

**PERANCANGAN DAN REALISASI FILTER HAIRPIN BAND-PASS  
CHEBYSHEV ORDE-8 UNTUK SYNTHETIC APERTURE RADAR 1.27 GHz**

*DESIGN AND REALIZATION OF HAIRPIN BAND-PASS FILTER 8<sup>TH</sup> ORDER  
CHEBYSHEV FOR SYNTHETIC APERTURE RADAR 1.27 GHz*

Donny Noviandi,<sup>[1]</sup>Heroe Wijantoe,<sup>[2]</sup>Yuyu Wahyu<sup>[3]</sup>

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

<sup>1</sup> [donny.noviandi@gmail.com](mailto:donny.noviandi@gmail.com), <sup>2</sup>[heroe.wijanto@gmail.com](mailto:heroe.wijanto@gmail.com), <sup>3</sup>[yuyuwahyusr@gmail.com](mailto:yuyuwahyusr@gmail.com)

---

**Abstrak**

*Synthetic Aperture Radar (SAR)* adalah teknologi yang digunakan dalam sistem komunikasi satelit yang digunakan untuk *remote sensing* atau yang biasa disebut dengan penginderaan jarak jauh. Sistem SAR menggunakan Frekuensi 1,265-1,275 MHz. Penggunaan frekuensi ini mengacu kepada penelitian LAPAN dan referensi dari ORARI (Organisasi Amatir Radio Indonesia) dimana penggunaan *L band* dapat sampai ke bentuk tanah permukaan bumi untuk orbit LEO (*Low Earth Orbit*). Pada kondisi ini banyak interferensi yang dialami oleh satelit SAR sendiri, untuk kondisi tersebut maka dalam Tugas Akhir ini dirancang *band pass filter* yang ditempatkan pada *transmitter*. Dengan *bandwidth* yang cukup sempit yaitu hanya 10 MHz maka dibutuhkan *slope* yang tajam untuk itu dipilih metode *chebyshev* yang memiliki selektifitas tinggi. Hasil analisis perancangan dan realisasi filter *hairpin* ini panjang lengan, spasi antar resonator, lebar resonator, *slide factor* serta posisi pencatutan sangat berpengaruh pada hasil frekuensi kerja. Hasil yang didapatkan pada perancangan ini mendapatkan bandwidth sebesar 16.6 MHz dari rentang frekuensi 1,2594 GHz – 1,276 GHz

**Kata kunci :** *Band pass filter, Hairpin, Bandwith*

---

**Abstract**

Synthetic Aperture Radar (SAR) is the technology used in satellite communications systems used for remote sensing or commonly referred to as remote sensing. SAR system uses 1.265-1.275 MHz frequency. The use of this frequency refers to research of LAPAN and reference from ORARI (Organisasi Amatir Radio Indonesia) where the use of the L band can be up to forms of land surface of the earth to orbit LEO (Low Earth Orbit). In this condition experienced by many interference SAR satellites themselves, for these conditions, in this Final Project designed band pass filter placed on the transmitter. With a fairly narrow bandwidth of only 10 MHz it takes a sharp slope to the chosen method of Chebyshev which has a high selectivity

Results of analysis of the design and realization of this hairpin filter arm's length, spacing between resonator, the resonator width, slide rationing factor and very influential position on the outcome of the working frequency. Results be obtained in this design get bandwidth of 16.6 MHz of the frequency range of 1.2594 GHz – 1.276 GHz

**Key Word :** *Band pass filter, Hairpin, Bandwith*

---

1. Pendahuluan

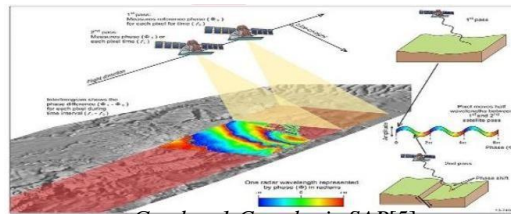
Dewasa ini penggunaan satelit pada sistem telekomunikasi sangat banyak digunakan. Penggunaan satelit dapat digunakan untuk berbagai macam kebutuhan, mulai dari *broadband*, siaran TV, data atau internet maupun militer. Banyak penggunaan teknologi dalam pembuatan satelit diantaranya *remote sensing*.

*Remote sensing* atau biasa disebut penginderaan jarak jauh adalah ranah pembelajaran yang mengekstrak informasi dari suatu objek tanpa mendatangi atau menyentuh objek tersebut secara langsung. Sebagai contoh kita dapat merasakan cuaca panas ataupun sejuk tanpa menyentuhnya. Itu adalah salah satu *remote sensing* alamiah pada manusia.<sup>[3]</sup> Pada sumber lain *remote sensing* diartikan ilmu sains yang mengambil informasi dari suatu objek atau area dari kejauhan, biasanya menggunakan *aircraft* atau satelit<sup>[2]</sup>

Penggunaan teknologi *remote sensing* banyak diaplikasikan ke banyak hal, contohnya SAR (*Synthetic Aperture Radar*). Di sini penulis membuat filter untuk SAR dengan rentang frekuensi kerja yang dibutuhkan 1.265 GHz – 1.275 GHz dengan *bandwith* 10 MHz

2. *Synthetic Aperture Radar* (SAR)

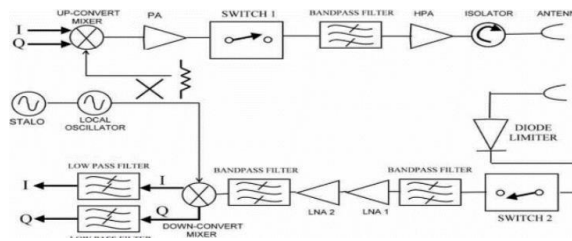
*Synthetic Aperture Radar* (SAR) adalah perangkat kompleks yang bertujuan untuk mengukur jarak antara permukaan bumi dengan pantulan gelombang dengan kualitas yang tinggi<sup>[1]</sup>. Sumber lain mendefinisikan SAR adalah alat yang digunakan untuk memonitor lingkungan, memetakan sumber daya alam, dan kebutuhan sistem militer.<sup>[4]</sup> Sistem SAR mengambil kelebihan dari karakteristik propagasi jarak jauh dari sinyal radar dan informasi yang kompleks untuk menghasilkan resolusi gambar yang tinggi



Gambar 1 Cara kerja SAR<sup>[5]</sup>

Blok Sistem komunikasi SAR dibagi menjadi dua bagian secara umum yaitu pemancar dan penerima. Pada mulanya gelombang yang ingin dipancarkan masuk ke *up-converter* untuk meningkatkan domain frekuensi. Kemudian masuk ke blok PA (*Power Amplifier*) untuk meningkatkan power, kemudian masuk ke *switch*. Berikutnya masuk *Bandpass Filter* (BPF), kemudian menuju *High Power Amplifier* (HPA), *isolator*, dan kemudian dipancarkan dengan antenna sebagai media pemancar.<sup>[7]</sup>

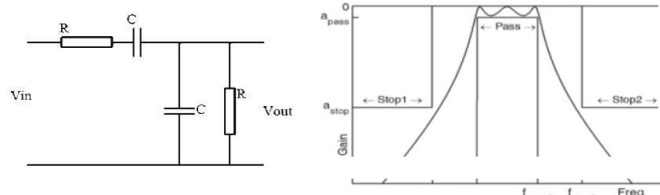
Pada penerima terdapat limiter diode berfungsi sebagai pelindung terhadap adanya lonjakan daya secara tiba-tiba pada saat transmisi, *band pass filter* (BPF) untuk melewatkan sinyal yang diinginkan, *low noise amplifier* (LNA) berfungsi menguatkan sinyal pembawadan osilator dan *mixer* berfungsi untuk mengkonversi sinyal *Intermediate Frequency* (IF) ke *Radio Frequency* (RF) atau sebaliknya<sup>[7]</sup>. Pada blok *Bandpass Filter* inilah alat yang dibuat dipakai untuk meloloskan hanya frekuensi yang diinginkan dikarenakan *path* yang dilalu jauh dan banyak interferensi.



Gambar.2 Blok Diagram SAR [6]

2.1 *Band Pass Filter* Chebyshev

*Band Pass Filter* adalah filter yang berkerja untuk meneruskan sinyal input yang berada diantara *frequency cutoff* bawah dan *frequency cutoff* atas, selain itu sinyal akan diredam.



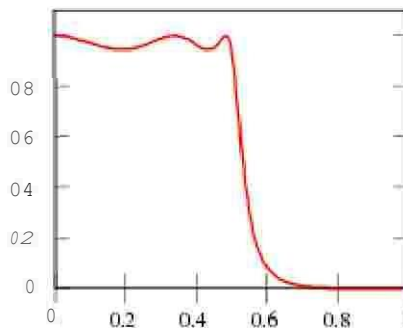
Gambar.3 *Band Pass Filter*

Respon *Chebyshev* digunakan untuk mencari *slope* yang tajam. Namun pada filter ini terdapat *ripple* yang konstan pada daerah *passband*-nya.<sup>[11]</sup> Semakin banyak orde filter, maka respons semakin curam. Nilai setiap elemen *Chebyshev* dapat dicari dari persamaan 2.1 dan 2.2

$$g_i = \frac{1}{g_{i-1}} \times \left( \frac{\gamma}{\gamma^2 + \sin^2 \left[ \frac{(i-1)\pi}{n} \right]} \right)^{\frac{1}{2}}$$

untuk  $i=2,3,\dots,n$   
 dengan  
 $\gamma = \sinh \left( \frac{\beta}{2n} \right)$   
 ripple

$$\beta = \ln \left[ \coth \left( \frac{1}{17.37} \right) \right]$$



Gambar.4 Respon Filter Chebyshev

**2.2 Hairpin<sup>[9]</sup>**

*Hairpin-line bandpass filters* adalah filter yang mempunyai struktur tersusun rapi. Filter tersebut mempunyai konsep yang didapat dengan lipatan resonator dari *parallel-coupled, half-wavelength resonator filters*, mempunyai bentuk “U”. Konsekuensinya, disainnya sama dengan untuk *parallel-coupled, half-wavelength resonator*.

Untuk lipatan resonator, ini penting dengan mengambil perkiraan pengurangan dari panjang *coupled line*, yang mana mengurangi kopling antara resonator. Begitu juga, jika dua lengan masing-masing resonator Hairpin dihitung dengan teliti, mereka berfungsi sebagai sepasang saluran *coupled*, yang mempunyai pengaruh dalam kopling dengan baik. Penggunaan *Hairpin* sangat baik digunakan untuk frekuensi rendah *Microwave*, dimana pada frekuensi rendah *Microwave* membutuhkan struktur yang rapat.



Gambar.5 Struktur Filter Hairpin

**2.2.1 Koefisien Kopling<sup>[10]</sup>**

Saluran dilipat berbentuk “U” dan disusun dalam model sehingga seluruh filter dapat lebih ringkas. Untuk mendisain filter Hairpin dapat dengan teknik kopling dimana koefisien kopling dapat ditentukan oleh

$$K_{n+1} = \frac{BW}{\sqrt{1 + BW^2}}$$

$n=1,2,3 \dots$

Dimana  $BW$ = *Bandwidth filter*

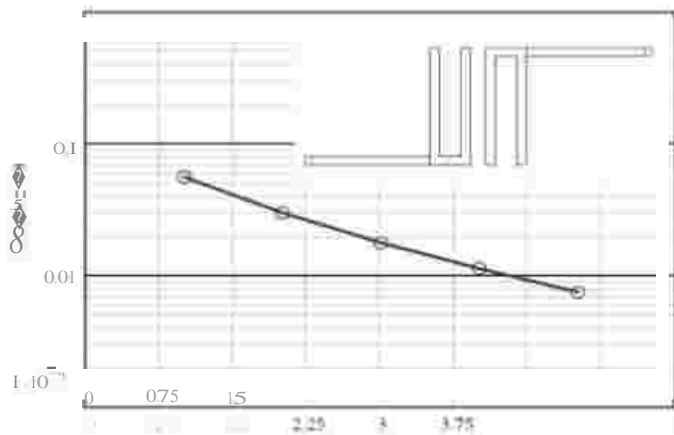
$f_c$ = frekuensi *center filter*

$g_n$ = parameter *lowpass Chebyshev*

Semakin besar koefisien kopling maka transfer daya makin besar sehingga *bandwidth* lebih lebar

**2.2.2 Spasi Antar Resonator**

Koefisien kopling digunakan untuk menentukan spasi antar resonator yang kemudian dimasukkan kedalam grafik. Semakin besar spasi antar resonator maka semakin kecil pengaruh koefisien kopling



Gambar.6 Hubungan antara koefisien kopling dan spasi

Dengan mencari nilai koefisien kopling mendapatkan nilai spasi yang diperlihatkan pada gambar 2.11<sup>[2]</sup>. Cara lain yang digunakan adalah dilakukan dengan menggunakan simulasi. Dengan menggunakan simulasi serta mengubah spasi antar resonator kita mengamati grafik S<sub>21</sub>. Dengan nilai

$$K = \frac{S_{21}^2 - S_{11}^2}{S_{21}^2 + S_{11}^2}$$

Kemudian dari nilai K yang didapatkan dari simulasi dibandingkan dengan factor kualitas pada persamaan untuk mendapatkan nilai K pada simulasi mendekati dengan persamaan.

**2.2.2 Menentukan panjang saluran**

Terdapat 2 bagian panjang saluran yaitu saluran ter-coupled dan saluran tidak ter-coupled (slide factor).

Untuk penggunaan filter hairpin besarnya panjang saluran adalah  $\frac{\lambda}{4}$  dimana  $\lambda = \frac{3 \times 10^8}{1.27 \times 10^6}$ . Dan dalam

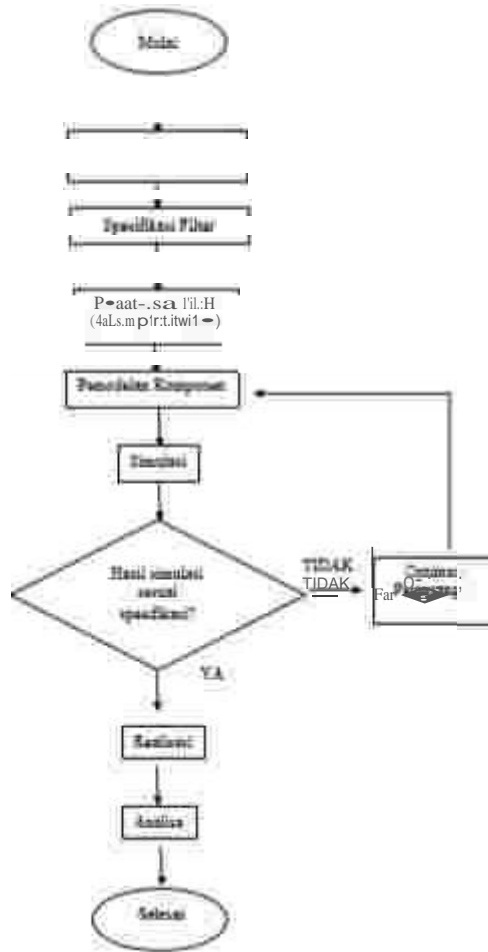
penggunaan filter hairpin nilai panjang saluran akan didapatkan dengan persamaan

$$l = \frac{\lambda}{4 \sqrt{\epsilon_r}}$$

Maka didapatkan panjang resonator = 28.15342291 mm

3. Eksperimen dan Hasil

3.1 Diagram dan Spesifikasi Filter



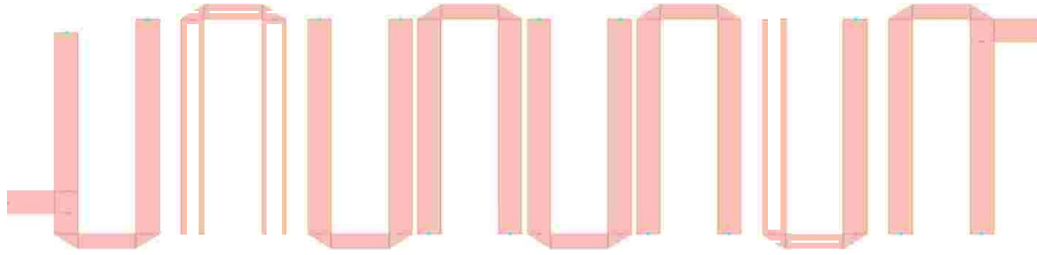
Gambar 3.1 Diagram alir percobaan

- Jenis Filter : Chebyshev
- Frekuensi Kerja : 1270 MHz
- Frekuensi *cut-off* bawah : 1265 MHz
- Frekuensi *cut-off* atas : 1275 MHz
- Lebar Pita (*Bandwidth*) : 10 MHz
- *Ripple* : 0.01 dB
- Impedansi Terminal : 50 Ω
- Impedansi Resonator : 50 Ω
- *Insertion Loss* :  $\geq -3\text{ dB}$
- *Return loss* :  $\leq -14\text{ dB}$
- VSWR :  $\leq 1.5$

Bahan dielektrik yang digunakan pada perancangan *filter* ini adalah FR-4, dengan karakteristik substrat sebagai berikut:

- Permittivitas dielektrik ( $\epsilon_r$ ) : 4.4
- Tebal dielektrik (d) : 1.6 mm
- Tebal konduktor (t) : 0.035 mm
- Tangent Loss ( $\tan \delta$ ) : 0.02

### 3.2 Tahapan Perancangan



Gambar 8 Struktur Filter Hairpin orde 8

Gambar 8 menunjukkan struktur filter Hairpin dengan orde 8 pada perancangan Tugas Akhir ini.

Tabel 1. Tabel Hasil Perancangan

Resonator ke-	Lebar Resonator (W)	Jarak Resonator (s)	Panjang Resonator (l)	Slide Factor (B)
1	2 mm	2 mm	22.249 mm	5 mm
2	2 mm	2 mm	30.25 mm	5 mm
3	2 mm	0.5 mm	30.25 mm	5 mm
4	2 mm	0.5 mm	30.25 mm	5 mm
5	2 mm	0.5 mm	30.25 mm	5 mm
6	2 mm	0.5 mm	30.25 mm	5 mm
7	2 mm	2 mm	30.25 mm	5 mm
8	2 mm	2 mm	27.0834 mm	5 mm

### 3.3 Hasil Pengukuran

Pengukuran *Return Loss* (S11) menunjukkan besarnya sinyal yang dipantulkan kembali ke sumber. Semakin kecil nilai *Return Loss* maka semakin kecil pula daya yang dipantulkan kembali menuju sumber, sehingga terjadi transfer daya maksimum. Hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 9 Pengukuran retrun loss

Pada gambar diatas dapat dilihat hasil pengukuran berada pada frekuensi tengah 1.270 GHz dengan nilai *return loss* sebesar -23.142 dB yang ditandai pada marker 1. Marker 2 berada pada frekuensi 1.265 GHz dengan nilai *return loss* sebesar -25.629 dB. Marker 3 berada pada frekuensi 1.275 GHz dengan nilai *return loss* sebesar -15.071 dB.

Untuk pengukuran *Insertion Loss* (S21) menunjukkan karakteristik sinyal yang ditransmisikan dari *port input* ke *port output*. Nilai *Insertion Loss* yang baik dan ideal berada pada 0 dB. Pada pengukuran ini terdapat banyak rugi-rugi dalam *filter* sehingga sulit mencapai keadaan ideal. Hasil pengukuran *Insertion Loss* dapat dilihat pada gambar 3.3



Gambar 10 Pengukuran insertion loss

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa nilai *Insertion Loss* pada marker 1 atau berada pada frekuensi tengah 1.27 GHz adalah sebesar -11.053 dB. Pada frekuensi tengah 1.27 GHz daya yang masuk ke filter sebesar 0.0794 daya yg dikirimkan. Pada frekuensi *cut off* bawah yaitu pada frekuensi 1.265 GHz yang ditandai oleh marker 2 nilai *Insertion Loss* sebesar -11.278 dB sedangkan frekuensi *cut off* atas yaitu pada frekuensi 1.275 GHz yang ditandai oleh marker 3 nilai *Insertion Loss* sebesar -11.065 dB

Untuk *band rejection* bawah ditandai dengan marker 4 pada frekuensi 1.083 dengan nilai *rejection* sebesar -56.758 dB, sedangkan untuk *band rejection* atas dengan marker 5 dengan nilai *band rejection* sebesar -56.331 dB.

Pengukuran VSWR menunjukkan besar dari gelombang datang yang ditransmisikan dibandingkan dengan gelombang pantul yang dipantulkan kembali ke sumber. Hasil dari pengukuran VSWR dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 11 Hasil pengukuran VSWR

Pada gambar diatas nilai VSWR *filter* pada frekuensi tengah 1.270 GHz yand ditandai oleh marker 1 adalah sebesar 1.161. Nilai dari VSWR ini masih berada dalam spesifikasi yang ditetapkan. Frekuensi *cut off* bawah yang berada pada frekuensi 1.265 GHz adalah sebesar 1.123 yang ditandai oleh marker 2 dan marker 3 menunjukkan frekuensi *cut off* atas yang berada pada frekuensi 1.275 GHz sebesar 1.444.



### 3.4 Analisis Kerja Sistem

Analisa kerja sistem terakhir menunjukkan bahwa proses perancangan *filter* dengan hasil simulasi perancangan dan membandingkan hasil pengukuran spesifikasi awal yang ditetapkan. Berikut perbandingan spesifikasi awal, tahap simulasi dan hasil pengukuran *filter* yang terdapat pada tabel 3.1

Tabel 2. Perbandingan spesifikasi, simulasi dan hasil pengukuran

Parameter	Daerah Passband		
	Spesifikasi	Simulasi	Pengukuran
Frekuensi Tengah	1.27 GHz	1.270 GHz	1.270 GHz
Rentang Frekuensi	1.265 – 1.275 GHz	1.265 – 1.275 GHz	1.2594 – 1.276 GHz
<i>Bandwidth</i>	10 MHz	10 MHz	22 MHz
<i>Return Loss</i>	$\leq -10$ dB	-23.445 dB	-23.142 dB
<i>Insertion Loss</i>	$\geq -3$ dB	-10.055 dB	-11.059 dB

## 4. Penutup

### 4.1 Kesimpulan

1. respon frekuensi yang diperoleh dari hasil realisasi dan pengukuran diperoleh nilai dari frekuensi *cut off* bawah berada pada frekuensi 1.260 GHz, frekuensi tengah berada pada frekuensi 1.270 GHz dan frekuensi *cut off* atas berada pada frekuensi 1.275 GHz.
2. Nilai *insertion loss* pada frekuensi tengah 1.270 adalah -11.059 dB. Nilai ini kurang ideal untuk *insertion loss*.
3. *Bandwidth filter* yang berada pada saat vswr 1.5 mengalami pelebaran rentang frekuensi sebesar 15 MHz yaitu berada pada frekuensi 1.260 – 1.275 GHz. Nilai ini masih diluar dari spesifikasi awal yang ditetapkan yaitu sebesar 10 MHz. Pelebaran *bandwidth filter* menyebabkan kinerja *filter* menjadi kurang selektif.
4. Nilai *return loss* pada frekuensi tengah 1.270 adalah -23.142 dB. Nilai ini mencapai pada hasil spesifikasi awal yang ditetapkan yaitu  $\geq -10$  dB. Nilai *return loss* pada frekuensi *cut off* bawah 1.265 GHz adalah -25.629 dB dan pada frekuensi *cut off* atas 1.275 GHz adalah -15.071 dB.
5. VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*) yang diperoleh pada saat pengukuran adalah 1.161 pada frekuensi tengah 1.270 GHz, nilai vswr pada frekuensi *cut off* bawah 1.265 GHz adalah 1.128 dan nilai vswr pada frekuensi *cut off* atas 1.275 GHz adalah 1.444. Nilai vswr tersebut memenuhi spesifikasi awal yang ditetapkan yaitu  $\leq 2$ .

### 4.2 Saran

Agar mendapatkan hasil respon frekuensi *filter* yang lebih baik pada penelitian berikutnya, terdapat beberapa hal yang bias dijadikan saran dan sebagai bahan pertimbangan, antara lain:

1. Proses perancangan filter dapat dilakukan dengan menerapkan suatu metode lain, yaitu dengan metode DGS (*defected ground structure*) atau *true hole*. Dengan pemakain metode DGS ataupun *True Hole* dapat mengurangi jumlah orde tanpa mengurangi selektivitas *bandwidth*

## 3 Referensi

- [1] Olivier Chirs, Quegan Shaun "UNDERSTANDING SYNTHETIC APERTURE RADAR IMAGES" USA.2004 Retrieved from [https://books.google.co.id/books?id=IeGKe40S77AC&printsec=frontcover&hl=id&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&ad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.co.id/books?id=IeGKe40S77AC&printsec=frontcover&hl=id&source=gbs_ge_summary_r&ad=0#v=onepage&q&f=false)
- [2] "Remote Sensing" retrieved from <http://oceanservice.noaa.gov/facts/remotesensing.html>
- [3] Schoot R Jhon. "REMOTE SENSING THE IMAGE CHAIN APPROACH 2nd EDITION".Oxford University USA Retrieved from [https://books.google.co.id/books?id=IeGKe40S77AC&printsec=frontcover&hl=id&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&ad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.co.id/books?id=IeGKe40S77AC&printsec=frontcover&hl=id&source=gbs_ge_summary_r&ad=0#v=onepage&q&f=false)
- [4] "Synthetic Aperture Radar Retrieved from 4.[http://www.sandia.gov/radar/what\\_is\\_sar/index.html](http://www.sandia.gov/radar/what_is_sar/index.html).
- [6] "Synthetic Aperture Radar [ga.gov.au](http://ga.gov.au)