

# PERANCANGAN ANTENA MICROSTRIP PATCH MULTI BAND (2,4 GHZ – 5,4 GHZ) DENGAN TEKNIK ARRAY LOG PERIODIC

William Kristanto<sup>1)</sup>, Indra Surjati<sup>2)</sup>, Gunawan Tjahjadi<sup>3)</sup>

<sup>1),2)</sup> Magister Teknik Elektro, Universitas Trisakti, Jakarta, 14410

<sup>2)</sup> Jurusan Teknik Elektro, Universitas Trisakti, Jakarta, 14410

*email: william.kristanto@gmail.com, indra@trisakti.ac.id, gunawantj@trisakti.ac.id*

## ABSTRAK

Penelitian ini mengusulkan perancangan antenna mikrostrip yang memiliki frekuensi kerja ganda (Multiband) pada rentang frekuensi 2.4 GHz, 3.4 GHz, 4.4 GHz dan 5.4 GHz dengan patch berbentuk persegi panjang (Rectangular) menggunakan substrat FR-4 Epoxy dengan nilai  $\epsilon_r = 4.3$ ,  $h = 1.6$  mm dan  $\tan \delta = 0.0265$ . Untuk menghasilkan antenna dengan multiband pertama kali dilakukan perhitungan dimensi untuk masing – masing patch pada rentang frekuensi kerja yang sudah ditentukan lalu dilakukan proses simulasi untuk masing – masing patch sampai mendapatkan  $VSWR \leq 2$  dan  $\text{return loss} \leq -10$  dB. Setelah itu masing – masing patch disusun kedalam sebuah substrat dengan menggunakan metode array log periodic. Setelah patch tersebut digabungkan, selanjutnya dilakukan proses iterasi untuk melihat nilai VSWR dan Return Loss pada frekuensi kerja yang diinginkan. Dari hasil penelitian ini jarak antar masing – masing patch sangat menentukan nilai VSWR dan return loss yang dihasilkan pada antenna tersebut.

**Kata kunci:** *Antena Mikrostrip, Array, Log Periodic, VSWR, Return Loss*

## ABSTRACT

*This study proposes the design of microstrip antennas that have multiple working frequencies (Multiband) in the frequency range of 2.4 GHz, 3.4 GHz, 4.4 GHz and 5.4 GHz with rectangular patches using FR-4 Epoxy substrate with the value  $\epsilon_r = 4.3$ ,  $h = 1.6$  mm and  $\tan \delta = 0.0265$ . To produce multiband antennas, the dimensions of each patch are calculated for the first time in the specified work frequency range and the simulation process is performed for each patch until it gets  $VSWR \leq 2$  and  $\text{Return Loss} \leq -10$  dB. After that each patch is arranged into a substrate using the periodic log array method. After the patch is combined, an iterative process is then carried out to see the VSWR and Return Loss values at the desired work frequency. From the results of this study the distance between each patch greatly determines the VSWR value and return loss generated on the antenna.*

**Keyword:** *Microstrip Antenna, Array, Log Periodic, VSWR, Return Loss*

*Naskah Diterima : 10 Desember 2018*

*Naskah Direvisi : 15 Februari 2019*

*Naskah Diterbitkan : 04 Maret 2019*

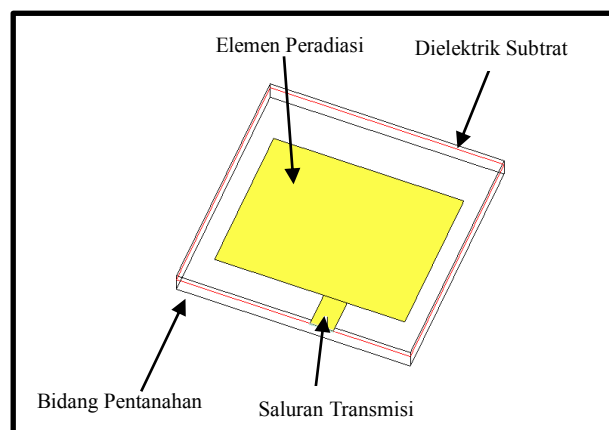
## 1. PENDAHULUAN

Dengan semakin cepatnya pertumbuhan teknologi dalam bidang telekomunikasi yang memungkinkan proses pertukaran informasi yang lebih mudah membuat perkembangan dibidang pengiriman dan penerimaan informasi menjadi suatu hal yang penting untuk dilakukan penelitian. Dalam proses pengiriman dan penerimaan informasi pada saluran telekomunikasi antenna merupakan suatu komponen yang penting. Dikarenakan pentingnya peran antenna pada saluran telekomunikasi berbagai

antena sudah banyak dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan tersebut, salah satunya adalah antena mikrostrip.

Antena mikrostrip diusulkan pertama kali oleh Deschamps pada awal tahun 1950 dan baru dibuat pada tahun 1970 oleh Munson dan Howel. Sejak saat itu penggunaan dan perkembangan antena mikrostrip berkembang pesat untuk sejumlah sistem komunikasi seperti untuk *Personal Communication System (PCS)*, *Mobile Satellite Communications*, *Direct Broadcast Television (DBS)* dan *Global Positioning System (GPS)*. Teknologi antena mikrostrip ini memiliki kelebihan dalam hal memiliki bentuk yang sederhana, ukuran yang terbilang cukup kecil, proses pembuatan yang cukup mudah dan dengan harga yang cukup terjangkau [1-3].

Struktur dari antena mikrostrip terdiri dari tiga bagian utama yaitu elemen peradiasi atau *patch* antena, saluran transmisi dan bidang petanahan atau *ground plane*. Antena tersebut dapat dicetak pada suatu dielektrik substrat seperti pada gambar 1. [4-5].



**Gambar 1.** Geometri dari antena mikrostrip

Antena mikrostrip memiliki kelebihan dapat memiliki lebih dari satu frekuensi kerja berbeda (*Multiband*) dengan antena pada umumnya yang hanya memiliki satu frekuensi kerja. Pada penelitian ini frekuensi kerja dari 2,4 GHz sampai dengan 5,4 GHz dengan menyusun *patch* dalam susunan array dengan metode *log – periodic*. Antena ini nantinya dapat digunakan untuk aplikasi *Universal Mobile Telecommunication Access (UMTS)*, *Long Term Evolution (LTE)* dan *Wireless Fidelity (WiFi)* [6]. Salah satu cara membuat antena mikrostrip dengan frekuensi kerja ganda yaitu dengan menyusunnya secara *log periodic* [7-9]. Metode log periodik adalah metode penggunaan *patch* / dimensi antena dengan rasio frekuensi kerja yang dibuat secara periodik dari frekuensi tinggi menuju ke rendah. Antena disusun secara sejajar dan di hubungkan dengan saluran pencatu dan di pisahkan dengan jarak tertentu untuk mencegah terjadinya interferensi. Pada penelitian ini dilakukan perancangan antena mikrostrip dengan menggunakan 4 buah *patch* yang memiliki frekuensi kerja yang berbeda yang ditempatkan secara sejajar dan dihubungkan dengan saluran pencatu 50 Ohm. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan antena mikrostrip yang memiliki frekuensi kerja ganda sehingga dapat digunakan untuk beberapa aplikasi pada sistem telekomunikasi.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan sebuah antena yang memiliki bentuk dan ukuran yang ringkas sehingga dapat digunakan untuk berbagai macam aplikasi yang membutuhkan spesifikasi antena yang berdimensi kecil sehingga dapat mudah dibawa dan didapat diintegrasikan dengan rangkaian elektronik lainnya (seperti IC, rangkaian aktif, dan rangkaian pasif). Antena ini dapat diaplikasikan pada berbagai kegunaan seperti komunikasi satelit, komunikasi radar, militer, dan aplikasi bergerak (mobile)[8].

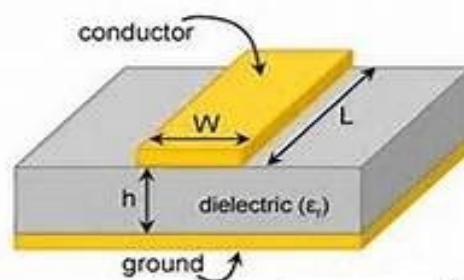
Antena mikrostrip ini sendiri memiliki beberapa keuntungan dibanding dengan antena lainya, yaitu :

1. Konfigurasi yang *low profile* sehingga bentuknya dapat disesuaikan dengan perangkat utamanya.
2. Mempunyai bobot yang ringan dan ukuran yang kecil.
3. Kemampuan dalam *dual frequency*.
4. Dapat dengan mudah diintegrasikan dengan *microwave integrated circuits* (MICs)

Akan tetapi selain beberapa keuntungan yang dimiliki, antena mikrostrip juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu :

1. Efisiensi yang rendah.
2. Memiliki *bandwidth* yang sempit.
3. Mempunyai kemurnian pola radiasi yang rendah[8].

Antena mikrostrip memiliki 4 bagian dasar, yaitu elemen peradiasi (*patch*), substrat dielectric, saluran transmisi, dan bidang pentanahan (*ground plane*) yang terlihat pada gambar 2 dibawah ini[8].



Gambar 2. Geometri dari antena mikrostrip [8]

Ada berbagai macam *patch* pada antena mikrostrip, salah satu bentuk *patch* adalah segiempat. Bentuk ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan bentuk *patch* lainnya. Karena dalam segi perancangan dan pembuatanya lebih mudan dan bentuknya lebih sederhana dibandingkan dengan bentuk *patch* lainnya. Selain itu prosesnya lebih mudah dan dapat disimulasikan dengan menggunakan bantuan software. Untuk mencari dimensi antena *microstrip* ( $W$  dan  $L$ ), harus diketahui terlebih dahulu parameter bahan yang digunakan yaitu tebal dielektrik ( $h$ ), konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ), tebal konduktor ( $t$ ) dan rugi – rugi bahan. Panjang antena *microstrip* harus disesuaikan, karena apabila terlalu pendek maka *bandwidth* akan sempit sedangkan apabila terlalu panjang *bandwidth* akan menjadi lebih lebar tetapi

efisiensi radiasi akan menjadi kecil. Dengan mengatur lebar dari antenna *microstrip* (W) impedansi input juga akan berubah. Pendekatan yang digunakan untuk mencari panjang dan lebar antenna *microstrip* dapat menggunakan persamaan[8] dibawah ini :

- Rumus untuk mencari Lebar antenna (W)

$$W = \frac{c}{2f\sqrt{\frac{\epsilon_r+1}{2}}} \quad (1)$$

Dimana :

W : lebar konduktor

$\epsilon_r$  : konstanta dielektrik

c : kecepatan cahaya di ruang bebas ( $3 \times 10^8$ )

$f_0$  : frekuensi kerja antenna

- Rumus untuk mencari panjanga antenna (L)

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \quad (2)$$

Dimana  $L_{eff}$  merupakan panjang efektif antenna

$$L_{eff} = \frac{c}{2f\sqrt{\epsilon_r}} \quad (3)$$

- Rumus untuk mencari konstanta dielektrik efektif

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W}\right]^{-\frac{1}{2}} \quad (4)$$

Dimana :

W = Lebar *patch* (mm)

$L_{eff}$  = Panjang efektif (mm)

$f_r / F_{10}$  = Frekuensi kerja (MHz)

$\epsilon_{reff}$  = konstanta dielektrik efektif

h = Ketebalan bahan (mm)

$\epsilon_r$  = konstanta dielektrik

c = kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8$ )

## 2.2 Teknik Pencatuan

Teknik pencatuan pada antenna mikrostrip adalah teknik untuk mentransmisikan energi elektromagnetik ke antenna mikrostrip dan teknik pencatuan merupakan salah satu hal penting dalam menentukan proses perancangan antenna mikrostrip. Masing-Masing teknik mempunyai kelebihan dan kelemahan masing-masing[2]. Saluran transmisi mikrostrip (*microstrip feed line*) merupakan saluran dengan garis (*strip*) dan bidang pentahanan (*ground plane*) yang dipisahkan oleh substrat[9]. Impedansi karakteristik ( $Z_0$ ) saluran mikrostrip ditentukan oleh lebar *strip* (W) dan tinggi substrat (h) seperti terlihat pada gambar 3.

Terdapat 2 karakteristik untuk saluran transmisi mikrostrip, yaitu [9] : karakteristik saluran mikrostrip untuk  $W/h < 1$  dan karakteristik saluran mikrostrip untuk  $W/h > 1$ . Untuk mencari impedansi karakteristik ( $Z_0$ ) pada saluran mikrostrip  $W/h < 1$  dapat menggunakan rumus berikut [10] :

1. Menghitung konstanta dielektrik untuk  $W/h < 1$  :

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left[ \frac{1}{\sqrt{1+12h/w}} + 0.04 \left(1 - \frac{w}{h}\right)^2 \right] \quad (5)$$

2. Impedansi karakteristik untuk  $W/h < 1$  :

$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \ln \left( \frac{8h}{w} + \frac{w}{4h} \right) \quad (6)$$

3. Menghitung konstanta dielektrik untuk  $W/h > 1$  :

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[ \frac{1}{\sqrt{1 + 12h/w}} \right] \quad (7)$$

4. Impedansi karakteristik untuk  $W/h > 1$  :

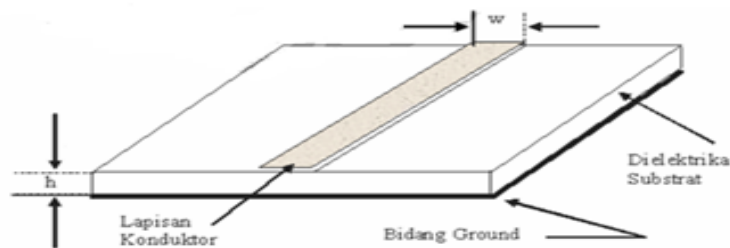
$$Z_0 = \frac{120\pi/\sqrt{\epsilon_{eff}}}{W/h + 1.393 + \ln(W/h + 1.44)} \quad (8)$$

5. Menghitung lebar saluran mikrostrip

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[ \ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (9)$$

6. Nilai B

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (10)$$

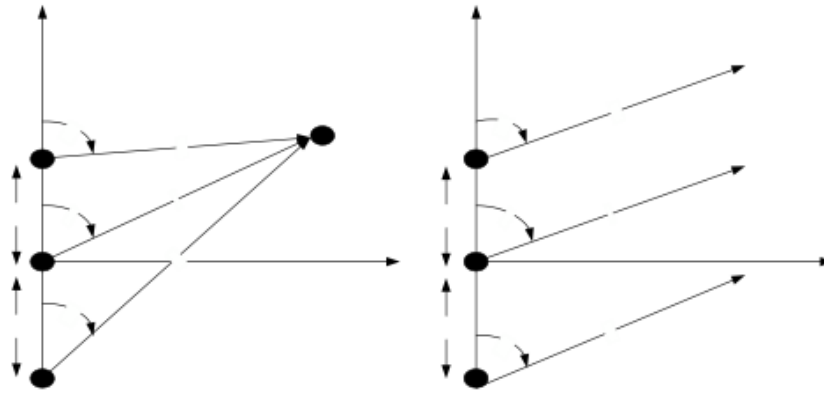


Gambar 3. Saluran Mikrostrip [9]

### 2.3 Antena Susun (*Array*)

Biasanya antena elemen tunggal memiliki pola radiasi yang sangat lebar, dan setiap elemen tersebut menghasilkan keterarahan dan perolehan (*gain*) yang rendah. Pada banyak aplikasi diperlukan antena dengan keterarahan yang baik dan perolehan (*gain*) yang tinggi. Contoh aplikasi yang membutuhkan karakteristik tersebut antara lain adalah radar, penginderaan jauh, komunikasi satelit, dan banyak lagi. Kebutuhan karakteristik ini dapat dipenuhi dengan menyusun antena dengan beberapa konfigurasi. Antena susunan ini sering disebut dengan antena *array*[11].

Antena *array* adalah susunan dari beberapa antena yang identik. Sinyal dari antena tersebut digabung atau diproses untuk meningkatkan performansi yang diperoleh dari satu antena. Tujuan membuat antena *array* antara lain untuk meningkatkan *gain* antena, meningkatkan *directivity* antena, mengarahkan daya pancar menuju sektor sudut yang diinginkan, menentukan arah kedatangan sinyal, dan memaksimalkan SNR (*Signal to Interference Plus Noise Ratio*). Jumlah elemen, pengaturan geometris, amplitudo relatif dan fase relative dari antena yang akan di-*array* bergantung pada pola sudut yang harus dicapai. Jika antena *array* telah dirancang untuk fokus ke arah tertentu, maka akan mudah untuk mengarahkan ke beberapa arah lain dengan mengubah fase relative dari elemen *array*, proses ini disebut *steering* atau *scanning*[11] yang dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Geometri Dua Elemen Array [11]

Persamaan rumus yang bisa digunakan untuk merancang antena *array*, adalah [11] :

1. Jarak antara elemen *patch*

$$d = \frac{\lambda}{2} \quad (11)$$

2. Menghitung *array factor*

$$AF = 2 \cos\left[\frac{1}{2}(kd \cos\theta + \beta)\right] \quad (12)$$

3. Perbedaan fasa eksitasi antara elemen antena *array*

$$\Delta l = \frac{\theta \lambda}{360} \quad (13)$$

## 2.4 Metode Log Periodik

Ukuran pada setiap *patch* akan disesuaikan dengan frekuensi kerja yang diinginkan. Jika  $L_n$  merepresentasikan sebuah dimensi pada  $n^{th}$  *patch* dan  $L^{n+1}$  merupakan dimensi dari  $(n + 1)^{th}$  *patch* maka relasinya ditunjukkan pada persamaan (1) [10]:

$$\frac{L^{n+1}}{L_n} = \tau \quad (14)$$

Bentuk dari *log periodic* merupakan sebuah skala dimensi dari satu *patch* yang digabungkan dengan *patch* lainnya sehingga performa dari antena tersebut menjadi *periodic* dengan frekuensi yang bersifat *logarithmic*. Ukuran panjang (L), lebar (W) dan *inset feed* (I) memiliki hubungan dengan faktor skala  $\tau$  dengan menggunakan persamaan (2) [10] :

$$\tau = \frac{L_{m+1}}{L_m} = \frac{W_{m+1}}{W_m} = \frac{I_{m+1}}{I_m} \quad (15)$$

Dengan mengkalikan semua dimensi dari *array* dengan  $\tau$  maka akan membuat skala pada setiap element. Parameter skala tersebut mengindikasikan bahwa *array* akan memiliki nilai radiasi yang sama pada seluruh frekuensi, berhubungan dengan faktor dari  $\tau$  seperti yang ditunjukkan pada persamaan (3) dan (4) [10]

$$f_1, f_2 = \tau f_1, f_3 = \tau^2 f_1, f_4 = \tau^3 f_1 \quad (16)$$

$$\ln \frac{f_2}{f_1} = \ln \tau, \ln \frac{f_3}{f_1} = 2 \ln \tau \quad (17)$$

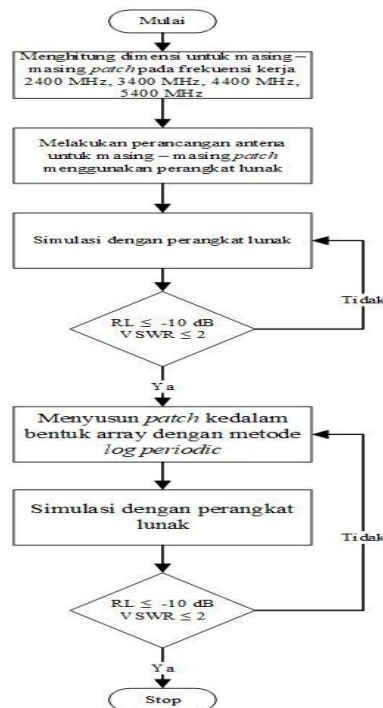
### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tahapan dan Proses Penelitian

Proses penelitian terbagi menjadi beberapa tahap yang dilakukan berdasarkan urutan dalam melakukan penelitian:

- Identifikasi masalah yaitu dengan merumuskan latar belakang hingga tujuan dalam penelitian ini.
- Studi literatur, yaitu mengumpulkan data-data dari buku referensi dan jurnal-jurnal sesuai dengan topik penelitian yang dilakukan yaitu tentang antena microstrip khususnya dalam topik *multiband*.
- Perancangan, yaitu dengan merancang antena microstrip mulai dari Patch, pemilihan substrat, saluran catu yang akan dilakukan implementasi menggunakan perangkat lunak.
- Pengujian, yaitu dengan mensimulasikan nilai VSWR dan *Return Loss* pada antena.

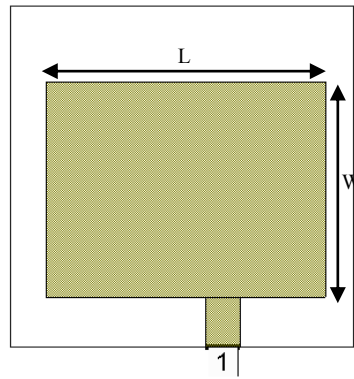
#### 3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

#### 3.3 Perancangan Antena

Pemilihan *patch* yang digunakan pada penelitian ini menggunakan bentuk segiempat (Rectangular), bentuk segiempat paling banyak digunakan karena bentuknya yang sederhana. Pada proses perancangan untuk masing – masing *patch* pertama kali dilakukan perhitungan dimensi W dan L untuk masing – masing frekuensi kerja mulai dari 2.4 Ghz, 3.4 GHz , 4.4 GHz dan 5.4 GHz dengan menggunakan persamaan (1) sampai dengan persamaan 4 [11]. Desain awal dari antena mikrostrip dapat dilihat pada gambar 6.



**Gambar 6.** Antena Mikrostrip bentuk persegi panjang

Pada penelitian ini menggunakan subtrat dengan jenis FR4 (Epoxy). Adapun spesifikasi untuk subtrat yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1 [13].

**Tabel 1.** Spesifikasi Subtrat FR-4 Epoxy

Konstanta Dielektrik Relatif	4.3
Konstanta Permeabilitas Relatif	1
Dielektrik Loss Tangent	0.0265
Ketebalan Subtrat	1.6 mm
Konduktifitas Bahan	$5.8 \times 10^7 S/m$

Untuk mendapatkan antena microstrip dengan frekuensi kerja dari 2.4 sampai dengan 5.4 GHz dilakukan penyusunan *patch* antena tersebut pada sebuah subtrat yang disusun secara array log periodic sehingga didapatkan antena dengan frekuensi kerja ganda (multiband).

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Perancangan

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan Persamaan 5 dan Persamaan 6 untuk mendapatkan dimensi W dan L dari setiap *patch* dengan frekuensi kerja dari 2.4 GHz, 3.4 GHz, 4.4 GHz dan 5.4 GHz setelah dilakukan simulasi dengan menggunakan perangkat lunak dan dilakukan perhitungan nilai VSWR dan RL yang dihasilkan pada frekuensi kerja setiap *patch* hasil VSWR dan RL yang dikehendaki yaitu  $VSWR \leq 2$  dan  $RL \leq -10$  dB tidaklah tercapai. Hal ini dapat disebabkan beberapa faktor seperti dimensi dari W dan L *patch*, posisi saluran catu, lebar dan panjang saluran catu sangatlah berpengaruh terhadap nilai VSWR dan RL. Untuk mendapatkan frekuensi kerja yang diharapkan maka dilakukan proses iterasi untuk mendapat nilai yang sesuai.

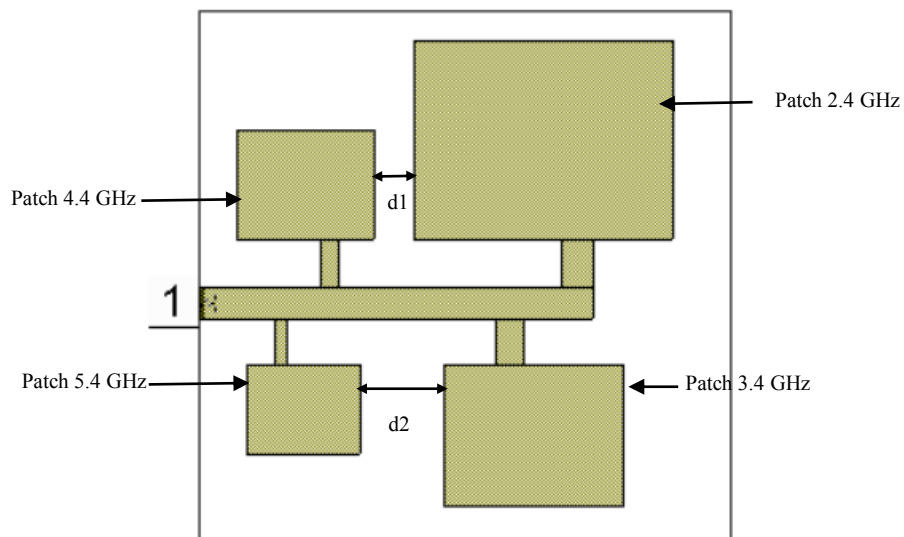
Berikut merupakan nilai W dan L yang optimal berdasarkan hasil iterasi dan dibandingkan dengan hasil perhitungan menggunakan Persamaan 5 dan 6 untuk masing – masing *patch*.



Tabel 2. Hasil iterasi dimensi *patch*

Patch	Hasil Perhitungan Persamaan 1 dan 2		Hasil Iterasi		VSWR	Return Loss
	W (mm)	L (mm)	W (mm)	L (mm)		
2.4 GHz	47.17	37.09	48.08	37.81	1.47	-14.19 dB
3.4 GHz	33.29	26.27	33.82	26.87	1.17	- 21.73 dB
4.4 GHz	25.73	20.31	25.82	20.87	1.15	- 22.92 dB
5.4 GHz	20.96	16.52	21.57	16.753	1.23	- 19.72 dB

Setelah masing – masing patch untuk setiap frekuensi kerja sudah memenuhi nilai VSWR dan RL yang dikehendaki, proses selanjutnya yaitu menggabungkan patch tersebut pada satu substrat dengan bentuk array selang seling dengan jarak log periodic untuk masing – masing patch tersebut. Penyusunan patch dalam bentuk array dapat dilihat pada gambar 7.

Gambar 7. Penyusunan *patch* dalam bentuk array

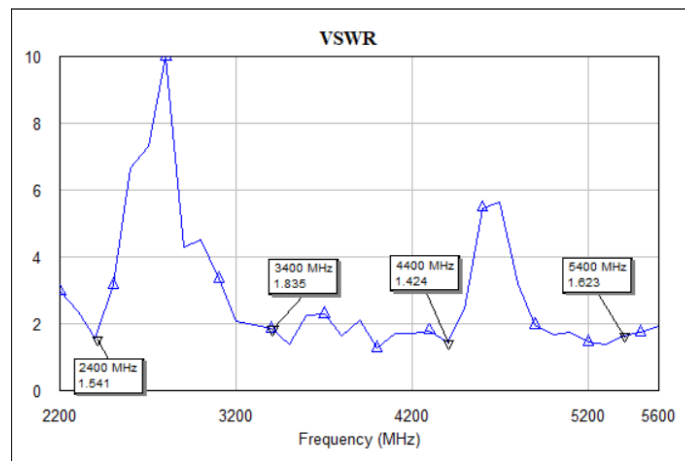
Untuk dapat menghasilkan frekuensi kerja ganda dalam sebuah antena mikrostrip, jarak antar menjadi faktor yang penting. Dalam penelitian ini dilakukan proses iterasi dengan bantuan perangkat lunak untuk mendapatkan jarak yang optimal antar patch. Dimensi keseluruhan dari proses iterasi terhadap antena rancangan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Dimensi antena dari proses iterasi

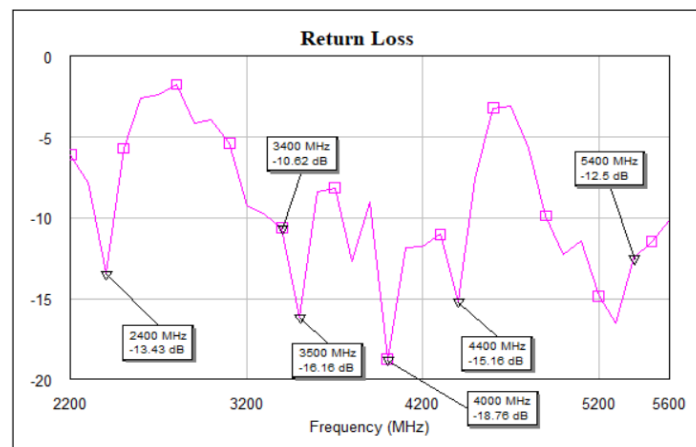
Iterasi	d1 (mm)	d2 (mm)	VSWR				RL (dB)			
			P2.4	P3.4	P4.4	P5.4	P2.4	P3.4	P4.4	P5.4
1	30.73	15.51	1.25	1.03	2.36	2.93	-19.04	-35.47	-7.84	-6.17
2	7.37	15.51	<b>1.54</b>	<b>1.84</b>	<b>1.42</b>	<b>1.62</b>	<b>-13.43</b>	<b>-16.16</b>	<b>-15.16</b>	<b>-12.4</b>
3	3.37	6.51	1.15	2.09	2.54	1.77	-23.12	-9.04	-6.92	-11.09

Berdasarkan tabel 3, dengan mengatur jarak  $d_1$  sebesar 7.37 mm dan  $d_2$  15.51 mm didapatkan nilai  $VSWR \leq 2$  dan  $RL \leq -10$  dB untuk masing – masing frekuensi kerja yaitu 2.4 GHz, 3.4 GHz, 4.4 GHz dan 5.4 GHz. Dengan menggunakan hasil iterasi ke 2 pada Tabel 3, dilakukan proses simulasi dengan melihat parameter VSWR dan *return loss* untuk masing – masing frekuensi kerja yang diinginkan. Proses simulasi menggunakan simulasi dari

perangkat lunak, hasil dari simulasi dari VSWR dapat dilihat pada gambar 8 dan untuk *return loss* dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 8. Hasil Simulasi VSWR



Gambar 9. Hasil Simulasi Return Loss

## 5 KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah berhasil dirancang antenna mikrostrip dengan patch persegi panjang yang dioptimasi menggunakan metode log periodik untuk menghasilkan frekuensi kerja ganda. Dari hasil simulasi diperoleh nilai *return loss*  $\leq -10$  dB dan VSWR  $\leq 2$ .

### 5.2 SARAN

Dalam penelitian ini masih banyak sekali kekurangan dan ketidaksempurnaan. Untuk itu, perlu dilakukan pengembangan agar ke depannya menjadi sempurna ataupun lebih baik lagi sehingga memiliki beberapa saran, diantaranya:

- Dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi Ultra Wide Band (UWB) antenna mikrostrip.

- b. Melakukan proses pabrikasi dan pengujian di laboratorium antena dengan menggunakan *Vector Network Analyzer* (VNA).

#### DAFTAR REFERENSI

- [1] Ditjen Postel. 2006. Penataan Frekuensi Radio Layanan Akses Pita Lebar Berbasis Nirkabel. Jakarta
- [2] Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia. 2014. Permenkominfo No.28/PER/M.KOMINFO/09/2014 tentang Penetapan Pita Frekuensi Radio Untuk Keperluan Layanan Pita Lebar Nirkabel (Wireless Broadcast) Pada Pita Frekuensi 2.3 GHz. Jakarta
- [3] Alam, S., & Wijaya, I. (2018). Perancangan Antena Mikrostrip Array 2x2 Frekuensi 2, 4 Ghz Untuk Komunikasi Iot. *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, 3(1), 1-9.
- [4] Akbar, A., Alam, S., & Surjati, I. (2017). Perancangan Antena Mikrostrip *Patch Circular* (2, 45 GHz) *Array* dengan Teknik Pencatu Proximity Sebagai Penguat Sinyal Wi-Fi. *Setrum: Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, 6(2), 215-224.
- [5] Alam, S., & Prasajo, A. K. (2017). Desain Antena Mikrostrip GPS Berbentuk Lingkaran (Circular). *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, 2(1), 67-70.
- [6] S. Alam, I. G. N. Y. Wibisana and I. Surjati, "Miniaturization of *array* microstrip antenna using peripheral slits for wireless fidelity communication," 2017 15th International Conference on Quality in Research (QiR) : International Symposium on Electrical and Computer Engineering, Nusa Dua, 2017, pp. 91-95.
- [7] Alam, S., Wibisana, I. G. N. Y., & Surjati, I. (2017). Rancang Bangun Antena Mikrostrip Peripheral Slits Linear *Array* Untuk Aplikasi Wi-Fi. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 13(1), 18-26.
- [8] Surjati, I. (2010). Antena Mikrostrip: Konsep dan Aplikasinya. Universitas Trisakti, Jakarta.
- [9] Garg, R. (2001). *Microstrip antenna design handbook*. Artech house.
- [10] Wong, K. L. (2004). *Compact and broadband microstrip antennas* (Vol. 168). John Wiley & Sons.
- [11] Pozar, D. M., & Schaubert, D. H. (Eds.). (1995). *Microstrip antennas: the analysis and design of microstrip antennas and arrays*. John Wiley & Sons.
- [12] Alam, S. (2017). Antena Mikrostrip Segitiga Dengan Parasitic Untuk Aplikasi Wireless Fidelity. *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, 2(1), 25-37.
- [13] Zulfadli, M., & Surjati, I. (2018). PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP PATCH SEGIEMPAT PERIPHERAL SLIT MENGGUNAKAN METODE ARRAY 1x4 UNTUK APLIKASI RADAR MARITIM FREKUENSI 3, 2 GHZ. *JURNAL KAJIAN TEKNIK ELEKTRO*, 3(2), 173-183.