left(\text{---} \right) \right] \quad (8)$$

$$\left[\frac{\sqrt{\text{---}}}{\text{---}} \right] \quad (9)$$

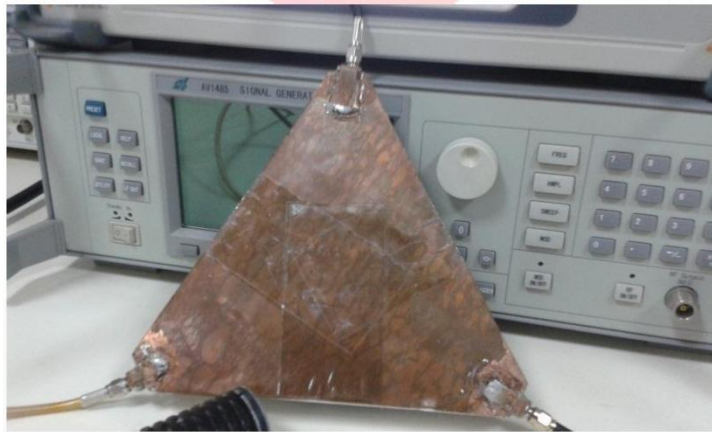
$$\left[\frac{\sqrt{\dots}}{\sqrt{\dots}} \right] \quad (10)$$

dengan:

λ = panjang gelombang Z_0 = impedansi karakteristik b = tebal bahan
 v = kecepatan cahaya ϵ_r = permitivitas bahan t = tebal saluran strip
 f_{min} = frekuensi minimum w = lebar saluran strip C_f = fringing capacitance
 $Z_f^2 = Z_0 \times Z_{pusat}$

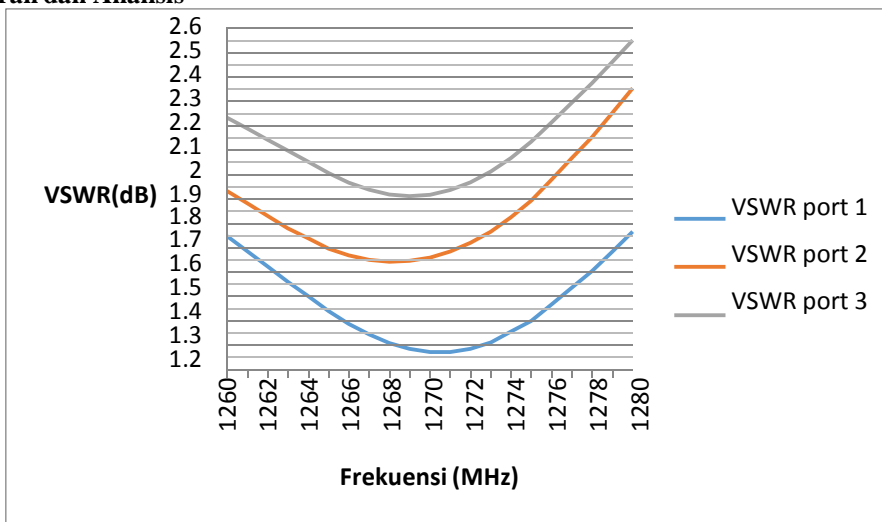
Didapatkan ukuran sebagai berikut (Gambar 3.3):

- L_1 (panjang saluran strip pada medium ferit) : 3,34 cm
- L_2 (panjang saluran strip pada medium polifoam) : 6,36cm
- W_1 (lebar saluran strip pada medium ferit) : 1,34 cm
- W_2 (lebar saluran strip pada medium polifoam) : 1,72 cm



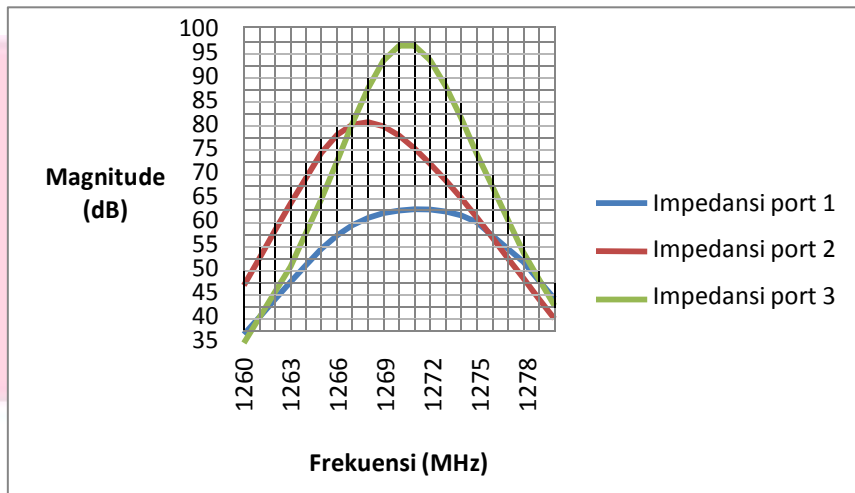
Gambar 3.3 Penampang Ferrite Circulator

4. Pengukuran dan Analisis



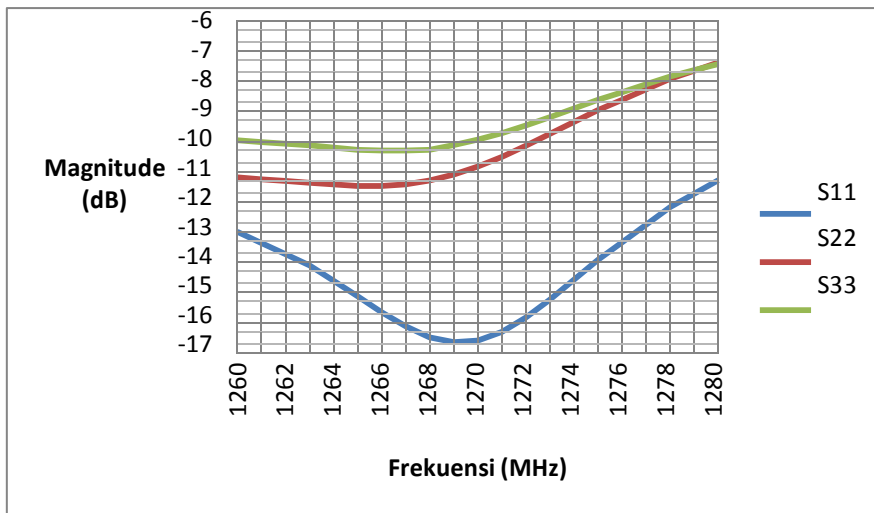
Gambar 4.1 Grafik VSWR

Dari Gambar 4.1 didapatkan nilai VSWR di port 1 sebesar 1,3156, pada port 2 sebesar 1,6869, dan pada port 3 sebesar 1,9543.



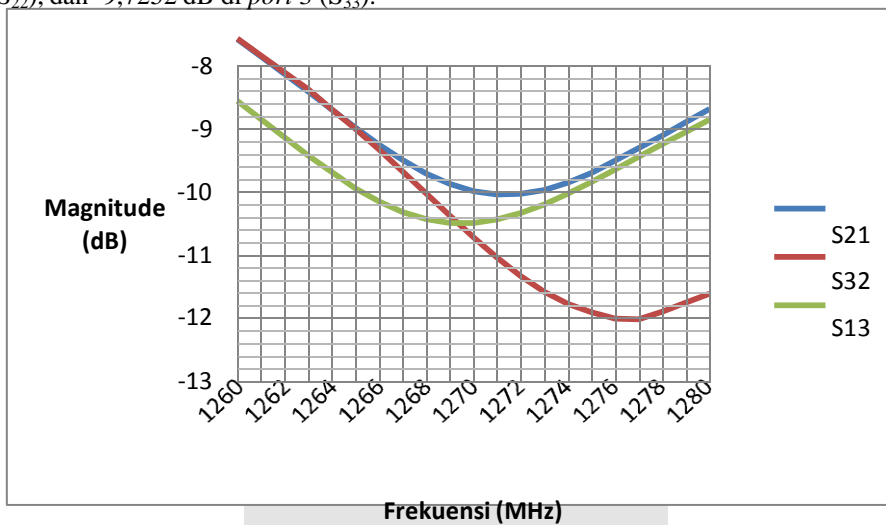
Gambar 4.2 Grafik Impedansi

Dari Gambar 4.2 didapatkan nilai impedansi yang mendekati 50 Ω berada pada port 1, sedangkan nilai pada port 2 dan port 3 jauh dari 50 Ω.



Gambar 4.3 Grafik Return Loss

Dari Gambar 4.3 didapatkan nilai return loss yang didapatkan yaitu -16,045 dB di port 1 (S_{11}), -10,898 dB di port 2 (S_{22}), dan -9,7252 dB di port 3 (S_{33}).



Gambar 4.4 Grafik Insertion Loss

Dari Gambar 4.4 didapatkan nilai insertion loss yang didapatkan yaitu -10,483 dB di port 1 (S_{21}), -12,535 dB di port 2 (S_{32}), dan -10,933 dB di port 3 (S_{13}).

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dihasilkan sebuah *ferrite circulator* bentuk Y yang bekerja pada frekuensi sesuai dengan yang ditentukan, yaitu pada frekuensi 1265 MHz – 1275 MHz, dengan nilai VSWR di *port* 1 sebesar 1,3156, pada *port* 2 sebesar 1,6869, dan pada *port* 3 sebesar 1,9543, dengan nilai *return loss* yang didapatkan yaitu -16,045 dB di *port* 1 (S_{11}), -10,898 dB di *port* 2 (S_{22}), dan -9,7252 dB di *port* 3 (S_{33}), dan nilai *insertion loss* yang didapatkan yaitu -10,483 dB di *port* 1 (S_{21}), -12,535 dB di *port* 2 (S_{32}), dan -10,933 dB di *port* 3 (S_{13}).

Daftar Pustaka

- [1] Curlander, J. C. Robert N. M. 1991. *Synthetic Aperture Radar: Systems and Signal Processing*. Amherst: John Wiley.
- [2] Hardiani, Yuniar. "Rancang Bangun Sirkulator pada Frekuensi 800 MHz – 1100 MHz sebagai Modul Praktikum Laboratorium Dasar Transmisi". Fakultas Teknik Elektro dan Komunikasi. Institut Teknologi Telkom. 2012.
- [3] Kannangara, S. D. "Adaptive Duplexer fo Software Radio". Victoria University. Melbourne. 2006.
- [4] Orari. "Peraturan Perundang-undangan yang Mendasari Keamatirradioan di Indonesia". Indonesia. 2009.
- [5] Pokuls, R. Uher, J. Pozar, D. M. "Dual-Frequency and Dual-Polarization Microstrip Antennas for SAR Application". *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. 46, no. 9, September 1998.
- [6] Pozar, David M. 2012. *Microwave Engineering 4th Edition*. Amherst: John Wiley.
- [7] Y K Chan, Y K Koo. "An Introduction to Synthetic Aperture Radar (SAR)". PIERB. 2008.