

## Antena Mikrostrip Patch Segiempat Linier Array 1×4 Untuk Aplikasi Radar Maritim Frekuensi 3,2 GHz

Suryanto<sup>1</sup>, Sri Watmah<sup>\*2</sup>, Martias<sup>3</sup>, Pas Mahyu Akhirianto<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Universitas Bina Sarana Informatika

e-mail: [suryanto.syt@bsi.ac.id](mailto:suryanto.syt@bsi.ac.id), [sriwatmah.wtm@bsi.ac.id](mailto:sriwatmah.wtm@bsi.ac.id), [martias.mts@bsi.ac.id](mailto:martias.mts@bsi.ac.id),  
[pas.pma@bsi.ac.id](mailto:pas.pma@bsi.ac.id)

(\* Corresponding Author

**Abstrak** - Radar maritim merupakan sistem yang menggunakan gelombang radio *frequency* (RF) yang digunakan untuk mengetahui keberadaan suatu objek, kecepatan dan jarak dari objek. Salah satu subsistem pada radar adalah antena. Antena pada radar digunakan untuk memancarkan dan menerima gelombang elektromagnetik. Antena memiliki berbagai jenis, salah satunya adalah antena mikrostrip. Antena mikrostrip banyak digunakan karena ukurannya yang kecil dan ringan, mampu beroperasi pada frekuensi yang tinggi serta memiliki pola radiasi yang terarah. Antena yang dirancang pada penelitian ini adalah antena mikrostrip *patch* segiempat *linier array* 1×4 dengan pencatutan inset pada frekuensi 3,2 GHz dengan lebar pita 60 MHz dan  $gain \geq 10$  dB. Pada perancangan antena menggunakan *substrat Epoxy Fiberglass-FR 4* dengan ketebalan 1,6 mm dan konstanta dielektrik 4,3. Untuk proses simulasi antena menggunakan perangkat lunak AWR Microwave Office. Dari hasil penelitian antena mampu bekerja pada frekuensi 3,2 GHz, hasil simulasi nilai VSWR 1. Hasil simulasi antena MPSPi *linier array* 1×4 pada frekuensi 3,2 GHz diperoleh VSWR = 3,17 dan 3,23 Ghz dan *return loss* -11,85 dB, dengan dimensi masing-masing patch-nya sebesar 31x22 mm.dengan impedansi 51,6  $\Omega$  dan gain 14,39 dB.

**Kata Kunci:** Antena Mikrostrip, Linier array 1×4, Radar maritim

**Abstrak** - *Maritime radar is a system that uses radio frequency (RF) waves which are used to determine the whereabouts of an object, the speed and distance of the object. One of the subsystems on the radar is the antenna. The antenna on the radar is used to transmit and receive electromagnetic waves. Antennas have various types, one of which is a microstrip antenna. Microstrip antennas are widely used because of their small size and light weight, capable of operating at high frequencies and having a directional radiation pattern. The antenna designed in this study is a 1×4 linear quadrilateral microstrip patch antenna with an inset feeder at a frequency of 3.2 GHz with a bandwidth of 60 MHz and a gain of  $\geq 10$  dB. In the design of the antenna using Epoxy Fiberglass-FR 4 substrate with a thickness of 1.6 mm and a dielectric constant of 4.3. For antenna simulation process using AWR Microwave Office software. From the results of research on the antenna being able to work at a frequency of 3.2 GHz, the simulation results of the VSWR value are 1. The simulation results of the 1×4 linear array MPSPi antenna at a frequency of 3.2 GHz obtained VSWR = 3.17 and 3.23 Ghz and return loss -11 .85 dB, with the dimensions of each patch of 31x22 mm. with an impedance of 51.6  $\Omega$  and a gain of 14.39 dB.*

**Keywords:** *Microstrip Antenna, Linear array 1×4, Maritime Radar*

### PENDAHULUAN

Salah satu komponen sistem dari radar maritim yang paling penting adalah sistem antena. Antena berfungsi untuk memancarkan gelombang elektromagnetik ke udara bebas (Wardhana et al., 2016). Antena memiliki berbagai jenis, salah satunya adalah antena mikrostrip (Utami et al., 2017) (Akbar et al., 2017) (Yunita, 2020). Antena mikrostrip memiliki pola radiasi yang terarah. Pada sistem radar maritim, spesifikasi antena yang dibutuhkan adalah antena dengan *beamwidth* yang lebar dan *gain* yang tinggi, agar dapat mencakup daerah yang luas di wilayah perairan Indonesia (Tari- et al., 2021).

Antena bekerja menggunakan radio gelombang mikro banyak digunakan untuk keperluan komunikasi jarak jauh dari satu titik ke titik lain dengan menggunakan perangkat antena sebagai pemancar dan penerima (Cameron et al., 2007). Berdasarkan standar yang ditentukan oleh (Chen et al., 2016), komunikasi radio gelombang mikro menggunakan beberapa frekuensi kerja salah satunya 3,2 GHz yang digunakan untuk system radar maritim.

Ada beberapa rancangan antena mikrostrip yang sudah diteliti untuk diaplikasikan pada sistem radar maritim. Salah satunya yaitu membuat sebuah rancangan antena mikrostrip *patch circular*



menggunakan metode array 1×8 yang bekerja pada frekuensi 3,2 GHz (Cameron et al., 2007)(Alam et al., 2017)(Wijanto et al., 2015). Dari penelitian ini (Jonifan et al., 2016) diperoleh hasil spesifikasi return loss = -52 dB, VSWR = 1,005, gain = 11,3 dB. Nilai yang dihasilkan tersebut sudah sesuai dengan spesifikasi, namun spesifikasi tersebut masih perlu ditingkatkan.

Untuk mengatasi masalah tersebut maka pada penelitian ini akan dilakukan pemaparan tentang desain suatu modul antenna yang mempunyai performansi yang lebih baik dari sistem antenna sebelumnya. Oleh karena itu pada penelitian ini akan merancang antenna mikrostrip patch segiempat dengan pencatutan inset *linier array* 1×4 untuk aplikasi radar maritim frekuensi 3,2 GHz dengan pencatutan Inset. Penyusunan 4 *patch* antenna secara linier dilakukan untuk meningkatkan gain dalam suatu modul antenna.

**METODE PENELITIAN**

Antena yang akan dirancang adalah antenna mikrostrip patch segiempat pencatutan inset (MPSPI) *linier array* 1×4 yang beroperasi pada frekuensi 3,2 GHz untuk aplikasi pada radar maritim. Perancangna dimulai dengan perhitungan fisik antenna kemudian disimulasikan menggunakan software AWR microwave. Untuk merancang antenna MSPSI array 4 elemen ini diperlukan 4 buah antenna mikrostrip tunggal *patch* segiempat yang disusun secara linier. Jenis *substrate* yang digunakan dalam perancangan antenna mikrostrip array 1×4 ini adalah *substrate Epoxy Fiberglass-FR 4* dengan ketebalan 1,6 mm dan konstanta dielektrik sebesar 4,3. Adapun parameter yang diharapkan pada rancangan antenna mikrostrip array 1×4 ini dapat dilihat pada Tabel 1.

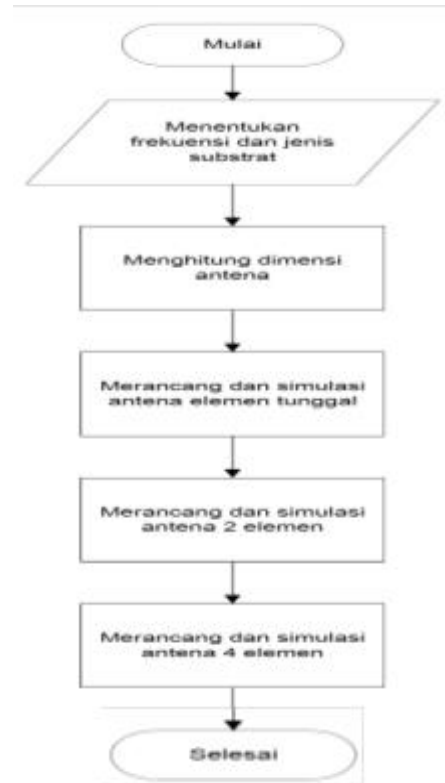
Tabel 1. Karakteristik Antena

Karakteristik Antena	Nilai Karakteristik yang Diharapkan
Frekuensi Kerja	3,2 GHz
VSWR	< 2
Gain	>10 dB
Impedansi	50 Ω
Bandwidth	60 MHz

Sumber: Hasil Penelitian

**1. Diagram Alir Penelitian**

Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1 yang menunjukkan tahapan-tahapan dalam proses perancangan antenna MSPSI linier array delapan elemen.



Sumber: Hasil Penelitian

Gambar 1. Tahapan Proses Perancangan Antena MSPSI *Linier Array* Delapan Elemen

**2. Desain Antena Mikrostrip Patch Persegi**

Dimensi persegi panjang antenna mikrostrip diperoleh dengan menggunakan persamaan (1) dan (2). *Feed line* yang digunakan dari antenna yang diusulkan adalah microstrip line impedansi input 50 ohm. Dimensi dari saluran mikrostrip diperoleh dengan menggunakan persamaan (4) dan (5) (Chen et al., 2016).

$$W = \frac{c}{2f\sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \tag{1}$$

$$L = W \tag{2}$$

$$B = \frac{60\pi^2}{z_0\sqrt{\epsilon_r \text{ eff}}} \tag{3}$$

$$\epsilon_r \text{ eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[ 1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-2} \tag{4}$$

$$W_z = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} [\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r}] \right\} \tag{5}$$

Jarak antar elemen pada antenna yang dirancang pada penelitian ini sekitar seperempat dari panjang gelombang ( $d=\lambda/4$ ).

**3. Rancangan MSPSI 1 Elemen**

Dari hasil perhitungan dimensi dengan menggunakan persamaan matematis diperoleh nilai yang menunjukkan besar dari setiap bagian antenna

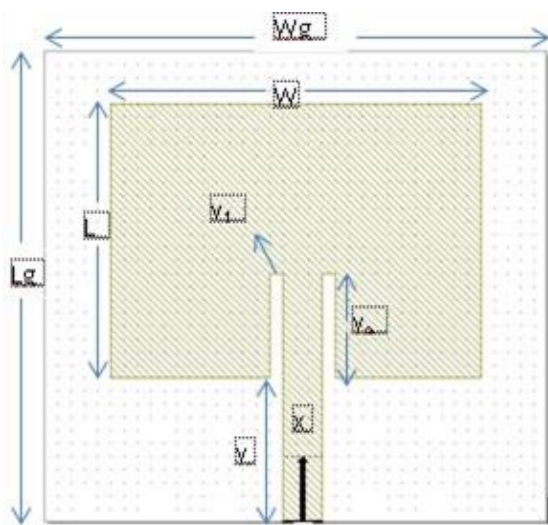
mikrostrip. Ukuran *ground plane* untuk reflektor dibuat *full* sesuai dengan dimensi substrat antenna. Kemudian nilai tersebut menjadi pedoman untuk proses simulasi di software AWR *Microwave Design Environment* 2009. Tabel hasil perhitungan dimensi antenna MPSPI ditunjukkan pada Tabel 2

Tabel 2. Dimensi Antena MPSPI 1 Elemen Awal

Variabel	Dimensi (mm)
Lebar <i>patch</i> (W)	31
Panjang <i>patch</i> (L)	22
Lebar saluran pencatu (x)	2
Panjang saluran pencatu (y)	11
Panjang pencatu <i>inset</i> (y <sub>0</sub> )	4
Lebar pencatu <i>inset</i> (y <sub>1</sub> )	1
Lebar substrat/ <i>ground plane</i> (W <sub>g</sub> )	50
Panjang substrat/ <i>ground plane</i> (L <sub>g</sub> )	36

Sumber: Hasil Penelitian

Adapun geometri hasil rancangan perhitungan antenna MPSPI 1 elemen dapat dilihat pada Gambar 2

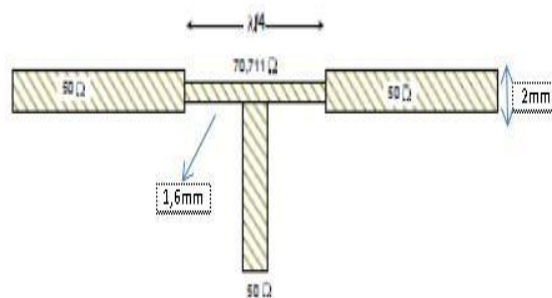


Sumber: Hasil Penelitian

Gambar 2. Geometri Rancangan Antena MPSPI 1 Elemen

#### 4. Perancangan T-Junction

Pada hasil rancangan 1 elemen diketahui bahwa saluran pencatu yang digunakan adalah 50 Ω. Untuk merancang antenna 2 elemennya, maka dibutuhkan *T-junction* 50 Ω yang berfungsi sebagai *power divider*. Pada penelitian ini *T-junction* yang digunakan adalah yang memiliki impedansi 70,7 Ω karena penggunaannya mendukung untuk meminimalisir ukuran antenna. Impedansi 70,7Ω tersebut berfungsi sebagai transformator  $\sqrt{4}$ . Gambar 3 menunjukkan konfigurasi *T-junction* yang akan digunakan (Jonifan et al., 2016).



Sumber: Hasil Penelitian

Gambar 3. Konfigurasi *T-Junction*

#### 5. Perancangan MPSPI 2 Elemen

Perancangan antenna MPSPI 2 elemen ini menggunakan data yang telah diperoleh dari hasil rancangan antenna 1 elemen yang optimal (seperti dimensi *patch*, lebar saluran pencatutan, penjorokan pencatutan inset dan *ground plane*). Data tersebut yang selanjutnya akan digunakan untuk membuat antenna MPSPI 2 elemen dan ditambah dengan *T-junction* sebagai *power divider*.

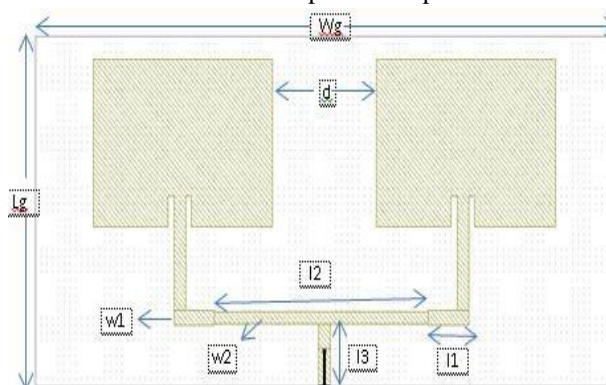
Perancangan antenna MPSPI 2 elemen ini menggunakan data yang telah diperoleh dari hasil rancangan antenna MPSPI 1 elemen.

Tabel 3. Dimensi Antena MPSPI 2 Elemen

Variabel	Dimensi (mm)
Jarak antar elemen (d)	18
Panjang saluran 50 Ω (l1)	7
Lebar saluran 50 Ω (w1)	2
Panjang saluran 70,7 Ω (l2)	37
Lebar saluran 70,7 Ω (w2)	1,6
Panjang saluran pencatu (l3)	8
Lebar substrat/ <i>ground plane</i> (W <sub>g</sub> )	100
Panjang substrat/ <i>ground plane</i> (L <sub>g</sub> )	46

Sumber: Hasil Penelitian

Adapun geometri hasil rancangan perhitungan antenna MPSPI 1 elemen dapat dilihat pada Gambar 4



Sumber: Hasil Penelitian

Gambar 4. Geometri Rancangan Optimasi Antena MPSPI 2 Elemen

## 6. Rancangan MPSPI 4 Elemen

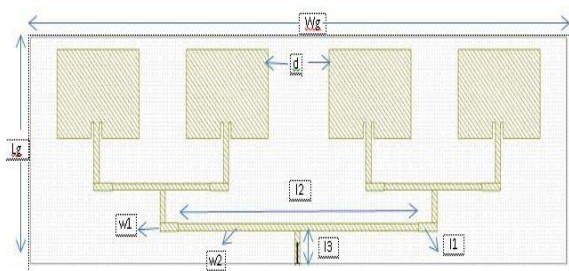
Dengan data dari hasil simulasi antenna MPSPI 2 elemen ditambah dengan penentuan jarak antar elemen, penentuan konfigurasi *T-junction*, dan tata letak.

Tabel 4. Dimensi Antena MPSPI 4 Elemen Awal

Variabel	Dimensi (mm)
Jarak antar 2 elemen (d)	23
Panjang saluran 50 Ω (l1)	7
Lebar saluran 50 Ω (w1)	2
Panjang saluran 70,7 Ω (l2)	91
Lebar saluran 70,7 Ω (w2)	1,6
Panjang saluran pencatu (l3)	8
Lebar substrat/ground plane (Wg)	203
Panjang substrat/ground plane (Lg)	56

Sumber: Hasil Penelitian

Adapun geometri hasil rancangan perhitungan antenna MPSPI 4 elemen dapat dilihat pada Gambar 5



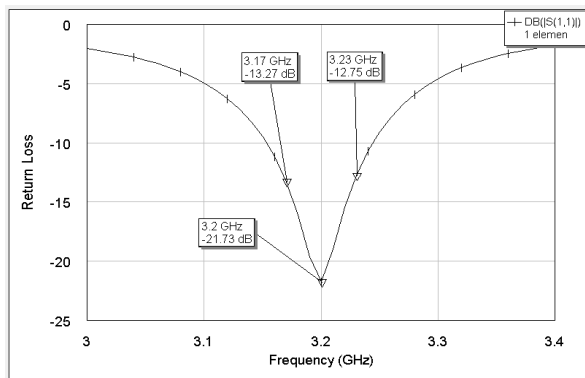
Sumber: Hasil Penelitian

Gambar 5. Geometri Rancangan Antena MPSPI 4 Elemen

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil Simulasi MPSPI 1 Elemen

Dengan bantuan perangkat lunak AWR *Microwave Office*, proses simulasi dilakukan untuk memperoleh karakteristik antenna pada simulator. Gambar menunjukkan grafik *return loss* hasil rancangan berdasarkan perhitungan teori.

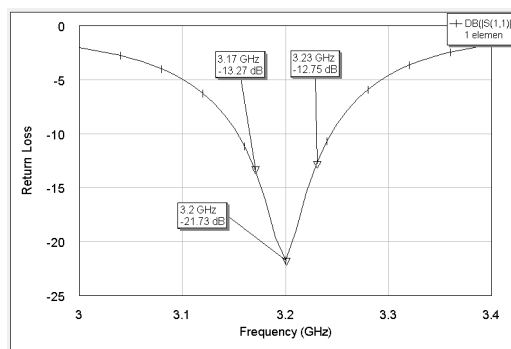


Sumber: Hasil Penelitian

Gambar 6. *Return Loss* Antena MPSPI 1

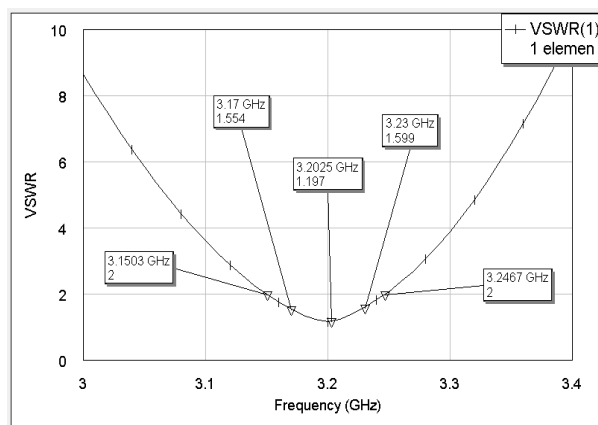
Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa pada frekuensi kerja yang diinginkan yaitu 3,2 GHz nilai *return loss* yang diperoleh hanya sebesar -1,275 dB, sedangkan pada frekuensi 3,36 sebesar -6,783 dB. Hasil ini sangatlah jauh dari nilai yang diharapkan. Hal tersebut dapat disebabkan oleh ketidak sesuaian antara perhitungan dimensi *patch* segiempat yang digunakan dengan teknik pencatutan inset. Selain itu juga beberapa faktor pembulatan atas nilai yang diperoleh dari perhitungan untuk penyesuaian *grid* dapat mempengaruhi hasil simulasi. Oleh karena itu, untuk mendapatkan rancangan yang optimal perlu dilakukan pengkarakterisasian antenna.

Pengamatan pada parameter *return loss* dan VSWR dari hasil simulasi elemen tunggal yang diperoleh masing-masing ditunjukkan pada Gambar dibawah



Sumber: Hasil Penelitian

Gambar 7. Hasil Simulasi *Return Loss* 1 Elemen



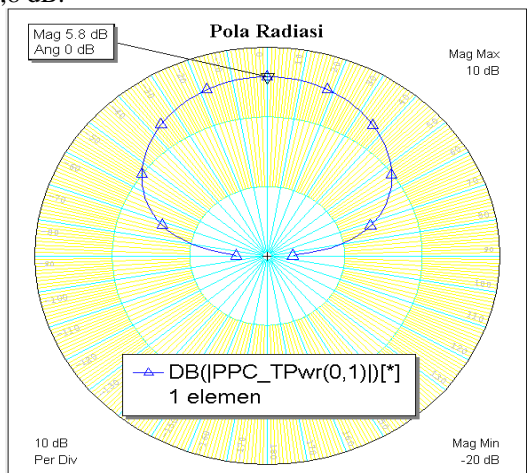
Sumber: Hasil Penelitian

Gambar 8. Hasil Simulasi VSWR 1 Elemen

Dari Gambar diatas dapat dilihat bahwa nilai *return loss* yang diperoleh pada frekuensi 3,17 GHz dan 3,23 GHz masing-masing adalah -13,27 dB dan -12,75 dB dan pada frekuensi tengahnya (3,2 GHz) diperoleh -21,73 dB. Sedangkan nilai VSWR yang diperoleh pada frekuensi 3,17 GHz dan 3,23 GHz masing-masing adalah 1,554 dan 1,599 dan pada frekuensi tengahnya (3,2 GHz) nilai VSWR yang diperoleh mencapai 1,197. Nilai ini telah memenuhi kebutuhan yang ingin dicapai yaitu pada nilai



$VSWR \leq 2$  dan  $return\ loss \leq -10dB$ . Adapun bandwidth yang dicapai pada nilai  $VSWR \leq 2$  adalah 5,8 dB.

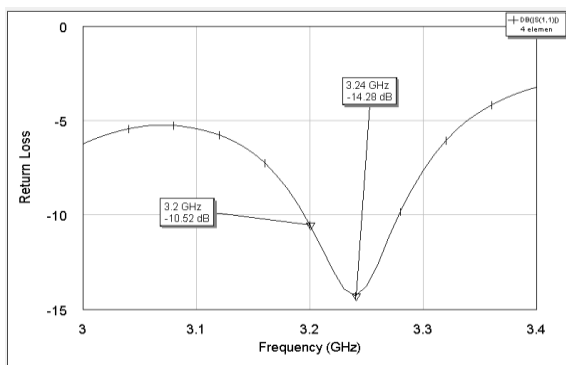


Sumber: Hasil Penelitian  
Gambar 9. Hasil Simulasi Pola Radiasi Antena MPSPi 1 Elemen

Pada Gambar 9 memperlihatkan hasil simulasi pola radiasi yang diperoleh untuk antena MPSPi 1 elemen. Dari gambar dapat dilihat bahwa pola radiasi yang dihasilkan memiliki *beamwidth* yang besar dan magnitudo tertinggi berada pada sudut  $0^\circ$  yaitu sebesar 5,8 dB.

## 2. Hasil Simulasi MPSPi 4 Elemen

Gambar 10 menunjukkan grafik *return loss* hasil rancangan 4 elemen berdasarkan data dari 2 elemen.



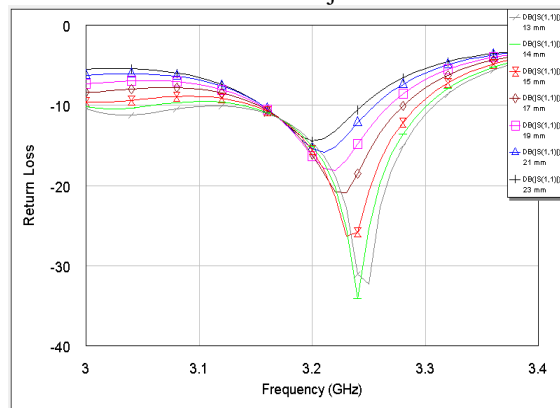
Sumber: Hasil Penelitian  
Gambar 10. *Return Loss* Antena MPSPi 4 elemen Rancangan Awal.

Dari Gambar 10 dapat dilihat bahwa pada frekuensi kerja yang diinginkan yaitu 3,2 GHz nilai *return loss* yang diperoleh sebesar -10,52 dB, sedangkan pada frekuensi 3,24 GHz sebesar -14,28 dB. Hasil ini masih belum optimum karena bergesernya frekuensi kerja antena yaitu pada frekuensi 3,24. Hal tersebut dapat disebabkan oleh ketidaksesuaian antara jarak antar elemen, panjang dari saluran pencatu atau pembuatan stub pada *T-junction*. Selain itu juga beberapa faktor pembulatan atas nilai yang diperoleh dari perhitungan untuk

penyesuaian grid dapat mempengaruhi hasil simulasi. Oleh karena itu, untuk mendapatkan rancangan yang optimal perlu dilakukan pengkarakterisasian antena.

## 3. Karakterisasi MPSPi 4 Elemen

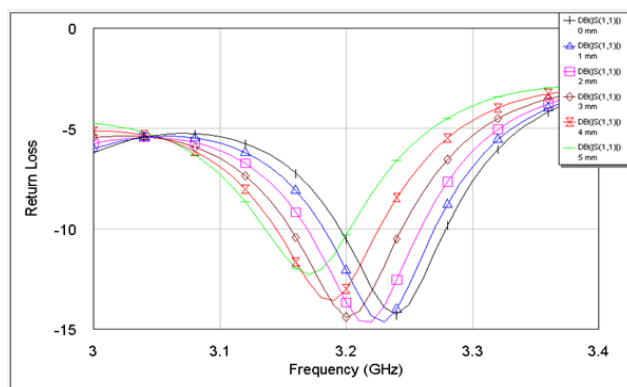
Untuk mendapatkan hasil simulasi yang optimal maka dilakukan pengkarakterisasi antena. Karakterisasi antena dilakukan dengan cara menentukan jarak antar elemen dan pembuatan stub pada *T-junction*. Gambar 11 menunjukkan grafik *return loss* hasil karakterisasi jarak antar elemen.



Sumber: Hasil Penelitian  
Gambar 11. *Return Loss* Dengan Pengubah Jarak Antar 2 Elemen

Karakterisasi pengubah jarak ini dilakukan hanya dengan mengubah jarak antar elemen, sedangkan parameter lainnya tetap. Variasi jarak yang dibuat dimulai dari berdasarkan perhitungan yaitu 23 mm kemudian 21 mm, 19 mm, 17 mm, 15 mm, 14 mm dan 13 mm. Parameter yang tetap yaitu panjang saluran pencatu (8 mm) dan saluran stub (3 mm).

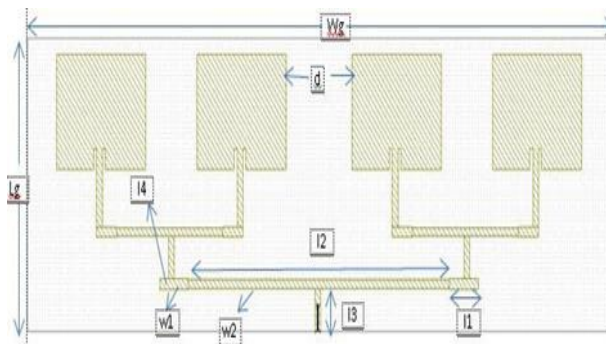
Gambar 12 memperlihatkan karakterisasi dari perancangan antena dengan menambahkan saluran stub, sedangkan parameter yang lain tetap seperti jarak antar elemen yaitu 23 mm dan saluran pencatu 8 mm. Variasi penambahan saluran stub dibuat dari 0 mm hingga 5 mm, dengan perubahan tiap 1 mm.



Sumber: Hasil Penelitian  
Gambar 12. *Return Loss* Dengan Pengubah Saluran Stub

Dari Gambar 11 dan 12 dapat dilihat bahwa masing-masing parameter untuk karakterisasi dari 4 elemen dapat mempengaruhi kinerja dari antenna. Nilai optimum yang dicapai dengan perubahan tersebut akan saling terkait dengan nilai parameter lain, yaitu dengan kombinasi pengaturan antara jarak antar 2 elemen dan panjang dari penambahan stub. Dari hasil kombinasi ini menghasilkan konfigurasi *T-junction* yang optimal untuk antenna MPSPI 4 elemen.

#### 4. Hasil Rancangan Yang Optimal



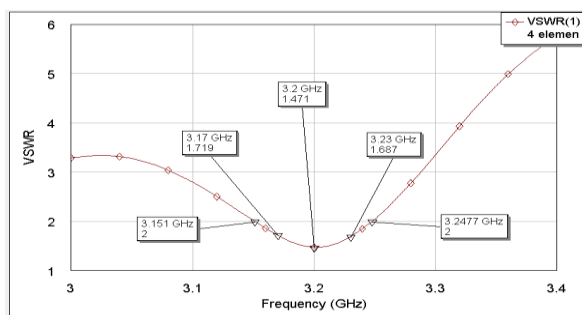
Sumber: Hasil Penelitian  
Gambar 13. Geometri Rancangan Optimasi Antena MPSPI 4 Elemen

Tabel 5. Hasil Simulasi *Return Loss* 4 Elemen

Variabel	Dimensi (mm)
Jarak antar elemen (d)	23
Panjang saluran 50 $\Omega$ (l1)	10
Lebar saluran 50 $\Omega$ (w1)	2
Panjang saluran 70,7 $\Omega$ (l2)	91
Lebar saluran 70,7 $\Omega$ (w2)	1,6
Panjang saluran pencatu (l3)	8
Panjang saluran stub (l4)	3
Lebar <i>substrat/ground plane</i> (Wg)	203

Sumber: Hasil Penelitian

Hasil simulasi yang optimum ini didapatkan dengan melakukan optimasi terhadap kombinasi antara data dari MPSPI 2 elemen, jarak antar elemen dan panjang saluran stub. Pengamatan pada parameter *return loss* dan VSWR dari hasil simulasi 4 elemen yang diperoleh optimal masing-masing ditunjukkan pada Gambar 14.

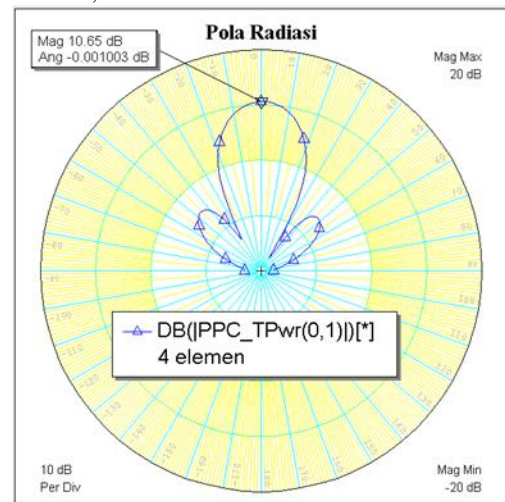


Sumber: Hasil Penelitian

Gambar 14. Hasil Simulasi VSWR 4 Elemen

Dari Gambar 13 dan 14 dapat dilihat bahwa nilai *return loss* yang diperoleh pada frekuensi 3,17 GHz dan 3,23 GHz masing-masing yaitu -11,55 Db dan -11,85 dB dan pada frekuensi tengahnya (3,2 GHz) diperoleh -14,39 dB. Sedangkan nilai VSWR yang diperoleh pada frekuensi 3,17 GHz dan 3,23 GHz masing-masing adalah 1,719 dan 1,687 dan pada frekuensi tengahnya (3,2 GHz) nilai VSWR yang diperoleh mencapai 1,471. Nilai ini telah memenuhi kebutuhan yang ingin dicapai yaitu pada nilai VSWR  $\leq 2$  dan *return loss*  $\leq -10$ dB. Adapun bandwidth yang dicapai pada nilai VSWR  $\leq 2$  adalah: 10,65 dB

Pada Gambar 15 memperlihatkan hasil simulasi pola radiasi yang diperoleh untuk antenna MPSPI 4 elemen. Dari gambar dapat dilihat bahwa pola radiasi yang dihasilkan memiliki *beamwidth* yang besar dan magnitude tertinggi berada pada sudut 0° sebesar 10,65 dB.



Sumber: Hasil Penelitian

Gambar 15. Hasil Simulasi Pola Radiasi 4 Elemen

#### KESIMPULAN

- Hasil simulasi antenna MPSPI *linier array* 1x4 pada frekuensi 3,2 GHz diperoleh VSWR = 3,17 dan 3,23 GHz dan *return loss* = -11,85 dB, dengan dimensi masing-masing patch-nya sebesar 31x22 mm.
- Antena MPSPI menghasilkan pola radiasi *unidirectional* dengan berkas (*beamwidth*) maksimum pada sudut 0° untuk antenna 1 elemen, dan 4 elemen. Berdasarkan simulasi rancangan antenna MPSPI *linier array* 1x4 mampu menghasilkan gain sebesar 14,39 dB.

## REFERENSI

- 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. <https://doi.org/10.36055/setrum.v6i2.2599>
- Alam, S., Wibisana, I., & Surjati, I. (2017). 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*, 91–95.
- Cameron, R. J., Kudsia, C. M., & Mansour, R. R. (2007). *Microwave Filters for Communication Systems: Fundamentals, Design and Applications*.
- Chen, Z. N., Liu, D., Nakano, H., Qing, X., & Zwick, T. (2016). Handbook of Antenna Technologies. In *Handbook of Antenna Technologies*. <https://doi.org/10.1007/978-981-4560-44-3>
- Jonifan, Supriyatin, W., Firmansyah, T., Herudin, & Herudin, A. (2016). Perancangan Antena Mikrostrip Patch Circular menggunakan metode Array 1x8 untuk Aplikasi Radar Maritim Frekuensi 3,2 GHz. 5, 77–81. <https://doi.org/10.36055/setrum.v5i2.964>
- Tari-, G., Hasanuddin-, Z. B., No, A. R., Selatan, W., Palopo, K., & Selatan, S. (2021). *Desain dan Simulasi Antena Yagi-Uda Untuk Aplikasi Radar Maritim Pada Frekuensi 28 MHz*. 02(01).
- Utami, E. Y. D., Setaiji, F. D., & Pebrianto, D. (2017). Rancang Bangun Antena Mikrostrip Persegi Panjang 2,4 GHz untuk Aplikasi Wireless Fidelity (Wi-Fi). *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 6(3), 196. <https://doi.org/10.25077/jnte.v6n3.406.2017>
- Wardhana, A. S., Christyono, Y., & Prakoso, T. (2016). Perancangan Prototype Antena Mikrostrip Patch Array Frekuensi 2,76 Ghz Untuk Aplikasi Antena Radar Maritim. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro; Transient, Vol. 5, No. 1, Maret 2016*. <https://doi.org/10.14710/transient.v5i1.15-22>
- Wijanto, H., Wahyu, Y., Elektro, F. T., & Telkom, U. (2015). *Perancangan N Dan Realisasi Su Suna N M Ik Rostrrip X-B and Untuk Aplik Asi Radar M Aritim Design and Realizatio N of X-Band Microstrip Array for Ma Ritime*. 2(2), 2520–2531.
- Yunita, T. (2020). *Desain Antena Mikrostrip Rectangular Patch Array 1 2 dengan U- Slot Frekuensi 28 GHz*. 7(1), 43–56.