

Bandpass Filter Mikrostrip Square Ring Resonator Coupled Line Stub dengan Defected Ground Structure (DGS)

Ignatius Daru Kristiadi, Dharu Arseno, Antonius Darma Setiawan

School of Electrical Engineering, Telkom University, Bandung, Indonesia

*corresponding author E-mail: daru.ignatius@gmail.com, darseno@telkomuniversity.ac.id, a.darma.setiawan@gmail.com³

Abstrak

Filter merupakan komponen RF yang mampu melakukan selektivitas frekuensi di dalam sistem komunikasi. Salah satu teknik yang digunakan dalam merancang filter adalah menggunakan saluran transmisi mikrostrip. Dengan memanfaatkan saluran transmisi mikrostrip, bentuk dari filter akan menjadi lebih kompak dan ringkas. Salah satu model rancangan filter mikrostrip yang populer digunakan adalah *square ring* resonator. Metode ini menawarkan kemudahan dalam melakukan perancangan dan fabrikasi filter. Di dalam *paper* ini akan dibahas pengaruh *defected ground structure* (DGS) terhadap kinerja BPF mikrostrip *square ring* resonator *coupled line* stub pada frekuensi 1,5 GHz dengan cara membandingkan BPF yang menggunakan DGS dengan BPF yang tidak menggunakan DGS. Percobaan ini diperlukan untuk memodifikasi filter mikrostrip pada bagian *groundplane* sehingga mampu mendapatkan hasil kinerja yang paling optimal. Simulasi akan dilakukan dengan menggunakan *CST Studio Suite 2018* memanfaatkan substrat *Rogers RT/Duroid 5880* yang memiliki konstanta dielektrik (ϵ_r) 2.2. Untuk mengetahui kinerja filter ini, diperlukan beberapa parameter. Secara umum, parameter filter yang digunakan untuk mengetahui kinerja filter adalah *return loss* (S11) dan *insertion loss* (S21). Kinerja filter yang baik dapat diketahui dengan nilai parameter *return loss* ≤ -10 dB dan *insertion loss* ≥ -3 dB.

Kata Kunci- BPF, DGS, *square ring* resonator, parameter filter

1. Pendahuluan

Bandpass filter (BPF) telah banyak diaplikasikan dalam pengembangan sistem komunikasi *wireless* sekarang ini. Keberadaan BPF sangat mempengaruhi kinerja sistem sebagai penyeleksi frekuensi yang masuk melewati sistem dalam bentuk sinyal. Frekuensi sinyal informasi yang masuk ke dalam sistem akan ditransmisikan melalui *passband* respons frekuensi sementara frekuensi diluar *passband* akan diredam. Mikrostrip merupakan salah satu cara yang dapat digunakan dalam merancang filter. Karena ukurannya yang kompak pemanfaatan saluran transmisi mikrostrip ini telah banyak diteliti untuk memperoleh kinerja yang lebih baik lagi. BPF mikrostrip juga memiliki banyak metode dalam perancangannya. Salah satu metode yang terkenal adalah *square ring* resonator. Dalam metode ini juga menawarkan banyak sekali jenis skema penyusunan pada bagian *conducting line* (*stripline*), salah satunya

adalah dengan *coupled line* stub.

Penggunaan desain metode *square ring* resonator yang sudah banyak diterapkan di beberapa penelitian karena memiliki kelebihan, yaitu perancangan dan fabrikasi yang mudah, serta mampu menghasilkan *return loss* dan *insertion loss* yang mudah diatur dengan selektivitas filter yang tinggi[1,2]. Lalu penggunaan *stub* dalam merancang filter pun juga sudah banyak digunakan karena mampu meningkatkan performa pada *passband* respon frekuensi filter, serta mampu melebarkan *bandwidth* filter yang dirancang[3,4]. Tidak hanya itu, modifikasi pada bagian *groundplane* juga banyak diteliti, yaitu dengan menggunakan teknik DGS. Teknik DGS ini dianggap mampu mempengaruhi kinerja filter. Pada beberapa penelitian keberadaan DGS ini mampu meningkatkan kinerja *return loss* menjadi lebih baik, serta meningkatkan lebar *bandwidth* dari filter mikrostrip tersebut[5,6].

Dalam *paper* ini akan dilakukan percobaan yang menggunakan metode *square ring* resonator dengan *coupled line stub* yang pada bagian *groundplane* mikrostrip dilakukan DGS dengan jenis *dumbbell*. Percobaan dilakukan untuk mengetahui pengaruh yang terjadi akibat adanya pengaruh DGS pada filter yang dirancang.

2. Desain Filter dan Defected Ground Structure

Bandpass filter akan dirancang dengan menggunakan metode *square ring* resonator. Metode ini digunakan karena menawarkan kemudahan dalam mendesainnya serta proses pencetakannya pun terbilang mudah bila filter ingin diimplementasi. Dalam mendesain filter, parameter yang menjadi ukuran baik-buruknya kinerja dari sebuah filter itu direpresentasikan dalam bentuk S-parameter yang terdiri dari: *return loss* (S11) dan *insertion loss* (S21). *Return loss* merupakan besarnya *loss* yang terjadi akibat tidak *matchingnya* impedansi antara sumber catuan dengan beban perangkat yang mengakibatkan daya dipantulkan kembali ke sumber. Sementara, *insertion loss* merupakan *loss* yang menyisip pada saluran mikrostrip akibat jenis bahan yang digunakan sehingga mempengaruhi daya yang dilewatkan menuju ke port *output* atau dengan kata lain perbandingan antara daya yang masuk dengan daya yang keluar pada saluran mikrostrip.

Perancangan metode *square ring* resonator filter ini ini akan dimodifikasi dengan penggunaan *coupled line* berupa dua buah *stub* di keempat sisi resonator. Dengan diterapkannya skema geometri *stripline* yang demikian, *insertion loss* dapat ditahan dan menghasilkan daerah

passband yang relatif flat[1]. Selain, itu dengan adanya keberadaan dari *coupled line* ini diharapkan mampu meningkatkan *bandwidth* dibandingkan dengan menggunakan teknik konvensional yang hanya menggunakan *feedline* saja tanpa adanya *coupled line* yang menghubungkan resonator dengan *feedline*.

Dalam menentukan desain filter perlu diketahui nilai konstanta dielektrik efektif dari mikrostrip. Dengan memanfaatkan konstanta dielektrik relatif (ϵ_r) yang dimiliki oleh substrat, secara matematis dapat ditulis[2].

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

Selain itu, parameter lain yang diperlukan dalam perancangan filter adalah mencari panjang gelombang terbimbing (λ_g).

$$\lambda_g = \frac{\lambda_o}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} = \frac{c}{f_o \sqrt{\epsilon_{eff}}} \tag{2}$$

Di mana λ_o merupakan panjang gelombang dari filter tersebut, f_o merupakan frekuensi kerja filter mikrostrip dan c adalah kecepatan cahaya.

Defected ground structure adalah suatu teknik pengembangan dari *electromagnetic band gap* (EBG) dalam perancangan mikrostrip dengan melakukan penambahan satu atau beberapa bentuk *compact geometrical* pada bagian *groundplane* yang terhubung pada *line transmission*. Dengan melakukan penambahan DGS pada bagian *groundplane* dapat mengubah karakteristik dari saluran transmisi yang dilewati oleh gelombang elektromagnetik dikarenakan adanya perubahan geometri tertentu[5]. Kelebihan dari penggunaan DGS adalah mampu memberikan nilai *insertion loss* dan *return loss* yang lebih optimal.

Jenis DGS yang akan digunakan kali ini adalah jenis *dumbbell* DGS. Bentuk geometrinya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 : *Dumbbell-shape* DGS pada *groundplane* mikrostrip

3. Pembahasan

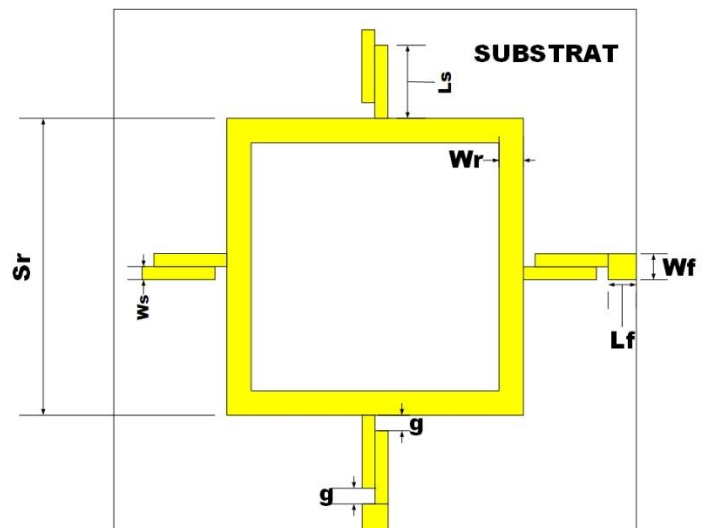
Rancangan filter disimulasikan dengan menggunakan software *CST Studio Suite 2018* dengan ukuran dimensi *conducting line* (*stripline*) sesuai Tabel 1.

Tabel 1: Ukuran geometri *stripline*

| Geometri <i>Stripline</i> | Ukuran (mm) |
|---|-------------|
| Lebar Saluran Resonator (W_r) | 2,8 |
| Lebar Saluran <i>feedline</i> (W_f) | 5,2 |
| Lebar Stub (W_s) | 2,5 |
| Sisi resonator (S_r) | 52,1 |
| Panjang Stub (L_s) | 20,5 |
| Panjang Saluran <i>feedline</i> (L_f) | 7 |
| Jarak gap (g) | 1,46 |

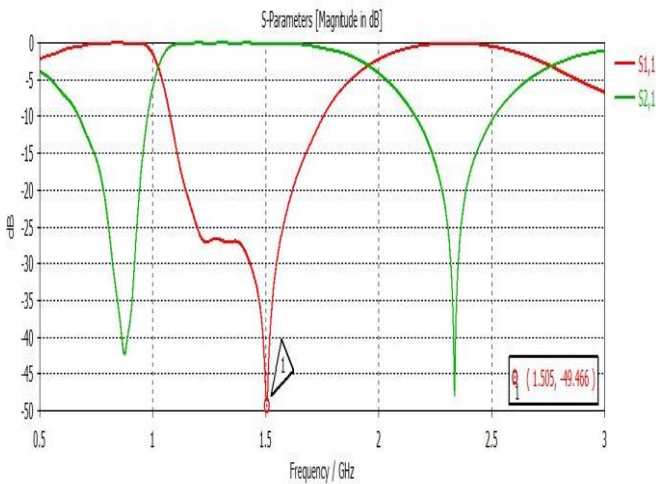
Adapun, substrat yang digunakan pada simulasi adalah *RT/Duroid 5880* dengan dielektrik relatif 2,2, ketebalan substrat adalah 1,575mm, serta ketebalan plat tembaga (*copper*) sebesar 0,375mm.

Percobaan pertama dilakukan dengan melakukan simulasi BPF *square ring* resonator yang tidak menggunakan *dumbbell* DGS pada *groundplane*. Tampilan dari mikrostrip filter tanpa DGS ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2: Skema simulasi BPF *square ring* resonator tanpa DGS

Dengan menggunakan skema geometri *stripline* sesuai dengan Gambar 2 dapat diperoleh hasil simulasi filter dalam bentuk S-parameter. Hasil S-parameter tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.

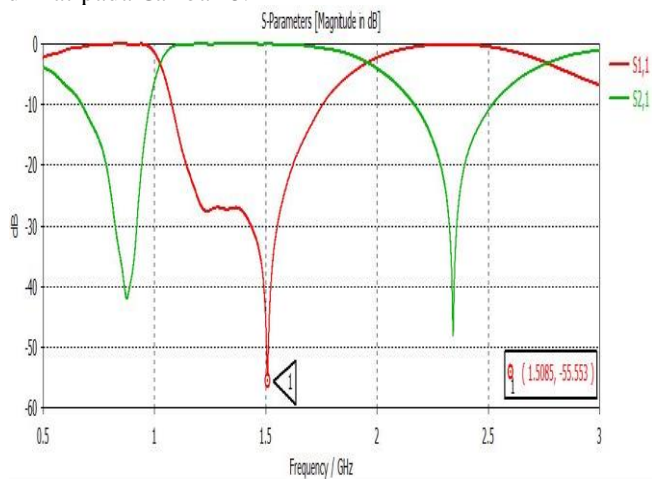


Gambar 3: S-parameter BPF square ring resonator tanpa DGS

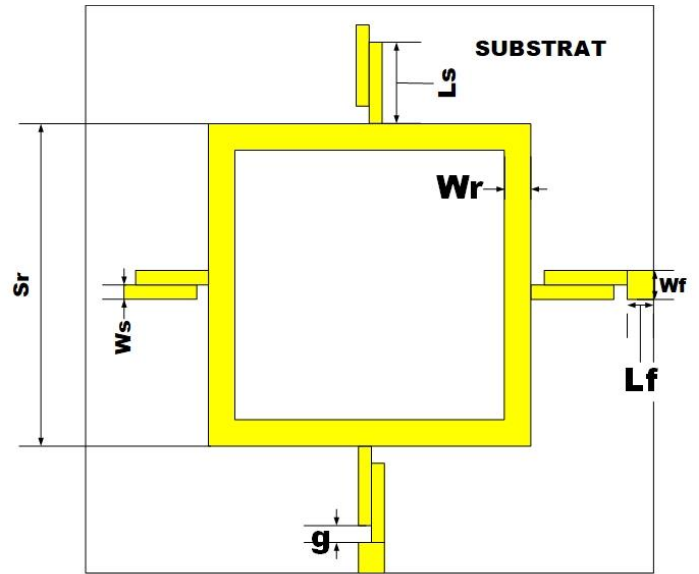
Sesuai dengan Gambar 3, terlihat bahwa filter mampu bekerja maksimal pada frekuensi 1,51 GHz karena memiliki nilai *return loss* (S11) terendah, yaitu -49,47dB pada frekuensi tersebut. Lalu, *insertion loss* (S21) pada frekuensi kerja tersebut memiliki nilai sebesar -0,090dB, hal ini menandakan redaman yang hilang akibat jenis bahan mikrostrip sangat kecil sehingga frekuensi tersebut mampu diloloskan oleh filter.

Selanjutnya percobaan kedua, dilakukan dengan menerapkan DGS berjenis *dumbbell* pada bagian *groundplane* filter mikrostrip. Skema filter mikrostrip pada percobaan kedua ini dapat diamati pada Gambar 4.

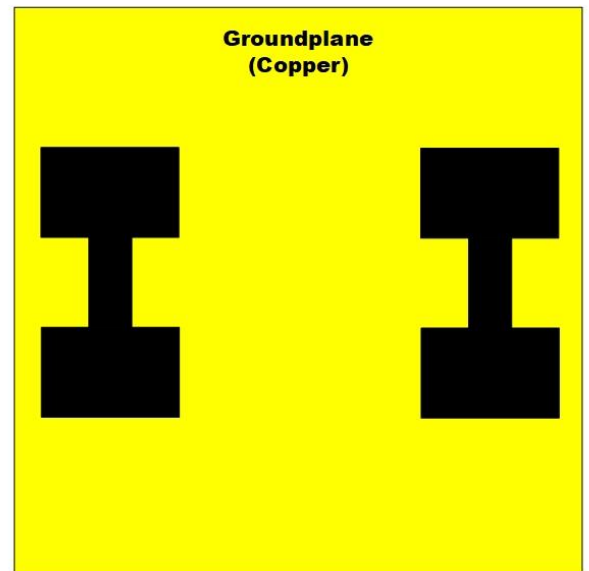
Percobaan simulasi dengan skema sesuai Gambar 4, terlihat bahwa struktur *groundplane* dari filter mikrostrip difraktalisasi/dicatat. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan kinerja filter menjadi lebih baik lagi sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan dari keberadaan filter tersebut di dalam sistem. Adapun, hasil simulasi filter dengan menggunakan *defected ground structure* (DGS) ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5: S-parameter BPF square ring resonator dengan *defected ground structure* (DGS)



(a)



(b)

Gambar 4: Skema BPF square ring resonator dengan DGS: (a) tampak depan; (b) tampak belakang

Hasil simulasi BPF yang memanfaatkan *defected ground structure* (DGS) pada Gambar 5, menunjukkan bahwa frekuensi kerja filter tersebut bergeser menjadi 1,51GHz. *Return loss* pada frekuensi kerja tersebut sebesar -55,55dB, sementara *insertion loss* pada frekuensi tersebut bernilai -0,093dB. Bila dilakukan perbandingan antara filter percobaan pertama yang tidak menggunakan DGS dengan filter pada percobaan kedua yang menggunakan DGS, maka dapat diuraikan perbandingan kedua percobaan filter ini melalui Tabel 2.

Tabel 2: Perbandingan BPF tanpa menggunakan DGS dengan BPF yang menggunakan DGS

| Parameter | BPF tanpa DGS | BPF dengan DGS |
|--------------------------------|---------------|----------------|
| Frekuensi Kerja (GHz) | 1,51 | 1,51 |
| Insertion Loss (dB) | -0,090 | -0,093 |
| Return loss (dB) | -49,47 | -55,55 |
| Bandwidth-3dB (MHz) | 920,01 | 923 |
| Fractional Bandwidth (FBW) (%) | 61,14 | 61,19 |

Dengan melihat Tabel 2, pemberian DGS pada filter mikrostrip menyebabkan terjadinya penurunan *return loss* pada frekuensi kerja filter tersebut. Hal ini berakibat daya yang dipantulkan kembali ke sumber akan semakin kecil sehingga akan terjadi transfer daya yang lebih maksimum pada filter yang menggunakan DGS daripada yang tidak menggunakan. Lalu, pemberian DGS juga menyebabkan terjadinya pelebaran *bandwidth*, walaupun tidak terlalu signifikan tetapi tetap mempengaruhi selektivitas filter. Di mana pelebaran *bandwidth* filter menyebabkan selektivitas dari filter akan menurun, namun bila sistem komunikasi memanfaatkan *bandwidth* untuk mengolah suatu resolusi maka dengan peningkatan *bandwidth* akan memberi keuntungan tersendiri pada resolusi suatu sistem komunikasi.

4. Kesimpulan

Dari dua buah percobaan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan *dumbbell defected ground structure* (DGS) mampu meningkatkan kinerja filter. Hal ini terlihat dari penurunan *return loss* yang cukup signifikan, yaitu sebesar 6,08dB. Dengan penurunan *return loss* ini daya pada frekuensi kerja yang diloloskan oleh filter menjadi lebih besar sehingga filter yang diberi *dumbbell* DGS ini mampu bekerja lebih baik dibandingkan dengan filter yang tidak diberi DGS. Selain, itu bila dilihat parameter *insertion loss* pada frekuensi kerjanya, filter yang menerapkan DGS mengalami penurunan *insertion loss* yang tidak berbeda jauh dibandingkan dengan filter yang tidak menerapkan DGS. Hal, ini terjadi karena adanya *trade-off* akibat dilakukannya DGS pada *groundplane*. Namun, bila diamati lebih lanjut filter DGS mengalami pelebaran *bandwidth* sebesar 2,99MHz dari filter semula yang tidak menggunakan DGS. Pelebaran ini dapat memberi dampak positif maupun negatif. Dampak positifnya, bila filter ini diterapkan pada sistem komunikasi yang memprioritaskan resolusi, maka dengan pelebaran *bandwidth* ini akan mampu meningkatkan kualitas resolusi tersebut. Namun, *trade-off* akibat pelebaran ini selektivitas dari filter menjadi menurun.

Referensi

- [1] M. Mabrouk, L. Bousbia. “*Study and Enhanced Design of RF Dual Bandpass Filter Validation and Confirmation of Experimental Measurement*”. University of Carthage. 2011.
- [2] Jia-Sheng Hong and Michael 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. 2000.
- [3] S.Dhaarani, I.Srinivasa Rao. “*Design of ultra wide-band bandpass filter using square ring resonator and coupled lines*”. IEEE International Conference On Recent Trends In Electronics Information Communication Technology.2016
- [4] Tiejun Du, Boran Guan, Aiting Wu, Zhonghai Zhang, “*Dual-band Bandpass Filter Based on Quadruple-mode Open Stub Loaded Square Ring Resonator*”. IEEE International Conference on Signal Processing, Communications and Computing (ICSPCC). 2017.
- [5] Bin Wu, Naichang Yuan, Faxiao Zhang, Shuang Wu, “*Wideband Band-pass Filter with Defected Ground Structure*”. IEEE 2nd Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC).2017
- [6] Yuchun Guo, Qing Wang.”*An Improved Equivalent Circuit Parameters Extraction Method for Dumbbell-shape DGS*”.IEEE International Conference on Microwave Technology and Computational Electromagnetics (ICMTCE).2009
- [7] Bowick, Chris. RF Circuit Design, second edition, Newnes, 2007
- [8] David M. Pozard. “*Microwave Engineering*”, Second Edition, John Wiley and sons, 2012.
- [9] Jia-Sheng Hong and Michael J. Lancaster. “*Microstrip Filters for RF/Microwave Applications*”. A JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION. 2001