

BANDPASS FILTER MIKROSTRIP UNTUK RADAR CUACA S-BAND MENGUNAKAN MEANDER LOOP DUAL RESONATOR

S-BAND MICROSTRIP BANDPASS FILTER FOR WEATHER RADAR USING MEANDER LOOP DUAL RESONATOR

Muhammad Zulfikri Hasan¹, Heroe Wijanto², Vinsensius Sigit³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹mzulfikrihasan@gmail.com, ²heroe.wijanto@gmail.com, ³vinsensigitwp@gmail.com

Abstrak

Radar cuaca merupakan jenis radar yang berguna untuk mencari curah hujan, menghitung pergerakan awan, memperkirakan jenis objek cuaca (hujan, mendung, salju, dan lain-lain). Cara kerja radar cuaca yakni dengan memancarkan getaran dari gelombang elektromagnetik pada frekuensi *microwave* di atmosfer. Dalam hal ini, agar hasil deteksi dapat maksimal maka frekuensi lain yang tertumpang dan terinterferensi saat proses modulasi dalam perangkat dihilangkan. Perangkat yang digunakan untuk menghilangkan kendala interferensi tersebut bernama filter. Pada penelitian ini dirancang dan direalisasikan sebuah *band-pass* filter yang bekerja di frekuensi s-band, menggunakan model meander loop dual resonator dengan bahan Rogers Duroid 5880LZ dan permivitas dielektrik 2,0 frekuensi tengah dari filter berada pada 3,00 GHz dengan *bandwidth* 100 MHz.

Perancangan *band-pass* filter dilakukan dengan menggunakan *software* numerik untuk elektromagnetik dan untuk pengukuran hasil realisasi dilakukan dengan menggunakan *Vector Network Analyzer*. Dari hasil perancangan filter yang direalisasikan didapatkan nilai *insertion loss* -3,0533 dB, *return loss* -12,981 dB, dan *bandwidth* 140 MHz pada frekuensi tengah 3,963977 GHz.

Kata Kunci : Radar Cuaca, *Band-pass* Filter, Meander Loop Dual Resonator, Rogers Duroid 5880LZ.

Abstract

Weather radar is a type of radar that is used for rainfall forecasting, calculating the cloud movements, estimating the types of weather objects. Radar works by emitting vibrations from electromagnetic wave at microwave frequencies in the atmosphere. In this case, in order for the weather radar to get good sensing results, other frequencies that carried or unwanted in the device must be eliminated. To eliminate the constraints, a device called filter is needed. In this study, a band-pass filter is designed and realized that works on s-band frequency, uses the middle frequency of the filter at a frequency of 3,00 GHz with a bandwidth of 100 MHz.

The design of band-pass filter is done by using numerical simulation software for electromagnetic, and the realization measurement is done by using Vector Network Analyzer. There are several value obtained from the realization measurement, they are -3,0533 dB of insertion loss, -12,981 dB of return loss, 140 MHz bandwidth in frequency of 3,963977 GHz.

Keywords : Weather Radar, Band-pass Filter, Meander Loop Dual Resonator, Rogers Duroid 5880LZ.

1. Pendahuluan

Radar adalah sistem gelombang elektromagnetik yang digunakan untuk mendeteksi, mengukur jarak, dan membuat map benda-benda seperti pesawat terbang, dan informasi cuaca. Sistem radar cuaca terdiri atas dua bagian yaitu *transmitter* dan *receiver*, yang mana dalam sistem tersebut adanya sebuah filter. Dalam hal ini, agar hasil deteksi dapat maksimal maka frekuensi lain yang tertumpang dan terinterferensi saat proses modulasi dalam perangkat dihilangkan. Perangkat yang digunakan untuk menghilangkan kendala interferensi tersebut bernama filter.

Dalam sistem radar s-band membutuhkan sebuah filter yang bekerja pada frekuensi tengah 3,00 GHz dengan *bandwidth* 100 MHz. Menggunakan bahan dielektrik Rogers Duroid 5880LZ dengan nilai permivitas 2,0 yang mempunyai *tangen loss* 0,00009.

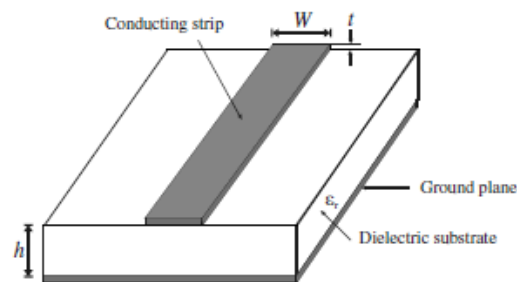
2. Dasar Teori

2.1 Band-pass Filter

Filter merupakan perangkat yang dirancang untuk dapat meloloskan sinyal yang diinginkan dengan frekuensi tertentu dan meredam diluar *band* frekuensi tersebut. Pada *band-pass* filter dapat dibagi menjadi 2 berdasarkan letak frekuensinya yaitu *passband* dan *stopband*. Daerah *passband* dibatasi dengan frekuensi *cutt off*, pada frekuensi sinyal tersebut daya turun setengah kali dari sinyal atau sebesar -3 db dari frekuensi *passband* [2]. Sedangkan daerah *stopband*, dimana daerah frekuensi yang akan diredam atau tidak diloloskan oleh *filter*.

2.2 Mikrostrip

Mikrostrip adalah saluran transmisi yang terdiri dari strip line dan ground plane namun pisahkan oleh dielektrik. *Strip* konduktor mempunyai konduktor dengan lebar (W), dan ketebalan (t) yang terletak pada bagian atas substrat dielektrik yang mempunyai permitivitas relatif (ϵ_r) dan tebal substrat (h). Pada umumnya mikrostrip digunakan karena lebih mudah dalam fabrikasi dan *losses*nya relatif lebih kecil,. Berikut gambar struktur dari mikrostrip [3]:



Gambar 1. Letak susunan mikrostrip[3].

Hubungan antara lebar dan ketebalan (W/h) dengan karakteristik impedansi (Z_0) dan permitivitas relatif (ϵ_r) diperoleh dari [8]:

- Untuk $W/h < 2$

$$\frac{W}{h} = \frac{8e^A}{e^{2A} - 2} \quad (1)$$

$$\text{Dimana: } A = \frac{zc}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}} + \left(\frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \right) \left(0,23 + \frac{0,11}{\epsilon_r} \right) \quad (2)$$

- Untuk $W/h > 2$

$$\frac{W}{h} = \frac{2}{\pi} (B - 1) - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \quad (3)$$

$$\text{Dimana: } B = \frac{60\pi^2}{zc\sqrt{\epsilon_r}} \quad (4)$$

2.3 Meander Loop Dual Resonator

Meander loop dual resonator adalah salah satu dari sekian banyak desain filter yang mempunyai keunggulan dalam hal filter yang kompak. Model ini digunakan untuk mengurangi efek *mutual coupling* pada susunan yang berdekatan. Fungsi dari resonator untuk meresonansi frekuensi kerja. Struktur rangkaian meander loop dual resonator ini menggunakan sejumlah resonator yang tersusun secara tersambung yang cara kerjanya adalah dengan

meng-*coupling* untuk mempropagasikan gelombang elektromagnetik yang masuk pada patch yang berdekatan. Dual resonator diperlukan supaya *bandwidth* yang dihasilkan semakin tajam dan filter jauh lebih kompak[9].

2.4 Kopling Elektrik

Kopling elektrik merupakan sebuah kopling dengan ujung terbuka yang terbentuk diantara dua buah resonator yang saling berdekatan yang menghasilkan medan listrik yang lebih kuat jika semakin dekat. Dengan menyusun dua buah resonator yang saling berdekatan disisi resonator yang terbuka, akan memberikan kemudahan terjadinya transfer daya maksimum (*coupling*) secara elektrik pada kedua resonator. Pada saat resonator beresonansi, sisi gap pada resonator kedua, sehingga kopling arus (elektrik) akan terjadi, karena arus akan mengalir dari satu resonator ke resonator kedua[3].

Kopling elektrik dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$k_E = \frac{\pi}{16} \cdot F_\epsilon \cdot \exp(-A_\epsilon) \cdot \exp(-B_\epsilon) \cdot \exp(-D_\epsilon) \quad (5)$$

Dimana :

$$A_\epsilon = 0.2559 - 0.01571 e_r + 0.1 \sqrt{e_r + 1} \cdot \frac{w}{h} \quad (6)$$

$$B_\epsilon = \left[1.0678 + 0.266 \ln \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right) \right] \cdot \left(\frac{\epsilon}{h} \right)^{pe} \quad (7)$$

$$pe = 1.0886 + 0.03146 \left(\frac{w}{h} \right)^4 \quad (8)$$

$$D_\epsilon = \left[0.1608 - 0.06945 \sqrt{\frac{a}{h}} \right] \cdot \left(\frac{\epsilon}{h} \right)^{1.15} \quad (9)$$

$$F_\epsilon = \left[-0.9605 + 1.4087 \sqrt{\frac{a}{h}} - 0.2443 \frac{a}{h} \right] \quad (10)$$

3. Perancangan Sistem

3.1 Spesifikasi Filter

Spesifikasi yang ditetapkan dalam penelitian ini, adalah sebagai berikut:

- a. Frekuensi tengah : 3,00 GHz
- b. *Bandwidth* : 100 MHz.
- c. *Insertion loss* : ≥ -3 dB.
- d. *Return loss* : ≤ -10 dB.
- e. Impedansi Karakteristik : 50 Ω

3.2 Simulasi dan Optimasi

Setelah melakukan perhitungan dalam menentukan parameter-parameter filter, didapatkan nilai-nilainya sebagai berikut:

Tabel 1. Tabel parameter awal.

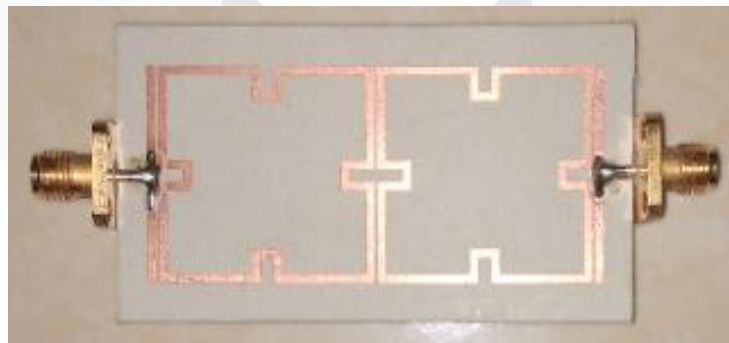
Parameter	Dimensi
Lebar Resonator	48,44 mm
Panjang Resonator	40,7 mm
Tebal Resonator	0,821 mm
Panjang Lekukan Resonator	2,56 mm
Gap I/O	0,37 mm
Kopling antar Resonator	0,37 mm
Lebar Lekukan Resonator	0,821 mm

Langkah selanjutnya dengan melakukan simulasi dengan *software* HFSS Ansoft, sehingga didapatkan nilai *insertion loss* -4,0761 dB, *return loss* -8,5032 dB, dan untuk nilai *bandwidth* sebesar 96 MHz serta berada pada frekuensi 2,148 GHz jauh dari frekuensi kerja yang diinginkan yaitu pada frekuensi kerja sebesar 3,00 GHz.

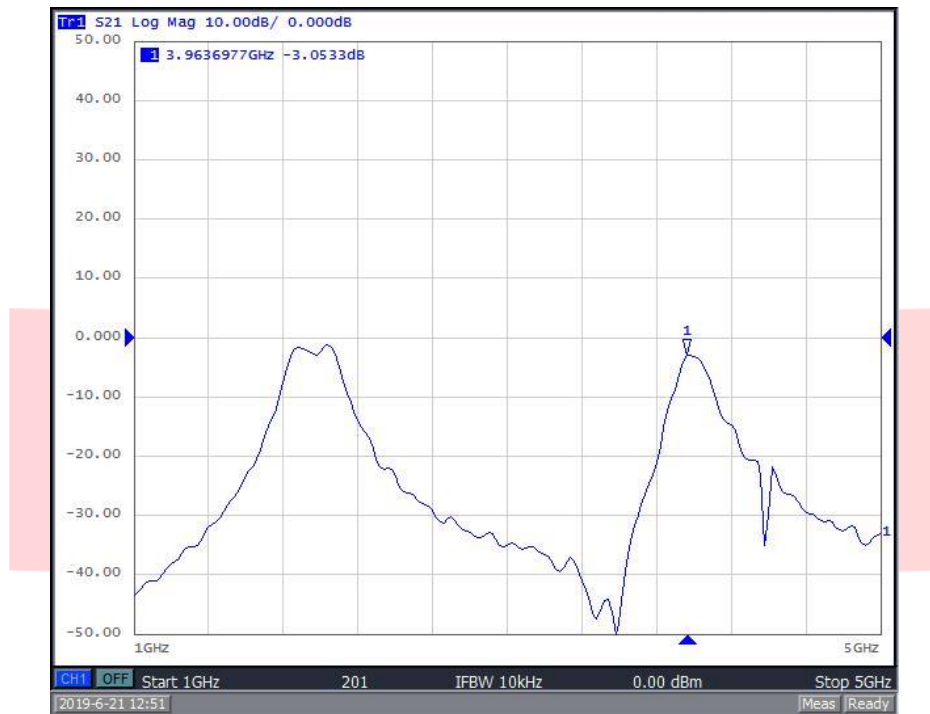
Dilihat dari nilai beberapa parameter yang belum memenuhi, maka diperlukan optimasi agar mencapai nilai spesifikasi yang telah ditetapkan. Sehingga dari hasil optimasi, diperoleh nilai spesifikasi yang telah memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan. Adapun nilai dari filter yang dirancang pada frekuensi tengah 3,00 GHz adalah *return loss* -15,8252 dB, *insertion loss* -2,4911 dB dan *bandwidth* 100 MHz.

4. Hasil Pengukuran dan Analisis

Pada perancangan *band-pass* filter (BPF) yang direalisasikan memiliki dimensi 63 mm x 36 mm dengan menggunakan substrat Rogers Duroid 5880LZ dengan ketebalan substrat 1,27 mm dan *stripline* tembaga. Pengukuran menggunakan *Vector Network Analyzer* dilakukan untuk mengetahui nilai dari *insertion loss* (S21), *return loss* (S11), dan *bandwidth*. Berikut adalah hasil pengukuran yang telah dilakukan. Namun pada pengukuran filter mikrostrip yang telah direalisasikan menyebabkan pergeseran frekuensi tengah menjadi 3,963977 GHz.



Gambar 2. Realisasi filter mikrostrip.



Gambar 3. Pengukuran insertion loss.

Pengukuran S21 pada *Vector Network Analyzer* merupakan pengukuran dari *insertion loss*. pengukuran nilai *insertion loss* dari realisasi filter mikrostrip menunjukkan nilai *insertion loss* telah mencapai syarat spesifikasi awal yaitu ≥ -3 dB. Nilai *insertion loss* pada pengukuran realisasi filter sebesar -3,0533 dB, nilai *insertion loss* ini berbeda dengan nilai *insertion loss* yang terdapat pada simulasi yaitu sebesar -2,4911 dB. Adanya perbedaan nilai antara simulasi dan realisasi, ini disebabkan karena adanya proses fabrikasi yang kurang baik dan teliti, serta dipengaruhi juga terdapatnya banyak rugi-rugi pada kabel tembaga yang terhubung pada VNA saat pengukuran sehingga mempengaruhi nilai dari perubahan *insertion loss*. *Bandwidth* yang dihasilkan sebesar 140 MHz.



Gambar 4. Pengukuran return loss.

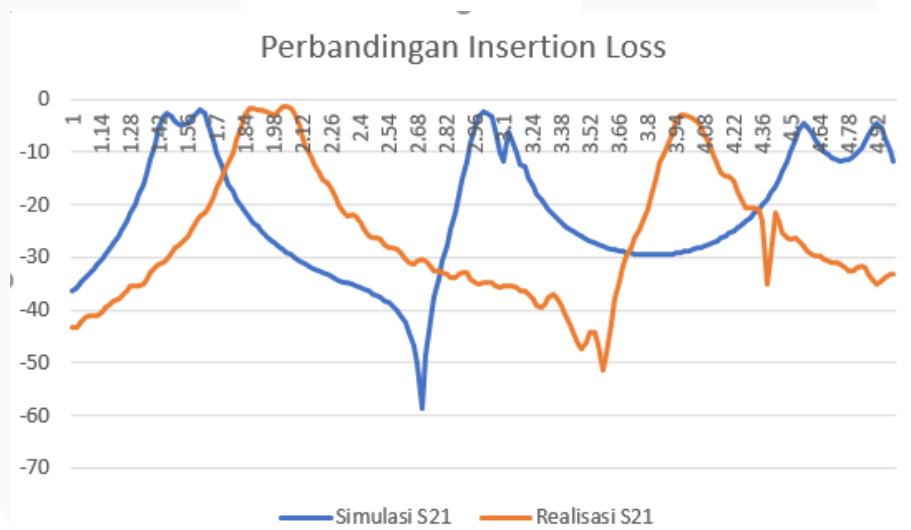
Pengukuran S11 pada *Vector Network Analyzer* merupakan pengukuran dari *return loss*. Hasil pengukuran nilai *return loss* sebesar -12,981 dB, nilai tersebut telah mencapai nilai minimum dari syarat *return loss* hanya saja frekuensi kerjanya bergeser ke frekuensi 3,963977 GHz. Nilai *return loss* yang dapat dikatakan baik apabila harus \leq -10 dB.

Hasil *return loss* antara simulasi dan realisasi berbeda, pada simulasi nilai *return loss* mencapai -15,8252 dB. Hal ini dipengaruhi oleh ketidaksempurnaan proses fabrikasi pada saat penyolderan konektor pada PCB dan terdapatnya banyak rugi-rugi pada kabel tembaga yang terhubung pada VNA saat pengukuran sehingga mempengaruhi nilai dari perubahan *return loss*.

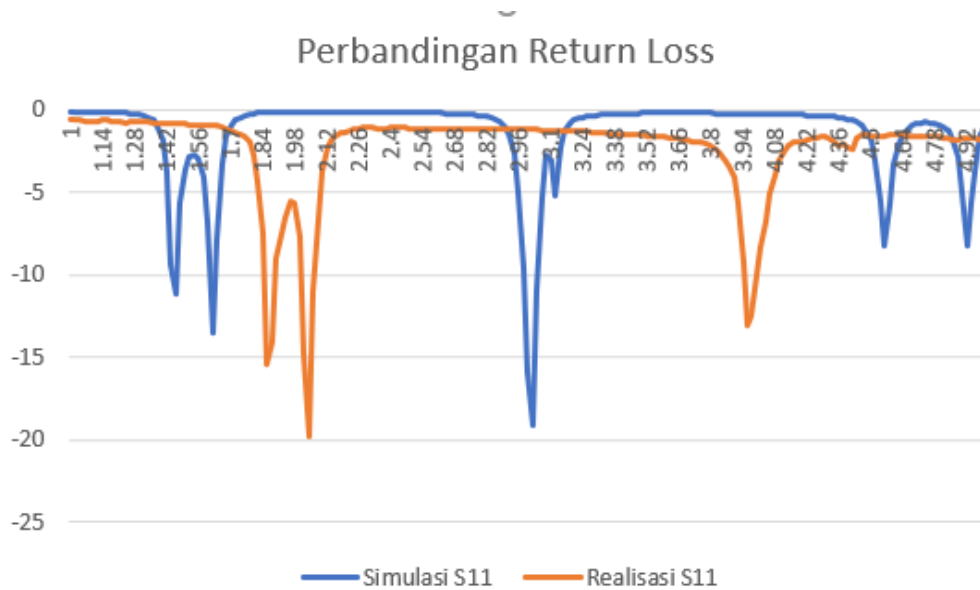
Perbandingan yang terjadi dalam penelitian ini ditinjau dari hasil simulasi, optimasi serta analisis yang dilakukan.

Tabel 2. Perbandingan spesifikasi, simulasi awal, optimasi, dan realisasi.

Parameter	Spesifikasi	Simulasi Awal	Optimasi	Realisasi
Frekuensi tengah	3,00 GHz	2,148 GHz	3,00 GHz	3,963 GHz
Return Loss	\leq -10 dB	-8,0532 dB	-15,8252 dB	-12,981 dB
Insertion Loss	\geq -3 dB	-4,0761 dB	-2,4911 dB	-3,0533 dB
Bandwidth	100 MHz	96 MHz	100 MHz	140 MHz



Gambar 5. Grafik perbandingan insertion loss.



Gambar 6. Grafik perbandingan return loss.

5. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil simulasi, hasil pengukuran serta analisa yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada tugas akhir ini telah berhasil merancang, mensimulasikan, dan merealisasikan *band-pass* filter dengan menggunakan model meander loop dual resonator pada frekuensi s-band.
2. Dari hasil perancangan desain filter yang telah dilakukan pada proses simulasi yaitu 63,35 mm X 36,5 mm dan realisasi filter didapatkan sebesar 63 mm X 36 mm yang mana hal ini mengalami pengecilan dimensi karena faktor fabrikasi.
3. Respon filter yang dihasilkan dari realisasi berada di frekuensi tengah 3,963977 GHz. Hasil ini mengalami pergeseran sebesar 32,13 % dibandingkan dengan hasil simulasi.
4. *Bandwidth* filter yang didapat pada proses realisasi sebesar 140 MHz. Nilai *bandwidth* ini mengalami pelebaran sebesar 40 % bila dibandingkan dengan hasil simulasi.
5. Nilai *insertion loss* dan *return loss* sesuai dengan spesifikasi yaitu -3,0533 dB dan -12,981 dB serta nilai VSWR jika dilihat dari nilai *return loss*. Nilai tersebut telah memenuhi spesifikasi awal yang mana spesifikasi awal itu sebesar *return loss* \leq -10 dB.

Daftar Pustaka:

- [1] P. Jarry and J. Beneat, *Advanced design techniques and realizations of microwave and RF filter*. John Wiley & Sons, 2008.
- [2] M. Mabrouk and L. Bousbia, "Study and enhanced design of rf dual band-pass filter validation and confirmation of experimental measurement," *University of Carthage*, 2009.
- [3] J-S. G. Hong and M. J. Lancaster, *Microstrip filters for RF/microwave applications*. John Wiley & Sons, 2004, vol. 167.
- [4] M. Skolnik, "Introduction to radar systems," *New York, McGraw Hill*, 2001.
- [5] I. N. Agfah, H. Wijanto, and B. Syihabuddin, "Band-pass filter mikrostrip x-band untuk radar cuaca dengan metode square ring resonator," *eProceedings of Engineering*, vol. 4, no. 2, 2017.

- [6] A. Munir *et al.* ,”A novel of square loop resonator bandpass filter by using cross-shape input/output coupling for 9ghz application,” in *2016 10th International Conference on Telecommunication Systems Services and Applications (TSSA)*. IEEE, 2016, pp, 1-4..
- [7] C. Bowick, R. C. Design, and W. Howard, “Sams & co,” *Inc., a publishing subsidiary of ITT*, 1982.
- [8] G. Matthaei, “Microwave filters, impedance-matching networks and coupling structures,” *Artech House Book*, pp, 775-809, 1980.
- [9] J.-S. Hong, H.Shaman, and Y.-H. Chun, “Dual-mode microstrip open-loop resonators and filters,” *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 55, no. 8, pp. 1764-1770, 2007.
- [10] T. Shradha, “Comparative study of rectangular, square, circular, and meander patch microstrip antenna,” *Deemed University*.