

FILTER BAND PASS MIKROSTRIP DENGAN *STEPPED IMPEDANCE RESONATOR (SIR)* UNTUK *SYNTHETIC APERTURE RADAR (SAR) L-BAND*

Narulita Fubian¹, Heroe Wijanto², Desti Madya Saputri³

^{1, 2, 3}Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹narulitafubian@student.telkomuniversity.ac.id, ²heroe@telkomuniversity.ac.id,

³destimadyasaputri@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Filter pada teknologi *synthetic aperture radar (SAR)* digunakan untuk menghilangkan interferensi dan frekuensi lain yang tidak diinginkan pada saat modulasi. Hasil penginderaan yang baik dihasilkan oleh filter *band pass* yang dapat melewati frekuensi yang diinginkan dan memotong frekuensi yang tidak diharapkan. Oleh karena itu, pada penelitian ini filter dirancang dengan selektivitas yang tinggi, yakni pada frekuensi 1,27 GHz dengan lebar pita sebesar 10 MHz. Rancangan resonator yang digunakan adalah *stepped impedance resonator (SIR)* yang berbentuk ring kotak karena dapat menghasilkan lebar pita yang sempit. Bahan yang digunakan untuk implementasi filter ini adalah duroid RT-5880 dengan konstanta dielektrik 2,2. Hasil perancangan menunjukkan bahwa respon frekuensi pada 1,27 GHz memiliki nilai *return loss (S11)* -19,95 dB dan nilai *insertion loss (S21)* -0,97 dB. Untuk lebar pita pada rentang frekuensi 1,265-1,275 GHz didapatkan nilai S11 dan S21 secara berurutan sebedar -15,54 dB dan -0,99 dB serta -14,68 dB dan -1,09 dB.

Kata Kunci: *band pass filter, stepped impedance resonator, duroid RT-5880*

Abstract

Filter in synthetic aperture radar (SAR) is used to remove interference and other unexpected frequencies during modulation. Good sensing results obtained by band pass filter which pass the desired frequency and cut the unexpected frequency. In this study the filter is designed with high selectivity, at a frequency of 1.27 GHz with a bandwidth of 10 MHz. The resonator used in this paper is a stepped impedance resonator in a squared ring shape because it can produce narrow bandwidth. The material used in this filter is the duroid RT-5880 which has a dielectric constant of 2.2. The results confirmed frequency response at 1.27 GHz with S11 value of -19.95 dB and S21 value of -0.97 dB. For bandwidths in the frequency range 1.265-1.275 GHz we get S11 and S21 values -15.54 dB and -0.99 dB and -14.68 dB and -1.09 dB respectively.

Keywords: *band pass filter, stepped impedance resonator, duroid RT-5880*

1. Pendahuluan

Salah satu teknologi yang sedang berkembang pada saat ini adalah teknologi penginderaan jarak jauh (*remote sensing*). Penginderaan jarak jauh sangat membantu dalam pengambilan sebuah data karena teknologi ini dapat dipakai dalam wilayah dengan cakupan luas dan dapat menghemat waktu.

Pengambilan sebuah data dapat dilakukan dengan menggunakan pesawat tanpa awak atau yang lebih dikenal dengan *drone* dan sebuah satelit. *Drone* tidak terlalu banyak dipakai dibandingkan dengan satelit karena teknologi satelit memiliki cakupan yang lebih luas [19]. Dalam teknologi satelit, penginderaan jarak jauh dilakukan menggunakan teknologi kamera untuk dapat melihat bentuk bumi secara berkala. Walaupun dapat melihat bentuk bumi, teknologi kamera memiliki sebuah kelemahan, yaitu bila daerah yang ingin dipetakan tertutup oleh awan dan dalam keadaan yang gelap. Oleh karena itu dikembangkan lagi sebuah teknologi yaitu SAR yang menggunakan gelombang

radio sebagai sarana dalam pengambilan data dan *remote sensing* [5].

Untuk menjaga kestabilan lebar pita keluaran dari pembangkit sinyal *Chrip* pada sistem SAR, dibutuhkan filter gelombang mikro. SAR menggunakan filter gelombang mikro berupa *band pass filter* dengan respon *chebyshev* sehingga dapat melewati frekuensi yang diinginkan saja dan menghilangkan frekuensi lainnya. Lebar pita yang digunakan untuk dapat melewati data yang diambil relatif sempit, yaitu sebesar 10 MHz pada daerah kerja 1,265 GHz – 1,275 GHz sesuai dengan spesifikasi dari penelitian [8,9], karena semakin sempit lebar pita, maka resolusi akan semakin besar. Filter gelombang mikro dengan menggunakan aluran mikrostrip dipilih karena bentuk yang simpel dan lebih mudah untuk dioptimisasi.

Penelitian ini menggunakan metode SIR berbentuk *ring*. Pemilihan model ini bertujuan untuk mendapatkan lebar pita yang sempit berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya. Karakteristik pita

Filter Band Pass Mikrostrip dengan Stepped Impedance Resonator (SIR) untuk Synthetic Aperture Radar (SAR) L-Band

frekuensi yang sempit dari resonator berbentuk *ring* diharapkan dapat menjadi filter dengan selektivitas tinggi pada frekuensi L. Di Indonesia sendiri, pada frekuensi L terdapat rentang frekuensi radio amatir antara 1260–1300 MHz [16]. Dengan rentang frekuensi tersebut, penelitian ini hanya menggunakan lebar pita sebesar 10 MHz karena diharapkan sistem SAR yang akan dirancang memiliki resolusi yang tinggi.

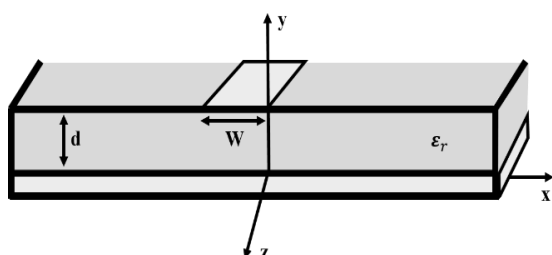
Pada penelitian [7] digunakan *parallel-coupled stepped impedance resonators* untuk menghasilkan *rejection bandwidth* yang optimal. Penelitian [5] merancang sebuah filter dengan metode modifikasi terhadap *open loop squared ring resonator* dengan penambahan *edge coupled to input/output lines* dengan frekuensi kerja 1,272 GHz menggunakan bahan duroid RT-5880 yang memiliki konstanta dielektrik sebesar 2,2. Dari hasil pengukuran dengan metode tersebut nilai *bandwidth* filter yang dihasilkan sebesar 22 MHz. Selanjutnya, penelitian [14] juga menggunakan bentuk *ring* disertai *loop* terbuka dengan tujuan untuk meminiaturisasi dimensi filter dengan respon pita frekuensi yang sempit.

2. Synthetic Aperture Radar (SAR)

SAR adalah suatu jenis modifikasi sistem radar untuk menghasilkan citra sebagai pengganti tampilan jarak (*range*) dan arah. Sistem ini dapat dioperasikan pada malam hari atau melewati tutupan awan yang tebal [12].

Secara umum sistem SAR tersusun oleh *transmitter*, *receiver*, *onboard signal processing*, *S-band transmitter* dan *ground station*. *Transmitter* terdiri dari *chirp generator*, *band pass filter* (BPF), *local oscillator* (LO), *power amplifier* (PA), *switch* untuk pemilihan jenis polarisasi antena dan antena pengirim dengan polarisasi sirkular. Di dalam *transmitter* ini sinyal diproses dan kemudian dikirimkan oleh antena pengirim yang akan mengenai permukaan bumi [15].

Pembangkit sinyal *chirp generator* berfungsi sebagai sinyal pemancar yang dikirimkan ke objek yang ingin diketahui. Semakin detail objek yang ingin diketahui atau diamati, maka resolusi yang harus dimiliki oleh sistem SAR harus semakin besar. Resolusi ini berhubungan terbalik dengan lebar pita sistem SAR yang dikembangkan [13].



Gambar 1. Struktur saluran mikrostrip

Setelah mengenai permukaan bumi, sinyal akan dipantulkan kembali dan diterima oleh antena penerima dengan polarisasi sirkular pada bagian *receiver*, yang selanjutnya diproses kembali oleh *low noise amplifier* (LNA), *band pass filter* (BPF), *I/Q demodulator*, *analog to digital converter* (ADC), *temporary memory*, *onboard signal processing* (OSP) dan data dikirimkan ke *ground station* oleh *S-band transmitter* [2, 8].

3. Filter [1]

Filter merupakan suatu perangkat yang dirancang dengan kemampuan untuk dapat melewatkan sinyal dengan band frekuensi tertentu dan meredam sinyal di luar band tersebut. Jenis filter dibagi berdasarkan letak yaitu *passband* dan *stopband*. *Passband* adalah daerah frekuensi yang dapat dilewati oleh sinyal, sedangkan *stopband* adalah daerah frekuensi yang tidak dapat dilewati sinyal atau diredam oleh filter. Daerah *passband* dibatasi oleh frekuensi *cut off*, yaitu frekuensi sinyal dimana pada frekuensi tersebut daya turun setengah kali dari daya sinyal atau sebesar 3 dB dari frekuensi *passband*.

Berdasarkan daerah *passband* dan *stopband*-nya, filter dapat dibagi menjadi 4, yaitu:

- *Low Pass Filter* (LPF), yaitu filter yang letak *passband*-nya berada pada frekuensi rendah.
- *High Pass Filter* (HPF), yaitu filter yang letak *passband*-nya berada pada frekuensi tinggi.
- *Band Pass Filter* (BPF), yaitu filter yang letak *passband*-nya berada di antara frekuensi *cut off*.
- *Band Stop Filter* (BSF), yaitu filter yang letak *stopband*-nya berada di antar frekuensi *cut off*.

Proses perancangan filter dengan menggunakan induktor dan kapasitor dilakukan dengan cara mendefinisikan spesifikasi frekuensi yang ingin diloloskan dan diredam, kemudian merancang filter pelolos frekuensi rendah yang ternormalisasi. Dari filter pelolos frekuensi rendah yang ternormalisasi, dapat diubah menjadi filter ternormalisasi lainnya seperti pelolos frekuensi tinggi atau pelolos frekuensi tengah. Dari filter ternormalisasi yang diinginkan tersebut, kemudian didenormalisasi untuk mendapatkan nilai komponen induktor dan kapasitor [3]. Untuk perancangan menggunakan prinsip saluran transmisi dapat menggunakan identitas Kuroda dan transformasi Richard [1]. Kedua langkah tersebut memanfaatkan sifat induktif dan kapasitif dari saluran dengan beban yang dihubungkan singkat (*short circuit*) atau dibiarkan terbuka (*open circuit*).

4. Saluran Mikrostrip

Mikrostrip merupakan saluran transmisi yang terdiri dari konduktor strip (*line*) dan sebuah konduktor bidang tanah yang dipisahkan oleh medium dielektrik dengan konstanta dielektrik ϵ_r . Pada saluran mikrostrip terdapat dua medium yang

berbeda yaitu udara dengan konstanta dielektrik (ϵ_r) sebesar 1 dan bahan dielektrik lain (ϵ_r) > 1. Konstanta dielektrik disebut juga konstanta dielektrik efektif (ϵ_{ff}). Media di atas strip adalah udara, tanpa adanya *shielding* sebagian medan elektromagnetik akan meradiasi dan sebagian lagi ada yang masuk kembali ke dalam substrat dielektrik [20].

Saluran mikrostrip adalah jenis saluran yang populer digunakan karena mudah untuk diminiaturisasi serta mudah diintegrasikan dengan komponen gelombang mikro pasif ataupun aktif. Gambar 1 merupakan struktur dari saluran mikrostrip [3].

Desain dimensi saluran mikrostrip dapat menggunakan persamaan 1–9 [6, 20].

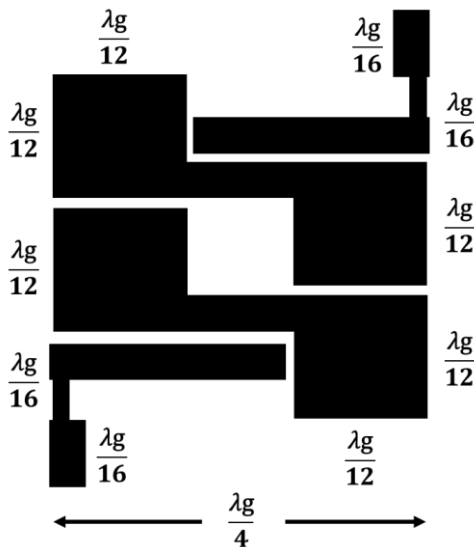
$$\epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + \frac{10}{W/d} \right]^{-ac} \quad (1)$$

dengan:

$$a = 1 + \frac{1}{49} \ln \left[\frac{\left(\frac{w}{d} \right)^4 + \left(\frac{w}{52d} \right)^2}{\left(\frac{w}{d} \right)^4 + 0,432} \right] \quad (2)$$

$$+ \frac{1}{18,7} \ln \left[1 + \left(\frac{w}{18,1d} \right)^3 \right] \quad (3)$$

$$c = 0,564 \left(\frac{\epsilon_r - 0,9}{\epsilon_r + 3} \right)^{0,053}$$



Gambar 2. Struktur *stepped impedance resonator*

Impedansi karakteristik dihitung dengan persamaan 4 dan 5 [2, 4].

$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_e}} \ln \left(\frac{8d}{W} + \frac{W}{4d} \right), \frac{W}{d} \leq 1 \quad (4)$$

$$Z_0 = \frac{\frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_e}}}{\frac{W}{d} + 1,393 + 0,667 \ln \left(\frac{W}{d} + 1,444 \right)}, \frac{W}{d} > 1 \quad (5)$$

Dalam perancangan, bila terdapat impedansi karakteristik Z_0 dan konstanta dielektrik ϵ_r , lebar strip dapat dihitung dengan persamaan 6–9.

$$\frac{W}{d} = \frac{8e^A}{e^{2A} - 2}, \frac{W}{d} < 2 \quad (6)$$

$$\frac{W}{d} = \frac{2}{\pi} \left[\frac{B - 1 - \ln((2 \times B) - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left(\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right)}{\epsilon_r} \right] \quad (7)$$

$$\frac{W}{d} > 2.$$

dengan:

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left(0,23 + \frac{0,11}{\epsilon_r} \right) \quad (8)$$

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \quad (9)$$

5. *Stepped Impedance Resonator (SIR)* [7]

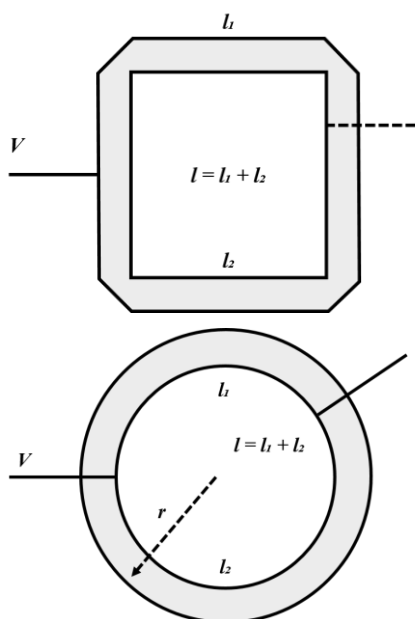
SIR merupakan resonator yang berupa saluran transmisi dengan impedansi karakteristik berubah secara bertahap sesuai panjang saluran.

SIR terbukti dapat digunakan dalam merancang mikrostrip *band pass filter* dengan kinerja *stop band* yang baik. Salah satu fitur utama dari SIR adalah frekuensi resonannya dapat diatur dengan menyesuaikan dengan parameter struktural, seperti rasio impedansi di segmen tinggi dan rendah. Gambar 2 merupakan struktur dari SIR.

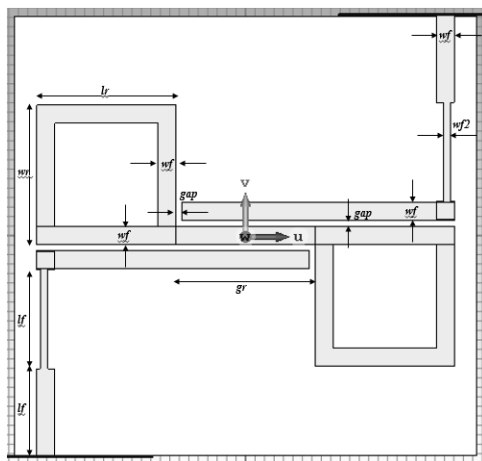
Panjang saluran resonator pada SIR *ring resonator* adalah sebesar $\lambda/4$. Besar λ dapat diperoleh menggunakan perhitungan dari persamaan yang umum dipakai pada saluran transmisi. Nilai λ pada saluran transmisi mikrostrip adalah λ_0 yang dipengaruhi oleh besarnya konstanta dielektrik efektif substrat, dapat menggunakan persamaan 10.

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_e}} = \frac{c}{f_0\sqrt{\epsilon_e}} = \frac{c}{\sqrt{f_1 \times f_2} \sqrt{\epsilon_e} (R)} \quad (10)$$

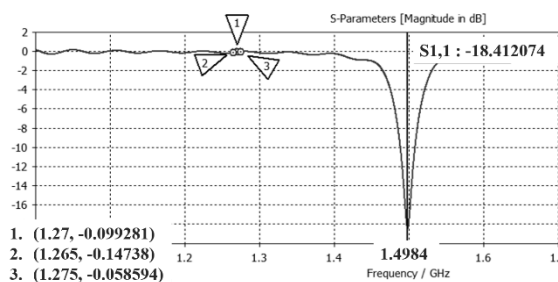
Dalam realisasinya, filter SIR tidak hanya memiliki frekuensi fundamental yang diinginkan tetapi juga akan timbul *spurious frequency response* yang akan merugikan dalam pengimplementasian filter. Adapun cara untuk meminimalisir akibatnya adalah dengan mengatur rasio impedansi.



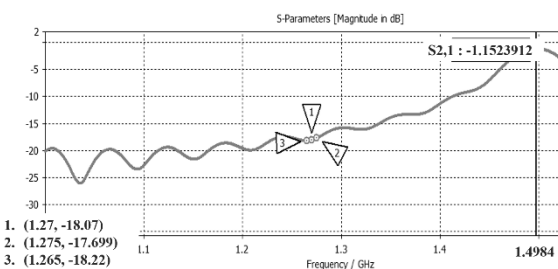
Gambar 3. Struktur ring resonator



Gambar 4. Desain hasil perhitungan awal



Gambar 5. Hasil simulasi perhitungan awal S11



Gambar 6. Hasil simulasi perhitungan awal S21

6. Squared Ring Resonator

Resonator berbentuk ring memiliki karakteristik respon frekuensi bandpass. Jika ring resonator dihubungkan ke input saluran transmisi dan output saluran transmisi, sinyal akan melewati/diloloskan ring resonator dengan redaman tertentu pada frekuensi resonansi ring tersebut dan akan ditolak/diredam pada frekuensi di luar frekuensi resonansi. Filter ring resonator juga memiliki respon pita frekuensi lebih sempit jika dibandingkan dengan filter resonator konvensional [2].

Filter dengan metode resonator berbentuk ring, baik kotak ataupun bulat, memiliki bentuk dan rangkaian yang sederhana. Dimensi dari filter ini bernilai sama dengan kelipatan dari jari-jari resonator ring, baik kotak ataupun bulat. Gambar 3 merupakan ring resonator yang memiliki panjang dimensi seperti pada (11) untuk berbentuk kotak dan persamaan 12 untuk berbentuk lingkaran [11].

$$l = l_1 + l_2 = nlg \tag{11}$$

$$l = n\lambda g = 2\pi r \tag{12}$$

Panjang gelombang untuk resonator ring berbentuk lingkaran dapat dicari dengan persamaan 13 [17].

$$\lambda g = \frac{c}{f\sqrt{\epsilon_e}} \tag{13}$$

7. Desain Model Sistem

Model sistem yang diinginkan dalam perancangan sebuah band pass filter pada penelitian ini adalah memenuhi spesifikasi sebagai berikut:

- Frekuensi kerja : 1,265 GHz – 1,275 GHz
- Frekuensi tengah : 1,27 GHz
- Bandwidth : 10 MHz
- Z terminal : 50 Ohm
- Insertion pada passband : ≤ -3 dB
- Return loss pada passband : ≥ -10 dB
- VSWR : ≤ 2
- Respon frekuensi : Chebyshev

Filter yang akan dirancang menggunakan teknik saluran transmisi mikrostrip dengan menggunakan bahan dielektrik yaitu duroid RT-5880. Karakteristik substrat dari duroid RT-5880 adalah sebagai berikut [18]:

- Permittivitas dielektrik (ϵ_r): 2,2
- Tebal dielektrik (d) : 1,575 mm
- Tebal konduktor (t) : 0,035 mm
- Tangent Loss ($\tan \delta$) : 0,0009

8. Filter Band Pass Mikrostrip

Frekuensi tengah filter yang diinginkan pada penelitian ini berada pada 1,27 GHz dengan desain awal berupa resonator berbentuk kotak.

Satu buah resonator memiliki panjang sebesar 44,01 mm. Pada penelitian tugas akhir ini akan dibentuk coupled ring squared resonator yang terpisah dengan jarak $\frac{\lambda_g}{4}$ dan dibagi menjadi 2 dari besarnya $\frac{\lambda_g}{4}$.

Sehingga besarnya dimensi dengan nilai $\frac{\lambda_g}{12}$ adalah 14,67 mm, dan jarak adalah 14,67 mm. Dari parameter tersebut, didesain model filter seperti pada gambar 4 dengan dimensi pada tabel 1.

Hasil simulasi dari desain awal dapat dilihat pada gambar 5 dan gambar 6. Grafik dengan garis tegas berwarna merah dan hijau adalah hasil dari simulasi perhitungan awal. Merah untuk parameter S11 dan hijau untuk grafik S21.

Pada gambar tersebut desain dari hasil perhitungan belum dapat dikatakan sebagai filter SAR. Parameter tersebut berada pada frekuensi 1,4989 GHz dengan nilai parameter S11 sebesar -18,41 dB. Dengan kondisi demikian, desain hasil perhitungan belum sesuai dengan spesifikasi filter yang diharapkan, yaitu dapat meloloskan sinyal dengan frekuensi tengah sebesar 1,27 GHz dan lebar pita sebesar 10 MHz, meskipun nilai dari S parameter sudah tercapai.

Dengan hasil awal yang didapat, maka diperlukan optimisasi untuk mendapatkan spesifikasi filter yang sesuai, yaitu frekuensi kerja berada pada 1,27 GHz dan lebar pita sebesar 10 MHz. Hasil yang diinginkan dari proses optimisasi adalah nilai *return loss*, *insertion loss*, dan *vswr* minimum terdapat di frekuensi 1,27 GHz, kemudian nilai *bandwidth* harus sesuai dengan spesifikasi.

Untuk mendapatkan frekuensi yang diinginkan maka perlu mengetahui karakteristik perubahan dari setiap dimensi *filter*. Dimensi yang paling mempengaruhi perubahan frekuensi adalah panjang resonator (*lr*). Setelah itu dimensi *lr* tersebut akan dikombinasikan dengan dimensi lainnya seperti *wr*, *gr*, *lf*, *wf*, *wf2*, dan *gap* sampai *filter* bekerja di frekuensi tengah 1,27 GHz.

Ukuran dimensi akhir dari filter pada gambar 7 dan tabel 2 merupakan bentuk dimensi yang paling optimal hasilnya menurut simulator setelah melalui beberapa tahap optimisasi yang telah dilakukan.

Dimensi total yang didapatkan untuk membuat filter tersebut sebesar 16 mm untuk panjang resonator filter, 17,5 mm untuk lebar resonator filter, 0,75 mm untuk lebar ring resonator serta dan lebar feed bagian atas, serta 0,3 mm untuk lebar feed bagian bawah.

Return Loss (S11) merupakan parameter yang menunjukkan karakteristik sinyal yang dipantulkan kembali menuju sumber. Semakin kecil nilai *return loss* maka semakin kecil pula daya yang kembali menuju sumber, sehingga daya yang ditransmisikan menuju beban akan semakin maksimal.

Insertion Loss (S21) merupakan parameter filter utama yang menunjukkan karakteristik sinyal yang diterima oleh beban melalui sumber atau sinyal yang ditransmisikan dari *Port input* ke *Port output*. Daya yang ditransmisikan *filter* baiknya sebesar mungkin, agar sinyal yang melewati *filter* tidak banyak yang teredam.

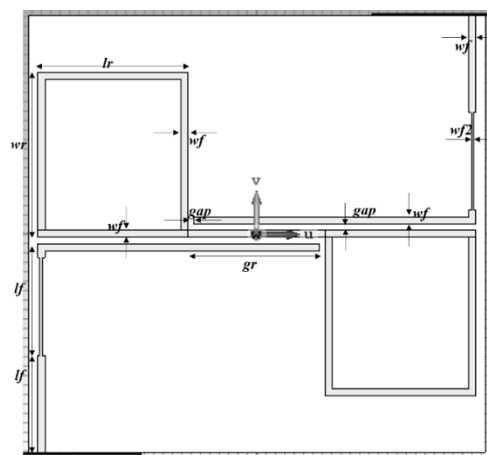
Dapat dilihat dari gambar 8 bahwa nilai *return loss* pada frekuensi tengah 1,27 GHz sudah memenuhi spesifikasi yaitu -20,526 dB. Nilai ini

berarti daya yang kembali pada port 1 akibat pencatutan pada port 1 bernilai minimal, sehingga dominan daya akan keluar pada port tetangga, dalam hal ini port 2. Sementara nilai *return loss* pada range frekuensi 1,265 GHz-1,275 GHz adalah -15,113 dB dan -15,303 dB.

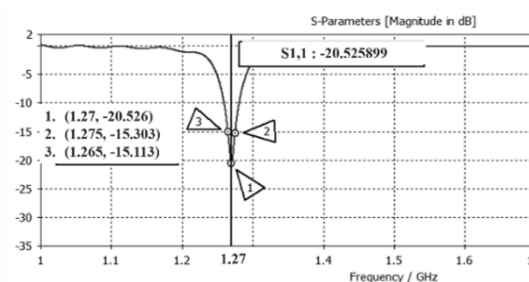
Untuk memastikan daya keluar pada port 2 dan tidak menjadi daya lain dirangkaian, dilakukan dengan melihat parameter S21 seperti pada gambar 9 yang menyatakan keluaran pada port 2 akibat dari pencatutan pada port 1. Pada frekuensi 1,27 GHz, nilai parameter S21 bernilai -0,98 dB yang artinya, dominan daya keluar ke arah port 2.

Tabel 1. Dimensi Filter

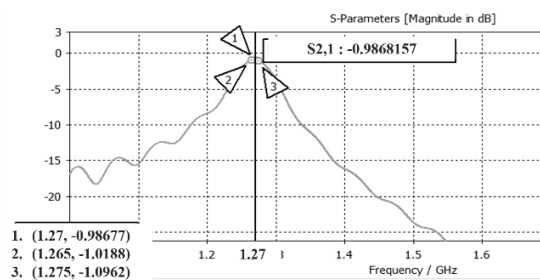
Variabel	Keterangan	Nilai (mm)
<i>lr</i>	Panjang resonator	14,67
<i>wr</i>	Lebar resonator	14,67
<i>gr</i>	Panjang resonator tengah	14,67
<i>lf</i>	Panjang feed	11
<i>wf</i>	Lebar ring resonator; Lebar feed bagian atas	2,2
<i>wf2</i>	Lebar feed bagian bawah	0,88
<i>gap</i>	Jarak kopling	0,6



Gambar 7. Desain hasil optimisasi



Gambar 8. Hasil optimisasi simulasi S11



Gambar 9. Hasil optimisasi simulasi S21

Tabel 2. Dimensi Filter Setelah Optimasi

Variabel	Keterangan	Nilai (mm)
Lr	Panjang resonator	16
Wr	Lebar resonator	17,5
gr	Panjang resonator tengah	14,67
Lf	Panjang feed	11
wf	Lebar ring resonator; Lebar feed bagian atas	0,75
wf2	Lebar feed bagian bawah	0,3
gap	Jarak kopling	0,6

Sehingga dengan nilai S11 dan S21 tersebut, dapat dikatakan jika filter ini dapat bekerja pada frekuensi 1,27 GHz dengan pantulan daya yang minimum pada port 1 sebagai input dan luaran daya yang maksimum pada port 2 sebagai keluaran.

Untuk melihat lebar pita dari filter yang dirancang, pada frekuensi 1,265 GHz nilai S21 dan S11 sebesar -1,0188 dB dan -15,113 dB serta pada frekuensi 1,275 nilai S11 dan S21 sebesar -15,303 dB dan -1,09 dB. Sedangkan jika melihat dari parameter S11 yang dibawah -10 dB maka frekuensi berada pada rentang 1,2592 GHz – 1,2802 GHz dan parameter S21 di atas -3dB, frekuensi berada pada rentang 1,2412 GHz – 1,2954 GHz. Rentang frekuensi pada S21 lebih besar dibandingkan rentang frekuensi pada S11, sehingga jika hanya dibatasi pada frekuensi akibat parameter S11, lebar pita yang didapatkan sebesar 21 MHz dengan S21 yang bersesuaian sebesar -1,19 dB dan -1,36 dB.

Memperhatikan hasil optimisasi dari frekuensi yang diharapkan dengan respon parameter S yang bersesuaian dengan spesifikasi, untuk parameter S yang berada di bawah -10 dB, terdapat perbedaan lebar pita sebesar 11 MHz, yaitu lebar pita sebesar 21 MHz. Lebar pita sebesar 21 MHz ini memiliki performa yang lebih rendah dibandingkan lebar pita sebesar 10 MHz pada frekuensi 1,265 GHz – 1,275 GHz. Selisih lebar pita sebesar 11 MHz tersebut dapat diartikan bahwa dengan karakteristik pantulan yang sama filter yang telah didesain meloloskan gelombang 11 MHz lebih lebar dari filter yang direncanakan sebesar 10 MHz.

9. Kesimpulan

Rancangan filter dengan SIR berbentuk ring kotak belum mendapatkan respon frekuensi sesuai spesifikasi filter untuk sistem SAR. Namun dengan optimisasi dimensi filter, didapatkan filter yang bekerja pada frekuensi tengah 1,27 GHz dengan nilai S11 sebesar -20,52 dB dan nilai S21 sebesar -0,98 dB. Untuk lebar pita pada rentang frekuensi 1,265 – 1,275 GHz didapatkan nilai S11 dan S21 secara berurutan sebesar -15,113 dB dan -1,01 dB serta -15,303 dB dan -1,09 dB.

Daftar Pustaka

- [1] C. Bowick, *RF Circuit Design, second edition*. 2007.
- [2] C. C. Yu and K. Chang, "Novel compact elliptic-function narrow-band bandpass filters

using microstrip open-loop resonators with coupled and crossing lines," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 46, no. 7, pp. 952–958, 1998.

- [3] David M. Pozard, *Microwave Engineering*. Second Edition, John Wiley and sons, 2012.
- [4] E. I. M. . Sulaeman, *Diktat Kuliah*. Program Studi Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Bandung, 2005.
- [5] E. Lumbantobing, B. S. Nugroho, and B. Syihabbudin, "Perancangan Dan Realisasi Filter Dengan Selektivitas Tinggi Pada Band Frekuensi 1 . 27 Ghz," Thesis Telkom University., 2015.
- [6] J. H. and M. J. Lancaster, "Couplings of Microstrip Square Open-Loop Resonators for Cross-Coupled Planar Microwaves Filter," vol. 44, no. 12, pp. 2099–2109, 1996.
- [7] J. T. Kuo and E. Shih, "Microstrip stepped impedance resonator bandpass filter with an extended optimal rejection bandwidth," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 51, no. 5, pp. 1554–1559, 2003.
- [8] J. Tetuko Sri Sumantyo, "Development of Circularly Polarized Synthetic Aperture Radar (CP-SAR) Onboard Small Satellite," IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, pp. 929–932, 2011.
- [9] J. T. S. Sumantyo, "Development Of Circularly Polarized Synthetic Aperture Radar Onboard Unmanned Aerial Vehicle (CP-SAR UAV)," IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, pp. 4762–4765, 2012.
- [10] J. T. Sri Sumantyo, "Development of Circularly Polarized Synthetic Aperture Radar Onboard UAV for Earth Diagnosis.," *EUSAR.*, 2012.
- [11] K. Chang and L.-H. Hsieh, "Microwave Ring Circuits and Related Structures. Second Edition," *A JOHN WILEY SONS, INC.*, 2004.
- [12] K. P. P. iou Moreira, Alberto, Pau Prats-Iraola, Marwan Younis, Gerhard Krieger, Irena Hajnsek, "A Tutorial on Synthetic Aperture Radar," *Microwaves Radar Inst. Ger. Aerosp. Cent. (DLR).*, 2013.
- [13] M. Schultz, "Synthetic Aperture Radar Imaging Simulated in MATLAB," *Calif. Polytech. State Univ.*, 2009.
- [14] M. Z. M. Dousti, P. Taheri, S. Sadi, "A Novel Miniaturized Narrow Band Bandpass Filter Utilizing Microstrip Open-loop Ring Resonators for Narrow-band Applications," in *Progress in Electromagnetics Research Symposium Proceedings*, p. 1415–1419, 2012.
- [15] N. Aeni, "Perancangan Dan Realisasi Generator Chirp Pada Synthetic Aperture Radar (SAR)," 2015.
- [16] ORARI, "Keputusan Ketua Umum Organisasi Amatir Radio Indonesia Nomor KEP-065/OP/KU/2009 tentang Pembagian dan Penggunaan Segmen Band Frekuensi Amatir

- Radio (Bandplan),” 2009, pp. 1–9.
- [17] P. V. S. Arain, M. A. B. Abassi, S. Nikolaou, “A square ring resonator bandpass filter with asymmetrically loaded open circuited stubs,” in *5th International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies*, 2016.
- [18] R. Corporation, “RT/duroid ® 5870 /5880\ Datasheet,” 2016.
- [19] V. C. Koo *et al.*, “A new unmanned aerial vehicle synthetic aperture radar for environmental monitoring,” *Prog. Electromagn. Res.*, vol. 122, no. November 2011, pp. 245–268, 2012.
- [20] Y. Fazriyani, “Filter for WiMAX at Band Frequency of 2.3 – 2.4 GHz using Microstrip Squared Ring Resonator Method,” *Thesis Telkom Univ.*, 2008.