

Rancang Bangun Mikrostrip *Bandpass filter* Pada Frekuensi 2,9 – 3,1 GHz Menggunakan Metode *Open Stub*

Muhammad Iqbal¹, Nanang Ismail^{2*}, Yuyu Wahyu³

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Gunung Djati Bandung
Jl. A.H. Nasution No. 105, Cibiru, Bandung

³PPET-LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia)
Jl. Sangkuriang Gedung 20 Kompleks LIPI Bandung
nanang.is@uinsgd.ac.id²

Abstrak- Pada jurnal ini akan dibahas mengenai perancangan mikrostrip *bandpass filter* dengan metode *open stub* dengan melihat pada parameter yang sudah ditetapkan diantaranya adalah *return loss*, *insertion loss* dan *VSWR*. Penggunaan mikrostrip sendiri dipilih karena dapat menyalip dimensi filter yang besar dan *bandpass* digunakan untuk meloloskan sinyal yang diinginkan. Hasil dari penggunaan metode *open stub* memiliki kelebihan dan kekurangan dibandingkan dengan menggunakan metode *open stub* yang dikombinasikan dengan metode lain. Hasil simulasi menunjukkan nilai *return loss* -14,7126 dB, nilai *insertion loss* menunjukkan -2,2722 dB dan nilai *VSWR* 1,4504 pada frekuensi 3 GHz. Pada hasil pengukuran menunjukkan nilai *return loss* -10,649 dB, nilai *insertion loss* menunjukkan -3,76 dB dan nilai *VSWR* 1,83 pada frekuensi 3 GHz. Hasil simulasi dan pengukuran terjadi perbedaan karena beberapa faktor yang tidak diperhitungkan saat simulasi sehingga terjadi perubahan nilai dari parameter filter. Dengan menggunakan jenis substrat yang berbeda dan ordo berbeda dapat menghasilkan nilai simulasi yang lebih baik dari substrat yang digunakan pada saat pabrikasi.

Kata Kunci: *bandpass filter*, mikrostrip, *open stub*

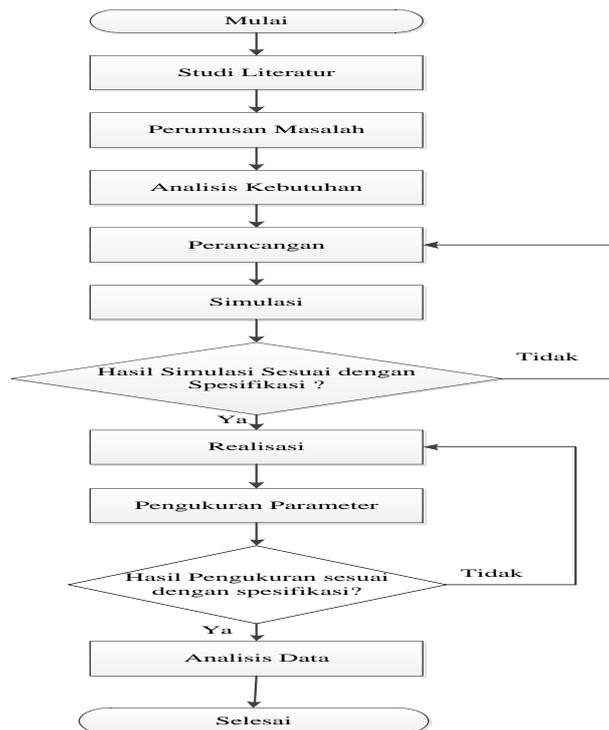
1. Pendahuluan

Sebagai negara maritim terluas, Indonesia terus mengembangkan alat komunikasi yang dapat digunakan sebagai alat pertahanan maupun pengawas dan salah satunya adalah radar. Radar adalah alat pendeteksi keberadaan suatu benda dengan menggunakan gelombang elektromagnetik. Saat ini di Indonesia banyak penelitian mengenai radar yang digunakan untuk sistem komunikasi baik keperluan militer maupun komersil. *Filter* adalah suatu rangkaian yang digunakan untuk menyaring frekuensi tertentu dengan meloloskan frekuensi yang diinginkan dan meredam frekuensi yang tidak diinginkan [3]. Jenis-jenis *filter* yang digunakan dalam alat telekomunikasi antara lain *Low Pass Filter* (LPF), *High Pass Filter* (HPF), *Band Pass Filter* (BPF), dan *Band Stop Filter* (BSF), pada sistem telekomunikasi radar *filter* yang digunakan adalah jenis BPF[4]. *bandpass filter* (BPF) dipilih karena *bandpass filter* (BPF) sangat efisien sehingga dapat memilih sinyal yang diinginkan dari area kerja dan menekan sinyal yang tidak diinginkan dari area kerja disekitarnya[2]. Selain itu penggunaan *bandpass filter* dengan *Open Stub* dapat mempersempit *bandwidth* sehingga memungkinkan mendapatkan spesifikasi *bandwidth* yang diinginkan[6]. Pada *paper* ini dilakukan perancangan dan pabrikasi *bandpass filter* menggunakan metode *open stub* menggunakan substrat FR-4. Hal ini bertujuan untuk menganalisis hasil rancangan dan

simulasi kemudian membandingkan dengan penggunaan metode lain. Pada jurnal sebelumnya metode *open stub* ini dimodifikasi dan digabungkan dengan metode lainnya [1], [2] dan hasil yang diperoleh lebih baik daripada hanya menggunakan metode *open stub* itu sendiri.

2. Metodologi Penelitian

Jurnal penelitian ini menggunakan beberapa metodologi penelitian diantaranya menggunakan studi literatur, identifikasi masalah, analisa kebutuhan, perancangan, simulasi, pengukuran, dan realisasi. Metodologi tersebut bertujuan agar proses penelitian menjadi sistematis. Adapun metodologi penelitian ini digambarkan menggunakan diagram alir.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. Desain Filter Menggunakan Open Stub

Filter adalah suatu rangkaian yang digunakan untuk menyaring frekuensi tertentu dengan meloloskan frekuensi yang diinginkan dan meredam frekuensi yang tidak diinginkan[4]. Filter pendekatan *Butterworth* menghasilkan tanggapan frekuensi yang datar pada daerah passband dan redaman yang meningkatkan secara monotonik pada stopband[5]. Pada paper ini jenis substrat yang digunakan adalah FR-4 dengan ketebalan 1,6mm.

3.1. Menentukan Dimensi Filter Berdasarkan Perhitungan

Untuk menentukan berapa orde yang dipakai, digunakan spesifikasi peredaman minimal (L_{AS}) pada frekuensi kerja (Ω_s), maka menjadi:

$$n \geq \frac{\log(10^{0,1 L_{AS}} - 1)}{2 \log \Omega_s}$$

$n \geq 4,192$ dibulatkan menjadi $n = 5$

kemudian untuk menentukan lebar saluran resonator menggunakan persamaan :

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

dimana,

$$A = \frac{Z_0}{60} \left\{ \frac{\epsilon_r + 1}{2} \right\}^{0.5} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left\{ 0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r} \right\}$$

Sehingga didapat $W = 3,09 \text{ mm}$.

Untuk menentukan panjang lengan resonator digunakan persamaan :

$$L = \frac{(90-\theta^0)}{360} \times \lambda_{\text{mikrostrip}} \quad (2)$$

$$\text{dimana } \lambda_{\text{mikrostrip}} = \frac{\lambda_{\text{udara}}}{\sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}}$$

Maka didapat nilai $L = 12,29 \text{ mm}$.

Berdasarkan teori shielding bahwa jarak antara saluran ke *shielding* bagian samping adalah harus lebih dari 5 kali ketebalan bahan dielektrik. Berikut adalah perhitungan panjang tap

$$\begin{aligned} \text{Panjang Tap} &= 5 \times h \\ &= 8 \text{ mm} \end{aligned}$$

Pada perancangan mikrostrip *bandpass filter* dengan metode *Open Stub* ini, nilai koefisien kopling digunakan untuk mengetahui jarak antar resonator. Nilai koefisien ditentukan dengan persamaan :

$$M_{i,i+1} = \frac{FBW}{\sqrt{g_i g_{i+1}}} \text{ maka didapat}$$

$$M_{1,2} = M_{4,5} = \frac{0.06667}{\sqrt{0,618 \times 1,168}} = 0,0784$$

$$M_{2,3} = M_{3,4} = \frac{0.06667}{\sqrt{1,618 \times 2}} = 0,0371$$

Setelah didapat nilai dari hasil perhitungan, maka didapat :

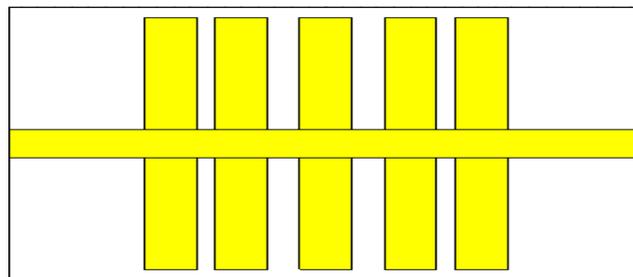
$$\text{Panjang lengan resonator (L)} = 12,29 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar resonator (W)} = 3,09 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang Tap Input/Output} = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak Resonator } S_{1,2} = S_{4,5} = 1,1 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak Resonator } S_{2,3} = S_{3,4} = 1,9 \text{ mm}$$

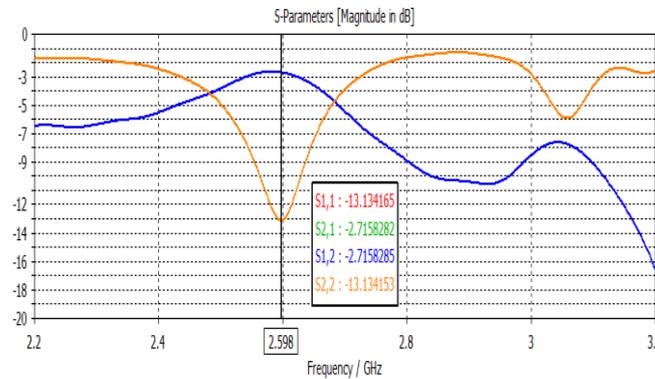


Gambar 2. Layout filter berdasarkan hasil perhitungan

3.2. Simulasi Filter

Pada simulasi mikrostrip *bandpass filter* dengan metode *Open Stub* ini dilakukan dengan beberapa tahap. Gambar 2. adalah gambar tampilan *layout filter* dengan menggunakan metode

open stub sesuai dengan spesifikasi pada awal perhitungan dengan menggunakan persamaan yang ada.



$S_{11}=S_{22}= \text{Return loss}$
 $S_{12}=S_{21}= \text{Insertion loss}$

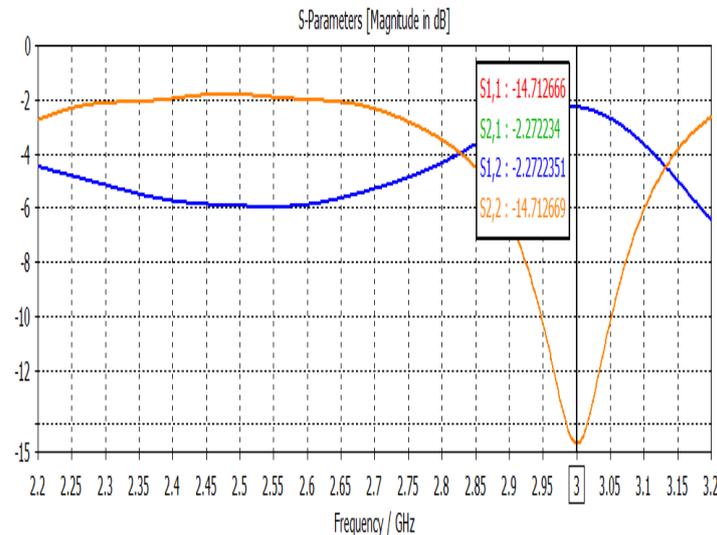
Gambar 3. Grafik *insertion loss* dan *return loss*

Hasil perancangan berdasarkan perhitungan dapat dilihat pada Gambar 3. didapatkan nilai optimal pada frekuensi 2,598 GHz dengan *return loss* sebesar -13,134 dB dan *insertion loss* sebesar -2,715 dB telah memenuhi spesifikasi yang diinginkan tetapi belum memenuhi frekuensi yang diinginkan yaitu 3 GHz. Maka untuk mendapatkan nilai pada frekuensi 3 GHz dilakukan beberapa optimasi dengan mengubah nilai dari panjang lengan *resonator* (L), merubah jarak antara resonator (s) dan lebar resonator (W) untuk mendapatkan nilai dari return loss dan insertion loss yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

Tabel 1. Tabel nilai optimasi parameter *filter*

No.	W (mm)	L (mm)	$S_{1,2} = S_{4,5}$	$S_{2,3} = S_{3,4}$
1.	3	12,29	1,1	1,9
2.	3	10	0,7	1,5
3.	3	10	1,2	2
4.	3	10	1,1	1,9
5.	3	10	1,1	1,95

Optimasi dilakukan berdasarkan data dari tabel 1 dan hasil dari optimasi yang kelima adalah nilai yang dapat memenuhi spesifikasi awal. Pada Gambar 4. terlihat nilai dari parameter *return loss* dan *insertion loss*

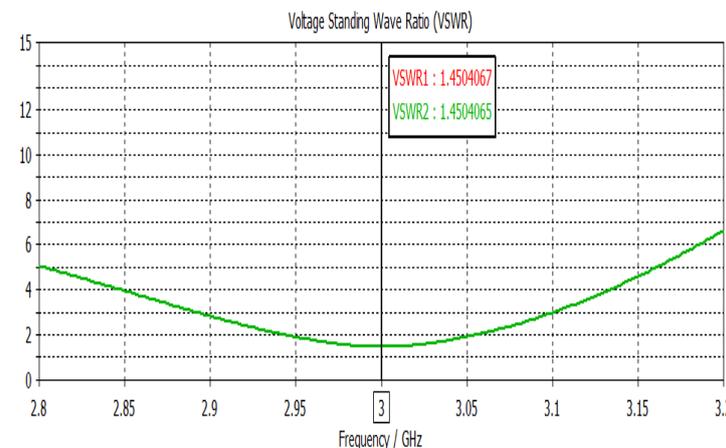


$S_{11}=S_{22}= \text{Return loss}$

$S_{12}=S_{21}= \text{Insertion loss}$

Gambar 4. Grafik *Insertion loss* dan *Retun Loss* Hasil Optimasi Ke-5

Kemudian nilai dari parameter *VSWR* hasil optimasi kelima berdasarkan data dari tabel 1. adalah seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik *VSWR* hasil optimasi ke-5

4. Hasil dan Analisis

Setelah melakukan pabrikasi maka dilakukan pengukuran dengan menggunakan alat ukur *Network Analyzer* ADVANDTEST R3770 yang memiliki rentang frekuensi 300 KHz – 20 GHz. Hasil pengukuran kemudian dibandingkan dengan hasil simulasi

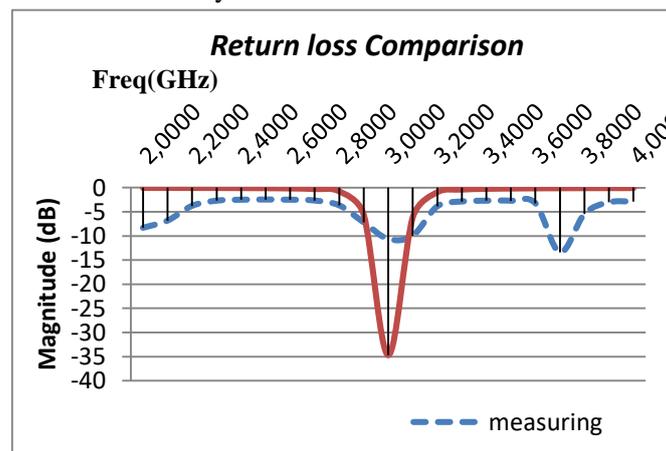
4.1. Hasil Pengukuran

Hasil pengukuran *Band Pass Filter Open Stub* yang pertama dilakukan dengan melihat nilai dari *return loss*. Pada hasil pengukuran menunjukkan frekuensi kerja tetap berada pada frekuensi 3 GHz tetapi nilai parameter *return loss* mengalami perubahan. Berikut adalah gambar hasil pengukuran.



Gambar 6. Grafik Return Loss hasil pengukuran

Pada Gambar 6. terlihat nilai *return loss* mengalami perubahan dari hasil berdasarkan simulasi. Terlihat bahwa nilai *return loss* menunjukkan nilai -10,649 dB, nilai ini berbeda dengan hasil simulasi yang menghasilkan nilai -14,7126 dB. Tetapi jika simulasi menggunakan jenis substrat dan ordo filter yang berbeda maka hasil yang didapat lebih baik. Pada Gambar 7. terlihat perbandingan *return loss* dari keduanya.



Gambar 7. Perbandingan Return loss

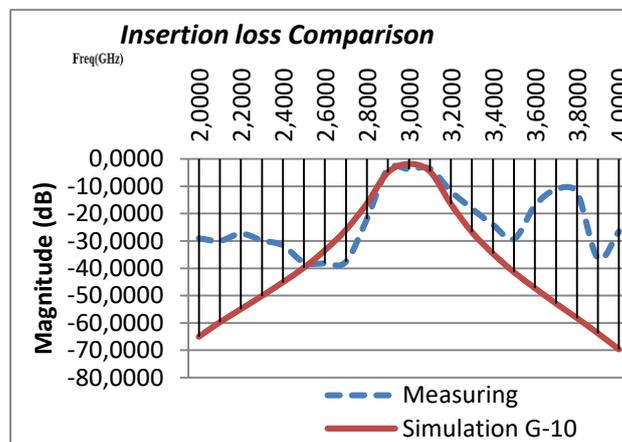
Dari Gambar 7. dapat dikatakan bentuk grafik dan nilai yang ditampilkan pada simulasi merupakan bentuk grafik dan nilai yang ideal, karena redaman di luar dari frekuensi yang diinginkan sangat baik dan nilai pada frekuensi kerja sangat kecil. Terlihat dari nilai di luar frekuensi tersebut mendekati nilai nol dan nilai pada frekuensi kerjanya menjauhi nilai nol. Pada *return loss* sendiri semakin kecil nilai frekuensi kerja yang diinginkan berarti semakin baik selektifitas filter tersebut.

Hasil pengukuran *Band Pass Filter Open Stub* yang kedua dilakukan dengan melihat nilai dari *insertion loss*. Pada hasil pengukuran menunjukkan frekuensi kerja tetap berada pada frekuensi 3 GHz tetapi nilai parameter *insertion loss* mengalami perubahan. Pada Gambar 8. terlihat nilai dari hasil pengukuran *insertion loss*



Gambar 8. Grafik *Insertion loss* hasil pengukuran

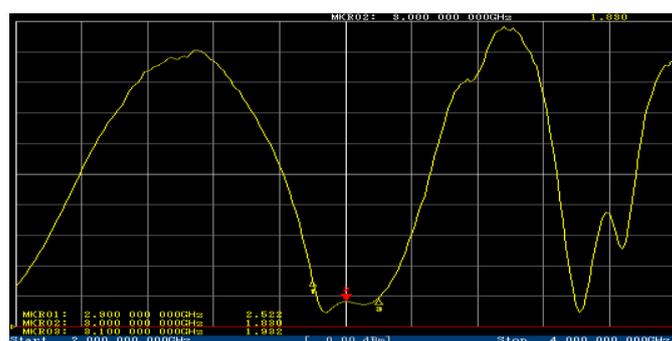
Pada Gambar 8. terlihat nilai *insertion loss* mengalami perubahan dari hasil berdasarkan simulasi. Terlihat bahwa nilai *insertion loss* menunjukkan nilai -3,760 dB, nilai ini berbeda dengan hasil simulasi yang menghasilkan nilai -2,272 dB. Tetapi jika simulasi menggunakan jenis substrat dan ordo filter yang berbeda maka hasil yang didapat lebih baik. Pada Gambar 9. terlihat perbandingan *insertion loss* dari keduanya.



Gambar 9. Perbandingan *Insertion loss*

Dari Gambar 9. dapat dikatakan bentuk grafik dan nilai yang ditampilkan pada simulasi merupakan bentuk grafik dan nilai yang ideal, karena redaman di luar dari frekuensi yang diinginkan sangat baik dan nilai pada frekuensi kerja sangat besar. Terlihat dari nilai di luar frekuensi tersebut menjauhi nilai nol dan nilai pada frekuensi kerjanya mendekati nilai nol. Pada *insertion loss* sendiri semakin mendekati nol nilai frekuensi kerja yang diinginkan berarti semakin baik selektifitas filter tersebut.

Hasil pengukuran *Band Pass Filter Open Stub* yang ketiga dilakukan dengan melihat nilai dari *VSWR*. Pada hasil pengukuran menunjukkan frekuensi kerja tetap berada pada frekuensi 3 GHz tetapi nilai *VSWR* mengalami perubahan. Berikut adalah gambar hasil pengukuran



Gambar 10. Grafik VSWR hasil pengukuran

Pada Gambar 10. nilai *VSWR* mengalami perubahan dari hasil berdasarkan simulasi, nilai *VSWR* pada frekuensi 3GHz adalah 1,83. Hal ini terjadi karena banyak faktor yang mengakibatkan terjadinya perubahan diantaranya penggunaan jenis *substrat* yang digunakan pada saat proses pabrikasi, penyolderan yang tidak sempurna, rugi – rugi pada konektor kabel. Untuk nilai *VSWR* sendiri akan berbanding lurus dengan nilai *return loss* yang didapatkan sehingga besar kecilnya nilai *VSWR* akan bergantung pada besar kecilnya nilai *return loss*.

4.2. Analisis Hasil

Bedasarkan data yang dihasilkan dari perbandingan antara simulasi dan pengukuran, terdapat perbedaan hasil antara simulasi dan pengukuran. Perbedaan yang timbul tersebut dapat disebabkan oleh banyak faktor. Faktor-faktor tersebut dapat mempengaruhi hasil yang diperoleh pada saat melakukan pengukuran. Faktor umum yang mempengaruhi saat pengukuran adalah sebagai berikut:

1. Suhu dan kelembapan udara, serta semua kondisi pada saat pengukuran tidak diperhitungkan pada proses simulasi. Pada simulasi semua bersifat ideal.
2. Proses pencetakan *layout* yang kurang baik.
3. Penggunaan jenis *substrat* dan nilai ϵ_r yang digunakan untuk *filter* berbeda dengan pada saat pabrikasi.
4. Adanya *losses* akibat kabel koaksial pada *network analyzer* pada saat pengukuran.
5. Proses penyolderan yang kurang sempurna.

6. Kesimpulan

Bedasarkan simulasi dan analisis yang sudah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil simulasi *Band Pass Filter mikrostrip* menggunakan metode *open stub* sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan dengan melakukan beberapa kali optimasi pada simulasi dan diambil 5 optimasi yang paling mendekati. Pada optimasi ke-5 ini didapatkan nilai parameter sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan dengan nilai *return loss* -14,712 dB, nilai *insertion loss* -2,272 dB nilai *VSWR* 1,45 dan semua berada pada frekuensi 3 GHz.
2. Dari hasil pengukuran ternyata nilai dari parameter tidak sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan sehingga mengakibatkan selektifitas *filter* dianggap kurang baik.
3. Pada hasil yang diperoleh dari realisasi mengalami perbedaan dengan simulasi. Perbedaan antara keduanya dikarenakan beberapa faktor, yaitu diantaranya karena faktor suhu dan kelembapan, proses pabrikasi *layout* kurang akurat, penyolderan port kurang baik, adanya

losses pada kabel koaksial pada *Network Analyzer* dan konduktor *loss* yang dimiliki oleh material PCB.

4. Penggunaan metode *open stub resonator* sendiri tanpa digabungkan metode lain menghasilkan keluaran yang kurang maksimal dibandingkan metode *open stub* yang digabungkan metode lain.

Daftar Pustaka

- [1] G. Wibisono, T. Firmansyah, P. S. Priambodo, A. S. Tamsir, T. A. Kurniawan, and A. B. Fathoni, "MULTIBAND BANDPASS FILTER (BPF) BASED ON FOLDED DUAL CROSSED OPEN STUBS," *Int. J. Technol.*, vol. 1, pp. 32–39, 2014.
- [2] T. Ragani, N. A. Touhami, and M. Agoutane, "Designing a Microstrip coupled line bandpass filter," *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 2, no. 4, pp. 266–269, 2013.
- [3] J. Antonio Marcotegui, J. M. Illescas, A. Estevez, and F. Falcone, "Compact ultra wide band microstrip bandpass filter based on multiple-mode resonator and modified complementary split ring resonator," *Sci. World J.*, vol. 2013, 2013.
- [4] K. Khomsati, "PERANCANGAN BANDPASS FILTER UNTUK MOBILE WIMAX PADA FREKUENSI 2, 3 GHz," *skripsi*, 2009.
- [4] J. Hong and M. J. Lancaster, "Microstrip Filters for RF / Microwave," vol. 7, pp. 0–471, 2001.
- [5] W. S. Hidayat, "Kinerja Butterworth Low-Pass Filter pada Teknik Modulasi Digital ASK Terhadap Paket Data yang dipengaruhi oleh Derau," *InComTech*, vol. 3, pp. 169–184, 2012.
- [6] A. Setiawan, T. Hariyadi, and B. Mulyanti, "Rancang Bangun Bandpass Filter Mikrostrip Hairpin Dengan Open Stub dan Defected Ground Structure (DGS) Untuk Frekuensi UMTS 3G (1920-1980 MHz)," vol. 13, no. 2, pp. 107–118, 2014.