

Simulasi Estimasi Arah Kedatangan Dua Dimensi Sinyal menggunakan Metode Propagator dengan Dua Sensor Array Paralel

Disusun oleh :

Enrico Lukiman (1122084)

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha

Jl. Prof. Drg. Suria Sumantri, MPH. No. 65, Bandung, Jawa Barat, Indonesia

Email : enrico.lukiman88@gmail.com

ABSTRAK

Pencarian lokasi sumber sinyal merupakan masalah yang penting dalam teknologi radar, sonar dan navigasi. Berbagai macam algoritma digunakan untuk bisa mendapatkan estimasi lokasi sumber sinyal. Beberapa algoritma yang umum digunakan dalam menentukan *Direction of Arrival* (DOA) suatu sinyal antara lain seperti algoritma *Multiple Signal Classification* (MUSIC) dan *Estimation of Signal Parameters via Rotational Invariant Techniques* (ESPRIT).

Pada Tugas Akhir ini direalisasikan simulasi estimasi arah kedatangan dua dimensi sinyal menggunakan metode propagator dengan dua sensor array paralel. Algoritma ini lebih sederhana apabila dibandingkan dengan algoritma MUSIC dan ESPRIT. Dalam Tugas Akhir ini digunakan dua buah *Uniform Linear Array* (ULA) sensor yang disusun secara paralel. Dari konfigurasi ini dibentuk dua sub ULA dengan $(2N+1)$ sensor yang diberi nama subarray 1 dan subarray 2. Matriks kovarian dapat dicari dari keluaran masing-masing sub ULA dan matriks propagator didapat dari matriks kovarian. Setelah itu estimasi sudut elevasi dan azimuth dari sumber sinyal didapat.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa *Root Mean Square Error* (RMSE) yang dihasilkan lebih kecil dari 0.1 untuk jumlah *snapshots* (J) lebih besar dari 100 (SNR=20 dB, $d=\lambda/2$ meter, N=10), *Signal to Noise Ratio* (SNR) lebih besar dari 20 dB (J=200, $d=\lambda/2$ meter, N=10), jarak antar sensor (d) lebih besar dari

$\lambda/4$ meter ($J=200$, $SNR=20$ dB, $N=10$), dan jumlah sensor ($2N+1$) dengan nilai N lebih besar dari 6 ($J=200$, $SNR=20$ dB, $d=\lambda/2$ meter). Algoritma yang telah direalisasikan juga dapat digunakan untuk kedatangan sinyal dengan arah yang berbeda-beda.

Kata kunci : Estimasi arah kedatangan sinyal, metode propagator, *Uniform Linear Array*

Two-Dimensional Direction of Arrival Estimation Simulation using Propagator Method with Two Parallel Arrays of Sensors

Composed by :

Enrico Lukiman (1122084)

*Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering,
Maranatha Christian University, Bandung, West Java, Indonesia*

Email : enrico.lukiman88@gmail.com

ABSTRACT

Direction-of-arrival estimation for signal sources was an important matter in radar, sonar and navigation technology. A lot of algorithm has been proposed to estimate the direction-of-arrival of a signal source such as Multiple Signal Classification (MUSIC) and Estimation of Signal Parameters via Rotational Invariant Techniques (ESPRIT).

In this final project two dimensional direction of arrival estimation simulation using propagator method with two parallel arrays of sensors was made. This algorithm considered to have a lower computational complexity than the MUSIC and ESPRIT algorithm. In this final project two Uniform Linear Array (ULA) in parallel configuration was used. This configuration formed from two sub ULA that the $(2N+1)$ sensor, named subarray 1 and subarray 2. Covariance matrix can be searched from the output of each sub ULA and propagator matrix obtained from the covariance matrix. Estimate angle of elevation and azimuth of the signal source can be done using the corresponding diagonal matrix.

The test results show Root Mean Square Error (RMSE) produced less than 0.1 (< 0.1) required number of snapshots (J) greater than 100, Signal to Noise Ratio (SNR) greater than 20 dB, spacing between sensors (d) greater than $\lambda/4$ meters, and the number of sensors $(2N+1)$ with a particular value of N greater than 6. The algorithm can be used to estimate a different direction of arrival as well.

Keywords : *direction-of-arrival, propagator method, Uniform Linear Array*

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK.....	i
<i>ABSTRACT</i>	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
 BAB I PENDAHULUAN	
1. 1. Latar Belakang.....	1
1. 2. Rumusan Masalah.....	2
1. 3. Tujuan Penelitian	2
1. 4. Pembatasan Masalah.....	2
1. 5. Sistematika Penulisan	2
 BAB II LANDASAN TEORI	
2. 1. Daerah Medan Antena	4
2.1.1. Daerah Medan Dekat Reaktif.....	5
2.1.2. Daerah Medan Dekat Radiasi.....	5
2.1.3. Daerah Medan Jauh.....	5
2. 2. Antena <i>Omnidirectional</i>	5
2. 3. Estimasi Arah Kedatangan Sinyal	6
2.3.1. Deskripsi Permasalahan Estimasi Arah Kedatangan Sinyal	6
2.3.2. Model Matematika	6

2. 4. Pemodelan <i>Two Parallel Uniform Linear Array</i>	7
2. 5. Pemodelan Sinyal	8
2.5.1. <i>White Gaussian Noise</i> (WGN)	8
2.5.2. Keluaran Sinyal	8
2. 6. Metode Propagator	10
2. 7. <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE).....	12

BAB III PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK

3. 1. Persamaan Estimasi Arah Kedatangan untuk Dua Sumber Sinyal	13
3. 2. Diagram Blok Simulasi	14
3. 3. Diagram Alir Simulasi.....	15
3.3.1. Diagram Alir Observasi Sinyal pada Subarray 1 dan subarray 2	16
3.3.2. Diagram Alir untuk Mencari Matriks dari Propagator	17
3.3.3. Diagram Alir untuk Mencari $\hat{\beta}_k, \hat{\alpha}_k, \hat{\eta}_k$	18
3. 4. Perancangan <i>Graphic User Interface</i> (GUI)	19

BAB IV DATA PENGAMATAN DAN ANALISIS DATA

4. 1. Prosedur Pengujian.....	21
4. 2. Pengaruh Jumlah <i>Snapshots</i> (J) Terhadap <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE).....	22
4.2.1. Analisis Data Pengaruh Jumlah <i>Snapshots</i> (J)	
Terhadap <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE)	24

4. 3. Pengaruh <i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR) Terhadap <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE).....	25
4.3.1. Analisis Data Pengaruh <i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR) Terhadap <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE).....	27
4. 4. Pengaruh Jarak Antar Sensor (d) Terhadap <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE)	28
4.4.1. Analisis Data Pengaruh Jarak Antar Sensor (d) Terhadap <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE).....	29
4. 5. Pengaruh Jumlah Sensor ($2N+1$) Terhadap <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE).....	31
4.5.1. Analisis Data Pengaruh Jumlah Sensor ($2N+1$) Terhadap <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE).....	32
4. 6. Nilai <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE) untuk Kedatangan Sinyal dengan Arah yang Berbeda.....	34
4.6.1. Analisis Data Nilai <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE) untuk Arah Kedatangan Sinyal yang Berbeda.....	35
4. 7 Perbandingan Hasil Percobaan antara Algoritma Li dengan Algoritma Wu	36
4.7.1. Nilai <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE) terhadap Jumlah <i>Snapshots</i> (J)	36
4.7.2. Nilai <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE) terhadap <i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR)	38
4.7.3. Nilai <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE) terhadap Jarak antar Sensor (d)	40

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5. 1. Kesimpulan.....	43
5. 2. Saran	44

DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN A – <i>LISTING</i> PROGRAM	A-1

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3. 1. Atribut MATLAB pada Perancangan <i>Software</i>	20
Tabel 4. 1. Nilai RMSE untuk $J = 10$	22
Tabel 4. 2. Nilai RMSE untuk $J = 50$	22
Tabel 4. 3. Nilai RMSE untuk $J = 100$	23
Tabel 4. 4. Nilai RMSE untuk $J = 150$	23
Tabel 4. 5. Nilai RMSE untuk $J = 200$	23
Tabel 4. 6. Perubahan Jumlah <i>Snapshots</i> (J) terhadap <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE)	24
Tabel 4. 7. Nilai RMSE untuk SNR = 0 dB	25
Tabel 4. 8. Nilai RMSE untuk SNR = 10 dB	26
Tabel 4. 9. Nilai RMSE untuk SNR = 20 dB	26
Tabel 4. 10. Nilai RMSE untuk SNR = 30 dB	26
Tabel 4. 11. Nilai RMSE untuk SNR = 40 dB	26
Tabel 4. 12. Perubahan <i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR) terhadap <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE)	27
Tabel 4. 13. Nilai RMSE untuk $d = \lambda / 32$	28
Tabel 4. 14. Nilai RMSE untuk $d = \lambda / 16$	28
Tabel 4. 15. Nilai RMSE untuk $d = \lambda / 8$	29
Tabel 4. 16. Nilai RMSE untuk $d = \lambda / 4$	29
Tabel 4. 17. Nilai RMSE untuk $d = \lambda / 2$	29
Tabel 4. 18. Perubahan Jarak antar Sensor (d) terhadap <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE)	30
Tabel 4. 19. Nilai RMSE untuk $N = 2$	31

Tabel 4. 20. Nilai RMSE untuk $N = 4$	31
Tabel 4. 21. Nilai RMSE untuk $N = 6$	32
Tabel 4. 22. Nilai RMSE untuk $N = 8$	32
Tabel 4. 23. Nilai RMSE untuk $N = 10$	32
Tabel 4. 24. Perubahan Nilai N terhadap <i>Root Mean Square Error (RMSE)</i>	33
Tabel 4. 25. Nilai RMSE untuk $\theta_1 = 25^0$, $\phi_1 = 73^0$ dan $\theta_2 = 56^0$, $\phi_2 = 33^0$	34
Tabel 4. 26. Nilai RMSE untuk $\theta_1 = 42^0$, $\phi_1 = 68^0$ dan $\theta_2 = 72^0$, $\phi_2 = 21^0$	34
Tabel 4. 27. Nilai RMSE untuk $\theta_1 = 12^0$, $\phi_1 = 54^0$ dan $\theta_2 = 76^0$, $\phi_2 = 15^0$	35
Tabel 4. 28. Nilai RMSE untuk $\theta_1 = 18^0$, $\phi_1 = 80^0$ dan $\theta_2 = 65^0$, $\phi_2 = 37^0$	35
Tabel 4. 29. Nilai RMSE untuk $\theta_1 = 62^0$, $\phi_1 = 87^0$ dan $\theta_2 = 51^0$, $\phi_2 = 29^0$	35
Tabel 4. 30. Perubahan Jumlah <i>Snapshots</i> (J) terhadap <i>Root Mean Square Error (RMSE)</i> untuk Algoritma Li.....	36
Tabel 4. 31. Perubahan Jumlah <i>Snapshots</i> (J) terhadap <i>Root Mean Square Error (RMSE)</i> untuk Algoritma Wu	36
Tabel 4. 32. Perubahan <i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR) terhadap <i>Root Mean Square Error (RMSE)</i> untuk Algoritma Li.....	38
Tabel 4. 33. Perubahan <i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR) terhadap <i>Root Mean Square Error (RMSE)</i> untuk Algoritma Wu	38
Tabel 4. 34. Perubahan Jarak antar Sensor (d) terhadap <i>Root Mean Square Error (RMSE)</i> untuk Algoritma Li.....	40

Tabel 4. 35. Perubahan Jarak antar Sensor (d) terhadap

Root Mean Square Error (RMSE) untuk Algoritma Wu 40

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1. Daerah Medan Antena	4
Gambar 2. 2. Susunan Antena ULA dengan 3 Sensor	6
Gambar 2. 3. Ilustrasi dari Geometri Array	8
Gambar 2. 4. Posisi Sumber Sinyal pada Geometri Array.....	9
Gambar 3. 1. Diagram Blok Simulasi	14
Gambar 3. 2. Diagram Alir Simulasi	15
Gambar 3. 3. Diagram Alir Observasi Sinyal pada Subarray 1 dan Subarray 2	16
Gambar 3. 4. Diagram Alir Matriks Propagator	17
Gambar 3. 5. Diagram Alir Mencari $\hat{\beta}_k, \hat{\alpha}_k, \hat{\eta}_k$	18
Gambar 3. 6. Rancangan <i>Graphic User Interface</i> (GUI).....	19
Gambar 4. 1. Tampilan Program pada GUI.....	21
Gambar 4. 2. Perubahan Jumlah <i>Snapshots</i> (J) terhadap nilai <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE).....	24
Gambar 4. 3. Perubahan terhadap <i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR) nilai <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE).....	27
Gambar 4. 4. Perubahan Jarak Antar Sensor (d) terhadap nilai <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE).....	30
Gambar 4. 5. Perubahan Jumlah Sensor (2N+1) terhadap nilai <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE)	33
Gambar 4. 6. Perbandingan RMSE 1 antara Algoritma Li dengan Algoritma Wu	37

Gambar 4. 7. Perbandingan RMSE 1 antara Algoritma Li dengan	
Algoritma Wu	37
Gambar 4. 8. Perbandingan RMSE 1 antara Algoritma Li dengan	
Algoritma Wu	39
Gambar 4. 9. Perbandingan RMSE 1 antara Algoritma Li dengan	
Algoritma Wu	39
Gambar 4.10. Perbandingan RMSE 1 antara Algoritma Li dengan	
Algoritma Wu	41
Gambar 4.11. Perbandingan RMSE 1 antara Algoritma Li dengan	
Algoritma Wu	41