

DESAIN DAN REALISASI BAND PASS FILTER MIKROSTIP SQUARE OPEN LOOP UNTUK APLIKASI RADAR PITA FREKUENSI – C

DESIGN AND REALIZATION BAND PASS FILTERS MICROSTIP SQUARE OPEN LOOP FOR APPLICATIONS C-BAND RADAR

Auzano Rabyndra Zhafiri¹, Dr. Levy Olivia Nur, S.T., M.T.², Edwar, S.T., M.T.³

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
¹zanorbynra@student.telkomuniversity.ac.id, ²levyolivia@telkomuniversity.ac.id,
³edwarm@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Radio Detection and Ranging (RADAR) merupakan metode maupun perangkat yang dapat memanfaatkan gelombang elektromagnetik dalam mendeteksi jarak, kecepatan, serta karakteristik dari suatu objek pada saat penerimaan data/sinyal gelombang elektromagnetik. Pada prosesnya akan ditemukan berbagai macam interferensi yang dapat mengganggu kualitas gelombang elektromagnetik dan mengakibatkan pergeseran frekuensi kerja baik yang akan dikirim maupun yang akan diterima, oleh karena itu diperlukan sebuah perangkat filter untuk menjaga kualitas dari pada gelombang elektromagnetik pada radar itu sendiri, sehingga dapat menghasilkan keluaran sesuai yang diinginkan. Filter adalah perangkat yang digunakan untuk menyaring daerah frekuensi kerja tertentu dimana hanya frekuensi yang diinginkan (*passband*) yang dapat diteruskan. Pada penelitian kali ini akan dirancang dan direalisasikan filter yaitu *Band-Pass Filter (BPF)* yang berkerja pada pita frekuensi C (*C-Band*), filter tersebut memiliki *bandwidth* 100 Mhz, dengan frekuensi kerja 5,75Ghz – 5,85Ghz dan frekuensi tengah pada 5.8 Ghz. Metode yang akan digunakan yaitu *Square Open-Loop* dimana cenderung mudah dalam proses perancangan serta proses fabrikasi. Hasil realisasi BPF *Square Open-Loop* dengan menggunakan bahan substrat ROGERS RTDuroid 5880LZ, yaitu filter yang berkerja pada *C-Band*, filter tersebut memiliki frekuensi tengah 5,8 Ghz serta *bandwidth* sebesar 240 Mhz, dengan frekuensi kerja 5,63 Ghz – 5,86 Ghz. Nilai *insertion loss* pada filter tersebut -3,81 dB, nilai *return loss* -17,48 dB serta dimensi dari filter tersebut 3,82 cm x 3,82 cm.

Kata Kunci: BPF, Radar, Square Open-Loop, Chebyshev, C-Band

Abstract

Radio Detection and Ranging (RADAR) is a method or device that can utilize electromagnetic waves in detecting distance, speed and characteristics of an object when receiving data / electromagnetic signals. In the receiving process there will be various of interference that can interfere the electromagnetic wave quality and caused frequency shifting both in transmit and receive, therefore a filter device is needed to maintain the quality of the electromagnetic waves on the radar itself, so it can produce appropriate output. Filter is a device that is used to filter out certain areas of work frequency where only the desired frequency (*pass band*) can be forwarded. In this research, filters will be designed and realized, namely *Band-Pass Filter (BPF)* which works on the C frequency band (*C-Band*), the filter has a bandwidth of 100 MHz, with a working frequency of 5.75 GHz - 5.85 GHz and a middle frequency at 5.8 GHz. The method that will be used is *Open-Loop Square* which tends to be easy in the design and fabrication process. The results of the *Open-Loop BPF Square* by using Duroid 5880LZ ROGERS substrate material, which is a filter that works on *C-Band*, the filter has a center frequency of 5.8 GHz and a bandwidth of 240 Mhz, with working frequency 5.63 GHz - 5.86 GHz. Insertion loss is -3.81 dB, return loss is -17.48 dB and the dimension is 3.82 cm x 3.82 cm.

Keywords : BPF, Radar, Square Open-Loop, Chebyshev, C-Band

1. Pendahuluan

Radio Detection and Ranging (Radar) merupakan metode maupun perangkat yang dapat memanfaatkan gelombang elektromagnetik dalam frekuensi radio tertentu untuk mendeteksi jarak, kecepatan, serta karakteristik dari suatu objek[1].

Synthetic Aperture Radar (SAR) adalah radar pencitraan yang pada umumnya dipasang pada objek yang bergerak. Cara kerja SAR mirip dengan radar pada umumnya yaitu, dengan memancarkan gelombang elektromagnetik secara berurutan dan menerima pantulan dari gelombang tersebut[2]. Adapun sistem kerja

radar dibagi menjadi empat bagian antara lain transmitter, switch, receiver, dan recorder[3]. Filter sendiri sangat dibutuhkan pada bagian transmitter dan receiver yang berguna untuk menyaring sinyal gelombang elektromagnetik agar tetap sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan.

Pada penelitian sebelumnya *bandpass* filter meander dengan frekuensi tengah 5,8 GHz dengan bandwidth 100 MHz yang menggunakan bahan substrat Rogers duroid 4003C dimana memiliki nilai permitivitas dielektrik (ϵ_r) sebesar 3,55[4]. Sedangkan pada penelitian sebelumnya yang menggunakan metode yang sama yaitu square open-loop frekuensi tengah yang digunakan yaitu 9,475 GHz dengan bandwidth 50 MHz dan menggunakan Rogers RTDuroid 5880 sebagai bahan substrat-nya[5].

Maka pada penelitian kali ini penulis akan membuat *bandpass* filter yang bertujuan agar sinyal yang dikirimkan/diterima dapat menghasilkan kualitas maksimum, sehingga hasil yang dikeluarkan oleh radar memiliki kualitas yang baik. Pada *bandpass* filter tersebut akan menggunakan frekuensi tengah 5,8GHz frekuensi filter tersebut terdapat pada rentang pita frekuensi C (C-Band) yang memiliki rentang antara 4GHz – 8GHz. Bahan yang akan digunakan sebagai substrat yaitu Rogers RTDuroid 5880LZ yang memiliki nilai koefisien tangen relative kecil sebesar 0,0021. Pembuatan filter akan direalisasikan dengan teknologi *microstrip* dikarenakan penggunaan frekuensi yang tinggi dan dengan metode Square Open-Loop dengan respon frekuensi Chebyshev yang akan dicetak dengan metode printed circuit board (PCB).

2. Dasar Teori

A. Synthetic Aperture Radar

Synthetic Aperture Radar (SAR) adalah merupakan perkembangan dalam radar pengindraan jauh, radar pencitraan yang pada umumnya dipasang pada objek yang bergerak. Cara kerja SAR mirip dengan radar pada umumnya yaitu, dengan memancarkan gelombang elektromagnetik secara berurutan dan menerima pantulan dari gelombang tersebut[2]. Konsep SAR dapat diperkenalkan pertama kali pada 1950-an oleh Carl Wiley ketika mengusulkan sistem penajaman pancaran *doppler* untuk meningkatkan resolusi azimuth radar[6].

B. Filter

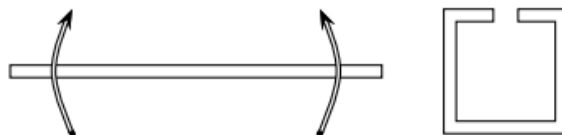
Filter adalah jaringan dua-port yang digunakan untuk menyaring daerah frekuensi kerja tertentu dimana hanya frekuensi yang diinginkan (*passband*) yang dapat diteruskan, sedangkan diluar frekuensi tersebut akan diredam (*stopband*). Frekuensi pemisah antara frekuensi yang diinginkan dan yang tidak diinginkan disebut frekuensi *cut-off*[7], [8].

C. Parameter Filter

Untuk merancang suatu filter harus menentukan spesifikasi terlebih dahulu sesuai dengan kebutuhan, ada pula beberapa parameter-parameter penting yang harus diperhatikan untuk melakukan perancangan sekaligus juga untuk mengevaluasi hasil kinerja dari suatu filter yaitu *scattering* parameter (parameter S), *Return Loss*, dan *Insertion Loss*.

D. Filter Square Open-Loop

Dalam perancangan resonator dengan metode *microstrip* resonator L dan C dapat transformasikan dalam bentuk *Square Open-Loop*, dengan cara menekuk sebuah resonator persegi terbuka, seperti pada Gambar 1.

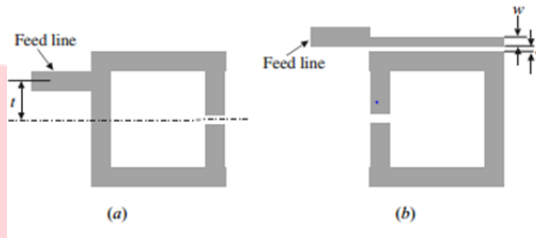


Gambar 1. Resonator Square Open-Loop

Dengan menekuk resonator sebesar 90° dan memberikan gap pada salah satu sisi resonator. Pada sisi yang terdapat gap dapat terbentuk sebuah kapasitor dan pada sisi berlawanannya terbentuk sebuah induktor sehingga dapat meresonsikan gelombang elektromagnetik menghasilkan frekuensi yang diinginkan[9].

E. Feed Line

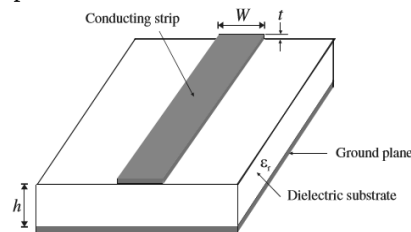
Terdapat 2 jenis saluran *input/output* (I/O) pada metode pembuatan filter *microstrip* yaitu, *tapped line* (a) dan *Coupled line* (b) seperti pada Gambar 2. Saluran I/O *Tapped line* yaitu saluran yang terhubung langsung dengan resonator dan pada umumnya penempatan posisi saluran I/O yang akan dirubah pada proses optimasi untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Sedangkan *Coupled line* adalah saluran I/O yang tidak terhubung langsung dengan resonator atau memiliki gap dengan resonator, dimana gap saluran I/O dan resonator dapat mempengaruhi pada hasil perancangan filter[9].



Gambar 2. Saluran input (a) *Tapped Lines* (b) *Coupled Feed Line*

F. *Microstrip Line*

Microstrip line merupakan media transmisi planar yang digunakan di dalam rangkaian RF dan *microwave* yang populer karena bisa dibuat dengan proses photolithographic. *Microstrip* sendiri terdiri atas conductor strip dan ground plane yang diantaranya diberikan medium dielektrik dengan konstanta (ϵ_r) dan bidang dasar konduktor (ground plane) di sisi lainnya. Pada dasarnya saluran mikrostrip adalah sebuah saluran oleh 2 dielektrik yang mengapitnya, yaitu sebuah bahan dielektrik lainnya ($\epsilon_r > 1$) dan dielektrik udara ($\epsilon_r = 1$) dimana akan meradiasi rangkaian apabila tidak ada shielding diatas medium dielektrik. Bentuk geometris dari mikrostrip dapat dilihat pada Gambar 3. [9].



Gambar 3. Geometri penyusun filter *microstrip*

Untuk menentukan konstanta dielektrik *microstrip* atau dielektrik efektif dapat ditentukan dengan persamaan 2.1:

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

Dimana nilai a dan c sapat dicari menggunakan persamaan 2.2 dan 2.3:

$$a = 1 + \frac{1}{49} \ln \left[\frac{\left(\frac{W^4}{d} \right) + \left(\frac{W/d}{52} \right)^2}{\left(\frac{W}{d} \right)^4 + 0.432} \right] + \frac{1}{87} \ln \left[1 + \left(\frac{W/d}{18.1} \right)^3 \right] \quad (2)$$

$$c = 0.564 \left[\frac{\epsilon_r - 0.9}{\epsilon_r + 3} \right]^{0.053} \quad (3)$$

Setelah hasil ϵ_e didapatkan, kemudian dapat mencari nilai impedansi karakteristik Z_0 dengan menggunakan persamaan 2.4:

$$Z_0 = \begin{cases} \frac{60}{\sqrt{\epsilon_e}} \ln \left(\frac{8d}{W} + \frac{W}{4d} \right) & \text{jika } \frac{W}{d} \leq 1 \\ \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_e} \left[\frac{W}{d} + 1.393 + 0.667 \ln \left(\frac{W}{d} + 1.444 \right) \right]} & \text{jika } \frac{W}{d} \geq 1 \end{cases} \quad (4)$$

Jika dalam perancangan diketahui nilai impedansi karakteristik Z_0 serta nilai konstanta dielektrik ϵ_r , makas lebar strip dapat dihitung dengan persamaan 2.5:

$$\frac{W}{d} = \begin{cases} \frac{8e^A}{e^{2A} - 2} & \text{jika } \frac{W}{d} < 2 \\ \frac{2}{\pi} \left[B - 1 - \ln((2B) - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left(\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right) \right] & \text{jika } \frac{W}{d} > 2 \end{cases} \quad (5)$$

Dimana nilai A dan B diperoleh dari persamaan 2.19 dan 2.20:

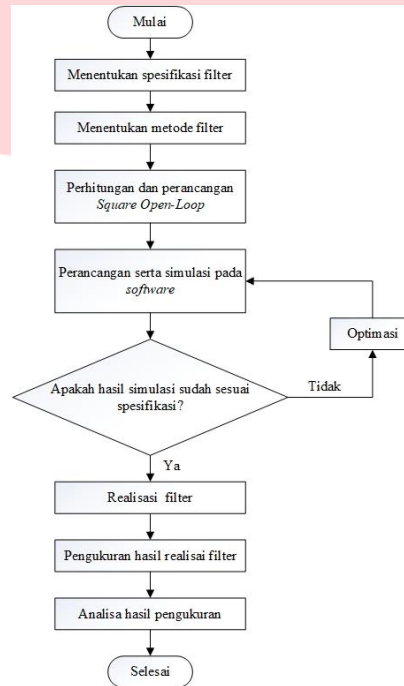
$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left(0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r} \right) \quad (6)$$

$$B = \frac{377 \pi}{2 Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (7)$$

3. Perancangan

A. Perancangan Sistem

Pada pembuatan tugas akhir kali ini akan melalui beberapa tahap, agar memiliki alur penelitian yang jelas sehingga mempermudah proses pengerjaan tugas akhir. Tahapan-tahapan tersebut akan ditampilkan dalam bentuk diagram alir (*flowchart*), seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir proses perancangan dan realisasi BPF

B. Penentuan Spesifikasi Filter

Dalam perancangan filter langkah pertama yang harus dilakukan adalah menentukan spesifikasi yang meliputi frekuensi tengah, *Bandwidth*, *Insertion Loss*, serta *Return Loss*, adapun spesifikasi yang akan digunakan *band pass filter* yang akan dibuat pada tugas akhir kali ini seperti pada Tabel 1:

Tabel 1. Spesifikasi BPF *Square Open-Loop*

Frekuensi Tengah	5,8 GHz
Rentang Frekuensi	5,75 GHz – 5,85 GHz
Impedansi Karakteristik	50Ω
Bandwidth	100 MHz
Insertion Loss	≥ -3dB
Return Loss	≤ -12 dB

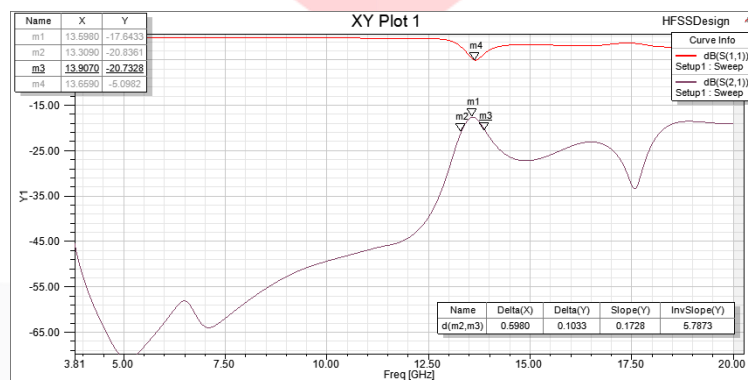
C. Perancangan dan Simulasi Filter

Berdasarkan rumus yang digunakan dalam merancang antenna yaitu pada rumus 1-7 maka didapatkan hasil perancangan filter *Square Open-Loop* berikut hasil perancangan awal ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter yang digunakan pada perancangan

Variabel	Nilai (mm)	Keterangan
L	10,55	Panjang Resonator
L_f	10,55	Panjang Saluran Transmisi
G01	1	Diameter Hole Grounding
G02	1	Jarak Resonator 0&
G03	1	Jarak Resonator 1&2
W	4,15	Lebar Resonator
W_f	4.15	Lebar Saluran Transmisi

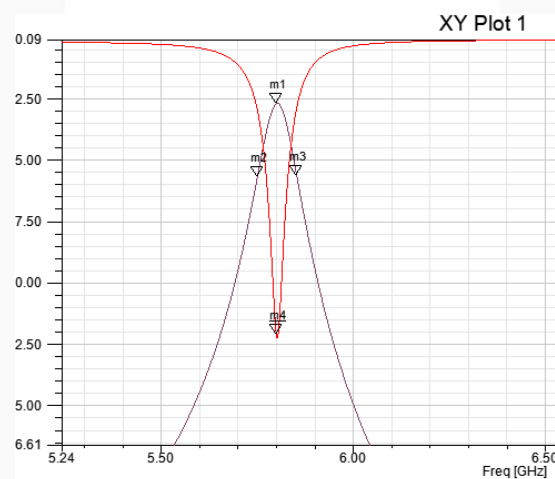
Kemudian setelah hasil perhitungan tersebut dimasukkan kedalam desain perancangan lalu dilakukan simulasi untuk mengetahui hasil parameter spesifikasi dari rancangan perhitungan. Berikut hasil simulasi ditunjukkan oleh Gambar 5.

**Gambar 5.** Hasil Simulasi Filter

Hasil yang diperoleh dari simulasi tersebut, BW sebesar 598 MHz dengan frekuensi tengah 13,59 GHz, untuk *Insertion loss* pada frekuensi tengah sebesar -17,64 dB.

D. Optimasi Filter

Hasil simulasi awal menunjukkan parameter filter masih belum sesuai dengan spesifikasi, oleh karenanya dilakukan proses optimasi agar parameter dapat sesuai dengan spesifikasi awal. Berikut hasil parameter dan ukuran setelah optimasi Gambar 6.

**Gambar 6.** Hasil simulasi optimasi akhir

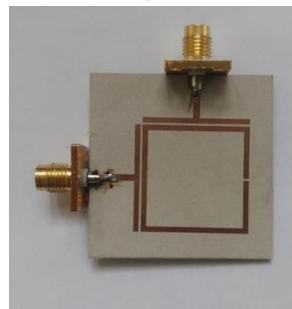
Dari hasil optimasi tersebut menghasilkan spesifikasi filter *Bandwidth* 102 MHz dan memiliki nilai *Insertion loss* sebesar -2,69 dB serta *Return loss* sebesar -12,09 dB difrekuensi tengah 5,8 GHz. Hasil tersebut sudah memenuhi target spesifikasi awal kecuali *Bandwidth* tetapi masih dalam tahap toleransi. Untuk dimensi filter setelah optimasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter yang digunakan pada perancangan

Variabel	Nilai (mm)	Keterangan
L	22,35	Panjang Resonator
Lf	9,05	Panjang Saluran Transmisi
G01	0,4	Kopling Resonator
G02	0,54	Jarak Resonator 1
G03	0,54	Jarak Resonator 2
W	1,05	Lebar Resonator
Wf	1,27	Lebar Saluran Transmisi
Wf2	1	Lebar Saluran Transmisi 2
Ls	38,5	Lebar Substrat

E. Realisasi Filter

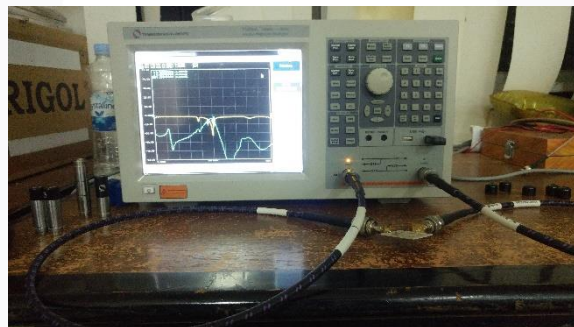
Setelah hasil optimasi mendapatkan nilai spesifikasi yang diinginkan kemudian dilakukan proses fabrikasi, hasil dari proses tersebut ditunjukkan pada Gambar 7.

**Gambar 7.** Realisasi BPF mikrostrip *Square Open-Loop* pada Rogers Duroid 5880LZ

4. Pengukuran dan Analisis

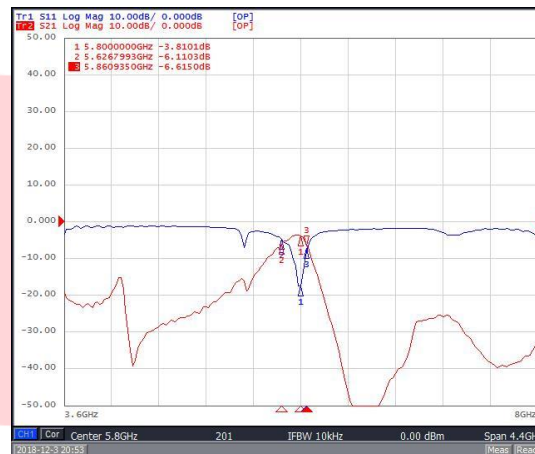
A. Pengukuran Filter

Proses pengukuran dilakukan pada parameter S yaitu S_{11} dan S_{21} dimana dapat menunjukkan nilai dari parameter yang telah ditentukan, *insertion loss*, *return loss*, serta *bandwidth*. Pengukuran dilakukan menggunakan alat *Virtual Network Analyzer* TRANSCOM INSTRUMENT T5280A seperti pada Gambar 8.

**Gambar 8.** Proses pengukuran

B. Hasil Pengukuran Filter

Hasil yang didapatkan pada beberapa parameter belum memenuhi spesifikasi yang sudah ditentukan hanya *Return loss* pada filter mikrostrip yang sesuai. Berikut ini adalah hasil dari pengukuran filter *Square Open-Loop* dapat dilihat pada Gambar 9



Gambar 9. Hasil pengukuran *Return Loss*, *Insertion Loss* dan *Bandwidth*

Dari proses pengukuran diketahui hasilnya *Bandwidth* 242 MHz dan memiliki nilai *Insertion loss* sebesar -3,81 dB serta *Return loss* sebesar -17,48 dB pada frekuensi optimal 5,8Ghz, sedangkan frekuensi tengah bergeser menjadi 5,74 GHz

5. Kesimpulan

Setelah melakukan perancangan, realisasi dan pengukuran dari penelitian tersebut, kesimpulan yang didapat adalah filter hasil optimasi telah dapat memenuhi semua parameter spesifikasi yang diinginkan, tetapi pada proses realisasi setelah dilakukan pengukuran hanya *Return loss* yang dapat memenuhi spesifikasi sedangkan *Insertion loss* dan *Bandwidth* belum mendapatkan hasil yang memuaskan.

Hasil tersebut dapat terjadi akibat kurang baiknya proses fabrikasi dimana terjadi kemiringan pada pencetakan saluran transmisi dan resonator, kurang baiknya proses penyolderan konektor, loss yang terjadi pada konektor, serta karena nilai toleransi pada nilai koefisien dielektrik (ϵ_r) bahan yang memiliki toleransi perubahan $\pm 0,04$ serta toleransi ketebalan bahan sebesar $\pm 0,002\text{mm}$ dimana hal tersebut dapat berpengaruh dan tidak dapat disimulasikan.

6. Daftar Pustaka

- [1] M. I. Skolnik, *Introduction to Radar Systems*, 2nd ed., no. radar. McGraw-Hil Book, 1983.
- [2] A. Moreira, P. Pau, Y. Marwan, K. Gerhard, I. Hajnsek, and P. P. Konstantinos, "A Tutorial on Synthetic Aperture Radar," *IEEE*, 2013.
- [3] Y. K. Chan and V. C. Koo, "An Introduction To Synthetic Aperture Radar (SAR)," *PIERS*, vol. 2, no. 6, pp. 27–60, 2008.
- [4] I. Radhi Mafazi, L. Olivia Nur, and Edwar, "Miniaturisasi Mikrostrip Band Pass Filter Untuk Aplikasi Radar C-Band," TelkomUniversity, 2018.
- [5] I. N. Agfah, H. Wijanto, and B. Syihabuddin, "Bandpass Filter Mikrostrip X-Band Untuk Radar Cuaca Dengan Metode Square Ring Resonator," Telkom University.
- [6] V. C. Koo *et al.*, "A new Unmanned Aerial Vehicle Synthetic Aperture Radar For Environmental Monitoring," *PIERS*, vol. 122, no. November 2011, pp. 245–268, 2012.
- [7] G. D. Vendelin, A. M. Pavio, and U. L. Rohde, *Microwave Circuit Design Using Linear and Nonlinear Techniques*, 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc, 1990.
- [8] C. Bowick, *RF Circuit Design*. Nownes, 2008.
- [9] Jia-Sheng Hong and M. J. Lancaster, *Microstrip Filters for RF / Microwave Applications*, 2nd Edition. John Wiley & Sons, Inc, 2011.