

SIMULASI ESTIMASI ARAH KEDATANGAN SINYAL MENGUNAKAN ALGORITMA L_1 -SVD YANG DIMODIFIKASI BERDASARKAN SUBRUANG *NOISE*

Disusun oleh :

Muhammad Hadi Mustajab (1122064)

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha
Jl. Prof. Drg. Suria Sumantri, MPH. No. 65, Bandung, Jawa Barat, Indonesia

E – mail : hadimustajab21@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. Beberapa algoritma yang umum digunakan dalam menentukan *Direction of Arrival* (DOA) antara lain seperti algoritma MUSIC dan L_1 -SVD .

Pada Tugas Akhir ini dibuat sebuah simulasi dari estimasi arah kedatangan sinyal menggunakan algoritma L_1 -SVD yang dimodifikasi berdasarkan subruang *noise*. Algoritma ini memanfaatkan *orthogonality* antara subruang *noise* dan subruang sinyal. Pada Tugas Akhir ini, simulasi estimasi arah kedatangan sinyal menggunakan sebuah *Uniform Linear Array* (ULA) sensor. Estimasi arah kedatangan sinyal dapat dilakukan dengan menghitung *spatial spectrum* yang didapatkan menggunakan algoritma L_1 -SVD yang dimodifikasi berdasarkan subruang *noise*.

Hasil percobaan menunjukkan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) berbanding terbalik dengan jumlah *snapshots*, *Signal to Noise Ratio* (SNR), dan jumlah sensor. Semakin kecil perbedaan sudut antar sumber dibutuhkan jumlah sensor yang semakin banyak untuk estimasi arah kedatangan sinyal dengan kesalahan yang sama. Algoritma L_1 -SVD yang dimodifikasi memiliki performa yang lebih baik dibandingkan algoritma L_1 -SVD.

Kata kunci : Estimasi arah kedatangan sinyal, Algoritma L_1 -SVD yang dimodifikasi , *Uniform Linear Array*

***SIMULATION OF DIRECTION OF ARRIVAL OF SIGNAL
ESTIMATION USING MODIFIED L_1 -SVD ALGORITHM
BASED ON NOISE SUBSPACE***

Composed by :

Muhammad Hadi Mustajab (1122064)

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

E – mail : hadimustajab21@gmail.com

ABSTRACT

Direction of Arrival estimation was an important matter in radar technology, sonar, and navigation. A wide variety of algorithms used to be able to get the estimated source location. Some algorithms commonly used in determining the Direction of Arrival (DOA), such as MUSIC and L_1 -SVD algorithm.

In this final project a simulation of direction of arrival estimation using a modified L_1 -SVD algorithm based on the noise subspace was made. This algorithm utilizes orthogonality between the signal subspace and the noise subspace. In this final project, the simulation of a signal direction of arrival estimation using a Uniform Linear Array (ULA) sensor. Direction of arrival estimation can be done by calculating the spatial spectrum obtained using an improved L_1 -SVD algorithm based on the noise subspace.

The experimental results show the Root Mean Square Error (RMSE) is inversely to the number of snapshots, Signal to Noise Ratio (SNR), and the number of sensors. Also smaller the angular difference between source require more number of sensors . The modified L_1 -SVD algorithm has a better performance than the L_1 -SVD algorithm.

Keywords : *direction-of-arrival, Modified L_1 -SVD Algorithm, Uniform Linear Array*

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	1
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 radiasi	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 <i>Uniform Linear Array</i> (ULA)	6
2.4 Pemodelan <i>Uniform Linear Array</i> (ULA)	8
2.5 Keluaran Sinyal	8
2.6 Metode L_1 -SVD	9
2.7 Metode L_1 -SVD yang dimodifikasi	10

2.8	<i>Root Mean Square Error (RMSE)</i>	12
-----	--	----

BAB III PERANCANGAN

3.1.	Diagram Blok Simulasi Estimasi Arah Kedatangan Sinyal menggunakan Algoritma L_1 -SVD yang dimodifikasi.....	13
3.2.	Prinsip Kerja Diagram Blok Simulasi Estimasi Arah Kedatangan Sinyal menggunakan Algoritma L_1 -SVD yang dimodifikasi	13
3.3.	Diagram Alir Simulasi Estimasi Arah Kedatangan Sinyal menggunakan Algoritma L_1 -SVD yang dimodifikasi.....	14
3.3.1.	Diagram Alir Observasi Sinyal pada Array Y.....	15
3.3.2.	Diagram Alir Untuk Mencari Matriks G	16
3.3.3.	Diagram Alir Untuk Mencari <i>Spatial Spectrum</i>	17
3.4.	Perancangan <i>Graphic User Interface (GUI)</i>	17

BAB IV DATA PENGAMATAN DAN ANALISIS

4.1.	Prosedur Pengujian	21
4.2.	Pengaruh Jumlah <i>Snapshots (Tsnap)</i> Terhadap <i>Root Mean Square Error (RMSE)</i>	22
4.2.1.	Pengaruh Jumlah <i>Snapshots (Tsnap)</i> terhadap <i>Root Mean Square Error (RMSE)</i> dengan sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 46,5^\circ$, $\theta_3 = 66,5^\circ$	22
4.2.2.	Pengaruh Jumlah <i>Snapshots (Tsnap)</i> terhadap <i>Root Mean Square Error (RMSE)</i> dengan sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 66^\circ$, $\theta_3 = 106,5^\circ$	26
4.2.3.	Analisis Perubahan Jumlah <i>Snapshots (Tsnap)</i> Terhadap <i>Root Mean Square Error (RMSE)</i>	30
4.3.	Pengaruh <i>Signal to Noise Ratio (SNR)</i> Terhadap <i>Root Mean Square Error (RMSE)</i>	34
4.3.1.	Pengaruh <i>Signal to Noise Ratio (SNR)</i> terhadap <i>Root Mean Square Error (RMSE)</i> dengan sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 46,5^\circ$, $\theta_3 = 66,5^\circ$	34

4.3.2. Pengaruh <i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR) terhadap <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE) dengan sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 66^\circ$, $\theta_3 = 106,5^\circ$	37
4.3.3. Analisis Perubahan <i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR) Terhadap <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE).....	41
4.4. Pengaruh Jumlah Sensor (M) Terhadap <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE)	45
4.4.1. Pengaruh Jumlah Sensor (M) terhadap <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE) dengan sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 46,5^\circ$, $\theta_3 = 66,5^\circ$	45
4.4.2. Pengaruh Jumlah Sensor (M) terhadap <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE) dengan sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 66^\circ$, $\theta_3 = 106,5^\circ$	46
4.4.3. Analisis Perubahan Jumlah Sensor (M) Terhadap <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE)	52
4.5. Mencari Jumlah Sensor Minimum (M_{min}) Agar dapat Mengestimasi Arah Kedatangan Sinyal dengan Maksimum <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE) sebesar 5°	56
4.5.1. Mencari Jumlah Sensor Minimum (M_{min}) Agar dapat Mengestimasi Arah Kedatangan Sinyal dengan Maksimum <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE) sebesar 5° dan sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 46,5^\circ$, $\theta_3 = 66,5^\circ$	56
4.5.2. Mencari Jumlah Sensor Minimum (M_{min}) Agar dapat Mengestimasi Arah Kedatangan Sinyal dengan Maksimum <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE) sebesar 5° dan sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 66^\circ$, $\theta_3 = 106,5^\circ$	59
4.5.3. Analisis Mencari Jumlah Sensor Minimum (M_{min}) Agar dapat Mengestimasi Arah Kedatangan Sinyal dengan Maksimum <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE) sebesar 5°	63

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	67
-----------------------	----

5.2. Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN A - <i>LISTING</i> PROGRAM	A-1
LAMPIRAN B - <i>LISTING</i> PROGRAM L_1 -SVD	B-1
LAMPIRAN C - <i>LISTING</i> PROGRAM L_1 -SVD yang DIMODIFIKASI.....	C-1



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1	Komponen MATLAB pada perancangan <i>software</i> 18
Tabel 4.1	Nilai RMSE estimasi Arah Kedatangan Sinyal untuk Jumlah <i>Snapshots</i> (T_{snap}) = 100 dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 46,5^\circ$, $\theta_3 = 66,5^\circ$ 23
Tabel 4.2	Nilai RMSE estimasi Arah Kedatangan Sinyal untuk Jumlah <i>Snapshots</i> (T_{snap}) = 200 dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 46,5^\circ$, $\theta_3 = 66,5^\circ$ 24
Tabel 4.3	Nilai RMSE estimasi arah kedatangan sinyal untuk Jumlah <i>Snapshots</i> (T_{snap}) = 300 dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 46,5^\circ$, $\theta_3 = 66,5^\circ$ 25
Tabel 4.4	Nilai RMSE estimasi arah kedatangan sinyal untuk Jumlah <i>Snapshots</i> (T_{snap}) = 400 dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 46,5^\circ$, $\theta_3 = 66,5^\circ$ 26
Tabel 4.5	Nilai RMSE Estimasi Arah Kedatangan Sinyal untuk Jumlah <i>Snapshots</i> (T_{snap}) = 100 dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 66^\circ$, $\theta_3 = 106,5^\circ$ 27
Tabel 4.6	Nilai RMSE Estimasi Arah Kedatangan Sinyal untuk Jumlah <i>Snapshots</i> (T_{snap}) = 200 dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 66^\circ$, $\theta_3 = 106,5^\circ$ 28
Tabel 4.7	Nilai RMSE Estimasi Arah Kedatangan Sinyal untuk Jumlah <i>Snapshots</i> (T_{snap}) = 300 dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 66^\circ$, $\theta_3 = 106,5^\circ$ 29
Tabel 4.8	Nilai RMSE Estimasi Arah Kedatangan Sinyal untuk Jumlah <i>Snapshots</i> (T_{snap}) = 400 dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 66^\circ$, $\theta_3 = 106,5^\circ$ 30

Tabel 4.9	Perubahan Jumlah <i>Snapshots</i> (Tsnap) Terhadap <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE) dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 46,5^\circ$, $\theta_3 = 66,5^\circ$	31
Tabel 4.10	Perubahan Jumlah <i>Snapshots</i> (Tsnap) Terhadap <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE) dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 66^\circ$, $\theta_3 = 106,5^\circ$	32
Tabel 4.11	Nilai RMSE Estimasi Arah Kedatangan Sinyal untuk <i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR) = -5 dB dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 46,5^\circ$, $\theta_3 = 66,5^\circ$	34
Tabel 4.12	Nilai RMSE Estimasi Arah Kedatangan Sinyal untuk <i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR) = 0 dB dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 46,5^\circ$, $\theta_3 = 66,5^\circ$	35
Tabel 4.13	Nilai RMSE Estimasi Arah Kedatangan Sinyal untuk <i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR) = 5 dB dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 46,5^\circ$, $\theta_3 = 66,5^\circ$	36
Tabel 4.14	Nilai RMSE Estimasi Arah Kedatangan Sinyal untuk <i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR) = 10 dB dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 46,5^\circ$, $\theta_3 = 66,5^\circ$	37
Tabel 4.15	Nilai RMSE Estimasi Arah Kedatangan Sinyal untuk <i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR) = -5 dB dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 66^\circ$, $\theta_3 = 106,5^\circ$	38
Tabel 4.16	Nilai RMSE Estimasi Arah Kedatangan Sinyal untuk <i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR) = 0 dB dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 66^\circ$, $\theta_3 = 106,5^\circ$	39
Tabel 4.17	Nilai RMSE Estimasi Arah Kedatangan Sinyal untuk <i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR) = 5 dB dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 66^\circ$, $\theta_3 = 106,5^\circ$	40
Tabel 4.18	Nilai RMSE Estimasi Arah Kedatangan Sinyal untuk <i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR) = 10 dB dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 66^\circ$, $\theta_3 = 106,5^\circ$	41

Tabel 4.19 Perubahan <i>Signal to Noise Ratio</i> Terhadap <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE) dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 46,5^\circ$, $\theta_3 = 66,5^\circ$	42
Tabel 4.20 Perubahan <i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR) Terhadap <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE) dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 66^\circ$, $\theta_3 = 106,5^\circ$	43
Tabel 4.21 Nilai RMSE Estimasi Arah Kedatangan Sinyal untuk Jumlah Sensor (M) = 6 dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 46,5^\circ$, $\theta_3 = 66,5^\circ$	45
Tabel 4.22 Nilai RMSE Estimasi Arah Kedatangan Sinyal untuk Jumlah Sensor (M) = 8 dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 46,5^\circ$, $\theta_3 = 66,5^\circ$	46
Tabel 4.23 Nilai RMSE Estimasi Arah Kedatangan Sinyal untuk Jumlah Sensor (M) = 10 dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 46,5^\circ$, $\theta_3 = 66,5^\circ$	47
Tabel 4.24 Nilai RMSE Estimasi Arah Kedatangan Sinyal untuk Jumlah Sensor (M) = 12 dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 46,5^\circ$, $\theta_3 = 66,5^\circ$	48
Tabel 4.25 Nilai RMSE Estimasi Arah Kedatangan Sinyal untuk Jumlah Sensor (M) = 6 dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 66^\circ$, $\theta_3 = 106,5^\circ$	49
Tabel 4.26 Nilai RMSE Estimasi Arah Kedatangan Sinyal untuk Jumlah Sensor (M) = 8 dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 66^\circ$, $\theta_3 = 106,5^\circ$	50
Tabel 4.27 Nilai RMSE Estimasi Arah Kedatangan Sinyal untuk Jumlah Sensor (M) = 10 dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 66^\circ$, $\theta_3 = 106,5^\circ$	51
Tabel 4.28 Nilai RMSE Estimasi Arah Kedatangan Sinyal untuk Jumlah Sensor (M) = 12 dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 66^\circ$, $\theta_3 = 106,5^\circ$	52

Tabel 4.29 Perubahan Jumlah Sensor Terhadap <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE) dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 46,5^\circ$, $\theta_3 = 66,5^\circ$	53
Tabel 4.30 Perubahan Jumlah Sensor Terhadap <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE) dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 66^\circ$, $\theta_3 = 106,5^\circ$	54
Tabel 4.31 Nilai RMSE Estimasi Arah Kedatangan Sinyal untuk Jumlah Sensor (M) = 7 dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 46,5^\circ$, $\theta_3 = 66,5^\circ$	56
Tabel 4.32 Nilai RMSE Estimasi Arah Kedatangan Sinyal untuk Jumlah Sensor (M) = 8 dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 46,5^\circ$, $\theta_3 = 66,5^\circ$	57
Tabel 4.33 Nilai RMSE Estimasi Arah Kedatangan Sinyal untuk Jumlah Sensor (M) = 9 dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 46,5^\circ$, $\theta_3 = 66,5^\circ$	58
Tabel 4.34 Nilai RMSE Estimasi Arah Kedatangan Sinyal untuk Jumlah Sensor (M) = 10 dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 46,5^\circ$, $\theta_3 = 66,5^\circ$	59
Tabel 4.35 Nilai RMSE Estimasi Arah Kedatangan Sinyal untuk Jumlah Sensor (M) = 5 dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 66^\circ$, $\theta_3 = 106,5^\circ$	60
Tabel 4.36 Nilai RMSE Estimasi Arah Kedatangan Sinyal untuk Jumlah Sensor (M) = 6 dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 66^\circ$, $\theta_3 = 106,5^\circ$	61
Tabel 4.37 Nilai RMSE Estimasi Arah Kedatangan Sinyal untuk Jumlah Sensor (M) = 7 dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 66^\circ$, $\theta_3 = 106,5^\circ$	62
Tabel 4.38 Nilai RMSE Estimasi Arah Kedatangan Sinyal untuk Jumlah Sensor (M) = 8 dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 66^\circ$, $\theta_3 = 106,5^\circ$	63

Tabel 4.39 Perubahan Jumlah Sensor Terhadap *Root Mean Square Error* (RMSE) dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 46,5^\circ$, $\theta_3 = 66,5^\circ$ 64

Tabel 4.40 Perubahan Jumlah Sensor Terhadap *Root Mean Square Error* (RMSE) dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 66^\circ$, $\theta_3 = 106,5^\circ$ 65



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Daerah Medan Antena.....	4
Gambar 2.2 Susunan Antena ULA.....	6
Gambar 2.3 Ilustrasi dari geometri array	8
Gambar 2.4 Posisi Sumber sinyal pada geometri array	9
Gambar 2.5 Estimasi <i>Spatial Spectrum</i>	11
Gambar 3.1 Diagram Blok Simulasi Estimasi Arah Kedatangan Sinyal menggunakan Algoritma L_1 -SVD yang dimodifikasi.....	13
Gambar 3.2 Diagram Alir Simulasi Estimasi Arah Kedatangan menggunakan Algoritma L_1 -SVD yang dimodifikasi	14
Gambar 3.3 Diagram Alir Observasi Sinyal pada Array Y	15
Gambar 3.4 Diagram Alir Mencari Matriks \mathbf{G}	16
Gambar 3.5 Diagram Alir Untuk Mencari <i>Spatial Spectrum</i>	17
Gambar 3.6 Rancangan <i>Graphic User Interface</i> (GUI).....	18
Gambar 4.1 Tampilan Program pada <i>Graphic User Interface</i> (GUI).....	22
Gambar 4.2 Perbandingan RMSE Menggunakan Algoritma L_1 -SVD dan Algoritma L_1 -SVD yang dimodifikasi untuk pengaruh jumlah <i>snapshots</i> dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 46,5^\circ$, $\theta_3 = 66,5^\circ$	31
Gambar 4.3 Perbandingan RMSE Menggunakan Algoritma L_1 -SVD dan Algoritma L_1 -SVD yang dimodifikasi untuk pengaruh jumlah <i>snapshots</i> dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 66^\circ$, $\theta_3 = 106,5^\circ$	33

Gambar 4.4 Perbandingan RMSE Menggunakan Algoritma L_1 -SVD dan Algoritma L_1 -SVD yang dimodifikasi untuk pengaruh <i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR) dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 46,5^\circ$, $\theta_3 = 66,5^\circ$	42
Gambar 4.5 Perbandingan RMSE Menggunakan Algoritma L_1 -SVD dan Algoritma L_1 -SVD yang dimodifikasi untuk pengaruh <i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR) dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 66^\circ$, $\theta_3 = 106,5^\circ$	44
Gambar 4.6 Perbandingan RMSE Menggunakan Algoritma L_1 -SVD dan Algoritma L_1 -SVD yang dimodifikasi untuk pengaruh jumlah sensor dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 46,5^\circ$, $\theta_3 = 66,5^\circ$	53
Gambar 4.7 Perbandingan RMSE Menggunakan Algoritma L_1 -SVD dan Algoritma L_1 -SVD yang dimodifikasi untuk pengaruh Jumlah Sensor dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 66^\circ$, $\theta_3 = 106,5^\circ$	54
Gambar 4.8 Nilai RMSE Menggunakan Algoritma L_1 -SVD dan Algoritma L_1 -SVD yang dimodifikasi untuk mencari jumlah sensor minimum dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 46,5^\circ$, $\theta_3 = 66,5^\circ$	64
Gambar 4.9 Nilai RMSE Menggunakan Algoritma L_1 -SVD dan Algoritma L_1 -SVD yang dimodifikasi untuk mencari jumlah sensor minimum dengan posisi sudut sumber $\theta_1 = 26,5^\circ$, $\theta_2 = 66^\circ$, $\theta_3 = 106,5^\circ$	65