

DESAIN DAN REALISASI *FILTER SQUARE LOOP* PADA PITA FREKUENSI *C-BAND* UNTUK *SYNTHETIC APERTURE RADAR (SAR)*

DESIGN AND REALIZATION OF SQUARE LOOP FILTER ON C-BAND FREQUENCY FOR SYNTHETIC APERTURE RADAR (SAR)

Edward Natanael¹, Dharu Arseno², Edwar³

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹edwardnatan@telkomuniversity.ac.id, ²darseno@telkomuniversity.ac.id,

³edwarm@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Synthetic Aperture Radar (SAR) adalah sebuah modifikasi pada sistem radar yang berfungsi untuk penginderaan jarak jauh pada permukaan bumi. Agar SAR mendapatkan hasil penginderaan yang baik dan memuaskan, frekuensi lain yang tertumpang pada saat modulasi dalam perangkat dan frekuensi interferensi serta noise ataupun gangguan lainnya harus dihilangkan. Dalam upaya menghilangkan interferensi tersebut, digunakan sebuah komponen yang dikenal dengan nama filter, yang berfungsi untuk memilih frekuensi yang diinginkan dan meredam frekuensi yang tidak diinginkan. Pada tugas akhir ini filter yang digunakan dalam perancangan adalah *bandpass filter* yang bekerja pada rentang frekuensi 5,75 Ghz -5,85GHz dengan frekuensi tengah sebesar 5,8 Ghz dengan insertion loss dan return loss -3 dB dan -11 dB serta bandwidth sebesar 100 Mhz. Pada penelitian ini dirancang sebuah filter Band-pass yang bekerja pada pita frekuensi C model *Square loop* resonator dengan frekuensi kerja 5.8 Ghz. Adapun hasil pengukuran yang didapat dalam proses realisasi bandpass filter yaitu nilai insertion loss sebesar -8,375 dB dan nilai return loss sebesar -11,95 dB serta dimensi akhir filter tersebut 2,5 cm x 2,5 cm.

Kata Kunci : Radar, *Square loop resonator*, C-band.

Abstract

Synthetic Aperture Radar (SAR) is a modification of the Radar system that serves for remote sensing of the Earth's surface. In order for SAR to obtain good and satisfactory sensing results, other frequencies that are overlapping at the time of modulation in the device and frequency of interference as well as noise or other interference must be eliminated. In an attempt to remove such interference, it is used a component known as the filter name, which serves to select the desired frequency and dampen the unwanted frequencies. In this final task the filter used in the design is a bandpass filter that works on a frequency range of 5.75 Ghz-5, 85GHz with a central frequency of 5.8 Ghz with insertion loss and return loss-3 dB and-11 dB and bandwidth of 100 Mhz. In this study designed a Band-pass filter that works on the C frequency bands of the Square Loop resonator with a working frequency of 5.8 Ghz. The results of measurements obtained in the realization process of bandpass filter is the value of insertion loss of- 8.375 dB and the return loss value of-11.95 dB as well as the final dimension of the filter is 2.5 cm x 2.5 cm.

Keywords: Synthetic Aperture Radar (SAR), Square loop resonator, C-band.

1. Pendahuluan

Perkembangan ilmu pengetahuan sangat berkembang pesat berbanding lurus dengan kebutuhan manusia dalam bidang teknologi, pendidikan, keamanan. Dewasa ini keberadaanya juga berperan penting dalam menyokong kebutuhan manusia seperti kebutuhan militer, navigasi, penginderaan jarak jauh, industri, sampai bidang kesehatan sekalipun.

Teknologi penginderaan jarak jauh (*remote sensing*) memiliki banyak manfaat. Teknologi ini pada umumnya terdapat pada satelit atau radar dengan menggunakan kamera sebagai sensor untuk menangkap citra permukaan bumi. Namun hal tersebut memiliki kekurangan yakni, tidak dapat

menangkap citra dengan baik pada daerah yang memiliki konstransi awan yang tinggi dan kondisi malam hari.

SAR merupakan teknologi penginderaan jarak jauh yang biasanya digunakan untuk menggambarkan suatu objek. SAR dimanfaatkan mendeteksi cuaca, mendekteksi musuh dalam militer, *air traffic control (ATC)*. Pengiriman sinyal dari angkasa ke permukaan bumi yang dipantulkan kembali ke angkasa merupakan cara kerja dari radar SAR.

Salah satu bagian penting yang membuat fungsi dari radar dapat berjalan dengan baik dan benar adalah filter. Filter merupakan perangkat transmisi yang berfungsi untuk melewatkan frekuensi tertentu, dalam hal ini frekuensi yang diinginkan dan meredam frekuensi yang diinginkan. Penelitian filter menjadi daya tarik tersendiri terutama dalam penelitian ini menggunakan radar SAR yang di aplikasikan untuk teknologi *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*, yang di implementasikan menggunakan frekuensi *C-band* yang mempunyai rentang frekuensi 4-8 GHz. *C-band* merupakan salah satu dari pita frekuensi yang dapat menerima sinyal dan bekerja pada lingkungan dengan cuaca *ekstream*, maka dari itu sangat cocok apabila menggunakan pita frekuensi *c-band*.

Pada penelitian sebelumnya dilakukan perancangan bandpass filter square ring, range frekuensi 5,550 GHz – 5,650 GHz dengan frekuensi tengah 5,6 GHz menggunakan bahan Roger RO4350B, kemudian dilakukan pengukuran menggunakan Network Analyzer. Perancangan Square Ring Band Pass Filter pada simulasi menghasilkan nilai return loss sebesar -26.155 dB pada frekuensi tengah 5.6 GHz, nilai insertion loss sebesar -0.5 dB dan bandwidth sebesar 333 MHz [1]. Sedangkan hasil pengukuran didapatkan return loss sebesar -11,95 dB, insertion loss sebesar -8,375 dB, dan bandwidth sebesar 270 MHz.

2. Konsep Dasar

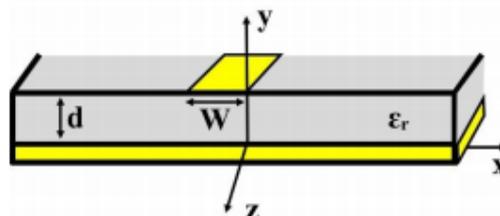
2.1 Radar

SAR merupakan modifikasi sistem radar untuk menghasilkan citra sebagai pengganti tampilan jarak (*range*) dan arah[8].Penggunaan dari sar sendiri dapat diopersikan untuk berbagai macam kegiatan seperti pemantauan permukaan bumi, cuaca , suhu dan untuk memantu bagunan. Sar sendiri dapat bekerja di lingkungan yang ekstrem dan cuaca yang tidak menguntungkan[5].

Secara umum sistem SAR tersusun oleh *transmitter, receiver, onboard signal processing, S-band transmitter dan ground station*. Di dalam *transmitter*, sinyal diproses dan kemudian dikirimkan oleh antena pengirim yang akan mengenai permukaan bumi sinyal diproses dan kemudian dikirimkan oleh antena pengirim yang akan mengenai permukaan bumi [10].

2.2 Filter Mikrostrip

Filter mikrostrip adalah sebuah media transmisi yang digunakan di dalam rangkaian RF dan pada penelitian ini digunakan untuk Synthetic Aperture Radar (SAR). Mikrostrip berbentuk papan pipih tipis yang merupakan realisasi dari perancangan filter yang telah di design dan mampu bekerja pada frekuensi tinggi, pertimbangan penggunaan mikrostrip dilakukan karena lebih mudah dalam pabrikasinya dan losses yang ditimbulkan relatif lebih kecil jika dibandingkan dari rangkaian lumped [4]. Berikut ini adalah gambar geometri penyusun sebuah filter mikrostrip:



Gambar 1. Struktur saluran Mikrostrip [3].

Secara umum mikrostrip terdiri dari strip konduktor (microstrip line) yang mempunyai lebar sebesar (W) dan ketebalan (t) yang dibentuk diatas substrat dielektrik dengan nilai konstanta dielektrik relatif sebesar ϵ_r , dan memiliki ketebalan sebesar h , dimana pada bagian bawah substrat terdapat konduktor ground plane[4]. Mikrostrip memiliki medium dielektrik dengan konstanta

dielektrik. 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_{eff}). Media diatas strip adalah udara, tanpa adanya shieding sebagian medan elektromagnetik akan meradiasi dan sebagian lagi ada yang masuk kembali kedalam substrat dielektrik [4].

Dari penjelasan diatas maka adanya hubungan antara lebar dan ketebalan (W/h) dengan konstanta dielektrik relatif yang di peroleh melalui persamaan 2.1-2.4 [4].

1. Untuk $W/h < 2$

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

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{\epsilon_r+1}} \left(0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r} \right) \quad (2)$$

2. Untuk $W/h > 2$

$$\frac{W}{h} = \frac{2}{\pi} \left[B - 1 - \ln((2 * B) - 1) + \frac{\epsilon_r-1}{2\epsilon_r} \left(\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right) \right] \quad (3)$$

Dengan

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \quad (4)$$

Nilai dari konstanta dielektrik efektif dapat dinyatakan dalam persamaan 2.5 untuk nilai $W/h \geq 1$, sedangkan persamaan 2.6 untuk $W/h \leq 1$ [4] :

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1+12\frac{h}{W}}} \right) \quad (5)$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left(1 + 12\frac{h}{W} \right)^{-0.5} + 0.004 \left(1 - \frac{W}{h} \right)^2 \quad (6)$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left[1 + \frac{10}{u} \right]^{-ab} \quad (7)$$

Dimana :

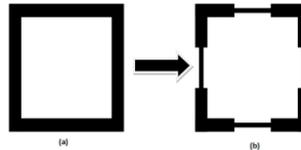
$$U = \frac{W}{h}$$

$$a = 1 + \frac{1}{49} \ln \left(\frac{u^4 + \left(\frac{u}{52}\right)^2}{u^4 + 0.432} \right) + \frac{1}{18.7} \ln \left[1 + \left(\frac{u}{18.1} \right)^3 \right] \quad (8)$$

$$b = 0.564 \left(\frac{\epsilon_r-0.9}{\epsilon_r+3} \right)^{0.053} \quad (9)$$

2.4 Square loop resonator

Square Loop Resonator merupakan resonator yang berbentuk persegi yang dimana pada saat beresonansi arah resonansinya akan mengikuti bentuk resonatornya. Jika resonatornya dihubungkan ke saluran transmisi bagian input dan output, maka sinyal yang di loloskan oleh resonator (yang beresonansi) akan melewati frekuensi tertentu dan meredam pada frekuensi tertentu. Square loop resonator atau bisa juga disebut ring resonator terdiri atas catuan daya / feedline, gap dan resonator . Berikut merupakan bentuk geometri dari resonator square :



Gambar 2. Square loop.

Adapun Square loop resonator terdiri atas rangkaian listrik Capacitor (C), dan Induktor (L). Perancangan filter menggunakan komponen inductor dan capacitor Resonator akan beresonansi pada saat ring resonator berkelipatan integral dari panjang pandu gelombang yang dapat dinyatakan dengan persamaan 2.10-2.11 :

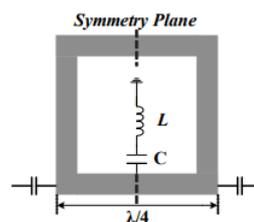
$$1. f = \frac{nc}{4s\sqrt{\epsilon_{eff}}} = nfo \quad (10)$$

$$2 \lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} = \frac{c}{f_0 \sqrt{\epsilon_{eff}}} = \frac{c}{\sqrt{f_1^2 + f_2^2} \sqrt{\epsilon_e(R)}} \quad (11)$$

Dimana : S = sisi square loop

λ_g = panjang gelombang pandu

Resonator square loop ini juga dapat di jabarkan atau dapat di definisikan dalam sebuah rangkain pengganti yang terdiri dari kapasitor dan inductor yang dirangkai secara pararel. Adapun rangkaian ekivalen sederhana dari square loop resonator ini adalah:



Gambar 3. Square loop.

2.5 Saluran Catu

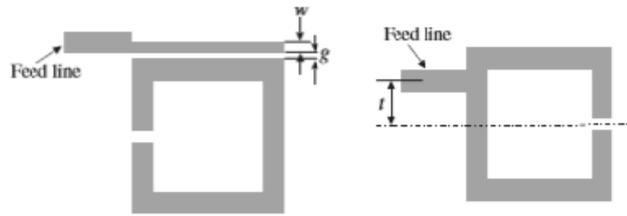
Dalam perancangan sebuah filter microstrip ada 2 jenis saluran catuan yang mempunyai fungsional dalam transfer daya ke resonator. Adapun jenis-jenis saluran catuan daya itu adalah [11] :

1. Coupled line

Dalam perancanganya *coupled line* mempunyai karakteristik pada bagian sisi resonator dimana ada sebuah gap yang mempengaruhi lebar dari *bandwidth* dan *gap* tersebut membuat saluran I/O tidak terhubung langsung dengan resonator.

2. Tapped line

Untuk tapped line coupling yang membedakan adalah saluran I/O langsung dapat terhubung ke resonator atau dalam kata lain saling tersambung, semakin dekat jaraknya akan membuat hasil yang kurang bagus pada bandwidth .



Gambar 4. Bentuk coupled line coupling (kiri),tapped line coupling (kanan)

3. Bandpass filter untuk implementasi Radar SAR

3.1 Penentuan Spesifikasi Filter

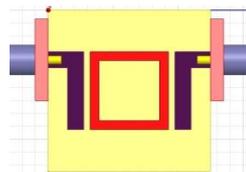
Spesifikasi dari perancangan bandpass filter pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

Tabel.1 Spesifikasi Filter.

Spesifikasi	Nilai
Frekuensi Tengah	5.8 GHz [12]
Rentang Frekuensi	5.75 GHz - 5.85GHz
Bandwidth	100 MHz
Impedansi	50 Ω
Insertion Loss	≥ -3dB
Return Loss	≤ 11 dB
VSWR	<1.5
Orde Filter	2

3.2 Perancangan Microstrip

Dalam merancang sebuah filter microstrip square open loop resonator , hal pertama yang dilakukan adalah melakukan perhitungan secara manual dengan rumus yang telah didapat untuk mendapatkan dimensi filter. Untuk filter square loop sendiri mempunyai bentuk dan dimensi sebagai berikut:



Gambar 5. Dimensi dari Square Loop Resonator.

3.3 Spesifikasi Substrat

Pemilihan bahan substrat merupakan bagian paling susah, dikarenakan ada bahan yang cocok dalam penelitian ini tapi bahan tersebut tidak ada di Indonesia, maka dari itu bahan yang dipakai adalah duroid Rogers 5880 Lz dikarenakan bentuknya yang stabil, tahan terhadap benturan hingga suhu kerja tinggi terhadap lingkungan.

Berikut ini adalah spesifikasi material dari Duroid Rogers 5880 yang digunakan :

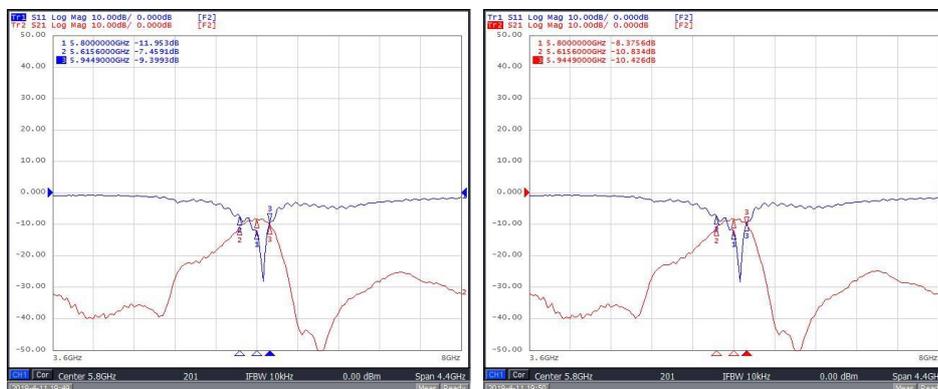
Tabel 2. Spesifikasi substrat.

Konstanta Dielektrik (ϵ_r)	2
Tebal bahan dielektrik (d)	1.27 mm
Tebal bahan konduktor (t)	0.035 mm

3.4 Optimasi dan realisasi *bandpass filter microstrip square loop resonator*

Setelah melalui proses perhitungan semua parameter yang dibutuhkan untuk dimensi resonator yang di inginkan, tahap selanjutnya adalah simulasi dari hasil perhitungan di *software HFSS*. Adapun hasil insertion loss dan return loss hasil simulasi adalah 2,053 dB untuk insertion loss dan 32,86 dB untuk return loss. Sedangkan bandwidth hasil simulasi sebesar 100,4 dan vswr sebesar 1,046. Namun setelah masuk tahap realisasi filter terjadi penurunan pada beberapa parameter perancangan, pada parameter insertion loss sendiri mencapai -8,375 dB yang mengalami penurunan cukup jauh yaitu sebesar 6,313 dB dari hasil optimasi simulasi -2,059 dB dan juga masih memiliki selisih -5,375 dB dari spesifikasi yang diinginkan yaitu ≥ -3 dB. Dari hasil penelitian ini dapat kita simpulkan bahwa perancangan *bandpass filter square open loop* ini belum ideal, hal ini disebabkan oleh karena hasil dari realisasi masi jauh dan belum mendekati nilai spesifikasi yang di inginkan.

Sedangkan untuk hasil realisasi Bandwidth sudah pasti bergeser hal ini disebabkan pergeseran frekuensi kerja yang awalnya 5,75 GHz- 5,85 GHz menjadi 270 MHz, pelebaran bandwidth sendiri mencapai 169,7 MHz dari hasil optimasi filter dan berselisih 170 MHz dari spesifikasi awal yang diinginkan. Setelah itu untuk perbandingan hasil dari return loss hasil optimasi dengan return loss hasil realisasi juga memiliki perbedaan. Hasil return loss hasil optimasi -32,86 dB sedangkan return loss realisasi sendiri adalah 11,95, maka selisih hasil simulasi dengan realisasi adalah 20,91 dB. Hasil realisasi lebih besar dari simulasi hanya saja 11,95 dB. Sedangkan perbandingan nilai VSWR hasil simulasi dengan VSWR hasil pengukuran nilai VSWR yang didapatkan hasil simulasi 1,046 lalu VSWR hasil prngukuran sebesar 1,266 . Walaupun hasil simulasi lebih baik dari pengukuran dengan selisih 0,22, tetapi hasil pengukuran memenuhi spesifikasi maka dapat disimpulkan VSWR bisa kita katakana ideal. Berikut perbandingan spesifikasi, optimasi dan pengukuran. Adapun hasil pengukran sebagai berikut.



Gambar 6. Hasil pengukuran S11 (kiri) dan S21 (kanan).

Tabel 3. Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran.

Parameter perancangan	Spesifikasi perancangan	Simulasi	pengukuran
Frekuensi Tengah	5,8 GHz	5,8 GHz	5,8 GHz
Range frekuensi	5,75 GHz - 5,85GHz	5,75 GHz - 5,85GHz	5,615 GHz- 5,944 GHz
Insertion Loss	≥ -3 dB	-2,06	-8,375
Return Loss	≤ 11 dB	-32,86	-11,95
VSWR	<1.5	1,046	1,266
Bandwidth	100	100,3	270

4. Kesimpulan

Dari penelitian kali ini dapat kita lihat bahwa proses optimasi dan realisasi mempunyai perbedaan yang cukup signifikan, dimana perbedaan ini disebabkan adanya pergeseran dan reduksi parameter perancangan filter yaitu pada bagian feedline/saluran catu dengan dimensi resonator yang menyebabkan adanya pergeseran frekuensi kerja yang pada saat optimasi dan spesifikasi awal 5,75 GHz – 5,85 GHz menjadi 5,615 GHz – 5,944 GHz, pergeseran frekuensi kerja ini juga membuat pelebaran bandwidth yang seharusnya 100 Mhz menjadi 270 MHz. Adapun return loss pada penelitian kali ini merupakan representasi dari daya yang di pantulkan kembali ke saluran catu saat proses berlangsung dan pada pengukuran berlangsung return loss yang didapatkan adalah 11,95 dB dan dari syarat spesifikasi awal maka dapat dikatakan return loss pada perancangan kali ini telah ideal, hanya saja insertion loss yang di merupakan representasi dari setengah daya yang masuk saat terjadi proses filterisasi menunjukkan kekurangan karena jauh dari spesifikasi yaitu sebesar 8,375 dB. Maka untuk penelitian selanjutnya untuk mencegah deruksi dari substrat sebaiknya lebar substrat diperbesar dan melakukan optimasi dengan bahan substrat lain agar mendapatkan hasil yang berbeda sebagai referensi, lalu juga dapat ditambahkan defected ground structure yang dimana dapat mereduksi lebar bandwidth sehingga tidak terjadi penggemukan bandwidth yang cukup besar.

Daftar Pustaka:

- [1] M. Rafiqadi, "PERANCANGAN DAN REALISASI SQUARE RING BAND PASS FILTER BERBASIS MIKROSTRIP UNTUK RADAR CUACA," Telkom University, 2018
- [2] D. M. Pozar, "Microwave Engineering. Fourth Edition. John Wiley & Son, Inc. United States.2012.
- [3] C. Bowick, RF Circuit Design, second edition. 2007.
- [4] J-S. Hong, and Michael J. Lancaster. Microstrip Filters for RF/Microwave Applications. New York: Wiley. 2001.
- [5] Y K Chan; Y K Koo, "An Introduction to Synthetic Aperture Radar," PIERB, 2008.
- [6] M.A.W.A.M. Edwar, " Microstrip BPF Made of Square Loop Resonator for X-Band Weather Radar, "IEEE, 2016.
- [7] A. Moreira, P. Prats-Iraola, M. Younis, G. Kreiger, I. Hajnsek, " A Tutorial on Synthetic Aperture Radar, " Microwaves Radar Inst. Ger. Aerosp. Cent. DLR., 2013.
- [10] N. Aeni, "Perancangan Dan Realisasi Generator Chirp Pada Synthetic Aperture Radar (SAR)," 2015.
- [11] J-S. Hong, " *Microstrip Filters for RF/Microwave Application* 's, 2nd ed. New Jersey: Wiley, 2011.
- [12] M. T. Chi Kevin, "The Design and Evaluation of a 5.8 GHz Laptop- Based Radar System," 2013.

