

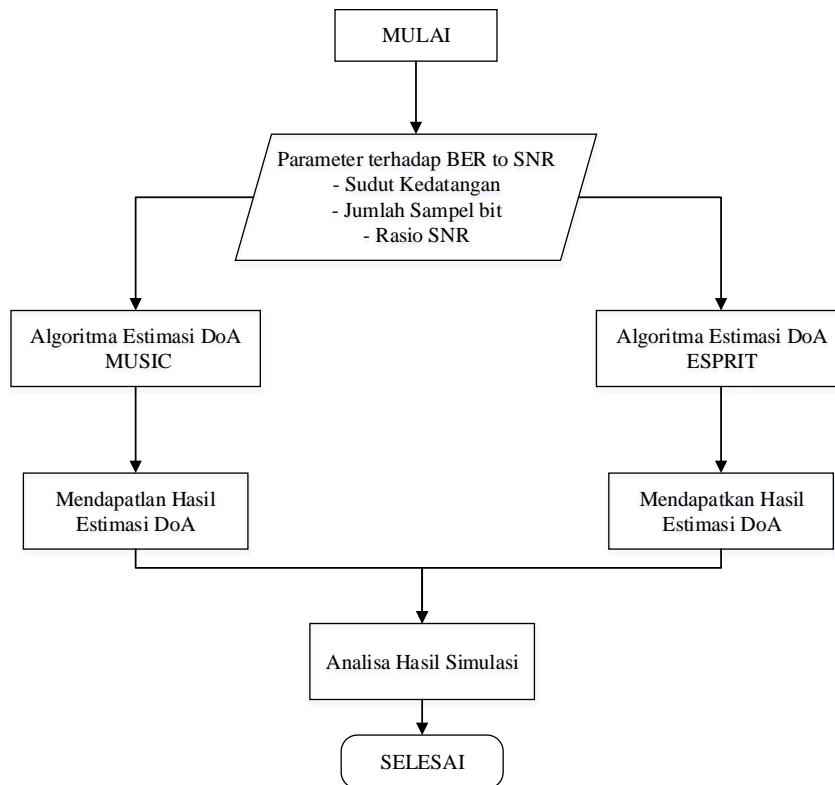
## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Alat dan Bahan

Untuk penelitian ini, dilakukan analisis perbandingan performansi Estimasi *Direction of Arrival* (DoA) menggunakan Algoritma MUSIC dan ESPRIT dengan melihat parameter sudut kedatangan, jumlah sampel, nilai SNR. Penelitian ini menggunakan *software* MatLab R2020a, *processor* Windows 11 Intel Core i5, RAM 8GB.

### 3.2 Alur Penelitian

Metodologi ini berisikan langkah-langkah dalam menganalisis sumber kedatangan sinyal yang di ilustrasikan dalam bentuk diagram alir pada gambar 3.1:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian diujikan menggunakan dua metode estimasi yaitu MUSIC-USV dan ESPRIT.

### 3.3 Skenario Penelitian

Skenario penelitian ditunjukkan pada tabel 3.1 yang merupakan skenario untuk melihat pengaruh fungsi kedatangan sudut yang berbeda pada estimasi DoA.

Tabel 3. 1

Skenario Pertama Melihat Fungsi Kedatangan Sudut

Parameter	Nilai
$d$ ( <i>inter-element</i> spasi)	$\lambda/4$
$M$ (jumlah elemen)	6 buah
$N$ (jumlah sumber sinyal, titik pada bidang)	1 titik
$L$ (jumlah bit sampel)	1000 bit
SNR untuk <i>noise</i>	20 dB
$\theta$ (sudut kedatangan)	$0^\circ - 180^\circ$

Skenario pertama, melihat fungsi sudut kedatangan ( $\theta$ ) terhadap tingkat eror estimasi DoA. Sudut kedatangan yang digunakan bervariasi mulai dari  $0^\circ - 180^\circ$ , hal tersebut untuk menentukan pada sudut berapa estimasi tepat dilakukan. Pada simulasi ini diasumsikan dengan sekelompok sumber sinyal berada pada sudut kedatangan sinyal yang berbeda, estimasi ini dilakukan pada sudut elevasi. Sudut elevasi merupakan sudut antena yang berbentuk garis horizontal bumi terhadap langit dengan nilai  $0^\circ - 180^\circ$  (Mundzir, 2017). Maka dari itu, pada penelitian ini akan digunakan rentang  $0^\circ - 180^\circ$  sebagai variabel yang diubah-ubah. Penggunaan jarak  $\lambda/4$  adalah panjang yang ideal untuk tinggi yang digunakan pada antena (ARSI, 2021).

Tabel 3. 2

Skenario Kedua Melihat Fungsi Jumlah Sampel

Parameter	Nilai
$d$ ( <i>inter-element</i> spasi)	$\lambda/4$
$M$ (jumlah elemen)	6 buah

Farah Wardatul Zanah, 2023

ANALISIS PERBANDINGAN PERFORMASI DIRECTION OF ARRIVAL PADA SMART ANTENNA UNIFORM LINEAR ARRAY DENGAN ALGORITMA MUSIC-USV DAN ESPRIT

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | Perpustakaan.upi.edu

$N$ (jumlah sumber sinyal titik pada bidang)	1 titik
$L$ (jumlah bit sampel)	10 – 1000 bit
SNR untuk <i>noise</i>	20 dB
$\theta$ (sudut kedatangan)	90°

Skenario kedua, melihat fungsi jumlah sampel ( $L$ ) terhadap tingkat eror estimasi DoA. Banyaknya jumlah sampel akan mempengaruhi hasil estimasi DoA, jumlah sampel yang kecil dapat bekerja dengan baik (Rahayu, 2015). Maka dari itu, pada penelitian ini akan digunakan sampel sebanyak 10 – 100 bit. Penggunaan sampel bit yang semakin banyak untuk melihat apakah terdapat eror dalam melakukan estimasi DoA.

Tabel 3. 3

#### Skenario Ketiga Melihat Fungsi Perubahan Nilai SNR

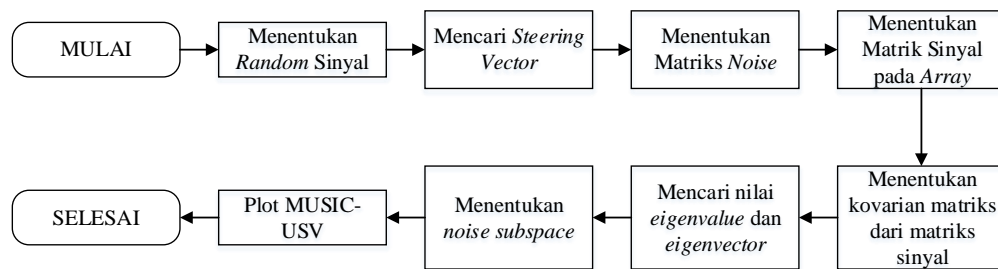
Parameter	Nilai
$d$ ( <i>inter-element</i> spasi)	$\lambda/4$
$M$ (jumlah elemen)	6 buah
$N$ (jumlah sumber sinyal titik pada bidang)	1 titik
$L$ (jumlah bit sampel)	100 bit
SNR <i>input</i>	0 – 30 dB
$\theta$ (sudut kedatangan)	90°

Skenario ketiga, melihat fungsi perubahan nilai SNR terhadap tingkat eror estimasi DoA. Salah satu analisis yang perlu dilakukan dalam estimasi DoA adalah SNR *input*. Semakin tinggi SNR maka nilai eror yang ditunjukkan akan semakin kecil (Rahayu, 2015).

### 3.4 Rancangan Sistem

#### 3.4.1 Rancangan dan Perhitungan Algoritma MUSIC-USV

Langkah-langkah perencanaan perhitungan menggunakan algoritma MUSIC-USV seperti gambar 3.2:



Gambar 3. 2 Perencanaan Perhitungan dengan Algoritma MUSIC-USV

Perhitungan algoritma MUSIC-USV dilakukan dengan menentukan sumber kedatangan sinyal dari arah tertentu. Menentukan *random* sinyal digunakan untuk memperkirakan sudut kedatangan sinyal. Kemudian mencari *Steering Vector* untuk menentukan sumber asal sinyal. Mencari *noise matrix*, menentukan kovarian matriks, mencari nilai *eigenvalue* dan *eigenvector*, hingga plot MUSIC.

Berikut merupakan perancangan perhitungan algoritma MUSIC-USV:

1. Menentukan *random* sinyal

*Antenna Array* akan menerima *random* sinyal, dengan rumus:

$$s(t) = A_1 e^{j\phi} \quad (1.5)$$

Keterangan:

$s(t)$  = *Complex valued signal function of time*

$A_1$  = *Amplitudo or magnitude of the signal*

$e$  = *Natural logarithm (approximately 2,71828)*

$j$  = *Imaginary unit*

$\phi$  =  $\beta d \cos \theta$ ,  $\phi$ , mempresentasikan fase sudut dari sinyal

*Random* sinyal tergantung kepada banyaknya sinyal datang yang melewati antenna terhadap sudut kedatangan yang berbeda.

2. Mencari *steering vector*

Nilai *steering vector* digunakan untuk menentukan sumber berasal dari mana.

Pada proses mencari DoA, *steering vector* membantu dalam menghubungkan fase dan amplitude dari sinyal yang diterima oleh setiap elemen antenna. Metode *steering vector* menghitung *mutual impedansi* antara elemen *antenna*. Rumus

*steering vector* mengacu pada persamaan 1.6:

Farah Wardatul Zanah, 2023

**ANALISIS PERBANDINGAN PERFORMASI DIRECTION OF ARRIVAL PADA SMART ANTENNA UNIFORM LINEAR ARRAY DENGAN ALGORITMA MUSIC-USV DAN ESPRIT**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | Perpustakaan.upi.edu

$$[a^u(\theta)] = Z_I[Y^{Ter}][V_{inc}] \quad (1.6)$$

Keterangan:

$a^u(\theta)$  = Universal Steering Vector

$Z_I$  = Impedansi Saluran Antena

$Y^{Ter}$  = Mutual Admitansi terminal Antena

$V_{inc}$  = Matriks sinyal datang pada antena

Menghitung  $Y^{Ter}$  menggunakan MoM (*Method of Moments*) pada program V-CALAR.

### 3. Menentukan *matriks noise*

Tujuan menentukan *matriks noise* adalah untuk memisahkan sinyal-sinyal yang diinginkan dari komponen *noise* dan interferensi dalam penerimaan sinyal. Pada *noise*, jumlah matriks kolom tergantung dengan  $L$ , jumlah matriks baris tergantung jumlah elemen  $M$  pada *antenna array*. Persamaan 1.7 adalah:

$$n(t) = \begin{bmatrix} n_{11} & \cdots & n_{1L} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ n_{M1} & \cdots & n_{ML} \end{bmatrix} \quad (1.7)$$

### 4. Menentukan *matriks* sinyal pada *array*

Persamaan untuk menentukan mencari *matriks* sinyal mengacu pada persamaan 1.8:

$$u(t) = A(t)s(t) + n(t) \quad (1.8)$$

Keterangan:

$u(t)$  = Sinyal yang diterima pada waktu  $t$

$A(t)$  = Amplitudo atau penguatan sinyal pada waktu  $t$

$s(t)$  = Sinyal yang diinginkan pada waktu  $t$

$n(t)$  = Noise pada sinyal pada waktu  $t$

### 5. Menentukan kovarian *matriks* sinyal

Bertujuan dalam menentukan matriks kovariansi sinyal untuk menggambarkan korelasi antara sinyal yang diterima oleh elemen-elemen antena dalam *array*. Setelah menemukan nilai *matriks*  $u(t)$ , langkah selanjutnya yaitu mencari nilai kovarian *matriks*, dengan persamaan:

$$\widehat{R}_{uu} = \frac{1}{L} \sum_{l=0}^{L-1} u_l u_l^H \quad (1.9)$$

Farah Wardatul Zanah, 2023

ANALISIS PERBANDINGAN PERFORMASI DIRECTION OF ARRIVAL PADA SMART ANTENNA UNIFORM LINEAR ARRAY DENGAN ALGORITMA MUSIC-USV DAN ESPRIT

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | Perpustakaan.upi.edu

6. Mencari nilai *eigenvector* dan *eigenvalue*

Jumlah baris dan kolom *eigenvalue* dan *eigenvector* bernilai sama dengan jumlah baris dan kolom  $R_{uu}$ .

*Matrik eigenvalue:*

$$D = \begin{bmatrix} d_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & d_2 & & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ 0 & \cdots & & d_{2(M-1)} \end{bmatrix} \quad (1.10)$$

*Matrik eigenvector:*

$$V = \begin{bmatrix} V_{11} & \cdots & \cdots & V_{12(M-1)} \\ V_{21} & \cdots & & V_{22(M-1)} \\ \vdots & \ddots & & \vdots \\ V_{2(M-1)1} & \cdots & & V_{2(M-1)2(M-1)} \end{bmatrix} \quad (1.11)$$

7. Menentukan *noise subspace*

Dalam memisahkan *noise* dan interferensi dari data penerimaan sinyal, agar lebih fokus pada identifikasi dari arah datangnya sinyal.

*Matrik noise subspace:*

$$V_n = \begin{bmatrix} V_{11} & V_{21} & \cdots & V_{1N} \\ V_{21} & V_{22} & \cdots & V_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{M1} & V_{M1} & \cdots & V_{NN} \end{bmatrix} \quad (1.12)$$

8. Plot algoritma MUSIC

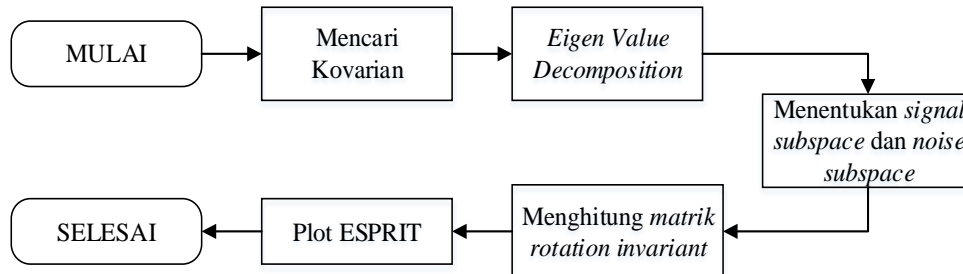
Nilai  $\theta$  yang digunakan dari  $0^\circ$  hingga  $180^\circ$ , maka persamaan algoritma MUSIC:

$$P_{MUSIC}(\theta) = \frac{a^{uH}(\theta)a^u(\theta)}{a^{uH}(\theta)V_n V_n^H a^u(\theta)} \quad (1.13)$$

Hasil yang didapatkan berupa nilai spektrum setiap sudut, nilai spektrum tertinggi yang akan digunakan.

### 3.4.2 Rancangan dan Perhitungan Algoritma ESPRIT

Langkah-langkah perencanaan perhitungan menggunakan algoritma ESPRIT seperti gambar 3.3 :



Gambar 3. 3 Perencanaan Perhitungan dengan Algoritma ESPRIT

Perhitungan algoritma ESPRIT memanfaatkan teknik *subspace* dan matriks *rotation invariant*. Langkah pertama dengan mencari nilai kovarian, kemudian mencari nilai *eigen* dekomposisi, menentukan sinyal *subspace* dan *noise subspace*, menghitung *matrik rotation invariant*, hingga plot ESPRIT.

Berikut merupakan perhitungan algoritma ESPRIT:

1. Mencari Kovarian, dengan rumus:

Algoritma ESPRIT memerlukan perhitungan matriks kovarian untuk mengidentifikasi transformasi rotasi dan subruang yang diperlukan dalam melakukan estimasi DoA.

$$R_{xx} = E\{X\} = \frac{1}{N}XX^H \quad (1.14)$$

Keterangan:

- $R_{xx}$  = Matriks kovariansi dari vektor acak  $X$
- $E$  = Operator harapan otomatis (*expectation*)
- $N$  = Elemen dalam vektor acak  $X$

2. Menghitung *eigen value decomposition* dari nilai  $R_{xx}$

$$R_{xx} = U \Sigma U^H \quad (1.15)$$

3. Mencari nilai *signal subspace* dan *noise subspace*

Mencari nilai *subspace* sinyal dan *subspace noise* menggunakan *eigen thresholding*,

Persamaan *subspace* sinyal:

Farah Wardatul Zanah, 2023

ANALISIS PERBANDINGAN PERFORMASI DIRECTION OF ARRIVAL PADA SMART ANTENNA UNIFORM LINEAR ARRAY DENGAN ALGORITMA MUSIC-USV DAN ESPRIT

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | Perpustakaan.upi.edu

$$U_s \approx \lambda > 0.5 \times \frac{\text{sum}(\lambda)}{\text{SNR}} \quad (1.16)$$

$U_s$  = Signal subspace

$\lambda$  = Nilai singular yang diperoleh dari matriks kovariansi

SNR = Signal to noise ratio

Persamaan *subspace noise*:

$$U_n \approx \lambda < 0.5 \times \frac{\text{sum}(\lambda)}{\text{SNR}} \quad (1.17)$$

$U_n$  = Noise subspace

#### 4. Menghitung *matrik rotation invariant*

Partisi sinyal *subspace* akan menjadi sub-array1 ( $U_{s1}$ ) dan sub-array2 ( $U_{s2}$ ).

Persamaan *matrik rotation invariant* adalah:

$$\Psi = (U_{s1}^H \cdot U_{s1})^{-1} U_{s1}^H \cdot U_{s2} \quad (1.18)$$

$\Psi$  = Operator Subspace Rotation

$U_{s1}$  = Sub-array 1

$U_{s2}$  = Sub-array 2

#### 5. Plot ESPRIT

Mencari estimasi sudut kedatangan dengan algoritma ESPRIT yaitu dengan persamaan:

$$\theta_m = \sin^{-1} \frac{\lambda_m}{2\pi \lambda_{op}}, m = 1, \dots, M \quad (1.19)$$

Keterangan:

$\lambda_m$  = nilai eigen value ke – m dari matriks  $\Psi$

$\lambda_{op}$  = panjang gelombang

### 3.5 Jadwal Penelitian

Jadwal penelitian yang meliputi persiapan, perencanaan, pelaksanaan dan penyusunan laporan penelitian.

Tabel 3. 4

Waktu Kegiatan Penelitian

No.	Kegiatan	Bulan
-----	----------	-------

Farah Wardatul Zanah, 2023

ANALISIS PERBANDINGAN PERFORMASI DIRECTION OF ARRIVAL PADA SMART ANTENNA UNIFORM LINEAR ARRAY DENGAN ALGORITMA MUSIC-USV DAN ESPRIT

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | Perpustakaan.upi.edu



		Desember	Januari	Februari	Maret	April	Mei
1.	Persiapan Penelitian						
2.	Studi Literatur						
3.	Simulasi Estimasi DoA						
4.	Pembuatan Laporan						
5.	Publikasi Jurnal						