

## SUSUNAN ANTENNA YAGI UNTUK AIR SURVEILLANCE RADAR VHF

### YAGI ANTENNA FOR VHF AIR SURVEILLANCE RADAR

<sup>1</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi ,Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>2</sup>Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>3</sup>PPET, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Bandung

efratmur@students.telkomuniversity.ac.id , bambangsetianugroho@telkomuniversity.ac.id ,  
yuyu.wahyu@lipi.go.id

#### Abstrak

*Air Surveillance Radar (ASR)* merupakan sebuah radar pengintai yang berfungsi untuk mendeteksi dan melacak pesawat berukuran besar. Saat ini, ASR banyak bekerja pada pita frekuensi tinggi seperti S-band dan X-band. Hal ini membuat kapasitas jangkauan deteksi radar sangat pendek. Selain itu, radar ASR memiliki keterbatasan kemampuan untuk mendeteksi pesawat dengan karakteristik *radar cross section (RCS)* yang sangat kecil. Oleh sebab itu, banyak pesawat siluman yang memanfaatkan hal tersebut, untuk bersembunyi dan menghindari dari jangkauan radar. Pada dasarnya, sumber kelemahan ini terletak pada kinerja suatu antena. Solusi yang optimal dalam mendeteksi pesawat siluman adalah mendesain sebuah antena yang mampu beroperasi pada pita frekuensi rendah serta meningkatkan parameter Gain sebagai *long range*.

Tugas Akhir ini, membuat perancangan desain antena yagi untuk radar pengawasan udara yang mampu bekerja pada frekuensi *Very High Frekuensi (VHF)* dengan frekuensi tengah 150 MHz. Desain perancangan ini meliputi perancangan *single* dan *array antenna*. Untuk mendapatkan hasil Gain yang maksimal, maka antena radar di desain dengan cara susunan/*stack* antena yagi  $8 \times 2$ .

Hasil pengukuran simulasi *single antenna* untuk parameter *VSWR*, *Return Loss* dan *Gain* berturut-turut sebesar 1,457, -11,954 dB, dan 13,19 dB. Sedangkan hasil simulasi yagi  $8 \times 2$  untuk *VSWR*, *Return Loss* dan *Gain* berturut-turut sebesar 1,357, -18,5 dB, dan 22,58 dB. Hasil simulasi tersebut dibandingkan dengan hasil dari pengukuran yang secara berturut untuk *VSWR* dan *Return Loss* sebesar 1,3609 dan -16,34 dB. Dari hasil simulasi antena yang dibuat memiliki sifat pola radiasi *unidirectional* serta mampu mendeteksi pesawat F117A Nighthawk pada range 19,8 Km

**Kata kunci :** *Air Surveillance Radar, Radar VHF, Stack Antenna Yagi, dan pesawat siluman.*

#### Abstract

*Air Surveillance Radar (ASR)* is a surveillance radar that serves to detect and track large-sized aircraft. At present, ASR works a lot on high frequency bands such as S-band and X-band. This makes the radar capacity detection range very short. In addition, ASR radar has limited ability to detect aircraft with very small characteristics of the radar cross section (RCS). Therefore, many stealth planes use this, to hide and avoid radar range. Basically, the source of this weakness lies in the performance of an antenna. The optimal solution for detecting stealth aircraft is to design an antenna that is capable of operating on a low frequency band and increasing the Gain parameter as a long range.

This Final Project, designed the yagi antenna design for air surveillance radars that are capable of working at Very High Frequency (VHF) frequencies with a center frequency of 150 MHz. This design design includes single design and antenna arrays. To get the maximum Gain, the radar antenna is designed by stacking  $8 \times 2$  yagi antennas.

The measurement results of single antenna simulation for *VSWR*, *Return Loss* and *Gain* are 1.457, -11,954 dB, and 13.19 dB, respectively. Whereas the simulation results of Yagi  $8 \times 2$  for *VSWR*, *Return Loss* and *Gain* are 1.357, -18.5 dB, and 22.58 respectively. The simulation results are compared with the results of successive measurements for *VSWR* and *Return Loss* of 1.3609 and -16.34 dB. From the simulation results the antenna that is made has *unidirectional radiation pattern properties* and is able to detect F117A Nighthawk aircraft in the range of 19.8 Km

**Keywords:** *Air Surveillance Radar, VHF Radar, Yagi Stack Antenna and Stealth Aircraft.*

#### 1. Pendahuluan

*Air Surveillance Radar (ASR)* merupakan sebuah radar pengintai yang berfungsi untuk mendeteksi dan melacak pesawat dengan volume yang besar. Saat ini, aplikasi ASR banyak digunakan untuk radar pengawasan udara oleh kalangan penerbangan sipil. Pada dasarnya, setiap radar ASR memiliki keterbatasan untuk mendeteksi pesawat yang berukuran *radar cross section (RCS)* sangat kecil. RCS merupakan kemampuan suatu pesawat untuk merefleksikan sinyal kembali ke radar. Tentunya ini sangat penting bagi radar, karena semakin besar pantulan sinyal diterima oleh radar, maka semakin mudah mendeteksi suatu target. Selain itu, ASR banyak bekerja pada pita frekuensi tinggi seperti S-band, dan X-band, hal ini membuat kapasitas jangkauan radar semakin pendek. Oleh

sebab itu, banyak pesawat siluman memanfaatkan hal tersebut untuk terbang tinggi agar terhindar dari jangkauan radar.

Perusahaan elektronik rusia *Nizhny Novgorod Research Institute of Radio Engineering* (NNIIRT) mengembangkan pembuatan radar untuk mendeteksi pesawat siluman Amerika Serikat. Salah satu radar yang dikembangkan adalah P-18 *moderization*. Radar tersebut bekerja pada pita frekuensi rendah, hal ini merupakan solusi optimal untuk mengatasi persoalan jangkauan radar dan jalan keluar dalam mendeteksi pesawat siluman RCS sangat kecil. Hal ini dibuktikan dalam penelitian jurnal oleh Qi Shen menyebutkan bahwa “Radar VHF memiliki karakter yang sangat baik dalam hal *long Range, low cost, anti-stealth*” [1].

Di sisi lain, dalam pembuatan suatu radar membutuhkan biaya yang sangat mahal, faktor yang mempengaruhi yaitu pemilihan frekuensi serta ukuran antenna. Michelson menyebutkan bahwa “pemilihan frekuensi dan ukuran antenna dapat menghemat biaya berturut-turut sebesar 27 % dan 9%” [2]. Jika militer Indonesia ingin memiliki radar sendiri, maka yang paling baik dilakukan adalah pembuatan radar berjenis VHF.

Kualitas Radar buatan luar negeri tentu sangatlah baik, hal tersebut berbanding lurus biaya yang ditawarkan, namun hal itu belum bisa menjamin kinerja suatu radar dengan baik, sesuai kondisi geografis wilayah Indonesia. Kendala ini dapat diatasi jika radar tersebut dapat diproduksi sendiri di dalam negeri, dengan demikian biaya yang diperlukan untuk pengadaan maupun pemeliharaan dapat ditekan secara signifikan.

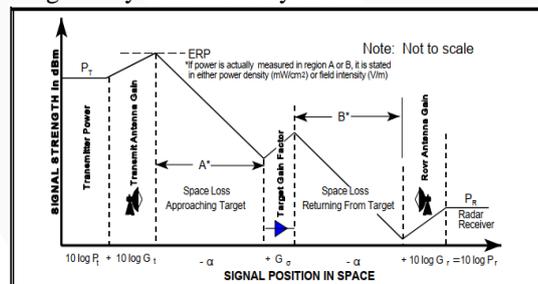
Saat ini, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) sedang mengembangkan riset pembuatan radar salah satunya yaitu *Air Surveillance Radar* (ASR) untuk sistem pertahanan militer. Pada penelitian sebelumnya radar ini sudah pernah dibuat oleh negara Rusia. Negara tersebut membuat model radar P-12, P-18, P-18Mh2 dan 1L119 Nebo SVU [4]. Penelitian ini, hanya fokus bagaimana merancang pembuatan desain antenna radar yang sesuai dengan kriteria permasalahan diatas.

Pada Tugas Akhir ini telah dirancang antenna untuk radar *surveillance* dengan mengikuti bentuk antenna pada radar P-18 [4]. Radar P-18 ini, memiliki desain berbentuk *stack* antenna yang dapat bekerja pada range frekuensi VHF (30-300 MHz) dengan frekuensi tengah 150 MHz. Tujuan dari susunan ini adalah untuk mendapatkan Gain besar, sehingga dapat mendeteksi target *range* yang lebih jauh.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Radar

*Radio Detection and Ranging* (Radar) merupakan suatu perangkat yang digunakan untuk mentransmisikan sinyal elektromagnetik serta menerima sinyal dari target, guna untuk mendeteksi objek yang tidak bisa terlihat oleh mata. Prinsip kerja radar pada dasarnya yaitu dengan memancarkan sinyal gelombang elektromagnetik dari antenna *transmitter* kemudian sinyal tersebut mengenai target, maka sinyal akan ada yang diteruskan dan ada dipantulkan kembali. Sinyal pantul ini lah yang dimanfaatkan kemudian diterima kembali oleh antenna penerima radar untuk diproses. Sinyal pantulan tersebut disebut dengan sinyal *echo*. Berikut Gambar 1 merupakan prinsip kerja radar, sekaligus visualisasi kerugian daya akibat adanya redaman antara radar dan target.



Gambar 1. Prinsip kerja radar

Oleh sebab itu untuk menghitung nilai daya yang diterima radar dapat dituliskan dalam persamaan 2.1 [7]

$$10 \log P_r = 10 \log G_t - 2\alpha + G_\sigma + 10 \log G_r \quad (1)$$

Dimana :

$\alpha$  = Free Space Loss (dB)

$G_\sigma$  = Gain target cross section ( $m^2$  atau dBsm)

*Free space loss* merupakan pelemahan energi akibat dari jarak tempuh antara dua titik antenna, bahkan ketika tidak ada *obstacle*, redaman akan terus terjadi. Besarnya free space loss dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2 [7].

$$\alpha = 32.45 + 20 \log f \text{ (MHz)} + 20 \log d \text{ (Km)} \quad (2)$$

Gain target *cross section* merupakan area antenna dari pantulan objek setara dengan target yang diradiasikan secara isotropis. Besar RCS dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan 3 [7].

$$G_\sigma = 10 \log \sigma + 20 \log f + K \text{ (in dB)} \quad (3)$$

Dalam dunia radar, ada beberapa istilah digunakan dalam menentukan jarak yaitu *range* dan *distance*. *Distance* adalah jarak antara radar ke target, sedangkan *range* adalah jarak antara Radar–target–kemudian kembali ke radar. Besarnya jangkauan radar dapat dihitung menggunakan persamaan 4 [7].

$$R_{\max} = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 S_{\min}} \quad (4)$$

Dimana :

- $P_t$  = Daya Transmit (Watt),  
 $\sigma$  = Radar Cross Section ( $m^2$ ),  
 $G_t$  = Gain Transmit (dB),  
 $G_r$  = Gain Receiver (dB),  
 $\lambda$  = Panjang Gelombang (m),  
 $S_{\min}$  = The Receiver Sensitivity (dBm)

### 2.2 Stacking Yagis

*Stacking Yagis* adalah Bentuk dari cara menyusun antenna yagi baik secara vertikal maupun secara horizontal. Dengan menumpuk atau menyusun antenna yagi untuk meningkatkan gain yang diperoleh dari satu yagi dan mengurangi *beamwidth*. Perlu dicatat bahwa *beamwidth* berkurang di bidang susun saja. Jika dilakukan menumpuk antenna yagi secara vertikal *beamwidth* berkurang pada bidang vertikal atau "H" dari yagi yang terpolarisasi horizontal. Susunan secara horizontal menghasilkan *beamwidth* yang lebih sempit pada bidang horizontal atau "E" secara horizontal yagi terpolarisasi.[19]

### 3. Perancangan

Antena yang akan didesain adalah *single antenna* dan *array antenna*. Proses perancangan antenna dimulai dari dua tahap, yaitu perancangan dengan *software* dan pabrikan. perancangan *software* itu dilakukan penentuan rancangan spesifikasi dari antenna Penelitian memaparkan usulan dalam merancang sebuah antenna *single* yaitu desain ke-1, desain ke-2 dan desain optimasi dan *array antenna*. Sedangkan tahap pabrikan hanya dilakukan pada *single antenna*. Sebelum melakukan desain antenna, penting diketahui perhitungan radar dua arah dalam pembuatan spesifikasi antenna radar. Penelitian ini mencoba mendeteksi pesawat siluman F117 Nighthawk yang memiliki *radar cross section* sebesar  $0.025 m^2$ . Berikut adalah tabel 1 merupakan parameter yang digunakan dalam perhitungan jangkauan antenna radar.

Tabel 1. Parameter Antena Radar

Parameter Transmitter		Referensi	Parameter Receiver	
Gain Antena	20 dB	[16]	Gain antenna pesawat (RCS F117A Nighthawk)	= -11,03 dB (2)
Frekuensi	150 MHz			
Receiver sensitivity	-100 dBm	[17]		
Tx power	10 KW	[18]		
Tx power	18.45 dBm			

Jenis pesawat target yang di deteksi adalah pesawat siluman F117A Nighthawk yang memiliki *Radar Cross Section* (RCS) sebesar  $0.025 m^2$  [12]. Nilai Gain dari antenna target RCS dapat dihitung menggunakan persamaan 3.

$$\begin{aligned}
 G_{\sigma} &= 10 \log \sigma + 20 \log f + K_2 \text{ (in dB)} \\
 &= 10 \log 0.025 + 20 \log 150 - 38.54 \\
 &= -11,03 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Dimana parameter  $f$  adalah frekuensi kerja dari radar dan " $K_2$ " adalah konstanta sebesar  $-38.54 \text{ (in } m^2)$  [12]. Nilai " $G_{\sigma}$ " di asumsikan sama dengan " $G_{rx}$ ", maka nilai persamaan radar dua dapat hitung dengan persamaan 2.1.

$$\begin{aligned}
 10 \log Pr &= 10 \log Pt + 10 \log G_t - 2\alpha + G_{\sigma} + 10 \log G_r \\
 -100 \text{ dBm} &= 70 \text{ dBm} + 20 \text{ dB} - 2\alpha - 11.03 + 20 \text{ dB} \\
 198.97 \text{ dBm} &= 2\alpha \\
 \alpha &= 99.485
 \end{aligned}$$

Maka untuk mendapatkan *range* dari antenna radar dapat dihitung menggunakan persamaan 2.2.

$$\begin{aligned}
 32.45 + 20 \log 150 + 20 \log d &= 99.485 \\
 20 \log d &= 23.5 \text{ dB} \\
 d &= \text{anti Log } 1.175 = 14.96 \text{ Km}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan persamaan radar dua arah, jangkauan yang dapat dideteksi oleh radar untuk pesawat siluman F117A Nighthawk sebesar 14.96 Km. Dengan asumsi parameter Gain antara antenna radar dengan sebesar 20 dB. Hasil perhitungan tersebut diperkuat dengan menggunakan persamaan 2.5.

$$R_{\max} = \frac{10000 \times 100 \times 100 \times 2^2 \times 0.025}{(4\pi)^3 \times 10^{-13}} = 14.98 \text{ km}$$

Dari hasil perhitungan radar dua arah menggunakan persamaan 1, maka sistem antenna radar pada tugas akhir ini membutuhkan gain Tx sebesar 20 dB dengan asumsi jarak transmisi antara antenna radar dan target pesawat yaitu 14.98 km. dengan demikian kita dapat merumuskan antenna radar yang dapat dirancang adalah sebagai berikut:

Berikut adalah spesifikasi dari antenna radar.

- ✓ Desain antenna : *Single* dan *Array*
- ✓ Jenis antenna : *Yagi*
- ✓ Frekuensi : VHF (150 MHz)
- ✓ Impedansi : 50 Ω
- ✓ VSWR : ≤ 2
- ✓ Gain antenna ≥ 20 dB

**3.1 Desain antenna**

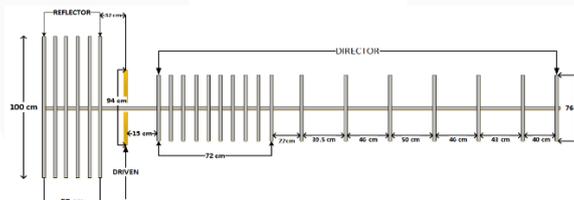
Desain antenna pertama dilakukan menggunakan *software CST Microwave Studio 2018*. Usulan desain meliputi *single* dan *array antenna*. Pada desain antenna kali ini, penulis hanya menampilkan desain optimasi untuk desain *single antenna*.

**3.1.1 Single antenna**

*Single* antenna pada dasarnya memudahkan dalam melakukan desain pada *array antenna*. Berikut pada Tabel 2 dan Gambar 2 adalah dimensi *single antenna* yang akan dirancang. Bahan antenna yang digunakan adalah aluminium.

Tabel 2 Desain Optimasi Antena

Parameter	Nilai(cm)	Keterangan
d1	0.6	Dimateri luar
d	0.48	Diameter dalam
Lr	115	Panjang <i>reflector</i>
Lv	94	Panjang <i>driven</i>
Ld	76	Panjang <i>director</i>
L1	10	Jarak masing- masing <i>reflector</i>
L2	32	Jarak <i>reflector</i> – <i>driven</i>
L3	15	Jarak <i>driven</i> – <i>director</i>
L4	8	Jarak masing-masing <i>director</i> 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10
L5	22	Jarak <i>director</i> 10 – <i>director</i> 11
L6	39.5	Jarak <i>director</i> 11 – <i>director</i> 12
L7	46	Jarak <i>director</i> 12 – <i>director</i> 13
L8	50	Jarak <i>director</i> 13 – <i>director</i> 14
L9	46	Jarak <i>director</i> 14 – <i>director</i> 15
L10	43	Jarak <i>director</i> 15 – <i>director</i> 16
L11	40	Jarak <i>director</i> 16 – <i>director</i> 17

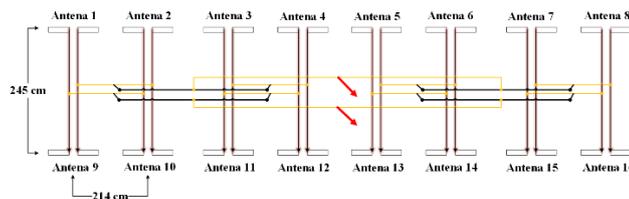


Gambar 2. Desain Optimasi Single Antena.

**3.1.2 Array antenna**

Setelah didapatkan hasil simulasi desain optimasi *single antenna*, selanjutnya dilakukan desain ke bagian *array antenna*. Hasil optimasi *single antenna* akan disusun secara horizontal dan vertikal. Penyusunan ini mengacu pada Jurnal 8 × 2 [9] seperti gambar 2, alasan-nya adalah untuk mendapatkan pola radiasi yang pipih sehingga peluang untuk mendeteksi pesawat lebih dibandingkan dengan susunan horizontal dan vertikal yang sama.

Adapun alasan lain adalah untuk memudahkan dalam pabrikasi antenna jika suatu saat dibutuhkan. Pembuatan desain *array antenna* dilakukan dengan cara yaitu *Stack Yagi*. Istilah ini pada dasarnya digunakan untuk menaikkan gain dan membentuk pola pancaran pada bagian *main lobe*.



Gambar 3 Desain Array Antenna

Gambar 3 merupakan usulan desain *array antenna* yang simulasikan menggunakan *software CST microwave studio 2018*. Perbedaan pada *single antenna* hanya terletak pada balun yang menghubungkan pada antenna. Istilah dalam menyusun antenna ini biasanya disebut dengan *Stack Yagi*. Berikut cara memudahkan dalam pembuatan balun yaitu dimulai dengan desain balun *stack 4 yagi*, desain balun *stack 8 yagi*, dan desain balun *stack 16 yagi*.

**3.1.3 Pabrikasi Antena**

Fabrikasi merupakan suatu rangkaian proses dilakukan pembuatan antenna yang telah simulasikan. Hasil perancangan desain yang difabrikasikan adalah desain optimasi *single antenna* (lihat gambar 3.13), karena hasil simulasi parameter frekuensi, *VSWR*, *Return Loss* dan *Gain* sudah sesuai dengan target spesifikasi antenna radar. Proses fabrikasi membutuhkan bahan dan alat untuk membangun *prototype* antenna radar. Berikut pada Tabel 3.7 ditampilkan bahan yang digunakan dalam proses fabrikasi.

Bahan	Panjang (cm)	Jumlah	Keterangan
Pipa aluminium 6 mm	115	7 elemen	Digunakan untuk <i>reflector</i>
	94	1 elemen	Digunakan Untuk <i>driven</i>
	76	17 elemen	Digunakan untuk <i>director</i>
Pipa Aluminium 2.54 cm atau <i>inch</i>	64	1 elemen	Digunakan untuk <i>boom</i> Vertikal
Pipa Aluminium 2.54 cm atau <i>inch</i>	132.5		Digunakan untuk boom horizontal
	117.5		
	161		
Kabel <i>Coaxial</i> 50 ohm RG58	200	-	
Sambungan "T"		4 Buah	Digunakan Untuk menghubungkan <i>boom</i>
N <i>connector female</i>		1 Buah	Digunakan untk mengukur antenna
Cincin <i>Bracket</i> diamter elemen 6 mm, diamter boom 2.54 cm	-	25 buah	
Kayu	-		Digunakan untuk <i>driven</i> agar tidak <i>short cicuit</i>

**4. Hasil Pengukuran**

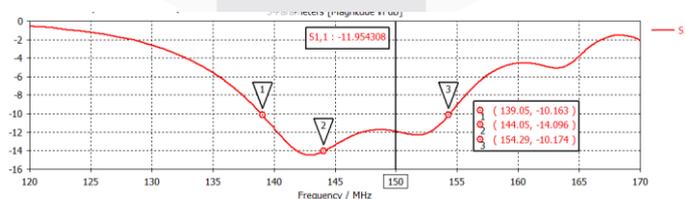
Pengukuran yang dilakukan pada Tugas Akhir ini terhadap antenna hasil simulasi terdiri dari dua macam pengukuran yaitu pengukuran simulasi antenna dan pengukuran menggunakan alat ukur antenna.

**4.1 Hasil Pengukuran simulasi**

Dalam pengukuran desain simulasi antenna terbagi menjadi 2 bagian yaitu *single antenna* dan *array antenna*. Pengukuran pada simulasi *single antenna* meliputi desain ke-1, desain ke-2 dan optimasi. Ketiga desain pengukuran tersebut, di analisis untuk bahan pertimbangan dalam proses fabrikasi

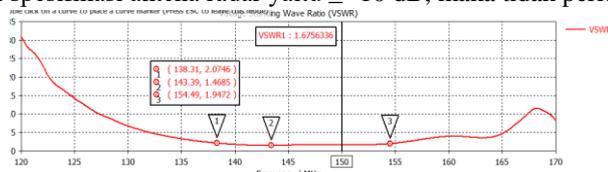
Pengukuran simulasi desain antenna menggunakan *software* simulasi *CST micowave studio*. Parameter yang diukur berupa *Return Loss*, *VSWR* dan *Gain*. Hasil pengkuran tersebut berupa grafik yang menunjukan daerah kerja antenna pada frekuensi 150 MHz. Hasil dari pengukuran tersebut di analisis berdasarkan teori dasar antenna.

Berikut hasil simulasi desain junal menggunakan simulator *CST Microwave Studio 2018*. Parameter kinerja antenna yang diukur adalah *Return Loss*, *VSWR* dan *Gain*.



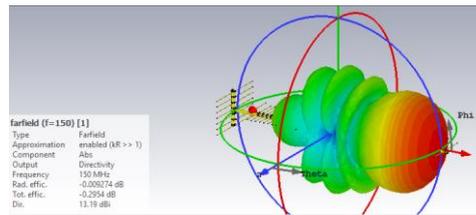
Gambar 4 Hasil Simulasi *Return Loss* Desain Optimasi

Gambar 4 merupakan hasil pengukuran *Return Loss* desain optimasi sebesar -11.95 dB. Pada grafik tersebut, nilai *Return Loss* sesuai dengan target spesifikasi antenna radar yaitu  $\leq -10$  dB, maka tidak perlu dilakukan optimasi.



Gambar 5 Hasil Simulasi *VSWR* Desain Optimasi

Gambar 5 merupakan hasil pengukuran VSWR desain ke-2 pada frekuensi kerja 150 MHz sebesar 1,67. Pada grafik tersebut, nilai VSWR sesuai dengan target spesifikasi antenna radar yaitu  $\leq 2$ , maka tidak perlu dilakukan optimasi.



Gambar 6 Hasil Simulasi Farfield Gain Desain Optimasi

Gambar 6 merupakan hasil pengukuran Gain desain ke-1 pada frekuensi kerja sebesar 13,19 dB serta pola radiasi yang dihasilkan berbentuk *Unidirectional*. Pada grafik tersebut, pola radiasi sesuai dengan target spesifikasi antenna radar, maka tidak perlu dilakukan optimasi. Hasil desain optimasi merupakan desain perhitungan dimensi elemen pada antenna dengan mengoptimalkan hasil pada optimasi yang di simulasikan pada *CST Microwave Studio 2018* berupa *Return loss*, VSWR dan Fardfield Gain 3D. Berikut hasil simulasi menggunakan *CST Microwave Studio 2018* berturut- turut pada tabel 4.

Tabel 4 Hasil Desain Optimasi

Parameter	Desain Optimasi
Return loss	-12,5638 dB
VSWR	1,6257
Gain	13,07 dB
Panjang Boom	4,105 Meter
Jumlah Element Director	17 Director

**2.1 Analisis Hasil Simulasi Single Antenna**

Hasil yang diperoleh dari desain ke-1 tidak maksimal di sisi Gain dan pola radiasi. Hal ini disebabkan jarak spasi antar elemen *director* terlalu jauh, dan panjang elemen *director* terlalu pendek. Solusinya, dilakukan beberapa optimasi dimensi antenna yaitu pertama, menambah jumlah elemen pada bagian *director* dan *reflector*. Kedua, mengatur jarak spasi elemen dengan cara menumpuk elemen *director* mendekati di elemen *driven*. Optimasi juga dilakukan pada desain ke-2 yaitu pola radiasi didapatkan berupa *omnidirectional*, hasil tersebut tidak sesuai dengan perancangan dan karakter dari antenna yagi. Oleh sebab itu, dilakukan optimasi elemen *driven* (gambar 3.4 berwarna kuning) dengan cara memindahkan posisi *driven* sejauh 32 cm dari element *reflector* dan sejauh 15 cm dari element *Director 1*. Dengan cara ini, dapat membentuk pola radiasi *unidirectional* (Lihat gambar 4.10). Tabel 10 merupakan perbedaan dimensi *single antenna*.

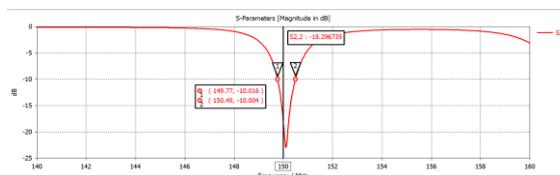
Hasil Gain, VSWR, dan *Return Loss* yang diperoleh pada desain ke-2 tidak maksimal. Oleh sebab itu, dilakukan optimasi dengan cara menghilangkan element yang berbentuk *rectangular* di sisi *reflector* serta menambahkan jumlah *reflector* sebanyak 4 element dengan jarak masing-masing element 10 cm. (Lihat gambar 3.5). Fungsi menumpuk elemen *director* pada desain ke-2, yaitu dapat mengurangi panjang *boom* sebesar  $\pm 2$  meter. Cara tersebut membuat efisein *cost* dan dimensi antenna.

**4.2 Hasil Desain Array Antenna**

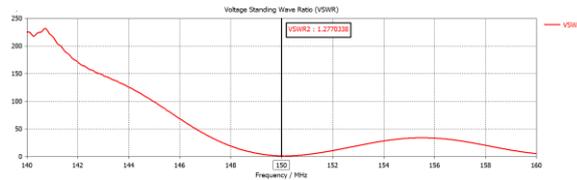
Hasil desain *Array antenna* merupakan hasil perancangan dari *Single Antenna* pada sub-desain optimasi (point 4.1.2.3) yang dilakukan dengan cara *Stack* antenna, hal ini bertujuan untuk mendapatkan Gain yang tinggi serta pola radiasi yang pipih pada bagian azimut. Hasil yang di simulasikan pada *CST Microwave Studio 2018* berupa *Return loss*, VSWR dan *Fardfield gain* 3D. Berikut hasil simulasi menggunakan *CST Microwave Studio 2018* berturut- turut pada (gambar 10, 11 dan 12)

Tabel 5 Hasil Simulasi Antena Array

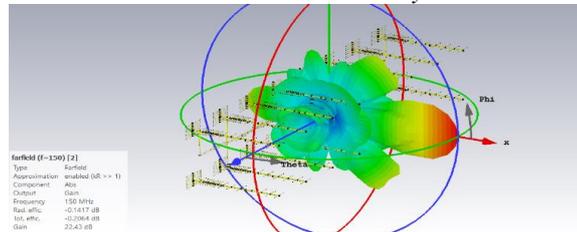
Parameter	Antena Array
Return loss	-18.296 dB
VSWR	1.277
Gain	22.58 dB



Gambar 10 Grafik Return loss Array Antenna



Gambar 11 Grafik VSWR Array Antenna



Gambar 12 Farfiled 3D Gain Array Antenna

**4.3 Analisis Array Antenna**

Hasil parameter *Gain* simulasi *array antenna* didapatkan 22.5 dB, serta nilai presentase *Return Loss* dan VSWR pada rentang  $0.2\% \geq a_r \geq 0.8\%$ . Hal ini dipengaruhi oleh:

1. Aspek susunan antena dengan *stack Yagi*, aspek susunan dengan cara *stack* selain mempengaruhi *Gain* dan juga mempengaruhi pola radiasi pada sudut *azimut*, hal ini disebabkan banyaknya susunan antena secara horizontal.
2. Aspek ukuran balun *stack yagi*. Aspek ukuran diameter balun *stack Yagi* selain mempengaruhi *Gain* hal ini juga mempengaruhi nilai VSWR dan *Return Loss*. Jika diameter dalam/inner serta luar/outer ukuran balun yang digunakan berbeda dengan diameter element *driven* maka nilai VSWR dan *Return Loss* yang didapatkan yaitu  $\geq 2$  dan  $\leq 10$  dB.
3. Panjang balun pada gambar 3.12 (berwarna ungu) yaitu sebesar “35 cm”, aspek ini berpengaruh pada nilai frekuensi. Jika panjang balun > 35 cm, maka nilai frekuensi bergeser kearah frekuensi lebih rendah dari frekuensi operasi. Jika panjang balun < 35 cm maka nilai frekuensi bergeser kearah frekuensi lebih tinggi.
4. Dari hasil pengukuran *Gain* yang didapatkan sebesar 22.48 dB menggunakan persamaan 2.5, antena radar mampu mendeteksi pesawat F117 Nightwak pada *range* 19.8 Km

**4.4 Hasil Pengukuran Pabrikasi**

**4.4.1 Pengukuran VSWR dan Return loss Sebelum Optimasi**

Pada gambar A.2 menunjukan hasil pengukuran VSWR, pengukuran VSWR bertujuan untuk mengetahui seberapa besar gelombang berdiri akibat dari superposisi sinyal datang dan sinyal pantul yang terjadi. Semakin besar nilai VSWR maka semakin buruk kemampuan antena untuk transfer daya maksimum dan dapat merusak perangkat. Oleh karena itu, pada Tugas Akhir ini nilai VSWR diharapkan  $\leq 2$ . Setelah dilakukan pengukuran yang memperlihatkan bahwa pada frekuensi 3 MHz nilai VSWR ditunjukkan pada tabel 6. hasil dari pengukuran *Return loss* Pada single antena ini diharapkan mempunyai nilai sebesar  $\leq -10$  dB dan pada pengukuran menghasilkan nilai *Return loss* yang ditunjukkan pada table 7

Tabel 6 Hasil Pengukuran VSWR

Parameter	Frekuensi (MHz)	Pengukuran VSWR menggunakan alat ukur	Pengukuran VSWR menggunakan Simulasi
VSWR	142	1.93	1.48
VSWR	144	1.31	1.489
VSWR	150	1.6051	1.6756
VSWR	155	1.75	2.09

Tabel 7 Hasil Pengukuran

Parameter	Frekuensi (MHz)	Pengukuran Return loss menggunakan alat ukur (dB)	Pengukuran Return loss menggunakan Simulasi (dB)
S11	142	-9.95	-14.13
S11	144	-17.48	-16.13106
S11	150	-12.67	-11.96
S11	155	-11.31	-9.045

**4.4.2 Analisis hasil VSWR dan Return loss**

Tabel 7 merupakan hasil perbandingan pengukuran *Return loss* antara *single antenna* yang sudah dipabrikasi dengan *single antenna* simulasi. Dapat disimpulkan bahwa antena yang sudah dirancang sesuai dengan *single antenna* dipabrikasi. Kesesuaian ini tidak semata dapat menunjukan hasil tersebut tanpa dilakukan

optimasi *prototype* pada *single antenna*. Bagian elemen yang di optimasi adalah elemen *driven* yaitu dilakukan *cutting* sebesar  $\pm 19$  cm. Dengan demikian didapatkan *Bandwidth* yang didapatkan sebesar 13 MHz.

## 5. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari seluruh proses perancangan dan Fabrikasi Antena adalah sebagai berikut.

- 1 Antena radar dapat bekerja pada frekuensi 150 MHz, hal ini dibuktikan dari hasil pengukuran simulasi *single antenna* untuk parameter VSWR, *Return Loss* dan berturut-turut sebesar 1.67, dan -11.95 dB. sedangkan untuk *array antenna* berturut-turut sebesar 1.277, dan -18.96 dB
- 2 Antena radar dapat bekerja pada frekuensi 150 MHz, selain diperkuat oleh hasil pengukuran simulasi juga dilakukan pengukuran alat ukur *single antenna* untuk parameter VSWR dan *Return Loss* berturut-turut sebesar 1.36 dan -16.341 dB.
- 3 Antena radar memiliki pola radiasi bersifat *unidirectional*, hal ini dibuktikan dari hasil pengukuran Gain *farfield* simulasi *single dan array antenna* berturut-turut sebesar 13.19 dB dan 22.43 dB.
- 4 Penambahan jumlah elemen *director* pada *single antenna*, berpengaruh terhadap nilai Gain pada antena.
- 5 Jika jumlah *stack* antena yang secara horizontal lebih banyak dibandingkan vertikal, maka berpengaruh terhadap bentuk pola radiasi pada sudut *azimut* dan begitu sebaliknya pada sudut elevasi.
- 6 Dengan menumpuk susunan elemen *director* jarak 8 cm sebanyak 9 elemen dapat mengurangi panjang *boom* sebesar 2 meter.

## Daftar Pustaka

- [1] Wirth, "Array antennas," Radar Tech. Using Array Antennas, vol. 0, pp. 49–83, 2013.
- [2] M. Michelson, J. A. Pavco, and D. Alessio, "A strategy to make future naval air surveillance radars more affordable," vol. 0, no. 1, pp. 261–266, 2002.
- [3] M. Reckeweg and C. Rohner, "Antenna Basics White Paper," Rohde Schwarz, p. 31, 2015.
- [4] Dr Carlo Kopp, AFAIAA, SMIEEE, PEng, "NNIIRT 1L119 Nebo SVU / RLM-M Nebo M", Available: Air power Australia, <https://www.ausairpower.net/APA-Nebo-SVU-Analysis.html>, [Diakses 16 May 2019, 23:21:00 WIB]
- [5] M. ELIO VICA " Antena Phased Array 4x4 Untuk Radar 3d S-Band : Radar" Telkom University: Tugas Akhir, 2017, hal 2.
- [6] Dr. Robert M. O'Donnell, "Radar Clutter", <http://aess.cs.unh.edu/>, Available: IEEE New Hampshire Section [Diakses 16 may 2019, 23:47:00 WIB]
- [7] F. Rcs, "Two-Way Radar Equation ( Monostatic )," Available: tscm <http://www.tscm.com/2waymon.pdf>, pp. 1–7 [Diakses 16 may 2019 23.55 WIB]
- [8] T. Otsuyama, J. Honda, K. Shiomi, G. Minorikawa, and Y. Hamanaka, "Performance evaluation of passive secondary surveillance radar for small aircraft surveillance," *Eur. Microw. Week 2015 "Freedom Through Microwaves", EuMW 2015 - Conf. Proceedings; 2015 45th Eur. Microw. Conf. Proceedings, EuMC*, pp. 1527–1530, 2015.
- [9] M. Reckeweg and C. Rohner, "Antenna Basics White Paper," Rohde Schwarz, p. 31, 2015.
- [10] I. P. Ardana, "Rancang Bangun Antena Yagi Pada Frekuensi 1800 MHz," vol. 16, no. April, 2017.
- [11] Lawson L. James, "Yagi Antenna Design, American Radio Relay League", New York, Hal 1-3, 1998
- [12] W. H. Y. W. E. Stack, C. A. N. We, U. S. E. A. Bigger, and Y. Instead, "STACKING, PHASING and MATCHING YAGIS," 1999
- [13] Cafe RF, "Dipoles and Yagis ", <http://www.rfcafe.com/references/radio-electronics/images/dipoles-Yagis-nov-1958-radio-electronics-8.jpg>, Web, diakses pada tanggal 15 April 2019, 22:53 WIB
- [14] Pratiwi Esti Aninditya, Perancangan Dan Realisasi Antena Mikrostrip Phased Array 8x4 Untuk Sistem Airport Surveillance Radar (Asr) S-Band, Tugas Akhir, Bandung, 2016.
- [15] MIT Lincoln Laboratory, R. Systems, "Introduction to Radar Systems The Radar Equation.
- [16] Vadim Petrovich Bunakov, Dmytro Stanislavovich Zavadsky, Oleg Alekseevich Voloshin, Sergiy Yosypovych Slobodenyuk, " Pemodelan Karakteristik Antena" Presentasi bahan penelitian utama," vol. 2, . 20 hlm. 28-32, 2014
- [17] M. B. Perotoni, L. A. De Andrade, and M. C. Rezende, "INTERNATIONAL JOURNAL OF RESEARCH IN Radar Cross Section of a stealthy aircraft using electromagnetic simulation in the X and in VHF / UHF Bands," vol. 2, no. 1, pp. 52, 2014.
- [18] HM ARZENAL CO "NEW ' H ' DIAPASON SPOON REST RADAR", Available: milexim, <http://www.milexim.hu> [Diakses 17 may 2019, 00.34.00 WIB]
- [19] K. Z. Maj and A. Skondras, "Low Observable Principles , Stealth Aircraft and Anti-Stealth Technologies," vol. 4, no. 1, pp. 140, 2014.
- [20] C. A. Balanis, Antena Theory Analisis and Design 3rd Edition, United Science: Wiley Inter Science, 2005.
- [21] G. S. Vaishya, D. Patidar, and H. K. Gupta, "Design of Dielectric Resonator Liquid Yagi-Uda Antenna," *Int. J. Electron. Electr. Eng.*, vol. 2, no. 3, pp. 195–198, 2014.