



JURNAL KAJIAN TEKNIK ELEKTRO

PENERAPAN IPTV PADA JARINGAN SERAT OPTIK FTTH

(Sri Hartanto)

**AUDIT ENERGI UNTUK PENGGUNAAN DAYA LISTRIK PADA GEDUNG PERKANTORAN PT. ASTRA
OTOPARTS TBK JAKARTA**

(Leni Devera Asrar, Suwito , Zulkifli)

RANCANG BANGUN ALAT SINKRON UNTUK MENGGABUNGAN DUA GENERATOR TIGA FASA

(Banu Dwi Rahman, Ahmad Rofii)

RANCANG BANGUN SISTEM JEMURAN OTOMATIS BERBASIS ARDUINO UNO

(Yosef Cafasso Yuwono, Syah Alam)

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING RUMAH BERBASIS ARDUINO WEBSERVER DAN SERIAL
KAMERA VC0706**

(Indra Pramudita, Herwin Hutapea)

**ANALISIS JENIS MATERIAL DINDING BATU BATA PADA BANGUNAN TERHADAP DAYA PANCAR
SINYAL WIFI**

(Kukuh Aris Santoso, Rajes Khana)

IOT BERBASIS SISTEM SMART HOME MENGGUNAKAN NODEMCU V3

(Muhammad Aluh, Lita Lidyawati)

RANCANG BANGUN KIT PRAKTIKUM PLC SCHNEIDER M221 di LABORATORIUM OTOMASI

(Arizal Rahman, Nasrun Haryanto)

ANALISA PERBANDINGAN PENGUKURAN MARGIN SINYAL DVB-S2 PADA SATELIT ASIASAT 9

(Kun Fayakun, Alfian Afandi, Fida Afifah, Harry Ramza)

**PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP PATCH SEGIEMPAT PERIPHERAL SLIT MENGGUNAKAN
METODE ARRAY 1x4 UNTUK APLIKASI RADAR MARITIM FREKUENSI 3,2 GHZ**

(M. Zulfadli, Indra Surjati, Gunawan Tjahjadi)



Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta

Jurnal Kajian Teknik Elektro

Vol.3

No.2

Hal.67-183

September- Februari 2019

E-ISSN 2502-8464

JURNAL KAJIAN TEKNIK ELEKTRO

Vol.3 No.2

E - ISSN 2502-6484

Susunan Team Redaksi Jurnal Kajian Teknik Elektro

Pemimpin redaksi

Setia Gunawan

Dewan Redaksi

Syah Alam
Ikhwanul Kholis
Ahmad Rofii
Rajesh Khana

Redaksi Pelaksana

Kukuh Aris Santoso

English Editor

English Center UTA`45 Jakarta

Staf Sekretariat

Dani
Suyatno

Alamat Redaksi

Program Studi Teknik Elektro Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta
Jl.Sunter Permai Raya, Jakarta Utara, 14350, Indonesia
Telp: 021-64715666-64717302, Fax:021-64717301

JURNAL KAJIAN TEKNIK ELEKTRO

Vol.3 No.2

E - ISSN 2502-6484

DAFTAR ISI

PENERAPAN IPTV PADA JARINGAN SERAT OPTIK FTTH	67
(Sri Hartanto)	
AUDIT ENERGI UNTUK PENGGUNAAN DAYA LISTRIK PADA GEDUNG PERKANTORAN PT. ASTRA OTOPARTS TBK JAKARTA	77
(Leni Devera Asrar, Suwito , Zulkifli)	
RANCANG BANGUN ALAT SINKRON UNTUK MENGGABUNGKAN DUA GENERATOR TIGA FASA	92
(Banu Dwi Rahman, Ahmad Rofii)	
RANCANG BANGUN SISTEM JEMURAN OTOMATIS BERBASIS ARDUINO UNO	104
(Yosef Cafasso Yuwono, Syah Alam)	
RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING RUMAH BERBASIS ARDUINO WEBSERVER DAN SERIAL KAMERA VC0706	114
(Indra Pramudita, Herwin Hutapea)	
ANALISIS JENIS MATERIAL DINDING BATU BATA PADA BANGUNAN TERHADAP DAYA PANCAR SINYAL WIFI	127
(Kukuh Aris Santoso, Rajes Khana)	
IOT BERBASIS SISTEM SMART HOME MENGGUNAKAN NODEMCU V3	138
(Muhammad Aluh, Lita Lidyawati)	
RANCANG BANGUN KIT PRAKTIKUM PLC SCHNEIDER M221 di LABORATORIUM OTOMASI	150
(Arizal Rahman, Nasrun Haryanto)	
ANALISA PERBANDINGAN PENGUKURAN MARGIN SINYAL DVB-S2 PADA SATELIT ASIASAT 9	162
(Kun Fayakun, Alfani Afandi, Fida Afifah, Harry Ramza)	
PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP PATCH SEGIEMPAT PERIPHERAL SLIT MENGGUNAKAN METODE ARRAY 1x4 UNTUK APLIKASI RADAR MARITIM FREKUENSI 3,2 GHZ	173
(M. Zulfadli, Indra Surjati, Gunawan Tjahjadi)	

PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP PATCH SEGIEMPAT PERIPHERAL SLIT MENGGUNAKAN METODE ARRAY 1x4 UNTUK APLIKASI RADAR MARITIM FREKUENSI 3,2 GHZ

M.Zulfadli¹⁾, Indra Surjati²⁾, Gunawan Tjahjadi³⁾

^{1), 2)} Magister Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti

³⁾ Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti

Email : zoul.fadli23@gmail.com

ABSTRAK

Radar maritim adalah stasiun radar bergerak yang dipakai diatas kapal laut sehingga dapat mencakup daerah yang luas di wilayah perairan Indonesia. Radar maritim digunakan untuk mengawasi perairan laut Indonesia. Salah satu subsistem radar maritim adalah antenna, Antena berfungsi memancarkan gelombang elektromagnetik ke udara bebas. Untuk menghasilkan coverage area yang luas diperlukan antenna dengan gain yang tinggi. Berdasarkan kondisi tersebut maka pada penelitian ini akan diusulkan penggunaan metode patch segiempat peripheral slit dengan metode array 1x4. Metode patch segiempat peripheral slits berguna untuk menghasilkan antenna yang bekerja pada frekuensi 3,2 GHz. Metode array 1x4 berguna untuk meningkatkan gain antenna tanpa merubah fasa dari sinyal. Hasil simulasi bandwidth yang didapatkan pada empat elemen peripheral slits sebesar 550 MHz (3,001 GHz–3,553 GHz) dengan persentase bandwidth sebesar 17,25%. Hasil simulasi pada frekuensi tengah 3,2 GHz menghasilkan nilai return loss sebesar -59,53 dB dengan VSWR 1,002 dan gain sebesar 12,12 dB.

Kata kunci : Antena, Array 1x4, Slits, Bandwidth, Gain, Radar

ABSTRACT

Radar maritime mobile radar station is used aboard a ship so that it can cover a wide area in the territorial waters of Indonesia. Maritime radar is used to monitor the marine waters of Indonesia. One subsystem is a maritime radar antenna, antenna function emit electromagnetic waves into the air. To produce a wide coverage area that needed an antenna with a high gain. Under these conditions, this research will be proposed the use of a rectangular peripheral slits patch method with 1x4 array method. Rectangular patch method is useful for producing an antenna which works at a frequency of 3.2 GHz. 1x4 array method is useful for increasing the antenna gain without changing the phase of the signal. The bandwidth simulation results obtained on four peripheral slits elements are 550 MHz (3.001 GHz - 3.553 GHz) with a bandwidth percentage of 17.25%. The Simulation results at the middle frequency of 3.2 GHz produce a return loss value of -59.53 dB with VSWR 1.002 and gain of 12,12 dB.

Keywords : Antenna, Array 1x4, Slits, Bandwidth, Gain, Radar

NaskahDiterima :08 Oktober 2018

NaskahDirevisi :12 Desember 2018

NaskahDiterbitkan :09 Januari 2019

1 PENDAHULUAN

Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI) adalah salah satu negara terbesar di dunia. Untuk kawasan ASEAN, wilayah NKRI adalah yang paling luas. Pengamanan dan pengawasan wilayah NKRI yang terdiri dari kurang lebih 17.504 pulau dengan 2/3 wilayah terdiri dari lautan memerlukan aparat dan peralatan yang berjumlah besar. Saat ini, kapal-kapal pengawas dan pemantau daerah kelautan yang ada di Indonesia sudah dilengkapi dengan radar, akan tetapi lingkup jangkauan dari radar yang

dipancarkan oleh kapal milik Indonesia masih kecil dan sedikit. Radar pendukung kapal pengawas dan pemantau daerah kelautan Indonesia juga masih sedikit tergantung dari aplikasi yang digunakan, frekuensi, bandwidth, gain, return loss serta metode perancangannya baik dari rectangular, circular dan arraynya. Perlu dibuatkan prototipe berupa radar maritim yang dilihat dari segi frekuensi serta bandwidth serta antena dan gain yang dimiliki.

Radar Maritim adalah stasiun radar bergerak yang dipakai di atas kapal laut sehingga dapat mencakup daerah yang luas di wilayah perairan Indonesia. Radar laut terbagi dua yaitu Radar Maritim dan Radar Surveillance[1] :

1. Radar Maritim adalah stasiun radar bergerak yang dipakai di atas kapal laut.
2. Radar Surveillance adalah stasiun radar tetap yang berfungsi untuk pengawasan pantai, selat, sungai, dan eksplorasi lepas pantai atau darat.

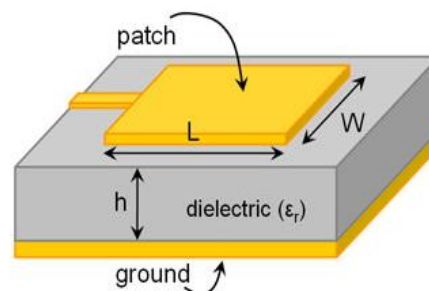
Salah satu subsistem dari Radar Maritim adalah antena. Antena berfungsi untuk memancarkan gelombang elektromagnetik ke udara bebas [2]. Untuk mendapatkan coverage area yang luas maka diperlukan antena dengan gain yang tinggi. Pemasangan Radar Maritim dengan gain yang tinggi sangat diperlukan, agar dapat mencakup daerah yang luas di wilayah perairan Indonesia.

Pada penelitian ini akan dibahas tentang desain dan simulasi antena patch segiempat peripheral slits metode 1x4 array. Radar ini menggunakan frekuensi S-band dengan frekuensi kerja 3,2 GHz. Jenis antena yang digunakan yaitu mikrostrip dengan menambahkan array secara horisontal untuk mendapatkan bandwidth lebar dan meningkatkan gain.

2 KAJIAN TEORI

2.1 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan salah satu jenis antena yang berbentuk papan tipis dan mampu bekerja pada frekuensi yang sangat tinggi. Antena mikrostrip dibuat tiga lapisan bahan, yaitu lapisan patch, substrat dielektrik, dan groundplane. Pada lapisan patch dan groundplane terbuat dari bahan konduktor.



Gambar 1. Antena Mikrostrip

Menurut teori saluran transmisi, antena mikrostrip empat persegi panjang dapat dimodelkan sebagai dua buah slot peradiasi paralel yang terpisahkan jarak sebesar setengah panjang gelombang dalam bahan. Ketika gelombang datang dari saluran pencatu menemui perubahan kasar (discontinue) pada sisi input konduktor antena mikrostrip, medan listriknya akan menyebar ke udara bebas juga pada sisi berikutnya setelah melewati patch atau konduktor yang dianggap sebagai saluran transmisi. Nilai $W > \lambda$, jika nilai W diperbesar maka radiasi dari tepi patch dapat dikurangi. Untuk rectangular patch nilai $W = L$ dan nilainya haruslah $< \lambda/2$, di mana λ adalah panjang gelombang medium dielektrik dengan λ adalah panjang

gelombang di ruang hampa. Perancangan antenna biasanya menggunakan persamaan di bawah ini untuk menentukan lebar patch (W) optimum [3]:

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

Dengan memperhitungkan pengaruh medan limpahan pada sisi yang meradiasi, panjang fisik (L) antenna dapat ditentukan dengan cara:

$$L = \frac{c}{2fr\sqrt{\epsilon_{eff}}} - 2\Delta L \quad (2)$$

dimana ϵ_{eff} adalah konstanta dielektrik efektif, yakni:

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left[1 + \frac{12h}{W} \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (3)$$

ΔL adalah besarnya medan limpahan gelombang elektromagnet dari patch, yakni:

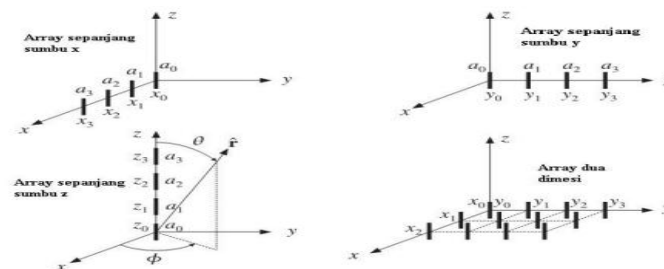
$$\frac{\Delta L}{h} = 0,412 \frac{(\epsilon_{eff}+0,3)\left(\frac{W}{h}+0,264\right)}{(\epsilon_{eff}+0,258)\left(\frac{W}{h}+0,8\right)} \quad (4)$$

$$\Delta L = \left[0,412 \frac{(\epsilon_{eff}+0,3)\left(\frac{W}{h}+0,264\right)}{(\epsilon_{eff}+0,258)\left(\frac{W}{h}+0,8\right)} \right] h \quad (5)$$

2.2 Antena Susunan (Array)

Antena array atau sering disebut sebagai phased array adalah susunan dari 2 antenna atau lebih. Sinyal dari antenna tersebut digabung atau diproses untuk meningkatkan performansi yang diperoleh dari satu antenna. Tujuan membuat antenna array antara lain untuk meningkatkan gain antenna, meningkatkan directivity antenna, 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 antenna yang akan di-array bergantung pada pola sudut yang harus dicapai. Jika antenna 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 [4].

Gambar 2 menunjukkan beberapa contoh array satu dan dua dimensi yang terdiri dari antenna linear yang identik. Jika sebuah elemen antenna linier dipasang searah sumbu z maka akan menghasilkan pola omni directional pada sudut azimuth ϕ . Dengan mereplikasi elemen antenna sepanjang sumbu x atau sumbu y maka tidak akan diperoleh sudut azimuth ϕ yang simetri. Ketika elemen antenna direplikasi sepanjang sumbu z , maka omni directionality yang sehubungan dengan sudut azimuth ϕ dapat dipertahankan. Jika kita bisa menentukan jumlah elemen array (a_n) dengan tepat, maka kita dapat memperoleh nilai gain dan beamwidth yang diinginkan.



Gambar 2. Antena Mikrostrip

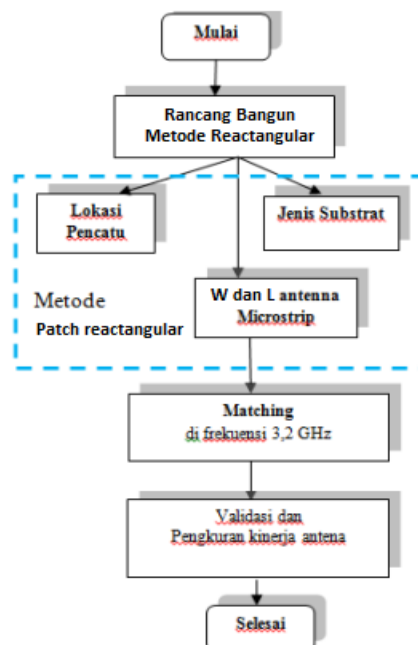
2.3 Peripheral Slits

Peripheral slits adalah salah satu teknik miniaturisasi ukuran antena mikrostrip yang bekerja dengan cara membuat beberapa belahan pada sisi-sisi patch antena. Penggunaan slits akan mengganggu aliran arus di permukaan, memaksa arus untuk berbelok-belok, yang kemudian meningkatkan panjang listrik dari patch. Jumlah slit yang digunakan semakin banyak juga akan dapat mengurangi frekuensi kerja[5]. Dengan menggunakan beberapa buah slits, arus dipermukaan akan mengalir di sekeliling slits. Hasilnya adalah memperpanjang ukuran listrik dari patch dan timbulnya arus normal. Untuk menghitung panjang minimum slit digunakan persamaan

$$l_s = 0.15 \times L \quad (6)$$

3 METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini akan merancang antena mikrostrip Array 4 elemen menggunakan AWR design Environment. Jenis antena mikrostrip yang dirancang adalah antena mikrostrip dengan bentuk patch segiempat pephiral slits dan teknik pencatuan menggunakan saluran mikrostrip (mikrostrip line feed). Proses perancangan antena mikrostrip pada penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan. Secara umum tahap pertama yaitu membuat perancangan antena mikrostrip elemen tunggal, tahap selanjutnya adalah membuat perancangan antena array dua elemen, dan tahap akhir membuat perancangan antena array empat elemen. Hasil dari rancangan akhir akan dilakukan pengukuran. Tahap-tahap perancangan antena mikrostrip 1x4 dapat digambarkan pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Perancangan

3.1 Penentuan Spesifikasi Antena

Tahapan pertama dalam melakukan perancangan antena mikrostrip adalah menentukan spesifikasi antena yang ingin dicapai [6][7][8]. Spesifikasi antena yang dimaksud yaitu frekuensi kerja, VSWR, gain, bandwidth dan impedansi masukan. Spesifikasi antena yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Frekuensi kerja : 3,2 GHz (2,19 – 3,23 GHz)
2. VSWR : ≤ 2
3. Gain : ≥ 8 dBi
4. Bandwidth : 60 MHz
5. Impedansi masukan : 50Ω

3.2 Penentuan Substrat

Tahap selanjutnya yaitu menentukan jenis substrat yang akan digunakan. Dalam pemilihan jenis substrat sangat diperlukan pengetahuan tentang spesifikasi umum dari substrat tersebut, kualitasnya, ketersediaannya serta yang tidak kalah penting adalah harga atau biaya yang harus dikeluarkan untuk mendapatkannya, karena akan mempengaruhi nilai jual ketika akan difabrikasi secara massal untuk dipasarkan. Jenis substrat yang digunakan pada perancangan antena dalam penelitian ini adalah Epoxy FR4 dengan parameter seperti ditunjukkan pada tabel 1 [9].

Tabel 1. Parameter Substrat

No	Parameter Substrat FR4	Keterangan
1.	Konstanta Dielektrik (ϵ_r)	4,4
2.	Dielektrik Loss Tangen (Tan D)	0,0265
3.	Ketebalan Substrat (h)	0,16 cm

3.3 Perancangan Dimensi Patch

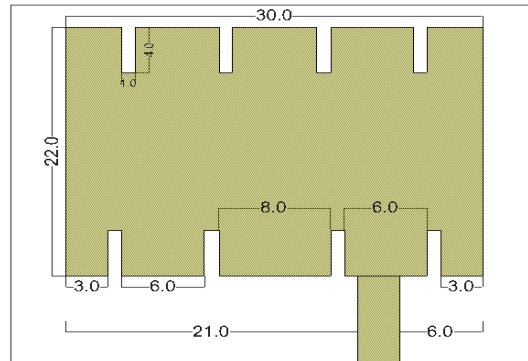
Patch pada antena mikrostrip ini berfungsi sebagai komponen yang meradiasikan gelombang elektromagnetik ke ruang bebas. Antena mikrostrip segiempat perihperal slit ini adalah antena yang di array sebanyak 4 elemen. Sebelum dilakukan proses array, terlebih dahulu dibuat satu antena dengan spesifikasi yang telah ditentukan sebelumnya. Jika satu antena telah sesuai dengan spesifikasi, kemudian baru disusun menjadi antena array.

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan Persamaan 1-6, diperoleh dimensi fisik antena awal sesuai Tabel 2. Perancangan antena menggunakan substrat epoxy FR4 dengan konstanta dielektrik 4,4 dan frekuensi resonansi 3,2 GHz.

Tabel 2. Dimensi Antena Patch Tunggal

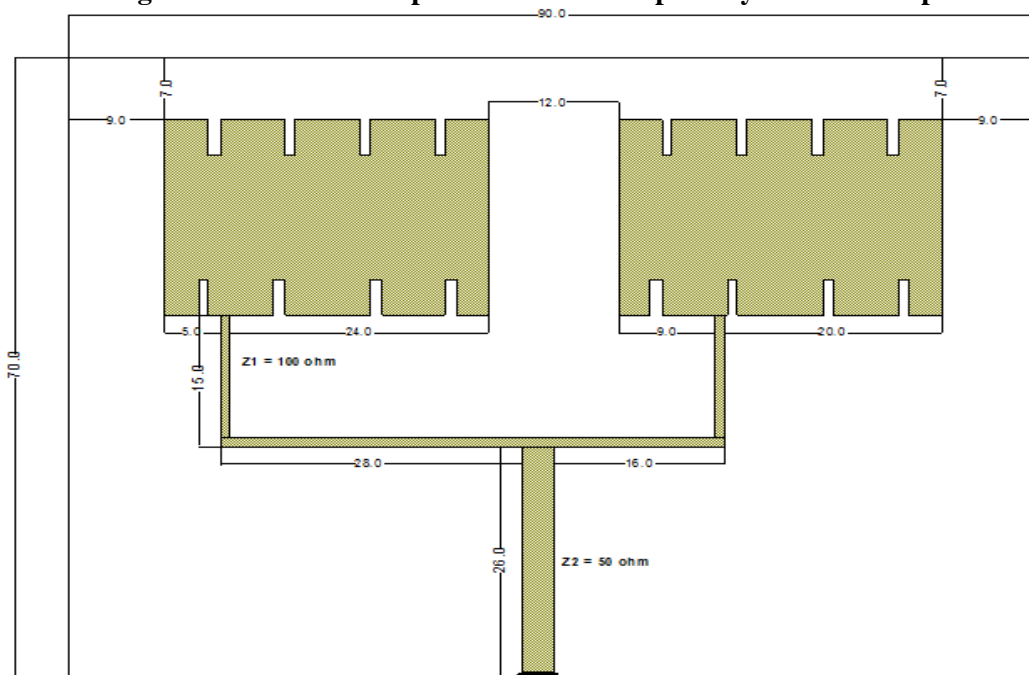
Dimensi	Hasil (mm)
Lebar (patch)	30
Panjang (patch)	22
Lebar saluran Pencatu 50 ohm	3
Lebar Ground plane	38
Panjang Ground Plane	32
Lebar slit	1
Panjang slit	4

Dari hasil diatas, dibuat sketsa awal antenna tunggal dengan peripheral slits. Dalam penelitian ini, desain celah periferil dilakukan dengan memberi 8 celah di tepi atas dan bawah antenna mikrostrip untuk mengurangi dimensi antenna. Posisi dan ukuran setiap celah sama dengan lebar 1 mm dan panjang celah 4 mm seperti pada Gambar 4.



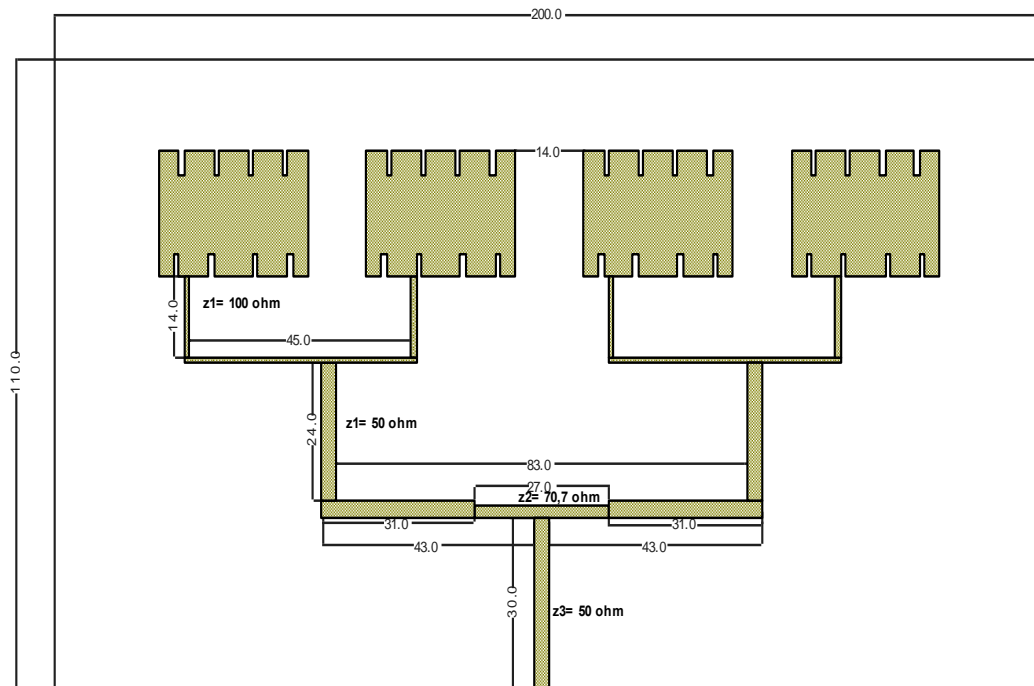
Gambar 4. Diagram Alir Perancangan

3.4 Perancangan Antena Mikrostrip Antena Mikrostrip Array Dua dan Empat Elemen



Gambar 5. Array 2 Elemen

Dari Gambar 5, dapat dilihat desain array linier antenna mikrostrip menggunakan empat patch celah periferil slit. Dengan dimensi $d = 12$ mm, $X1 = 15$ mm, $X2 = 45$ mm, $X3 = 25$ Dimensi kandangnya adalah 90mm x 70 mm.



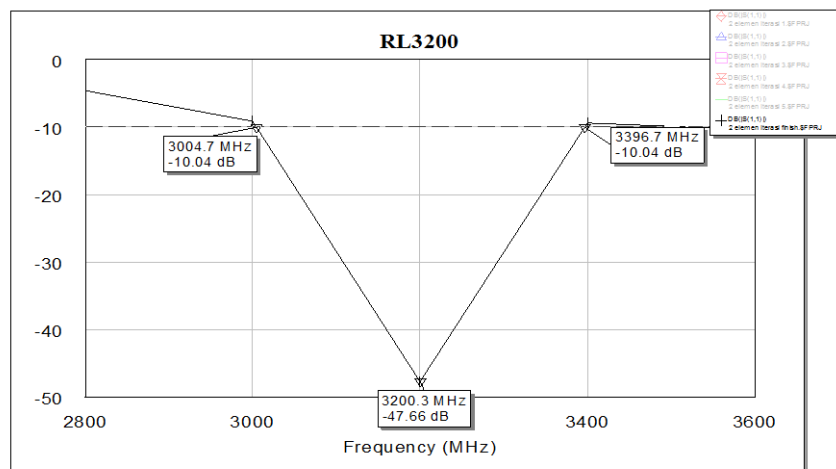
Gambar 6. Array 4 Elemen

Dari Gambar 6, dapat dilihat desain array linier antenna mikrostrip menggunakan empat patch celah peripheral slit. Dengan dimensi $d = 14$ mm, $X_1 = 11$ mm, $X_2 = 21$ mm, $X_3 = 31$ mm, $X_4 = 27$ mm dan $X_4 = 30$. Dimensi kandangnya adalah 200mm x 110 mm.

3.5 Hasil simulasi antenna

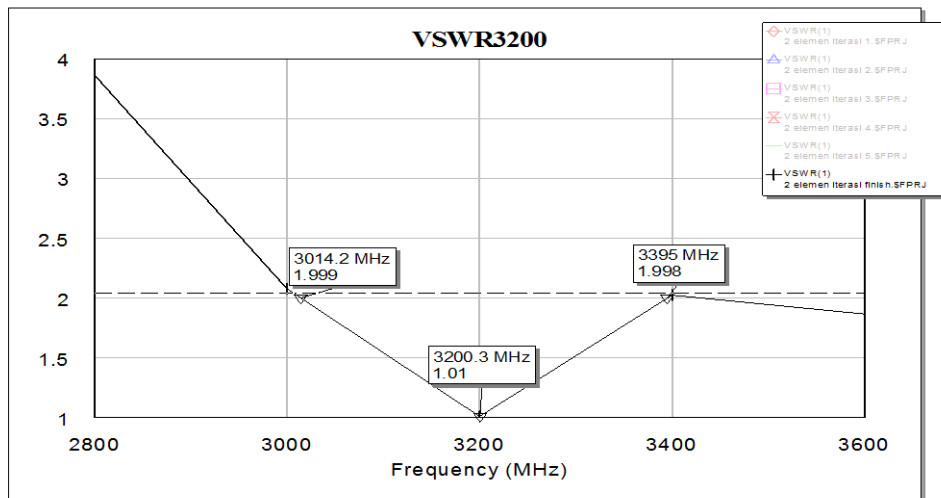
3.5.1 Hasil Simulasi Antena Array 2 elemen

Hasil simulasi yang dilakukan pada gambar 7 menjelaskan hasil simulasi yang memiliki skala frekuensi 2,6 GHz sampai dengan 3,8 GHz. Hasil simulasi menyatakan bahwa bandwidth -10 dB diperoleh saat $f_1 = 3$ GHz dan $f_2 = 3,39$ GHz dengan bandwidth 392 MHz dan frekuensi tengah (f_c) = 3,2 GHz dengan nilai *Return Loss* = $-47,66$ dB.



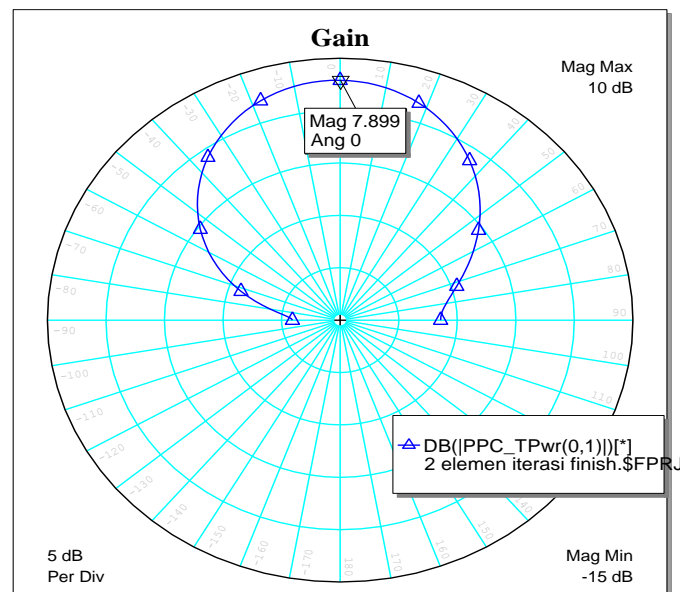
Gambar 7. Hasil Simulasi Retur Loss Array 2 Elemen

Gambar 8 menjelaskan hasil simulasi VSWR yang memiliki skala frekuensi 2,6 GHz sampai 3,8 GHz dengan sumbu y adalah VSWR. Hasil simulasi menyatakan bahwa VSWR yang diperoleh adalah 1,01.



Gambar 8. Hasil Simulasi VSWR Array 2 Elemen

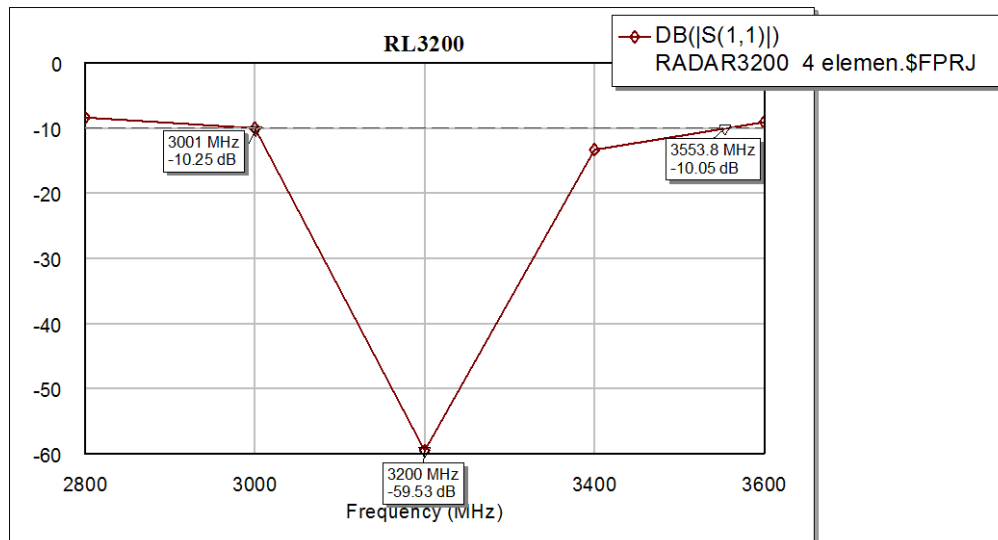
Gambar 9 menjelaskan hasil simulasi Farfield Gain dengan main lobe magnitude diperoleh sebesar 7,899 dB



Gambar 9. Hasil Simulasi Gain Array 2 Elemen

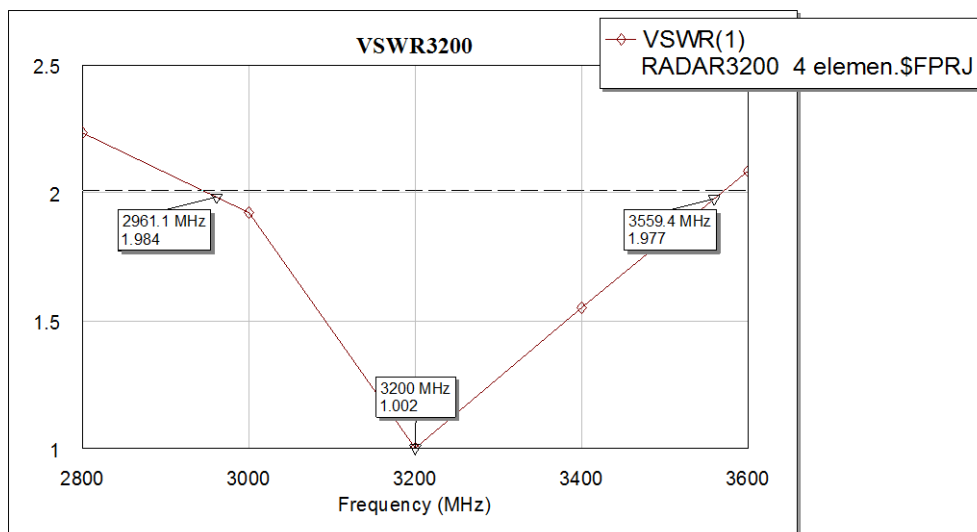
3.5.2 Hasil Simulasi Antena Array 4 elemen

Hasil simulasi yang dilakukan pada gambar 10 menjelaskan hasil simulasi yang memiliki skala frekuensi 2,6 GHz sampai dengan 3,8 GHz. Hasil simulasi menyatakan bahwa bandwidth -10 dB diperoleh saat $f_1 = 3$ GHz dan $f_2 = 3,53$ GHz dengan bandwidth 553 MHz dan frekuensi tengah (f_c) = 3,2 GHz dengan nilai *Return Loss* = $-59,53$ dB. Hasil simulasi return loss dari antenna rancangan dapat dilihat pada gambar 10.



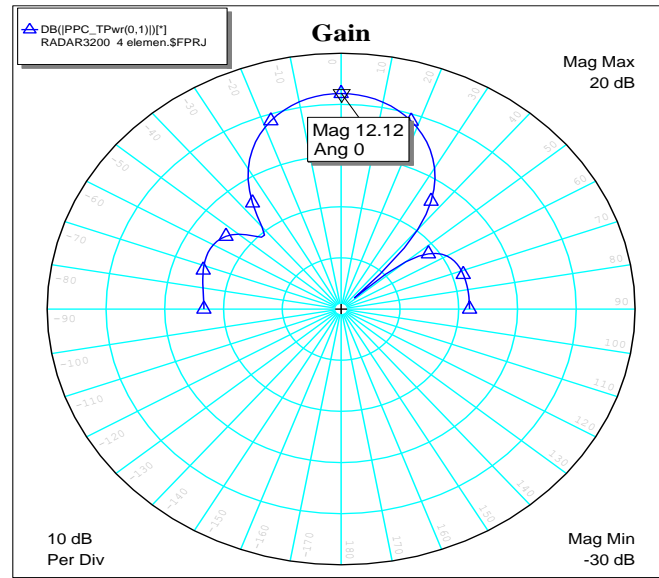
Gambar 10. Hasil Simulasi Return Loss Array 4 Elemen

Gambar 11 menjelaskan hasil simulasi VSWR yang memiliki skala frekuensi 2,6 GHz sampai 3,8 GHz dengan sumbu y adalah VSWR. Hasil simulasi menyatakan bahwa VSWR yang diperoleh adalah 1,002.



Gambar 11. Hasil Simulasi VSWR Array 4 Elemen

Gambar 12 menjelaskan hasil simulasi Farfield Gain dengan main lobe magnitude diperoleh sebesar 12,12 dB



Gambar 12 Hasil Simulasi Gain Array 4 Elemen

4 KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil merancang tiga buah antenna dan mensimulasikannya. Tiga buah antenna tersebut adalah antenna elemen tunggal, antenna array dua elemen, dan antenna array empat elemen. Antenna elemen tunggal memiliki return loss = -31,96 dB, VSWR = 1,057, gain = 5,394 dB. Antenna array dua elemen memiliki return loss = -47,66 dB, VSWR = 1,01, gain = 7,89 dB. Antenna array empat elemen memiliki return loss = -59,53 dB, VSWR = 1,002, gain = 12,12 dB. Secara keseluruhan hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin banyak elemen banyak, gain semakin tinggi dan memenuhi kriteria yang diharapkan. Tetapi dalam hal ini nilai gain masih harus ditingkatkan untuk pengaplikasian pada Radar Maritim.

5 DAFTAR REFERENSI

- [1.]Kementerian Komunikasi dan Informatika. Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 31 Tahun 2013. Tentang “Persyaratan Teknik Alat dan Perangkat Radar Maritim dan Radar Survelillance”.
- [2.]Balanis, Constantine A. Antena Theory : Analysis and Design. John Wiley and Sons, Inc. Canada. 1997.
- [3.]D. M. Pozar. and D. H. Schaubert, Microstrip Antennas: The Analysis and Design of Microstrip Antennas and Arrays, New
- [4.]York, IEEE Press, 1995. (2013) Antenna arrays (Phased arrays). [Online].Available:<http://www.antenna-theory.com/arrays/main.php>
- [5.]Alam, S., Wibisana, I. G. N. Y., & Surjati, I. (2017, July). Miniaturization of array microstrip antenna using peripheral slits for wireless fidelity communication. In Quality in Research (QiR): International Symposium on Electrical and Computer Engineering, 2017 15th International Conference on (pp. 91-95). IEEE..

- [6.] Alam, S., & Prasajo, A. K. (2017). Desain Antena Mikrostrip GPS Berbentuk Lingkaran (Circular). *JURNAL KAJIAN TEKNIK ELEKTRO*, 2(1), 67-70.
- [7.] Firmansyah, Teguh; Harsojo, Dwi; Fatonah, Feti; Aziz, Abdul "Rancangan Dual Band Cascode Band Pass Filter Frekuensi 119, 7 MHz dan 123, 2 MHz untuk Perangkat Tower Set Bandara Budiarto". *Jurnal Ilmiah Setrum* vol. 4 No.1.2015.
- [8.] Surjati, I. (2005, October). Dual frequency operation triangular microstrip antenna using a pair of slit. In *Communications, 2005 Asia-Pacific Conference on* (pp. 124-127). IEEE.
- [9.] WIYANTO, E., ALAM, S., & HARSONO, B. (2018). Realisasi dan Pengujian Antena Mikrostrip Array 4 Elemen dengan Polarisasi Melingkar untuk Aplikasi 4G/LTE. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 6(2), 244.