

Analisis Pengaruh Ukuran Geometri *Stripline* Terhadap Kinerja BPF Mikrostrip *Square Ring Resonator*

Ignatius Daru Kristiadi¹, Dharu Arseno², Antonius Darma Setiawan³

Abstract—Filter is an RF component that has an important function in a communication system. The type of filter which is usually used in receiver system is bandpass filter (BPF). The filter design method that is discussed on this paper is square ring resonator using microstrip transmission line modified by adding coupled line stub on each side of resonator. The modification is used because it is capable to optimize the return loss and to hold the insertion loss so that the filter could be working as a wideband filter. This paper discusses the influence of the geometrical changing from stripline microstrip on BPF square ring resonator microstrip performance. The evaluation is needed to obtain the optimum performance of BPF microstrip which is suitable to communication system specification. The simulation is performed using component RF simulation software with Rogers RT/Duroid 5880 substrate which has dielectric constant (ϵ_r) of 2.2. The result of last simulation shows that the filter has center frequency around 1.5 GHz with its average bandwidth is around 916 MHz.

Intisari—Filter merupakan komponen frekuensi radio (RF) yang memiliki peran penting dalam suatu sistem komunikasi. Jenis filter yang biasa digunakan pada sistem penerima radio adalah *bandpass filter* (BPF). Metode perancangan filter yang dibahas adalah *square ring resonator* menggunakan saluran transmisi mikrostrip yang dimodifikasi dengan penambahan *coupled line stub* pada masing-masing sisi resonatornya. Modifikasi ini digunakan karena mampu mengoptimalkan parameter *return loss* dan menahan *insertion loss* sehingga filter mampu bekerja sebagai *wideband filter*. Makalah ini membahas pengaruh perubahan geometri *stripline* terhadap kinerja BPF mikrostrip *square ring resonator*. Hal ini dilakukan untuk memperoleh rancangan BPF mikrostrip dengan kinerja optimal sesuai dengan spesifikasi sistem komunikasi. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak simulasi perangkat RF dengan menggunakan substrat *Rogers RT/Duroid 5880* yang memiliki konstanta dielektrik (ϵ_r) 2,2. Hasil pengamatan yang diperoleh dalam percobaan menunjukkan bahwa filter memiliki frekuensi tengah sekitar 1,5 GHz dengan lebar bidang (*bandwidth*) rata-ratanya sekitar 916 MHz.

Kata Kunci— BPF, *passband*, *stopband*, *square ring resonator*, parameter filter.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi telekomunikasi yang menggunakan gelombang elektromagnetik sebagai media pengiriman informasi telah berkembang dengan sangat pesat. Teknologi telekomunikasi ini tidak hanya terbatas pada komunikasi nirkabel saja, tetapi juga sensor nirkabel yang memiliki peranan penting dalam kehidupan sehari-hari, seperti radar. Karena banyaknya perangkat yang menggunakan gelombang elektromagnetik sebagai media komunikasi secara nirkabel, masalah interferens antara satu perangkat komunikasi dengan perangkat komunikasi lain maupun akibat gangguan dari derau menjadi masalah utama dalam pemanfaatan teknologi telekomunikasi. Selain itu, peningkatan kualitas komunikasi memerlukan perhatian khusus jika diinginkan membangun sebuah sistem komunikasi tingkat lanjut. Masalah interferens tersebut dapat diatasi, salah satunya dengan mengintegrasikan sebuah komponen radio frekuensi yang mampu meredam sinyal-sinyal gelombang elektromagnetik yang tidak diperlukan oleh sistem. Komponen RF ini sering disebut dengan filter. Filter dapat didesain dengan memanfaatkan saluran transmisi mikrostrip.

Salah satu metode yang digunakan dalam merancang filter mikrostrip adalah *square ring resonator*. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa metode ini sangat mudah dalam hal perancangan dan fabrikasi [1]-[9]. Metode *square ring resonator* ini memiliki prinsip kerja yang memanfaatkan resonansi setara dengan penggunaan komponen L dan C yang dirangkai secara paralel yang kemudian akan menghasilkan suatu resonansi frekuensi tertentu bergantung pada panjang saluran [9]. Asal-usul bentuk geometri ini bermula dari suatu resonator lurus yang ditekuk secara siku-siku membentuk segi empat yang akan menghasilkan suatu karakteristik resonansi tertentu [10]. Resonansi inilah yang menyebabkan filter mampu melakukan seleksi frekuensi untuk meloloskan sinyal dengan frekuensi tertentu. Dalam melakukan proses seleksi frekuensi, kinerja filter diukur dengan memanfaatkan pendekatan konsep kutub empat (*S-parameter*) yang merepresentasikan *return loss* (S11) dan *insertion loss* (S21) [11], [12].

Pada makalah ini dilakukan analisis tentang pengaruh perubahan ukuran geometri *stripline* dari mikrostrip terhadap kinerja *bandpass filter* (BPF). Hal ini dilakukan karena sensitivitas perubahan kinerja filter mikrostrip cukup tinggi akibat perubahan setiap geometri *stripline*-nya. Perubahan ukuran geometri akan berpengaruh ke parameter kinerja filter, yaitu *return loss* dan *insertion loss*. Dengan melakukan analisis ini, nantinya dapat diperoleh nilai dimensi filter mikrostrip dengan kinerja filter yang optimal. Kemudian, nilai dimensi tersebut dapat dipergunakan untuk merealisasi filter, sehingga filter dapat bekerja dengan baik di dalam suatu sistem komunikasi.

¹ Mahasiswa, Jurusan Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Jl. Telekomunikasi no.1, Terusan Buah Batu, Bandung, INDONESIA, 40257 (e-mail: daru.ignatius@gmail.com)

^{2,3} Dosen, Jurusan Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Jl. Telekomunikasi no.1, Terusan Buah Batu, Bandung, INDONESIA, 40257 (e-mail: darseno@telkomuniversity.ac.id, a.darma.setiawan@gmail.com)

II. DESAIN FILTER

BPF dirancang menggunakan metode *square ring resonator*. Metode ini digunakan karena menawarkan kemudahan dalam mendesainnya serta proses pencetakannya pun terbilang mudah bila filter akan direalisasikan. Dalam analisis nantinya, desain filter metode *square ring resonator* dimodifikasi dengan penggunaan *coupled line* berupa dua buah *stub* identik di keempat sisi resonator, seperti yang terlihat pada Gbr. 1. Dengan diterapkannya skema geometri *stripline* yang demikian, *insertion loss* dapat ditahan dan menghasilkan daerah *passband* yang relatif rata [1]. Selain itu, keberadaan *coupled line* ini diharapkan mampu meningkatkan lebar bidang (*bandwidth*) dibandingkan dengan menggunakan teknik konvensional yang hanya menggunakan *feedline* saja tanpa adanya *coupled line* yang menghubungkan resonator dengan *port* konektor.

Dalam melakukan analisis suatu filter mikrostrip, bagian yang paling sensitif dalam menghasilkan kinerja suatu filter yang sesuai dengan spesifikasi suatu sistem komunikasi terdapat pada bagian *conducting plat/stripline*. Oleh karena itu, diperlukan suatu simulasi untuk mengetahui karakteristik yang terjadi pada filter metode *square ring resonator* ini bila terjadi perubahan pada ukuran geometri *stripline*-nya.

III. METODOLOGI

Dalam perancangan suatu filter mikrostrip, hal pertama yang menjadi acuan untuk langkah-langkah selanjutnya dalam menentukan dimensi *stripline* adalah mengetahui konstanta dielektrik relatif (ϵ_r) yang dimiliki oleh substrat. Dari konstanta dielektrik substrat ini dapat dilakukan perhitungan matematis untuk mendapatkan suatu konstanta dielektrik efektif (ϵ_{eff}) dari mikrostrip tersebut [2].

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{d}{W} \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (1)$$

Karena terdapat dua buah saluran, yaitu saluran resonator dan saluran yang menuju ke konektor (dalam skema ini *stub* dan *feedline*), maka impedans yang terdapat pada kedua saluran ini pun berbeda, yang akan memengaruhi perbandingan W/d masing-masing saluran, sehingga nantinya terdapat dua buah nilai konstanta dielektrik efektif, yaitu $\epsilon_{eff(R)}$ untuk resonator dan $\epsilon_{eff(C)}$ untuk saluran yang menuju ke konektor. Nilai konstanta dielektrik efektif ini memengaruhi panjang gelombang terbimbing (λ_g), baik untuk resonator maupun untuk saluran menuju ke konektor. Dengan menggunakan (2), diperoleh panjang gelombang pada saluran transmisi [3].

$$\lambda_g = \frac{\lambda_o}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} = \frac{c}{f_o \sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (2)$$

Hasil yang diperoleh dari (2) tersebut berlaku untuk panjang gelombang terbimbing pada resonator $\lambda_{g(R)}$ maupun saluran yang menuju ke konektor $\lambda_{g(C)}$. Dari hasil tersebut dapat ditentukan panjang sisi resonator [2].

$$S_r = 0,3 \times \lambda_{g(R)} \quad (3)$$

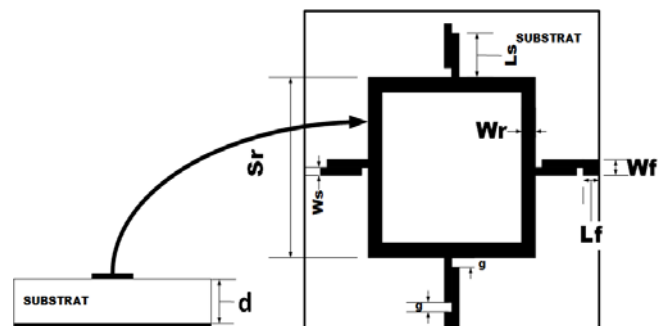
Lalu, untuk memperoleh panjang saluran yang menuju ke konektor catuan dilakukan perhitungan sebagai berikut [2].

$$L_{saluran} = 0,2 \times \lambda_{g(C)} \quad (4)$$

Karena saluran yang menuju ke konektor catuan daya terbagi menjadi *stub*, *feedline*, dan *gap*, seperti pada Gbr. 1, maka diasumsikan alokasi panjang saluran ini menjadi $0,7.L_{saluran}$ untuk panjang *stub*, $0,2.L_{saluran}$ untuk panjang *feedline*, dan $0,05.L_{saluran}$ untuk masing-masing *gap*.

IV. RANCANGAN GEOMETRI STRIPLINE FILTER

Stripline, atau biasa disebut *conducting strip*, merupakan salah satu penyusun filter mikrostrip yang terletak di bagian paling atas susunan mikrostrip. Bagian ini menjadi fokus utama dari analisis. Adapun skema geometri dari *stripline* ini ditunjukkan pada Gbr. 1 [2].



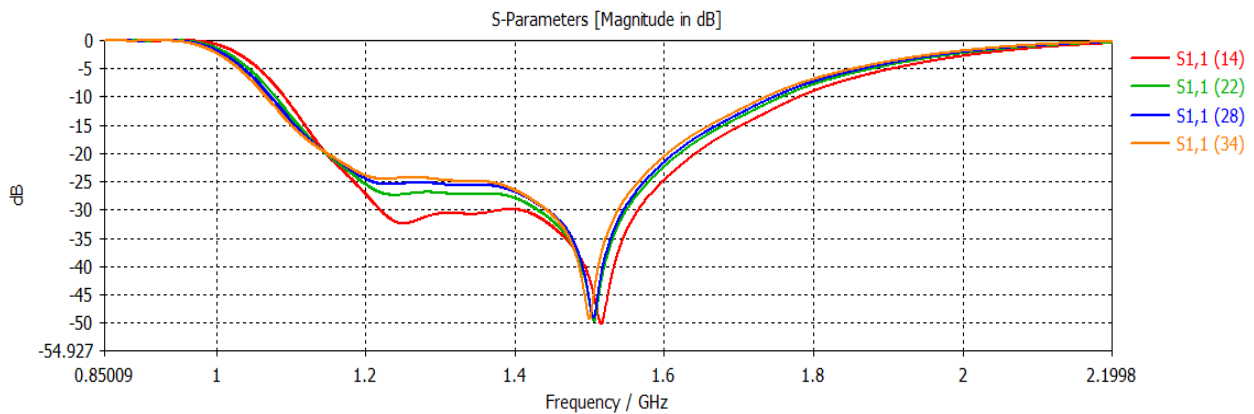
Gbr. 1 Skema geometri *stripline* BPF mikrostrip.

Dari Gbr. 1 terlihat pada bagian atas substrat mikrostrip terdapat *stripline* berbahan tembaga yang berbentuk persegi yang berfungsi sebagai resonator filter, lalu pada keempat sisinya terdapat sepasang *stub* yang disusun secara diagonal atau biasa disebut dengan *coupled line stub*. Kemudian, pada *coupled line stub* bagian sisi kanan dan bawah terdapat *line* tambahan yang digunakan untuk menghubungkan filter sumber catuan atau beban yang biasa disebut dengan *feedline*.

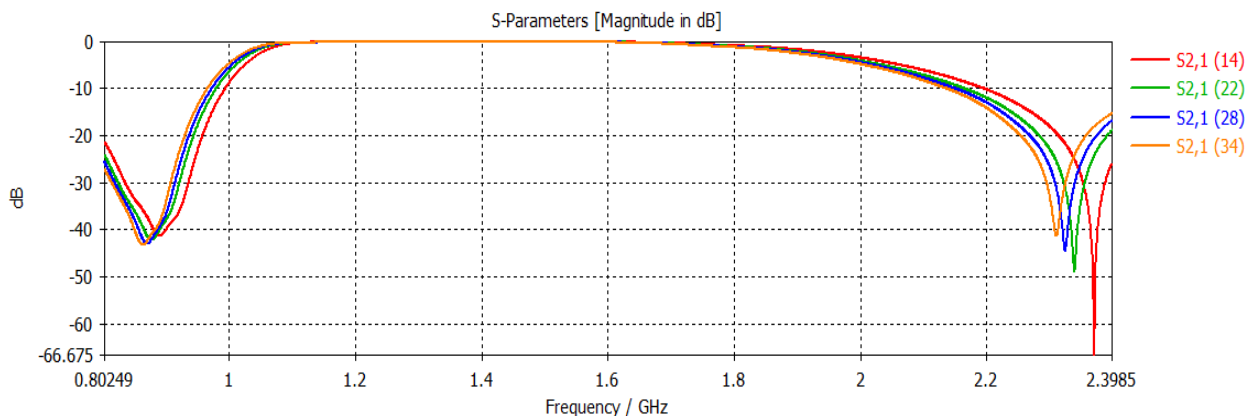
Dalam melakukan percobaan ini, filter mikrostrip dibangun dengan memanfaatkan substrat yang memiliki permitivitas relatif (ϵ_r) sebesar 2,2 dengan ketebalan substrat (d) adalah 1,575 mm. Substrat yang digunakan ini diasumsikan menggunakan jenis substrat *double layer* sesuai dengan spesifikasi yang biasa digunakan, yaitu pada bagian atas dan bawah substrat ini terdapat plat tembaga dengan ketebalan 0,07 mm.

V. HASIL SIMULASI DAN PEMBAHASAN

Dari skema geometri *stripline* pada Gbr. 1 dapat dilakukan percobaan untuk mengubah ukuran dari geometri tersebut dengan mengacu beberapa perhitungan geometri yang telah disampaikan sebelumnya. Percobaan ini dilakukan dengan memanfaatkan tool "*parameter sweep*" pada perangkat lunak simulasi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perubahan setiap geometri *stripline* terhadap kinerja BPF *square ring resonator coupled line stub*.



Gbr. 2 Return loss (S11) pengaruh panjang sisi resonator.



Gbr. 3 Insertion loss (S21) pengaruh panjang sisi resonator.

Setiap dimensi ukuran dari filter mikrostrip ini mula-mula dihitung dengan menggunakan pendekatan-pendekatan rumus pada bagian sebelumnya. Kemudian dilakukan percobaan dengan mengubah setiap dimensi filter sesuai dengan kebutuhan. Hal ini dilakukan karena saluran transmisi mikrostrip memiliki tingkat sensitivitas yang tinggi antara perubahan dimensi terhadap pengaruhnya bagi kinerja filter.

A. Pengaruh Panjang Sisi Resonator (S_r)

Karena menggunakan metode *square ring resonator*, tentu panjang sisi persegi dari resonator pada bagian tengah substrat menjadi perhatian khusus dari analisis. Adapun pengaruhnya dapat diamati pada Gbr. 2 dan Gbr. 3.

Pada Gbr. 2 dapat terlihat bahwa perubahan panjang sisi resonator memengaruhi kinerja filter. Adapun dampak dari perubahan tersebut diperlihatkan pada Tabel I.

Berdasarkan Tabel I dapat diamati bahwa semakin panjang sisi saluran resonator pada perangkat filter mikrostrip, semakin sempit lebar bidang. Selain itu, semakin panjang sisi resonator menyebabkan terjadinya pergeseran frekuensi tengah dari filter ke arah kiri (frekuensi yang lebih rendah). Hal ini terjadi karena panjang sisi resonator berpengaruh terhadap karakteristik resonansi pada suatu frekuensi tertentu yang apabila diubah-ubah panjangnya akan menyebabkan pergeseran frekuensi.

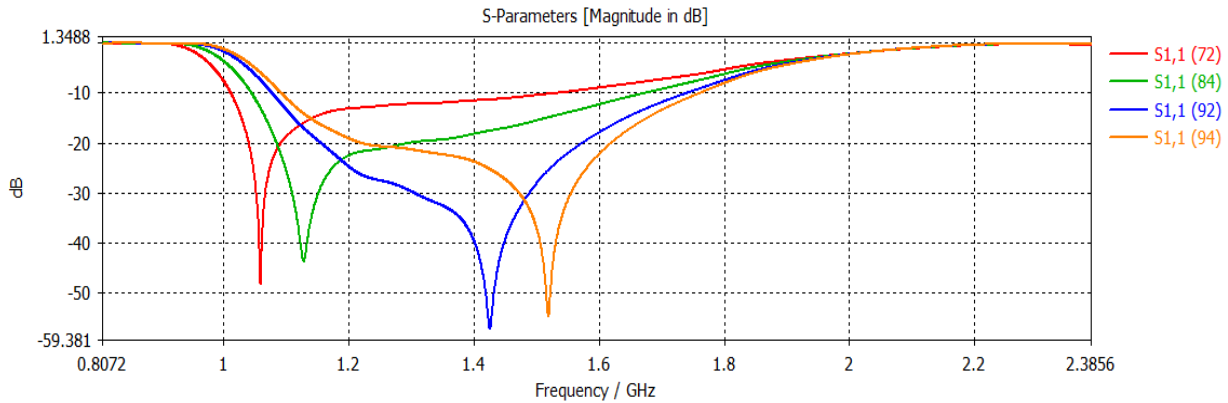
TABEL I
PENGARUH PANJANG SISI RESONATOR TERHADAP KINERJA FILTER

No	Ukuran S_r (mm)	Hasil			
		Lebar bidang (MHz)	Frekuensi Tengah (GHz)	S21 (dB)	S11 (dB)
1	51	936	1,511	-0,095	-48,086
2	52	921	1,4895	-0,0933	-40,06
3	52,5	915	1,4795	-0,0966	-35,72
4	53	909	1,4695	-0,098	-34,12

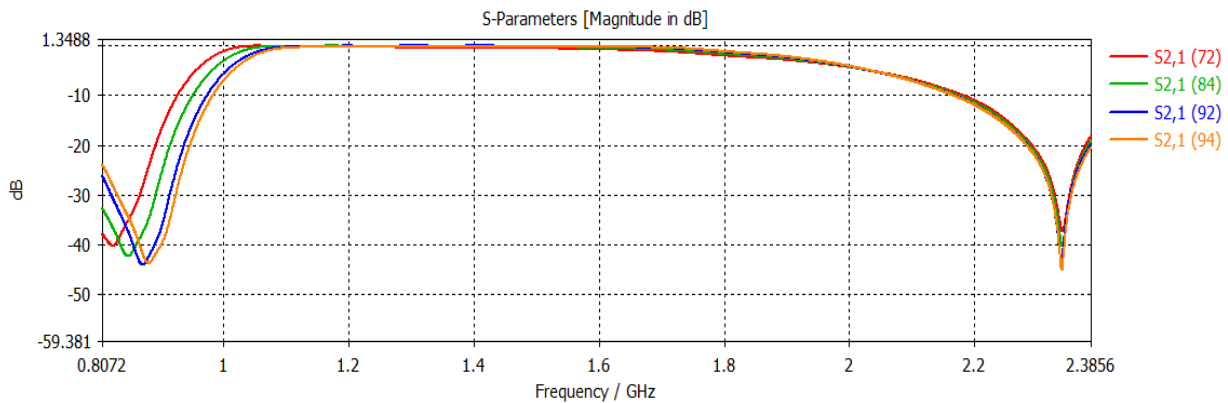
Parameter lain yang dapat diamati adalah *S-parameter* yang merepresentasikan *return loss* (S11) dan *insertion loss* (S21). Dari Tabel I dapat terlihat bahwa semakin panjang sisi resonator menyebabkan parameter *return loss* meningkat, sehingga terjadi penurunan kinerja karena daya yang dipantulkan kembali ke sumber semakin besar. Adapun parameter *insertion loss* tidak terlalu terpengaruh oleh perubahan panjang sisi resonator karena memiliki perbedaan yang tidak terlalu jauh satu sama lain untuk setiap perubahan ukuran panjang sisi resonator.

B. Pengaruh Lebar Resonator (W_r)

Hasil *S-parameter* dari pengaruh perubahan lebar saluran resonator diperlihatkan pada Gbr. 4 dan Gbr. 5.



Gbr. 4 Return loss (S11) pengaruh lebar resonator.



Gbr. 5 Insertion loss (S21) pengaruh lebar resonator.

Pada Gbr. 4 dapat dilihat bahwa lebar resonator sangat berpengaruh dalam mengatur kecilnya *return loss* pada suatu frekuensi tertentu. Sementara pada Gbr. 5 terlihat lebar resonator juga mampu memengaruhi parameter *insertion loss* yang kemudian akan memengaruhi lebar bidang filter.

Rincian dari pengaruh lebar resonator ini disajikan pada Tabel II.

TABEL II
PENGARUH LEBAR RESONATOR TERHADAP KINERJA FILTER

No	Ukuran W_r (mm)	Hasil			
		Lebar bidang (MHz)	Frekuensi Tengah (GHz)	S21 (dB)	S11 (dB)
1	1,8	941,42	1,44429	-0,428	-11,168
2	2,2	928,1	1,46465	-0,184	-16,63
3	2,6	917	1,4834	-0,083	-30,936
4	3	908,3	1,49885	-0,101	-23,421

Berdasarkan Tabel II dapat diketahui bahwa filter mengalami peyempitan lebar bidang seiring dengan bertambahnya ukuran lebar resonator. Selain itu, bertambahnya ukuran lebar resonator juga memengaruhi pergeseran frekuensi tengah ke arah kanan (frekuensi yang lebih tinggi). Hal ini terjadi karena lebar dari saluran resonator ini sangat memengaruhi besarnya induksi medan elektromagnetik yang menyebabkan terjadinya resonansi di

dalam resonator mengingat sifat bahan penyusunnya adalah konduktor.

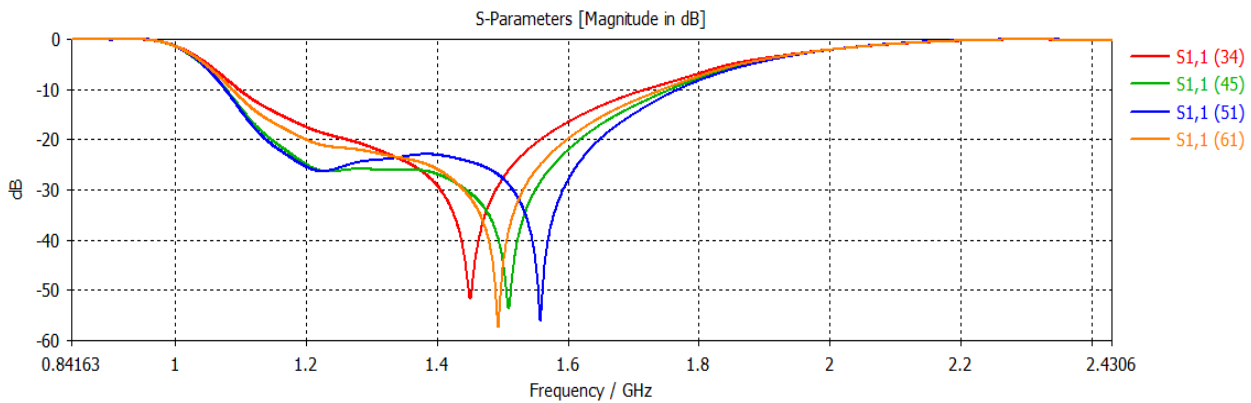
TABEL III
PENGARUH LEBAR FEEDLINE TERHADAP KINERJA FILTER

No	Ukuran W_f (mm)	Hasil			
		Lebar bidang (MHz)	Frekuensi Tengah (GHz)	S21 (dB)	S11 (dB)
1	4,6	899,2	1,4812	-0,0845	-32,37
2	4,9	908,1	1,48385	-0,0842	-43,12
3	5,2	916,4	1,4851	-0,0886	-36,517
4	5,4	918,1	1,48715	-0,1046	-26,45

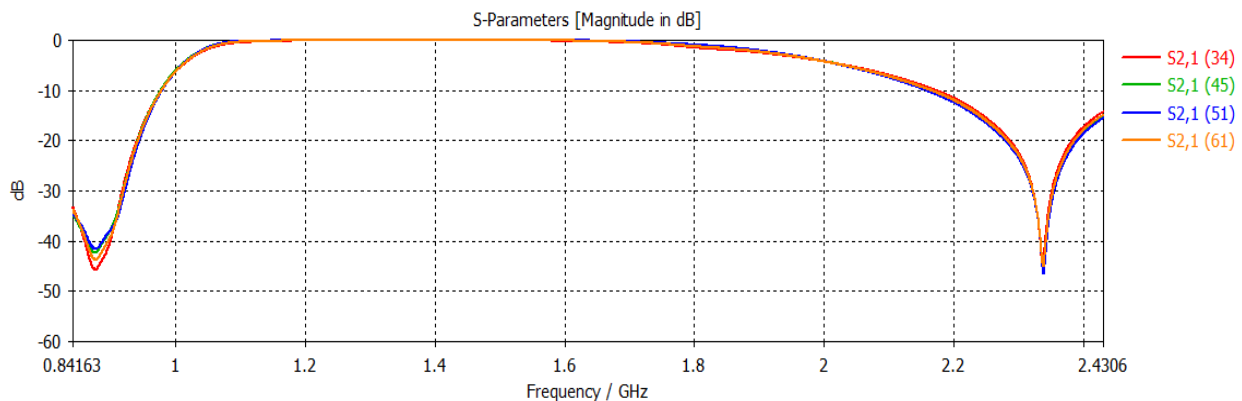
Selain itu, hasil yang diperoleh untuk parameter *return loss* dan *insertion loss* mengalami fluktuasi yang menyebabkan sulitnya menentukan hubungan antara perubahan ukuran geometri dengan hasil *S-parameter*. Namun, berdasarkan Tabel II diketahui hasil *S-parameter* paling optimal terjadi ketika ukuran lebar resonator sebesar 2,6 mm dengan nilai *return loss* sebesar -30,936 dB dan *insertion loss* -0,083 dB.

C. Pengaruh Lebar Feedline (W_f)

Feedline merupakan saluran penghubung antara saluran resonator mikrostrip dengan *port* masukan atau keluaran. Bagian ini juga dapat memengaruhi kinerja filter. Hasil percobaan dari perubahan lebar *feedline* diperlihatkan pada Gbr. 6 dan Gbr. 7.



Gbr. 6 Return loss (S11) pengaruh lebar feedline.



Gbr. 7 Insertion loss (S21) pengaruh lebar feedline.

Dari Gbr. 6 dan Gbr. 7 tampak pengaruh dari perubahan lebar *feedline*. Pengaruh dari perubahan dimensi ini ditunjukkan pada Tabel III.

Berdasarkan hasil pencatatan percobaan pada Tabel III dapat diketahui bahwa semakin besar lebar *feedline* pada filter mikrostrip menyebabkan terjadinya peningkatan lebar bidang yang cukup signifikan. Serta dengan pelebaran ukuran lebar *feedline*, frekuensi tengah filter mengalami pergeseran ke kanan (frekuensi yang lebih tinggi), tetapi tidak signifikan. Hal ini terjadi karena plat konduktor yang menyusun *feedline* juga memberikan andil dalam terjadinya resonansi di dalam filter mikrostrip tetapi tidak signifikan. Oleh karena itu, filter mengalami suatu pergeseran frekuensi tengah tetapi tidak signifikan.

Sementara itu, pada parameter *insertion loss* terjadi penurunan nilai. Semakin kecil nilai *insertion loss*, maka besar daya yang akan diloloskan juga lebih kecil. Lalu, berdasarkan Tabel III, untuk parameter *return loss*, hasilnya mengalami fluktuasi sehingga sulit untuk memprediksi kecenderungan hasil parameter kinerja filter terhadap perubahan dimensi yang terjadi.

D. Pengaruh Lebar Stub (W_s)

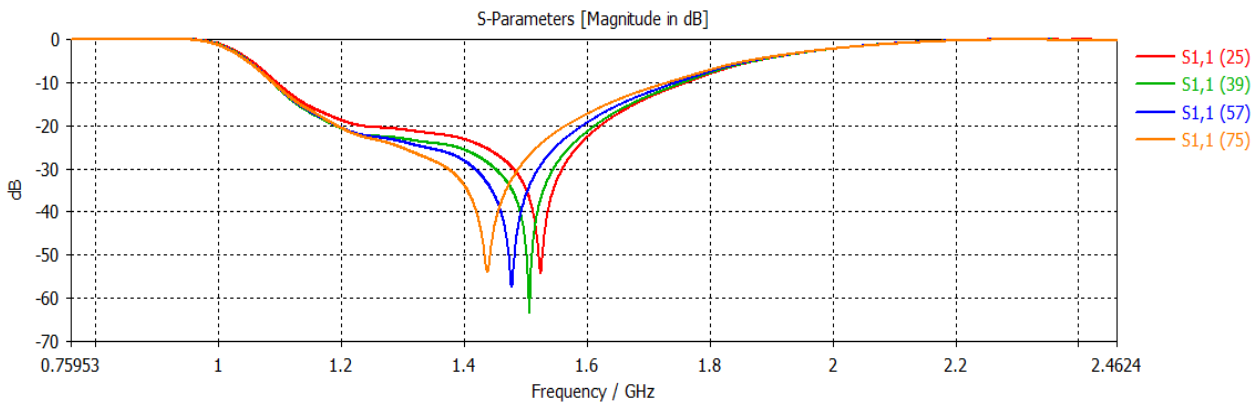
Percobaan juga dilakukan pada *stub*, yaitu pengujian dilakukan dengan melakukan pengamatan dari perubahan dimensi ukuran kedua *stub* identik pada bagian lebarnya. Hasil simulasi ditunjukkan pada Gbr. 8 dan Gbr. 9.

Stub yang terdapat pada skema susunan *stripline* merupakan modifikasi dari metode *square ring resonator*. Bagian *stub* ini dimanfaatkan untuk meningkatkan kualitas parameter *return loss* dan menahan *passband* pada grafik *insertion loss* supaya tetap rata [2]. Lalu, pada makalah ini, *stub* memiliki fungsi yang menyebabkan filter memiliki karakteristik *wideband*. Dari Gbr. 8 dan Gbr. 9 terlihat efek perubahan dimensi *stub*. Pengaruh dari perubahan lebar *stub* terhadap kinerja parameter filter disajikan pada Tabel IV.

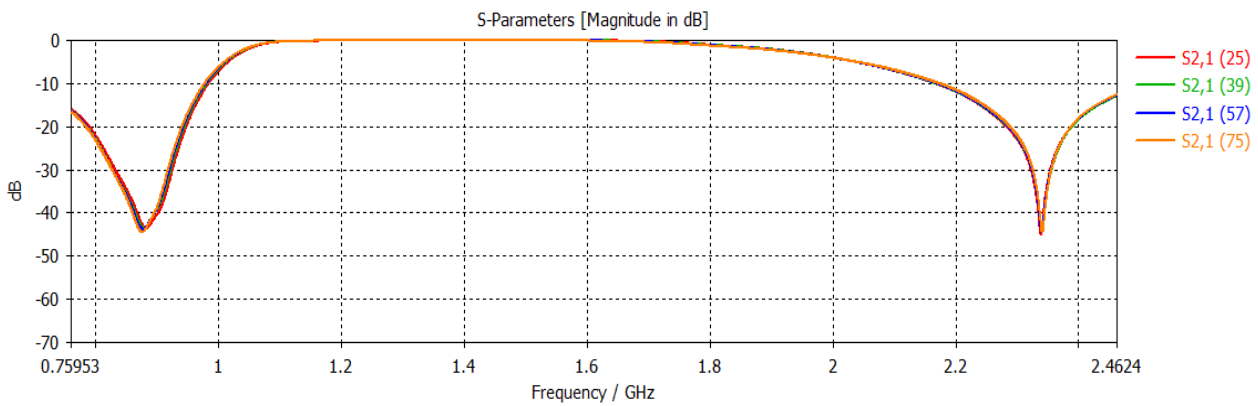
TABEL IV
PENGARUH LEBAR STUB TERHADAP KINERJA FILTER

No	Ukuran W_s (mm)	Hasil			
		Lebar bidang (MHz)	Frekuensi Tengah (GHz)	S21 (dB)	S11 (dB)
1	2,45	912,5	1,49175	-0,0828	-32,3
2	2,48	915,1	1,48935	-0,0866	-39,01
3	2,51	913,2	1,4872	-0,0863	-43,8
4	2,54	912,1	1,48545	-0,0893	-30,58

Berdasarkan Tabel IV, hasil percobaan ini menunjukkan tidak ada pengaruh yang signifikan dari setiap perubahan ukuran lebar *stub* terhadap lebar bidang dari filter mikrostrip. Namun, filter mengalami pergeseran frekuensi tengah ke arah kiri (frekuensi yang lebih rendah) seiring dengan semakin lebarnya *stub* ini.



Gbr. 8 Return loss (S11) pengaruh lebar stub.



Gbr. 9 Insertion loss (S21) pengaruh lebar stub.

TABEL V
PENGARUH PANJANG STUB TERHADAP KINERJA FILTER

No	Ukuran Panjang Stub (mm)	Hasil			
		Lebar bidang (MHz)	Frekuensi Tengah (GHz)	S21 (dB)	S11 (dB)
1	20,2	916,6	1,4923	-0,0853	-51,43
2	20,4	913	1,4874	-0,0864	-51,267
3	20,6	910,3	1,48265	-0,0868	-45,5
4	20,8	908,2	1,4782	-0,0874	-39,7

Sementara itu, pada percobaan ini, perubahan ukuran lebar stub juga berpengaruh terhadap parameter insertion loss walaupun tidak terlalu signifikan. Semakin besar ukuran lebar stub menyebabkan terjadinya penurunan nilai insertion loss. Hasil diperoleh karena perubahan ukuran yang dilakukan juga memiliki rentang yang sangat kecil. Lalu, untuk parameter return loss, pada percobaan ini, dapat dikatakan sulit diamati kecenderungan perubahannya karena fluktuatif. Namun, berdasarkan Tabel IV dapat dilihat nilai return loss paling optimal adalah ketika ukuran lebar stub 2,51 mm dengan nilai return loss sebesar -43,8 dB.

E. Pengaruh Panjang Stub (L_s)

Perubahan panjang stub ternyata juga memberikan pengaruh tersendiri bagi kinerja filter mikrostrip ini, seperti diperlihatkan pada Gbr. 10 dan Gbr. 11.

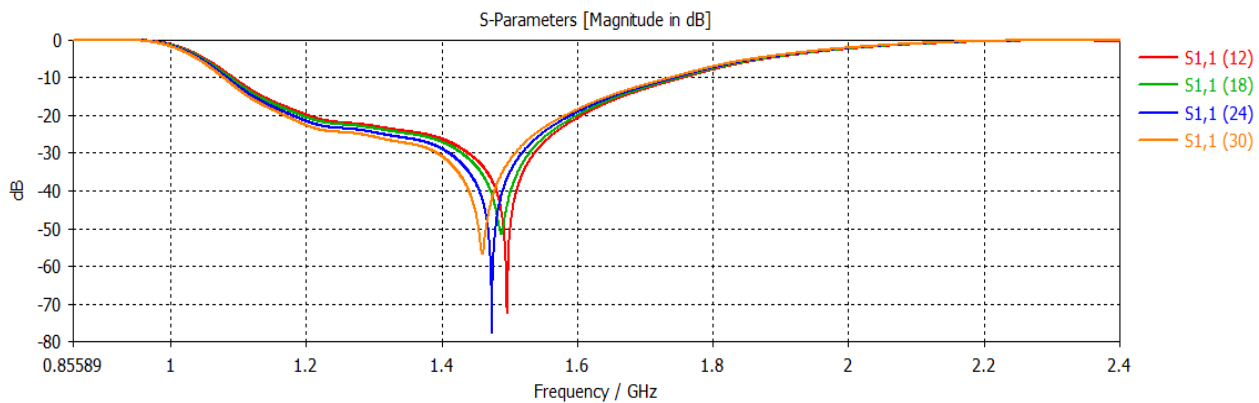
Dari Gbr. 10 dan Gbr. 11 dapat dilihat pengaruh dari panjang stub terhadap kinerja filter. Sekilas, berdasarkan kedua gambar tersebut, geometri ini lebih memengaruhi return loss dibandingkan insertion loss. Rincian pengaruh panjang stub terhadap kinerja filter disajikan pada Tabel V.

Berdasarkan Tabel V, terlihat bahwa semakin besar nilai panjang stub menyebabkan lebar bidang filter mengalami penyempitan. Semakin besar nilai panjang stub juga menyebabkan frekuensi tengah filter bergeser ke kiri (frekuensi yang lebih rendah).

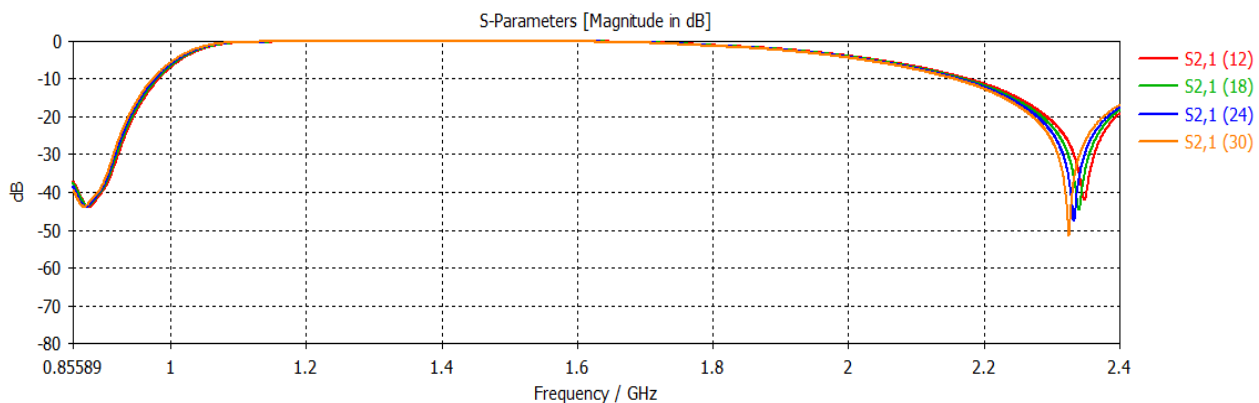
Sementara itu, parameter insertion loss masih tidak mengalami perbedaan yang signifikan dari setiap perubahan ukuran panjang stub. Namun, parameter return loss mengalami kenaikan nilai loss-nya dengan semakin besarnya ukuran panjang stub. Hal ini tentu menjadi penurunan kualitas, karena semakin besar return loss, daya yang dipantulkan kembali ke sumber semakin besar dan akan memengaruhi besarnya daya yang diloloskan oleh filter.

VI. KESIMPULAN

Dari percobaan yang telah dilakukan, diketahui bahwa dimensi geometri stripline mikrostrip memiliki pengaruh terhadap penentuan kinerja dari filter mikrostrip, sehingga dengan melakukan perubahan-perubahan ukuran geometri pada bagian ini, diperoleh hasil optimal dari kinerja filter, disesuaikan dengan kebutuhan spesifikasi sistem komunikasi. Percobaan ini menunjukkan bahwa nilai return loss



Gbr. 10 Return loss (S11) pengaruh panjang stub.



Gbr. 11 Insertion loss (S21) pengaruh panjang stub.

merepresentasikan besar daya yang dipantulkan kembali ke sumber catuan, sehingga semakin kecil nilai *return loss*, semakin kecil daya yang kembali pada konektor yang tersambung pada sumber catuan. Dengan kata lain, kualitasnya baik. Nilai *return loss* dari percobaan ini relatif sudah memenuhi spesifikasi karena sudah ≤ -10 dB, sehingga filter mampu bekerja dengan baik untuk meloloskan frekuensi di sekitar 1,5 GHz. Sementara itu, *insertion loss* menunjukkan redaman yang terjadi akibat bahan. Grafik *insertion loss* merepresentasikan respons frekuensi filter, yaitu frekuensi dapat diloloskan oleh filter jika besar dayanya lebih dari -3dB. Oleh sebab itu, grafik *insertion loss* ini menyajikan informasi tentang besar lebar bidang dari filter.

Pada pengujian ini, lebar bidang rata-rata dari filter mikrostrip, bila dilihat dari parameter *insertion loss*, adalah kurang lebih sebesar 916 MHz dan lebar bidang ini mengalami perubahan di setiap perubahan ukuran dimensi geometri *stripline*. Namun, perubahannya tidak signifikan. Untuk itu, perlu adanya penelitian lebih lanjut agar dapat diketahui cara mengatur lebar bidang filter mikrostrip menggunakan metode ini dengan lebih signifikan. Selain itu, pengaruh dari perubahan ukuran geometri *stripline* ini juga menyebabkan terjadinya pergeseran frekuensi tengah filter di sekitar 1,5 GHz. Hal ini terjadi akibat pengaruh panjang dan lebar saluran dari setiap geometri yang ada pada *stripline* yang memengaruhi karakteristik resonansi yang terjadi pada filter mikrostrip.

REFERENSI

- [1] T. Du, B. Guan, A. Wu, dan Z. Zhang, "Dual-Band Bandpass Filter Based on Quadruple-Mode Open Stub Loaded Square Ring Resonator," *Proc. IEEE Int. Conf. Signal Process. Commun. Comput. (ICSPCC)*, 2017, hal. 1-4.
- [2] S. Dhaarani dan I. Srinivasa Rao, "Design of Ultra Wide-Band Bandpass Filter Using Square Ring Resonator and Coupled Lines," *Proc. IEEE International Conference On Recent Trends In Electronics Information Communication Technology*, 2016, hal. 232-235.
- [3] S. Arain, M.A.B. Abassi, S. Nikolau, dan P. Vryonides, "A Square Ring Resonator Bandpass Filter with Asymmetrically Loaded Open Circuited Stubs," *Proc. IEEE International Conference on Modern Circuits and System Technologies (MOCAST)*, 2016, hal. 1-4.
- [4] Y. Gaurav, A.K. Pandey, dan R.K. Chauhan, "Single Notch Band UWB BPF Using Square Ring Resonator," *Proc. IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics Information Communication Technology*, 2016, hal. 147-148.
- [5] X.Y. Liu, H.X. Zheng, Y.J. Li, dan L.Y. Feng, "Compact Wide-Band Bandpass Filter Using Dual-Mode Capacitance Loaded Meander Square Ring Resonator with Open Stubs," *IEEE International Conference on Computer Science and Network Technology (ICCSNT)*, 2015, hal. 963-966.
- [6] H. Liu, B. Ren, X. Guan, J. Lei, dan S. Li, "Compact Dual-Band Bandpass Filter Using Quadruple-Mode Square Ring Loaded Resonator (SRLR)," *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, Vol. 23, No. 4, hal. 181-183, Mar. 2013.
- [7] J.-S. Hong dan M.J. Lancaster, "Design of Highly Selective Microstrip Bandpass Filters with a Single Pair of Attenuation Poles at Finite Frequencies," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, Vol. 48, No. 7, hal. 1098-1107, Jul. 2000.

- [8] M. Mabrouk dan L. Bousbia, "Study and Enhanced Design of RF Dual Bandpass Filter Validation and Confirmation of Experimental Measurement," *Circuits and Systems*, Vol. 2, No. 4, hal. 293-296, 2011.
- [9] K. Chang dan L.-H. Hsieh, *Microwave Ring Circuits and Related Structures*, 2nd ed., New York, USA: A John Wiley & Sons, Inc., 2004.
- [10] J.-S. Hong dan M.J. Lancaster, *Microstrip Filters for RF/Microwave Applications*, New York, USA: A John Wiley & Sons, Inc., 2001.
- [11] C. Bowick, *RF Circuit Design*, 2nd ed., Oxford, UK: Newnes, 2007.
- [12] D.M. Pozar, *Microwave Engineering*, 4th ed., New York, USA: A John Wiley & Sons, Inc., 2012.