

Perancangan Dual Bandpass Filter dengan Spiral Defected Ground Structure pada frekuensi tengah 1,71 GHz dan 5,83 GHz

Dian Widi Astuti, Difa Put Anisty, Muslim, Trya Agung Pahlevi

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Meruya, Kebon Jeruk, Jakarta Selatan.

Informasi Artikel

Naskah Diterima : 17 Maret 2018

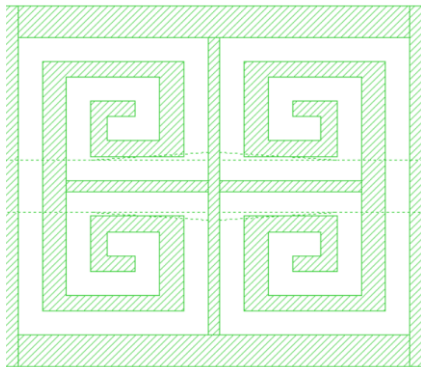
Direvisi : 21 Juni 2018

Disetujui : 25 Desember 2018

*Korespondensi Penulis:

dian.widiastuti@mercubuana.ac.id

Graphical abstract



Abstract

If the conventional bandpass filter has only one middle frequency, then the dualband bandpass filter will have two middle frequencies that can be applied to two different applications. The spiral-shaped defensive ground structure (DGS) in the filter provides a steep filter selectivity with transmission zeros, in addition to minimizing the size of the filter. The use of materials with high permittivity is also one way to shrink the size of the filter. Therefore, the design of this dual bandpass filter uses DGS spiral and material with large permittivity. The dual bandpass filter design works at 1.71 GHz and 5.83 GHz frequencies with insertion loss values below 0.5 dB and return loss above 20 dB

Keywords: dualband bandpass filter, spiral DGS, microstrip filter

Abstrak

Jika bandpass filter konvensional hanya memiliki satu frekuensi tengah, maka dualband bandpass filter akan memiliki dua frekuensi tengah yang dapat diaplikasikan pada dua aplikasi yang berbeda. Defected ground structure (DGS) berbentuk spiral pada filter memberikan selektifitas filter yang curam dengan adanya transmission zeros, selain mengecilkan ukuran dari filter tersebut. Penggunaan material dengan permitivitas tinggi juga merupakan salah satu cara untuk mengecilkan ukuran dari filter. Oleh sebab itu perancangan dualband bandpass filter ini mempergunakan DGS spiral dan material dengan permitivitas besar. Rancangan dualband bandpass filter ini bekerja pada frekuensi 1,71 GHz dan 5,83 GHz dengan nilai insertion loss dibawah 0,5 dB dan return loss diatas 20 dB.

Kata kunci: dualband bandpass filter, DGS spiral, filter mikrostrip

© 2018 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia telekomunikasi beberapa dekade ini berkembang semakin cepat. Hal ini dikarenakan kebutuhan akan informasi di dalam kehidupan manusia sehari-hari merupakan hal yang tidak bisa dipisahkan. Kebutuhan informasi yang cepat dan akurat merupakan tuntutan. Sehingga memicu para provider untuk memberikan jasa layanan yang tidak hanya kuantitas tetapi juga kualitas serta cakupan pelayanan. Yang dimaksud dalam menyediakan kuantitas disini adalah para penyedia jasa layanan harus memenuhi jumlah pelayanan yang semakin bertambahnya pelanggan, sedangkan kualitas layanan ini berarti provider telekomunikasi harus memberikan jaminan bahwa informasi yang dikirim dari satu titik dapat diterima dengan baik di titik yang lain. Selain itu, hal yang tidak kalah penting dalam penyediaan jasa telekomunikasi dengan kualitas dan kuantitas yang baik, adalah cakupan layanan yang bagus untuk semua pelanggan sehingga tidak terjadi *blank spot*.

Untuk mendukung pemenuhan kuantitas yang semakin besar, penggelaran media transmisi *wireless* menjadi pilihan utama penyedia jasa telekomunikasi dikarenakan lebih cepat dalam pembangunannya. Akan tetapi masalah *interferensi* merupakan salah satu masalah yang harus dihadapi dalam pembangunan media *wireless* tersebut. Penggunaan filter dapat mengatasi masalah interferensi. Oleh sebab itu penggunaan filter pada bagian pengirim dan penerima merupakan hal yang sangat dipertimbangkan dalam memberikan kualitas layanan telekomunikasi menjadi lebih baik.

Terdapat beragam filter berdasarkan fungsinya, salah satunya adalah *dual bandpass filter* yang berfungsi untuk melewatkan sinyal di antara frekuensi f_1 sampai f_2 kemudian kembali melewatkan sinyal antara frekuensi f_3 dan f_4 . Filter ini bisa dipergunakan untuk aplikasi yang sama misalnya WLAN yang mempunyai frekuensi 2,4 GHz dan 5,2 GHz atau bisa juga dipergunakan untuk aplikasi yang berbeda misalnya dipergunakan pada aplikasi GSM generasi kedua dan komunikasi bergerak WCDMA generasi ketiga, ataupun aplikasi lainnya. Dengan demikian penggunaan *dual bandpass filter* bisa lebih luas jika dibandingkan dengan *bandpass filter* saja. [1]

Sedangkan jika dilihat berdasarkan materialnya, filter dapat dibuat dengan menggunakan menggunakan teknologi mikrostrip sebagai saluran transmisi ataupun dengan teknologi *waveguide*. Saluran transmisi mikrostrip dapat dipakai untuk melakukan miniaturisasi rangkaian frekuensi tinggi (*Radio Frequency/RF*) dan gelombang mikro (*MIC, Microwave Integrated Circuit* dan *MMIC, Monolithic Microwave Integrated Circuit*). Keuntungan lainnya adalah integrasi komponen pasif dan aktif menjadi mudah dan produksi filter mikrostrip dalam jumlah besar relatif mudah dan murah. Walau pun dalam kerugian transmisi berupa *insertion loss* yang kecil, filter dari mikrostrip memiliki kesulitan jika dibandingkan teknologi *waveguide*. Hal ini dikarenakan filter dengan teknologi *waveguide* dapat disesuaikan. Realisasi filter dengan *waveguide* lebih sulit dibandingkan dengan mikrostrip oleh karena itu filter dari mikrostrip tetap menjadi pilihan selain hal yang disebutkan di atas tadi.

Pada penelitian ini akan merancang sebuah *dualband bandpass filter* dengan mempergunakan metode *defected ground structure* yang berbentuk spiral. Harapannya bisa menghasilkan rancangan suatu *dualband bandpass filter* yang tidak saja memiliki nilai *insertion loss* yang kecil akan tetapi juga memiliki ukuran filter yang *compact* atau padat/kecil serta memiliki selektifitas yang bagus. Nilai *insertion loss* serta ukuran *dualband bandpass filter* yang kecil dapat diperoleh dengan mempergunakan metode *defected ground structure*, serta penggunaan material PCB yang memiliki permititas relatif bahan yang besar seperti yang dimiliki oleh TMM10i. Sedangkan untuk menghasilkan selektifitas yang bagus dapat diperoleh dengan mempergunakan metode *transmission zeros*, yang dihasilkan oleh kopling antar resonator yang berbentuk spiral pada *defected ground structure* (DGS). [2]

1.2 Masalah yang diteliti

Masalah yang akan diteliti pada penelitian adalah pengaruh *defected ground structure* pada suatu filter, khususnya *dualband bandpass filter*. Pengaruh feeding line pada proses pencatutan dari suatu filter sehingga menghasilkan *dualband bandpass filter*, selain menghasilkan karakteristik suatu *dualband bandpass filter* yang bagus adalah seperti masalah selektifitas yang tajam (*curam*), *insertion loss* yang kecil (< 1 dB), *return loss* yang besar (≥ 20 dB) serta ukuran filter yang kecil. Pada suatu filter yang memiliki selektifitas yang curam, maka wilayah *bandpass* dari filter tersebut akan lebih sempit. Selektifitas yang curam dapat diperoleh dengan menggunakan metode *transmission zeros*. Sedangkan *transmission zeros* tersebut diperoleh dari coupling diantara resonator yang berbentuk spiral. Masalah lain yang menjadi parameter terpenting suatu filter adalah nilai *insertion loss*, dimana nilai maksimalnya adalah 1 dB. Dengan demikian energi yang terkirim adalah besar, atau dengan arti kata tidak terjadi pengurangan daya atas energi yang dikirimkan. Dan parameter lain yang tidak kalah pentingnya adalah *return loss* suatu filter. Dengan nilai *return loss* ≥ 20 dB, maka energi yang dipantulkan kembali ke penerima memiliki nilai yang sangat kecil. Harapan lainnya adalah dimensi filter yang memiliki ukuran kecil, ringan dan padat sehingga tidak memerlukan dimensi yang besar saat digabung dengan perangkat lainnya.

Dengan demikian penelitian ini berupaya untuk menyelesaikan beberapa masalah pada saat merancang suatu filter. Pertama, adalah bagaimana menghasilkan model rancangan suatu *dualband bandpass filter* dengan metode DGS berbentuk spiral untuk menghasilkan selektifitas dari suatu filter dengan adanya *transmission zeros*. Kedua, adalah bagaimana menghasilkan suatu filter dengan

teknologi mikrostrip dengan nilai *insertion loss* yang kecil, *return loss* yang besar serta dimensi filter yang kecil.

1.3 Tujuan Khusus Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan khusus, yaitu merancang suatu *dualband bandpass filter* yang bekerja pada frekuensi tengah 1,71 GHz dan 5,83 GHz. Sedangkan tujuan penunjang dari tujuan khusus ini, yaitu:

1. Menerapkan desain rancangan DGS berbentuk spiral untuk memperoleh nilai *insertion loss* yang kecil.
2. Menerapkan desain rancangan DGS berbentuk spiral sehingga diperoleh selektifitas filter yang lebih curam dikarenakan adanya *transmission zeros* disetiap bandpass filter.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan penelitian ini adalah hanya merancang *dualband bandpass filter* dengan menggunakan metode *defected ground structure* berbentuk spiral. *Dualband bandpass filter* direalisasikan pada frekuensi tengah 1,71 GHz dan 5,83 GHz. Penelitian ini tidak membahas penggunaan dari aplikasi *dualband bandpass filter* tersebut.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Metode Penelitian

Metodologi penelitian yang dilakukan secara bertahap, yaitu:

- a) Mengidentifikasi masalah yang tertulis pada latar belakang masalah dan tujuan penelitian.
- b) Melakukan studi literatur jurnal-jurnal mengenai *dualband bandpass filter* dan *defected ground structure*, khususnya yang berbentuk spiral.
- c) Melakukan perhitungan matematis pada saluran input dan output filter.
- d) Mendesain *dualband bandpass filter* pada simulator gelombang elektromagnetik, yaitu Sonnet. Dengan melakukan perubahan parameter dari desain filter sampai diperoleh spesifikasi *dualband bandpass filter* yang sesuai dengan target realisasi *dualband bandpass filter*. Perubahan ini dilakukan secara berulang-ulang sehingga mendapatkan parameter yang diinginkan. Adapun parameter yang menjadi perhatian saat perancangan ataupun simulasi adalah nilai *insertion loss*, *return loss* serta *transmission zeros*.

2.2 Literatur Penelitian

Perkembangan dunia telekomunikasi berkembang sangat pesat tanpa mengenal ruang dan waktu. Hal ini dikarenakan berkaitan dengan tuntutan manusia untuk dapat bertukar informasi dengan cepat dan tepat. Sehingga memaksa perkembangan teknologi telekomunikasi untuk berkembang secara cepat juga termasuk salah satunya adalah perangkat filter. Filter sering dipakai pada perangkat telekomunikasi untuk menyeleksi frekuensi yang ingin digunakan dan membuang frekuensi yang tidak dipakai. Filter dapat direalisasikan dengan memanfaatkan saluran transmisi pada *printed circuit board* sehingga sering dikenal juga dengan *filter microstrip line* selain menggunakan *waveguide*. Ada tiga pendekatan sederhana untuk merealisasikan sebuah filter, yaitu pendekatan Butterworth, Chebyshev dan Eliptis, yang kemudian berlanjut dengan penambahan struktur lain pada filter tersebut seperti *defected ground structure* (DGS).

Penelitian *defected ground structure* (DGS) yang diimplementasikan pada *lowpass filter*, pertama kali dilakukan oleh [3] di tahun 2001. Pada penelitian tersebut mengungkapkan bahwa dengan DGS dapat membuat struktur filter menjadi lebih sederhana, memiliki wilayah *stop band* yang lebih lebar dan dalam daripada realisasi filter secara konvensional, memiliki nilai *insertion loss* yang kecil dan pengurangan secara signifikan terhadap realisasi elemen *lowpass filter*. DGS dapat diimplementasikan pada rangkaian *couplers*, *dividers*, *amplifiers* dan *antenna* selain pada filter.

Pengimplementasian DGS pada rangkaian filter memiliki beragam bentuk seperti *dumbbell* panah atau *slot* berbentuk H [4], *Hilbert Curve Ring* [5], Sierpinski Carpet [6] yang kesemuanya memberikan struktur fisik filter yang lebih kecil dibandingkan dengan filter konvensional. Selain itu pengimplementasian DGS juga memberikan sifat selektifitas tajam karena adanya *transmission zeros* selain nilai *insertion loss* yang kecil. Pada penelitian ini menerapkan DGS berbentuk spiral pada

rangkaian filter khususnya dualband bandpass filter, sehingga memberikan respon filter yang lebih selektif dengan munculnya *transmission zeros*.

Dualband bandpass filter memberikan keuntungan berupa pemanfaatan pada aplikasi yang sama ataupun pada dua aplikasi yang berbeda seperti yang telah dilakukan oleh [7, 8]. Akan tetapi kedua penelitian tersebut masih memiliki dimensi yang besar dibandingkan dengan penelitian [1]. Hal ini dikarenakan penelitian [1] mempergunakan metode DGS untuk memperoleh dimensi yang lebih kecil. Sedangkan cara lain untuk memperkecilkan dimensi suatu filter dapat juga diperoleh dengan mempergunakan substrate dengan permitivitas yang besar. Oleh karena itu penelitian ini mempergunakan substrate TMM10i dengan permitivitas substrate sebesar $9,8 \pm 0,245$ untuk mendapatkan dimensi fisik filter yang kecil. Adapun *dualband bandpass filter* tersebut diaplikasikan pada frekuensi 1,71 GHz dan 5,83 GHz.

2.3 Spesifikasi Rancangan *Dualband Bandpass Filter*

Langkah pertama pada perancangan *dualband bandpass filter* adalah menentukan spesifikasi dualband bandpass filter yang ingin dicapai. Adapun spesifikasi *dualband bandpass filter* yang diinginkan di perlihatkan pada Tabel 1. Selain itu nilai minimal *insertion loss*-nya adalah 0,5 dB dan nilai *return loss* sebesar 20 dB. Sedangkan saluran *input* dan *output* pada bagian *port* bernilai 50 ohm.

Tabel 1: Spesifikasi Rancangan *dualband bandpass filter*.

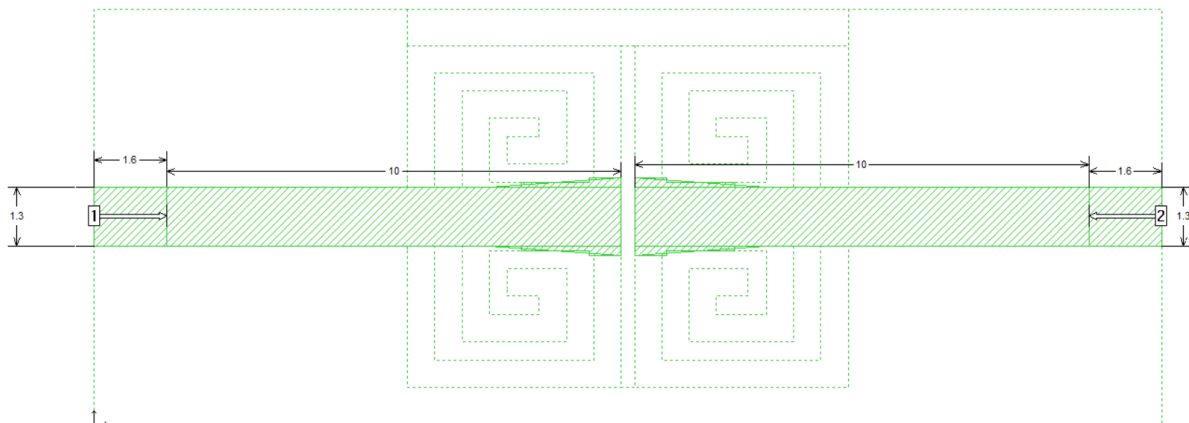
| No. | Parameter | Spesifikasi |
|-----|--------------------|----------------------------------|
| 1 | Frekuensi kerja 1 | 1,650 – 1,775 GHz |
| | Frekuensi kerja 2 | 5,725 – 5,925 GHz |
| 2 | Frekuensi tengah 1 | 1,71 GHz |
| | Frekuensi tengah 2 | 5,83 GHz |
| 3 | Jenis Filter | Spiral Defected Ground Structure |

2.4 Pemilihan Bahan Dielektrika

Dualband bandpass filter dirancang dengan menggunakan material PCB Rogers TMM10i, berbahan keramik. Material PCB Rogers TMM10i yang dipakai memiliki konstanta permitifitas sebesar $9,8 \pm 0,245$, dengan faktor disipasi sebesar 0,002, ketebalan substrat 1,27 mm dan ketebalan lapisan tembaga adalah 0,035 mm. Pemilihan PCB ini didasarkan pada permitivitas bahan yang besar, agar mendapatkan dimensi filter yang lebih kecil.

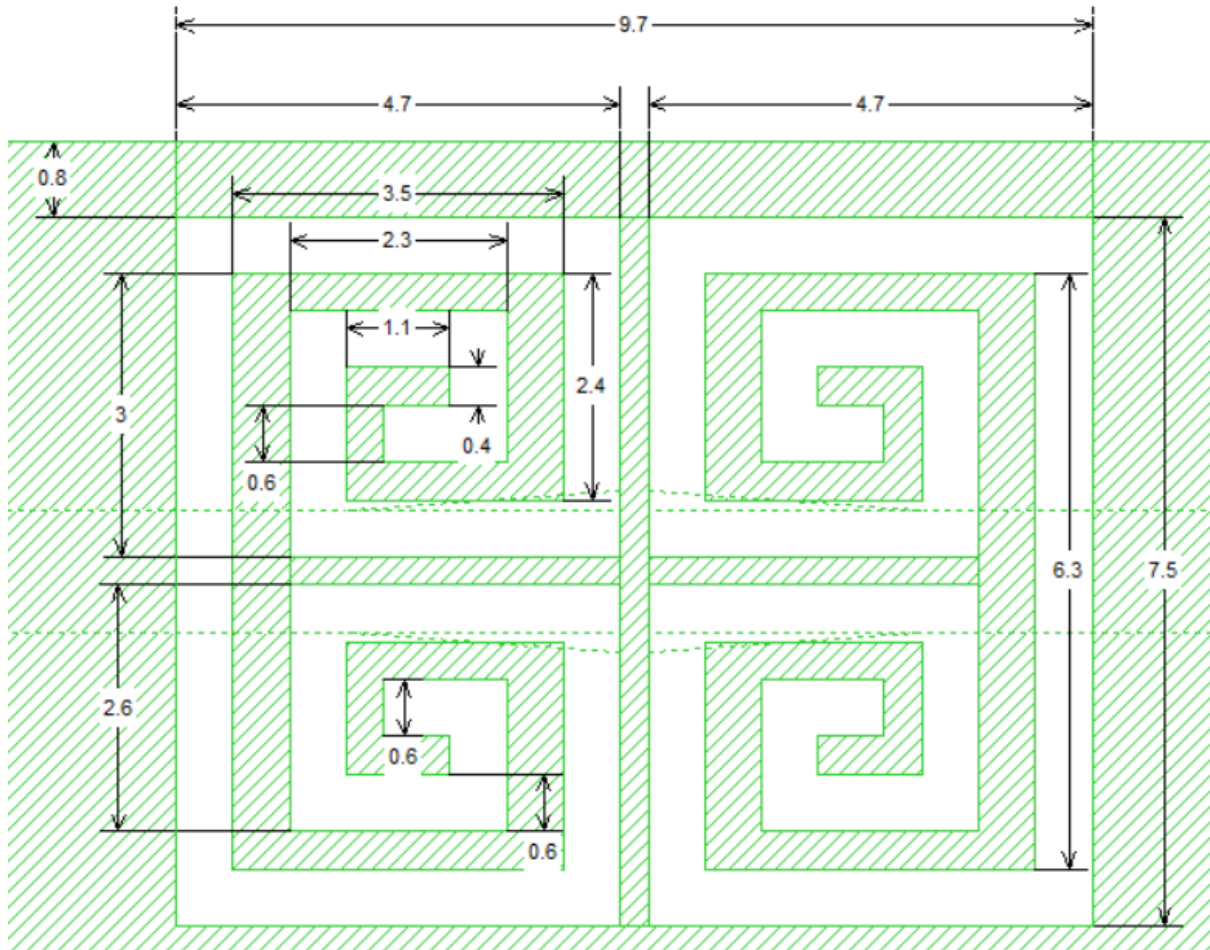
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan mempergunakan *software* Sonnet maka dilakukan perancangan *dualband bandpass filter*. Sonnet merupakan simulator gelombang elektromagnetik dua Dimensi yang bisa diaplikasikan untuk merancang filter, antenna dan aplikasi gelombang elektromagnetik lainnya. Saluran input dan output dapat dihitung dengan mempergunakan persamaan saluran transmisi. Gambar 1 memperlihatkan desain atas dari *dualband bandpass filter*.



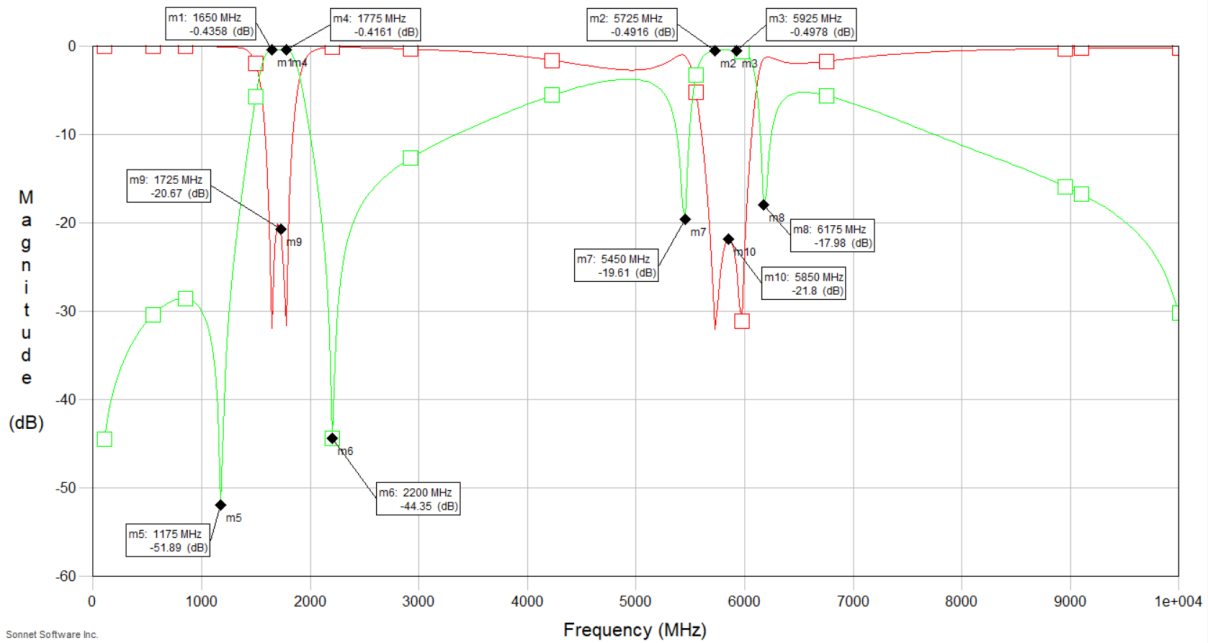
Gambar 1. Desain saluran input dan output dari *dualband bandpass filter*, besaran dalam satuan mm.

Gambar 2 memperlihatkan desain bawah dari *dualband bandpass filter*. Pada lapisan bawah terdapat *defected ground structure* (DGS) berbentuk spiral. DGS ini di letakkan di tengah-tengah dari lapisan bawah *dualband bandpass filter*. Maksud dari pemberian DGS ini adalah untuk mengganggu aliran listrik pada bagian *ground*. Secara keseluruhan *dualband bandpass filter* ini memiliki dimensi sebesar $23,5 \text{ mm} \times 9,1 \text{ mm} \times 1,27 \text{ mm}$.



Gambar 2. Desain *defected ground structure* dari *dualband bandpass filter*, besaran dalam satuan mm.

Gambar 3 memperlihatkan hasil simulasi dari desain *dualband bandpass filter* dengan *defected ground structure* berbentuk spiral. Garis utuh berwarna hijau merupakan parameter S_{21} , sedangkan garis utuh berwarna merah merupakan parameter S_{11} . Hasil simulasi memperlihatkan bahwa rancangan filter ini memiliki *dualband bandpass* pada frekuensi 1,650 – 1,775 GHz dengan nilai *insertion loss* dibawah 0,5 dB dan pada frekuensi 5,725 – 5,925 GHz dengan nilai *insertion loss* juga dibawah 0,5 dB. Rancangan ini juga memperlihatkan adanya sepasang *transmission zeros* pada setiap *bandpass filter*, sehingga totalnya ada empat buah *transmission zeros*. Adapun keempat *transmission zeros* tersebut berada pada frekuensi 1,175 GHz, 2,2 GHz, 5,45 GHz dan 6,175 GHz. Sedangkan nilai *return loss* untuk kedua *bandpass filter* tersebut berada dibawah 20 dB.



Gambar 3. Hasil simulasi dari desain *dualband bandpass filter* dengan *defected ground structure* berbentuk spiral.

4. KESIMPULAN

Perancangan *dualband bandpass filter* ini memiliki parameter yang bagus, dengan nilai *insertion loss* dibawah 0,5 dB di kedua frekuensi tengahnya. Selain itu rancangan ini juga memiliki nilai *return loss* diatas 20 dB dan setiap *bandpass filter* memiliki sepasang *transmission zeros*. Penggunaan material PCB dengan nilai permitivitas yang tinggi, membuat ukuran dari *dualband bandpass filter* menjadi lebih kecil. Hal ini terlihat dari ukuran saat simulasi, yaitu sebesar 23,5 mm × 9,1 mm × 1,27 mm, sedangkan salah satu *bandpass filter* tersebut berada pada frekuensi rendah, yaitu 1,71 GHz.

PERNYATAAN

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian, Universitas Mercu Buana, Jakarta yang telah membiayai penelitian ini. Penelitian ini merupakan hasil penelitian internal, sesuai dengan Surat Perjanjian Kerjasama.

REFERENSI

- [1] Chen, W. N dan Chia, W. K, "A Novel Approach for Realizing 2.4/5.2 GHz Dual-Band BPFs using Twin-Spiral Etched Ground Structure" *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, 2009: Vol. 23, No. 7, 829-840. Available: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1163/156939309788355261>
- [2] Astuti, Dian Widi., Juwanto dan Alaydrus, Mudrik., "A Bandpass Filter Based on Square Open Loop Resonators at 2.45 GHz," International Conference on Instrumentation, Communication, Information Technology and Biomedical Engineering (ICICI-BME), November 7-8, 2013, Bandung. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6698482>
- [3] Ahn, D., J.-S. Park, C.-S. Kim, J. Kim, Y.-X. Qian, dan T. Itoh, "A design of the low-pass filter using the novel microstrip defected ground structure," *IEEE Trans. on Microw. Theory and Tech.*, Vol. 49, No. 1, 86-93, Jan. 2001. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/899965>
- [4] L. H. Weng, Y. C. Guo, X. W. Shi, dan X. Q. Chen, "An Overview on Defected Ground Structure", *Progress in Electromagnetics Research B*. 2008: vol. 7, 173-189. Available: <http://www.jpier.org/PIERB/pierb07/11.08031401.pdf>

- [5] J. Chen, Z.-B. Weng, Y.-C. Jiao dan F.-S. Zhang. “Lowpass Filter Design of Hilbert Curve Ring Defected Ground Structure”, *Progress in Electromagnetics Research*. 2007: 269-280. Available: <http://www.jpier.org/PIER/pier70/13.07012603.Chen.WJZ.pdf>
- [6] Dian Widi Astuti, Intan Wahyuni, Muslim dan Mudrik Alaydrus, “Lowpass Filter with Hilbert Curve Ring and Sierpinski Carpet DGS” *Telkomnika*, Juni 2018. Available: http://journal.uad.ac.id/index.php/TELKOMNIKA/article/view/7722/pdf_572
- [7] S. Attamimi, Subiyanto dan M. Alaydrus, “Designing Dual-band Pass Filter by Coupled Resonators”, *International Conference on Quality in Research (QIR)*, Lombok, August 2015. Available: https://www.researchgate.net/publication/301526885_Designing_dual-band_pass_filter_by_coupled_resonators
- [8] Dian Widi Astuti, Indra Dermawan dan Mudrik Alaydrus, “Studi Parameter Dualband Bandpass Filter Stub Loaded Square Open Loop Resonator” *Jurnal IncomTech, Jurnal Telekomunikasi dan Komputer*, Vol. 7 No. 3 Februari 2017. Available: <https://www.neliti.com/id/publications/222520/studi-parameter-dualband-bandpass-filter-stub-loaded-square-open-loop-resonator>