

Desain Bandpass Filter Menggunakan Metode Cross Coupled Line Structure Pada Frekuensi S-Band untuk Aplikasi Radar Cuaca

Enjel Al birr Rahayu¹, Sutrisno², Hanny Madiawati³, Fajri Darwis⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

¹E-mail : enjelrahayu20@gmail.com

²E-mail : sutrisno@polban.ac.id

³E-mail : hannymadiawati@polban.ac.id

⁴E-mail : zerroce@gmail.com

ABSTRAK

Filter merupakan sebuah *device* yang dapat melewatkan sinyal pada band frekuensi tertentu dan meredam band frekuensi lainnya. Permasalahan yang sering terjadi di sistem penerima adalah seperti adanya interferensi yang terjadi saat proses penerima, maka hal ini dapat menyebabkan sinyal informasi yang dihasilkan mengalami distorsi. Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan perangkat yang dapat menghilangkan kendala interferensi yaitu *filter*. Salah satu jenis *filter* yang dibutuhkan yaitu *bandpass filter*. Pada penelitian ini telah dirancang sebuah *bandpass filter* yang bekerja pada frekuensi S-band menggunakan metode *cross-coupled line structure* dengan papan dielektrik Rogers RT5880. Metode ini memiliki kelebihan jika terjadi perubahan kecil dari parameter impedansi, maka hanya memiliki pengaruh yang kecil pada kinerja *Bandpass Filter*. Hasil simulasi diperoleh sebagai berikut : frekuensi tengah 3.028 GHz, nilai *return loss input* sebesar 15.5 dB serta nilai *return loss output* sebesar 15.43 dB, nilai *insertion loss* sebesar 1.7 dB, dan *bandwidth* sebesar 108 MHz. Penelitian ini telah berhasil dirancang dengan nilai parameter yang sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.

Kata Kunci

Bandpass Filter, *cross-coupled line structure*, Radar Cuaca, Rogers RT5880

1. PENDAHULUAN

Filter merupakan sebuah *device* yang dapat melewati sinyal dengan frekuensi tertentu dan meredam frekuensi lainnya. Pada permasalahan yang sering terjadi di sistem penerima seperti adanya interferensi yang terjadi saat proses penerima, maka sinyal yang diterima tidak baik dan menyebabkan sinyal informasi yang dihasilkan mengalami distorsi. Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan perangkat yang dapat menghilangkan kendala interferensi yaitu *filter* [7]. Salah satu jenis *filter* yang dibutuhkan yaitu *bandpass filter*, dimana *bandpass filter* dapat meloloskan sinyal dengan frekuensi *passband* dan memotong frekuensi *stopband*.

Filter juga memegang peran penting pada aplikasi RF/gelombang mikro. Seperti untuk komunikasi nirkabel, teknologi radar, maupun komunikasi satelit. Dimana seiring perkembangan zaman dibutuhkan *filter* RF atau gelombang mikro yang lebih baik dari sebelumnya, dengan performa tinggi, ukuran yang lebih kecil dan ringan [1].

Filter yang dirancang adalah *Bandpass Filter* yang bekerja pada frekuensi 3 GHz dan *Bandwidth* 100 MHz. *Bandpass Filter* yang dirancang menggunakan bahan dielektrik Rogers/Duroid RT5880 dengan ketebalan (h) 1,575 mm, permitivitas elektrik (ϵ_r) 2,2 dan loss tangen ($\tan \delta$) 0,0009. Substrat rogers Rt5880 merupakan substrat yang memiliki factor disipasi dan permitivitas relative yang rendah, sehingga dapat menghasilkan *bandwidth* yang lebar serta dapat

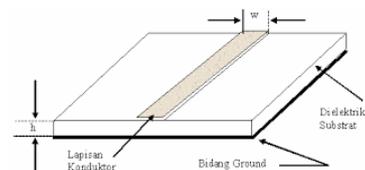
digunakan untuk pemanfaatan sampai frekuensi ku-band [13].

2. DASAR TEORI

2.1 Bandpass Filter

Bandpass Filter merupakan *filter* gabungan dari *filter* HPF dan LPF, dimana BPF hanya melewatkan sinyal dengan frekuensi diantara frekuensi *cut-off* dan meredam sinyal diluar frekuensi *cut-off* [5]

2.2 Saluran Mikrostrip



Gambar 1. Struktur Saluran Mikrostrip

Saluran mikrostrip merupakan suatu saluran transmisi yang terdiri dari lapisan konduktor dan *ground plane* yang diantaranya dipisahkan oleh dielektrik. Lapisan konduktor merupakan sebuah konduktor tipis dengan permitivitas relative (ϵ_r), ketebalan substrat (h) dan tebal konduktor (t) [2].

Pada pembuatan desain mikrostrip line diperlukan perhitungan lebar saluran (W), lebar saluran dapat dicari menggunakan persamaan berikut :

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{2.2+1}{2}} + \frac{\epsilon_r-1}{\epsilon_r+1} (0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r}) \quad (1)$$

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

Jika $U > 2$ maka :

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \quad (3)$$

$$\frac{W}{h} = \frac{2}{\pi} [B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r-1}{2\epsilon_r} (\ln(2B-1) + 0.39 \cdot \frac{0.61}{\epsilon_r})] \quad (4)$$

Pada perhitungan microstrip line dibutuhkan konstanta dielektrik efektif yang dibutuhkan untuk mengganti konstanta dielektrik konstan. Untuk mengetahui besar konstanta dielektrik efektif dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

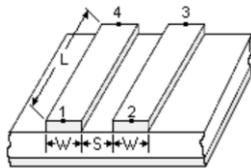
$$a = 1 + \frac{1}{49} \ln \left[\frac{u^4 + (\frac{u}{52})^2}{u^4 + 0.432} \right] + \frac{1}{18.7} \ln \left[1 + \left(\frac{u}{18.1} \right)^3 \right] \quad (5)$$

$$b = 0.564 \left(\frac{\epsilon_r - 0.9}{\epsilon_r + 3} \right)^{0.053} \quad (6)$$

Maka nilai ϵ_{re} (konstanta dielektrik efektif) :

$$\epsilon_{re} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{10}{u} \right)^{-ab} \quad (7)$$

2.3 Coupled Lines



Gambar 2. Saluran Coupled Lines

Coupled lines merupakan salah satu saluran mikrostrip, dimana dua garis mikrostrip dengan lebar (W) di paralelkan dengan pemisah (S) serta memiliki dua metode yaitu metode ganjil dan metode genap. Pada metode genap menghasilkan dinding magnetik yang stabil. Sedangkan pada metode ganjil menghasilkan dinding listrik yang simetris [3].

2.4 Parallel-Coupled Lines Resonator Filter

Parallel-Coupled Lines Resonator adalah filter yang menggunakan resonator dengan setengah panjang gelombang. Keunggulan dari Parallel-Coupled Lines Resonator Filter yaitu memberikan kopling yang relative besar dengan jarak tertentu antar resonatornya sehingga memiliki bandwidth yang lebih lebar dibanding jenis filter yang lain [3]. Filter jenis ini memiliki persamaan sebagai berikut :

$$\frac{J_{j,j+1}}{Y_0} = \sqrt{\frac{\pi FBW}{2 g_n g_{n+1}}} \quad (8)$$

$$FBW = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega_0} \quad (9)$$

Untuk mengetahui dimensi dari desain, maka diperlukan impedansi karakteristik mode ganjil dan impedansi karakteristik mode genap dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$(Z_{0e})_{j,j+1} = \frac{1}{Y_0} \left[1 + \frac{J_{j,j+1}}{Y_0} + \left(\frac{J_{j,j+1}}{Y_0} \right)^2 \right] \quad (10)$$

untuk $j = 0$ sampai n

$$(Z_{0o})_{j,j+1} = \frac{1}{Y_0} \left[1 - \frac{J_{j,j+1}}{Y_0} + \left(\frac{J_{j,j+1}}{Y_0} \right)^2 \right] \quad (11)$$

untuk $j = 0$ sampai n

2.5 Cross Coupled Line Structure

Cross Coupled Line Structure merupakan desain berbasis teknologi microstrip berdasarkan resonator berbasis teknologi microstrip berdasarkan resonator berbasis teknologi microstrip berdasarkan resonator *single-coupled line* yang terdiri dari *parallel coupled lines* dan satu *branch microstrip line*. Serta metode ini memiliki keunggulan dimana jika terjadi perubahan kecil dari parameter impedansi memiliki pengaruh yang kecil pada kinerja BPF yang diusulkan. Oleh karena itu, kesalahan pemrosesan, kesalahan kecil dalam konstanta dielektrik, dan ketebalan memiliki sedikit pengaruh pada kinerja filter [8].

2.6 Parameter Pengukuran

2.6.1 Insertion Loss

Insertion Loss atau IL dapat didefinisikan sebagai rugi sisipan yang disebabkan adanya gelembang pantul karena ketidakcocokan kondisi saluran [4].

2.6.2 Return Loss

Return loss merupakan merupakan rugi-rugi daya yang dialami oleh gelombang yang dipantulkan ke sumber akibat *mismatched impedance*.

2.6.3 Bandwidth

Bandwidth atau lebar merupakan perbedaan antara frekuensi atas (F_h) dan frekuensi bawah (F_l). Bandwidth dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (12).

$$BW = F_h - F_l \quad (12)$$

3. PERANCANGAN

3.1 Spesifikasi Bandpass Filter

Nilai dari parameter yang ada pada Tabel 1 dan Tabel 2 digunakan sebagai perhitungan untuk mendapatkan nilai dimensi dari *bandpass filter* yang dirancang.

Tabel 1. Spesifikasi *Bandpass Filter*

Parameter	Nilai
Frekuensi tengah	3 GHz
Frekuensi bawah (Fl)	2950 MHz
Frekuensi atas (Fh)	3050 MHz
<i>Bandwidth</i>	100 MHz
<i>Return Loss</i>	≥ 10 dB
<i>Insertion Loss</i>	≤ 3 dB
Impedansi Karakteristik	50 Ω

Tabel 2. Spesifikasi Substrat

Parameter	Nilai
Konstanta Dielektrik (ϵ_r)	2.2
Loss Tangen ($\tan \delta$)	0.0009
Ketebalan Dielektrik (h)	1.575 mm

3.2 Perhitungan

Perancangan *Bandpass Filter* ini menggunakan dua microstrip yaitu saluran mikrostrip dan coupled lines. Dimana untuk saluran mikrostrip digunakan untuk mengetahui lebar feeder saluran mikrostrip. Sedangkan *parallel coupled lines resonator* digunakan untuk mengetahui dimensi dari desain cross coupled. Maka dari itu perlu diketahui nilai parameter yang ada pada Tabel 1 yang digunakan sebagai perhitungan untuk saluran feeder dan *parallel coupled lines resonator*.

Untuk mengetahui lebar dari feeder saluran mikrostrip menggunakan (4) dan untuk mengetahui konstanta dielektrik efektif dengan menggunakan persamaan (7). Hasil dari lebar saluran feeder yaitu 3.74903332 mm. Sedangkan untuk mengetahui dimensi dari desain yang dibuat digunakan struktur umum dari filter microstrip parallel-coupled dengan menggunakan *Chebyshev* prototipe, ripple yang digunakan sebesar 0.1 dB dengan orde 3 dan nilai elemen-elemen *filter* yang terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Harga elemen-elemen g , *parallel-coupled lines resonator Chebyshev* ($g_0 = 1$, $\omega_c = 1$) untuk $n = 3$, nilai ripple 0,1 dB

n	g_1	g_2	g_3	g_4
3	1.0315	1.1474	1.0315	1.0000

Untuk nilai $\frac{J_{j,j+1}}{Y_0}$ dengan g_1 , g_2 , g_3 , dan g_4 menggunakan persamaan (8) dan persamaan (9), sedangkan untuk mengetahui impedansi karakteristik mode ganjil dan mode genap menggunakan persamaan (10) dan persamaan (11). Hasil dari nilai $\frac{J_{j,j+1}}{Y_0}$ dan impedansi karakteristik mode ganjil dan mode genap dituliskan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai $\frac{J_{j,j+1}}{Y_0}$ dan impedansi karakteristik mode ganjil dan mode genap

n=3	$\frac{J_{j,j+1}}{Y_0}$	Z_{0e}	Z_{0o}
g_1	0.22513	63.791 Ω	41.2777 Ω
g_2	0.21017	62.7171 Ω	41.7001 Ω
g_3	0.21017	62.7171 Ω	41.7001 Ω
g_4	0.22513	63.791 Ω	41.2777 Ω

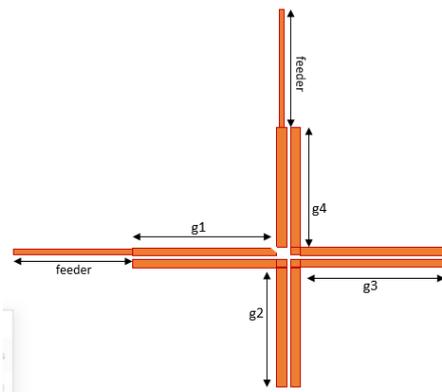
Tabel 4. Ini nantinya akan digunakan untuk menentukan dimensi fisik *bandpass filter* yang dirancang dengan menggunakan ADS *LineCalc*. Hasil dari dimensi fisik *bandpass filter* dituliskan pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai dimensi fisik bandpass filter dengan menggunakan ADS *LineCalc*

j	W_j (mm)	S_j (mm)	l_j (mm)
g_1	4.232270	0.638016	18.428700
g_2	4.300840	0.720979	18.493700
g_3	4.300840	0.720979	18.493700
g_4	4.232270	0.638016	18.428700

Selain dapat dihitung untuk mengetahui lebar dan Panjang feeder dapat juga menggunakan ADS *LineCalc*. Dengan ukuran yang didapatkannya yaitu $W = 4.810090$ mm dan $l = 9.087380$ mm.

3.3 Tata Letak Fisik *Bandpass Filter*



Gambar 3. Tata Letak Fisik Desain *Bandpass Filter*

4. SIMULASI

Simulasi dilakukan dengan menggunakan nilai pada Tabel 5. Dengan tata letak fisik sesuai dengan gambar. Parameter yang dihasilkan pada proses simulasi adalah *return loss*, *insertion loss*, dan *bandwidth*. Kemudian dilakukan optimasi dengan mengubah lebar dan Panjang dari feeder serta resonator dan mengubah jarak antar resonator. Dimana hasil optimasi yang dilakukan

sangat berpengaruh pada hasil parameter yang diuji. Hasil dimulasi sebelum dan setelah di optimasi akan dibandingkan kemudian dianalisis.

4.1 Hasil Simulasi

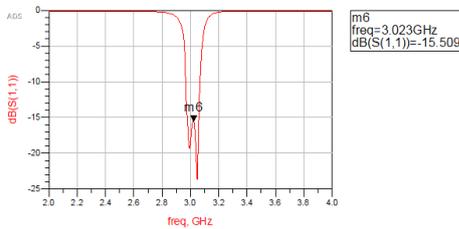
Simulasi menghasilkan nilai $W(j)$, $S(j)$, dan $l(j)$ yang berbeda. Nilai tersebut ditulis pada Tabel 6.

Tabel 6. Dimensi Bandpass Filter

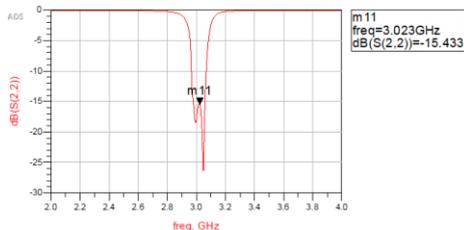
j	W_j (mm)	S_j (mm)	l_j (mm)
g_1	2.6	0.321	17.55
g_2	2.6	0.3126	17.55
g_3	2.6	0.321	17.55
g_4	2.6	0.312	17.55

Dengan ukuran feeder yaitu $W = 1.2$ mm dan $l = 13$ mm

4.3.1 Return Loss



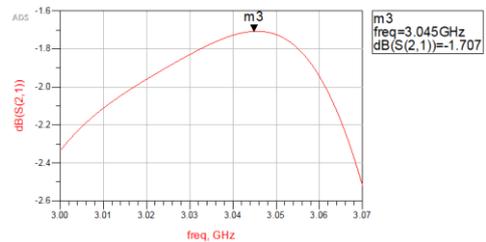
Gambar 4. Grafik Return Loss Input (S_{11})



Gambar 5. Grafik Return Loss Output (S_{22})

Pada gambar 8 dan 9 menunjukkan grafik *return loss input* dan *output*. Nilai dari *return loss input* sebesar 15.50 dB pada frekuensi 3.023 GHz dan nilai *return loss output* sebesar 15.43 dB pada frekuensi 3.023 GHz, yang mana nilai tersebut telah memenuhi spesifikasi yang diinginkan yaitu ≥ 10 dB dan menunjukkan bahwa *bandpass filter* yang dirancang memiliki nilai koefisien pantul yang baik. Semakin besar nilai *retuns loss* maka daya yang dipantulkan semakin kecil, sehingga akan terjadi transfer daya maksimum serta VSWR yang dihasilkan pun mendikati 1, dimana VSWR = 1 merupakan VSWR ideal dimana tidak ada sinyal yang dipantulkan kembali ke sumber.

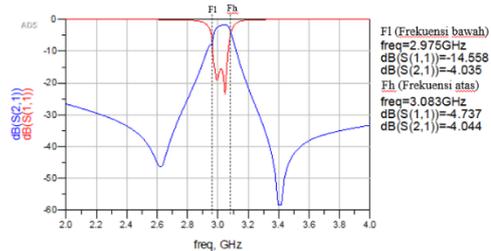
4.3.2 Insertion Loss (S_{21})



Gambar 6. Grafik Insertion Loss (S_{21})

Pada Gambar 10 menunjukkan grafik parameter S_{21} atau *insertion loss* setelah dilakukan. Dimana nilai *insertion loss* yang diperoleh sebesar 1.7 dB pada frekuensi 3.045 GHz, yang mana telah memenuhi spesifikasi yang diinginkan yaitu ≤ 3 dB. Dari gambar 6 dapat dilihat kecepatan redaman (roll-off) mencapai -60 dB yang mana kecepatan redaman yang didapatkan sudah cukup tajam, sehingga dapat dikatakan *bandpass filter* yang dirancang memiliki nilai *insertion loss* yang baik.

4.3.3 Bandwidth



Gambar 7. Hasil Simulasi Return Loss (S_{11}) dan Insertion Loss (S_{21})

Pada Gambar 11 dapat dilihat nilai *bandwidth* atau lebar pita pada daerah frekuensi yang diinginkan atau diloloskan. Dari hasil ini didapatkan nilai *bandwidth* yang dihitung dengan persamaan (12) yaitu sebesar 108 MHz pada frekuensi tengah 3.028 GHz. Dimana dari hasil simulasi ini *bandwidth* yang dihasilkan melebihi dari parameter yang diinginkan yaitu 100 MHz dan frekuensi tengah yang didapatkan bergeser sebesar 0.028 GHz dari frekuensi tengah yang diinginkan. Nilai factor kualitas atau *q-factor* dapat diketahui dengan membagi frekuensi tengah dengan *bandwidth*. Hasil dari *q-factor* adalah 27.78 menunjukkan bahwa *bandpass filter* yang dirancang baik karena memiliki nilai *q-factor* yang besar dimana semakin besar nilai *q-factor*, maka semakin selektif *bandpass filter* yang dirancang dalam menyeleksi frekuensi.

5. KESIMPULAN

Dari penelitian *bandpass filter* dengan metode *cross coupled lime structure* yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penelitian ini telah berhasil dirancang karena berdasarkan hasil simulasi nilai parameter *return loss input* sebesar 15.50 dB, *return loss output* sebesar 15.43 dB, *insertion loss* sebesar 1.7

dB, dan *bandwidth* sebesar 108 MHz pada frekuensi tengah 3.028 GHz telah memenuhi spesifikasi yang ditentukan. Namun masih ada pergeseran frekuensi tengah sebesar 0.28 GHz dan pergeseran pada *bandwidth* sebesar 8 MHz, tetapi pergeseran tersebut tidak terlalu jauh dari spesifikasi yang ditentukan.

Adapun saran penelitian ini adalah :

Untuk penelitian selanjutnya metode ini dapat dikembangkan dalam membuat *broadband* ataupun *multiband filter* untuk mendapatkan *bandwidth* yang lebar serta dapat beroperasi di beberapa pita frekuensi yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Triprijoetomo and T. Supriyanto, "Perancangan Wideband Bandpass Filter (Bpf) dengan Material Mikrostrip Frekuensi 1,78 Ghz - 3,38 Ghz," *ISSN*, vol. 4 no. 1, p. 18, 2015.
- [2] A. Setiawan, T. Hariyadi and B. Mulyanti, "Rancang Bangun Band Pass filter Mikrostrip Hairpin Dengan Open Stub dan Defected Ground Structure (DGS) Untuk Frekuensi UMTS 3G (1920-1980 Mhz)," *Jurnal UPI/ Electrans*, vol. 13 No.2, pp. 107-108, 2014.
- [3] J. Wiley and Sons, *Microstrip Filters for RF/Microwave Applications*, Canada: Simultaneously, 2011.
- [4] P. T. S. A. Sinaga, *Pemodelan Bandpass Filter Berbasis Teknologi Multilayer Coplanar Waveguide Monolithic Microwave Integrated Circuit Untuk Aplikasi WIMAX*, (Skripsi): Universitas Sumatera Utara, 2020.
- [5] D. Ahadiansyag, "Filter Elektronika," 2017 October 2018. [Online]. Available: <https://fit.labs.telkomuniversity.ac.id/yuk-kenalan-dengan-filter-elektronika/>. [Accessed 27 April 2021].
- [6] I. N. Agfah, H. Wijanto and B. Syihabuddin, "Bandpass Filter Mikrostrip X-Band Untuk radar Cuaca Dengan Metode Square Ring Resonator," *e-Proceeding of Engineering*, vol. Vol. 4 No. 2, p. 1718, 2017.
- [7] N. I. Agfah, H. Wijanto and B. Syihabuddin, "Bandpass Filter Mikrostrip untuk radar Cuaca S-Band Menggunakan Meander Loop Dual Resonator," *e-Proceeding of Engineering*, Vols. Vol.6, No.2, p. 3628, 2019.
- [8] D.-S. La and dkk, "Design of Broadband Band-Pass Filter with Cross-Coupled Line Structure," *Hindawi "International Journal of Antennas and Propagation"*, vol. Vol. 2020, p. 5, 2020.
- [9] T. S. M. Service, "Training Course on Weather Radar Systems," *no.September*, p. 55, 2005.
- [10] G. Z. Liang and F. C. Chen, "A Compact Dual-Wideband Bandpass Filter Based on Open-/Short-Circuited Stubs," *IEEE*, vol. Vol.08, p. 20488, 2020.
- [11] D. Li and dkk, "Miniaturized Dual-Band Bandpass Filter With Sharp Roll-Off Using Ring-Loaded Resonator," *IEEE Access*, vol. Vol. 8, p. 25588, 2020.
- [12] B. Adli, R. Mardiaty and Y. Y. Maulana, "Design og Microstrip Hairpin Bandpass Filter for X-Band Radar Navigation," *IEEE*, Bandung, 2018.
- [13] I. A. Siregar, "Perancangan Antena Mikrostrip Pacht Segiempat Array 8x1 Untuk Aplikasi Sistem Komunikasi 60 GHz," 2016. [Online]. Available: <http://docplayer.info/147510030-Tugas-akhir-perancangan-antena-microstrip-patch-segiempat-array-8x1-untuk-aplikasi-sistem-komunikasi-60-ghz-oleh.html>. [Accessed 27 April 2021].