

**ESTIMASI LOKASI SUMBER JAMAK DALAM MEDAN DEKAT
MENGUNAKAN 3-D MULTIPLE SIGNAL CLASSIFICATION
(MUSIC)**

Disusun Oleh:

Nama : Juke Ratna Puri

Nrp : 0422085

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha,
Jl. Prof.Drg.Suria Sumantri, MPH no.65, Bandung, Indonesia,
email : yuke_ratna_puri@yahoo.com

ABSTRAK

Sinyal keluaran dari sensor *array* dapat digunakan untuk mengetahui lokasi (sudut azimuth, sudut elevasi, dan jarak) sumber jamak dalam medan dekat. Algoritma *Multiple Signal Classification* (MUSIC) dikembangkan menjadi versi 3-D agar diperoleh estimasi lokasi sumber yang semakin akurat. 3-D MUSIC membutuhkan pencarian lokasi dalam tiga dimensi sehingga sudut azimuth, sudut elevasi, dan jarak sumber jamak dalam medan dekat dapat diestimasi secara simultan.

Nilai minimum dari spektrum 3-D *Multiple Signal Classification* (MUSIC) menunjukkan lokasi dari sumber jamak dalam medan dekat. Berdasarkan hasil simulasi diperoleh bahwa untuk 4 buah sensor, 60 jumlah sampel data (*number of snapshots*), jarak antar sensor 2λ , dan *Signal to Noise Ratio* (SNR) sebesar 30dB, sudah didapat estimasi lokasi sumber jamak dengan benar. Sedangkan untuk 6 buah sensor, 60 jumlah sampel data (*number of snapshots*), jarak antar sensor λ , dan *Signal to Noise Ratio* (SNR) sebesar 30dB, telah dapat diperoleh estimasi lokasi sumber jamak dengan benar pula.

Kata kunci : 3D MUSIC, sensor array, medan dekat, lokasi sumber

**THE ESTIMATION OF NEAR-FIELD MULTIPLE SOURCES
LOCATION USING 3-D MULTIPLE SIGNAL CLASSIFICATION
(MUSIC)**

Disusun Oleh:

Nama : Juke Ratna Puri

Nrp : 0422085

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha,
Jl. Prof.Drg.Suria Sumantri, MPH no.65, Bandung, Indonesia,
email : yuke_ratna_puri@yahoo.com

ABSTRACK

The output signal from array of sensors can be used to determine location (bearing, elevation, and range) of multiple sources in the near field. Multiple Signal Classification (MUSIC) is modified to its 3D version to get the estimation of source location more accurate. 3D MUSIC needs to search the location in three dimensional, so that the bearing, elevation, and range of multiple sources can be estimated simultaneously.

The minimum of 3D MUSIC spectrum shows the location of near field multiple sources. Based on simulation results, for 4 sensors, 60 number of snapshots, distance between each sensor is 2λ , and signal to noise ratio (SNR) 30dB, the location of multiple sources have been estimated correctly. And for 6 sensors, 60 number of snapshots, distance between each sensor is λ , and signal to noise ratio (SNR) 30dB, it gets the same result also.

Keywords : 3D MUSIC, array of sensors, near field, source location

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur diucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan tepat pada waktunya. Laporan tugas akhir yang berjudul “**ESTIMASI LOKASI SUMBER JAMAK DALAM MEDAN DEKAT MENGGUNAKAN 3-D MULTIPLE SIGNAL CLASSIFICATION (MUSIC)**” ini disusun untuk memenuhi persyaratan program studi sarjana strata satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Kristen Maranatha Bandung.

Selama pelaksanaan tugas akhir penulis telah mendapat banyak bimbingan, dorongan, dan bantuan yang berarti dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dan mendukung dalam pengerjaan tugas akhir :

1. Keluarga tercinta yang telah memberikan dorongan, nasehat, dan dukungan baik dalam moral maupun material.
2. Bapak DR Daniel Setiadikarunia, Ir., MT., selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah menawarkan topik, menyumbangkan pengetahuan, memberikan masukan berupa ide-ide, kritik, serta saran, sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya.
3. Bapak Ir. Supartono, MSc., Ibu DR. Ratnadewi ST., MT., Bapak Riko Arlando Saragih ST., MT., selaku penguji yang telah memberikan ide, kritik, dan saran pada saat seminar dan sidang tugas akhir.
4. Ibu Ir. Anita Supartono, MSc., selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Universitas Kristen Maranatha.
5. Ibu Ir. Yohana Susanthi, MSc., selaku dosen wali.
6. Seluruh karyawan dan Civitas Akademika Universitas Kristen Maranatha yang telah membantu kami dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.

7. Teman-teman khususnya Meriza, Kezia, Iva, Charlie Susanto, Shanti, Andreas Rindoko, Rendy, Berly, Lano, Sherly dan teman-teman lain yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu.
8. Terima kasih khususnya untuk Yoshua Dominic,ST., yang telah memberikan masukan untuk penyusunan tugas akhir ini.
9. Semua rekan yang telah membantu kami baik secara langsung maupun tidak langsung.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas segala budi baik dan jasa Bapak, Ibu, dan Saudara sekalian.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih banyak kekurangan dan kesalahan dalam penulisan laporan tugas akhir ini, walaupun penulis telah berusaha sebaik mungkin dengan segala kemampuan yang ada. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun yang dapat menyempurnakan laporan tugas akhir ini.

Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Bandung, Agustus 2008

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACK.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Perumusan Masalah	2
I.3 Tujuan	2
I.4 Pembatasan Masalah	2
I.5 Sistematika Penulisan	2

BAB II LANDASAN TEORI

II.1 Telekomunikasi	4
II.2 Daerah Medan Dekat	4
II.3 <i>Spherical Wave</i>	5
II.4 <i>Additive White Gaussian Noise</i> (AWGN)	6
II.5 3-D <i>Multiple Signal Classification</i> (MUSIC)	7

BAB III PERANCANGAN SIMULASI

III.1 Estimasi Lokasi Sumber Jamak dalam Medan Dekat Menggunakan <i>Sensor Array</i> Penerima	8
III.2 Algoritma 3-D <i>Multiple Signal Classification</i> (MUSIC)10	
III.3 Perhitungan <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE)	16

BAB IV DATA PENGAMATAN DAN ANALISA

IV.2.1 Uji Simulasi untuk Sumber 1 = 2 meter, 45 ⁰ , 48 ⁰ dan	
---	--

Sumber 2 = 5meter, 80 ⁰ , 100 ⁰ dengan jumlah sensor (L) = 4	18
IV.1.1 Data Pengamatan Pengaruh <i>Number of Snapshots</i>	18
IV.1.2 Data Pengamatan Pengaruh <i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR)	21
IV.1.2.1 Dengan <i>Number of Snapshots</i> (m) Sebesar 60	21
IV.1.2.2 Dengan <i>Number of Snapshots</i> (m) Sebesar 100	24
IV.1.3 Data Pengamatan Pengaruh Jarak Antar Sensor (d)	27
IV.1.3.1 Dengan <i>Number of Snapshots</i> (m) Sebesar 60	27
IV.1.3.2 Dengan <i>Number of Snapshots</i> (m) Sebesar 100	31
IV.2 Uji Simulasi untuk Sumber 1 = 2 meter, 45 ⁰ , 48 ⁰ dan Sumber 2 = 5meter, 80 ⁰ , 100 ⁰ dengan jumlah sensor (L) =6	35
IV.2.1 Data Pengamatan Pengaruh <i>Number of Snapshots</i>	36
IV.2.2 Data Pengamatan Pengaruh <i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR)	38
IV.2.2.1 Dengan <i>Number of Snapshots</i> (m) Sebesar 60	39
IV.2.2.2 Dengan <i>Number of Snapshots</i> (m) Sebesar 100	41
IV.2.3 Data Pengamatan Pengaruh Jarak Antar Sensor (d)	44
IV.2.3.1 Dengan <i>Number of Snapshots</i> (m) Sebesar 60	44
IV.2.3.2 Dengan <i>Number of Snapshots</i> (m) Sebesar 100	46
IV.3 Uji Simulasi untuk Sumber 1 = 2 meter, 45 ⁰ , 48 ⁰ dan Sumber 2 = 5 meter, 80 ⁰ , 100 ⁰ dengan menempatkan sensor secara linier	48
IV.3.1 Data Pengamatan Pengaruh <i>Number of Snapshots</i>	49
IV.3.2 Data Pengamatan Pengaruh <i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR)	52
IV.3.2.1 Dengan <i>Number of Snapshots</i> (m) Sebesar 60	52
IV.3.2.2 Dengan <i>Number of Snapshots</i> (m) Sebesar 100	55
IV.3.3 Data Pengamatan Pengaruh Jarak Antar Sensor (d)	58
IV.3.3.1 Dengan <i>Number of Snapshots</i> (m) Sebesar 60	58
IV.3.3.2 Dengan <i>Number of Snapshots</i> (m) Sebesar 100	61

IV.4 Uji Simulasi untuk Sumber 1 = 2 meter, 45 ⁰ , 48 ⁰ dan Sumber 2 = 5 meter, 80 ⁰ , 100 ⁰ dengan menempatkan sensor secara acak	64
IV.4.1 Data Pengamatan Pengaruh <i>Number of Snapshots</i>	65
IV.4.2 Data Pengamatan Pengaruh <i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR)	67
IV.4.2.1 Dengan <i>Number of Snapshots</i> (m) Sebesar 60	67
IV.4.2.2 Dengan <i>Number of Snapshots</i> (m) Sebesar 100	70
 IV.5 Analisis Hasil Simulasi	
IV.5.1 Analisa Simulasi Pada Sumber 1 = 2 meter, 45 ⁰ , 48 ⁰ dan Sumber 2 = 5meter, 80 ⁰ , 100 ⁰ dengan jumlah sensor (L) = 4 dan jumlah sensor (L) = 6.....	73
IV.5.1 Analisa Simulasi Pada Sumber 1 = 2 meter, 45 ⁰ , 48 ⁰ dan Sumber 2 = 5meter, 80 ⁰ , 100 ⁰ dengan menempatkan sensor secara linier	73
IV.5.1 Analisa Simulasi Pada Sumber 1 = 2 meter, 45 ⁰ , 48 ⁰ dan Sumber 2 = 5meter, 80 ⁰ , 100 ⁰ dengan menempatkan sensor secara acak	74

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan	75
V.2 Saran.....	75

DAFTAR PUSTAKA..... xiv

LAMPIRAN A TABEL DATA PENGAMATAN

LAMPIRAN B LIST PROGRAM

DAFTAR TABEL

Tabel IV.1 Nilai-nilai RMSE tiap estimasi lokasi sumber jamak terhadap m ($L=4$)	20
Tabel IV.2 Nilai-nilai RMSE tiap estimasi lokasi sumber jamak terhadap SNR, $m=60$, $d=0.5\lambda$ ($L=4$).....	23
Tabel IV.3 Nilai-nilai RMSE tiap estimasi lokasi sumber jamak terhadap SNR, $m=100$, $d=0.5\lambda$ ($L=4$)	26
Tabel IV.4 Nilai-nilai RMSE tiap estimasi lokasi sumber jamak terhadap d , $m=60$, $d=0.5\lambda$, SNR=30dB($L=4$)	30
Tabel IV.5 Nilai-nilai RMSE tiap estimasi lokasi sumber jamak terhadap d , $m=100$, $d=0.5\lambda$, SNR=30dB($L=4$)	34
Tabel IV.6 Nilai-nilai RMSE tiap estimasi lokasi sumber jamak terhadap m ($L=6$)	37
Tabel IV.7 Nilai-nilai RMSE tiap estimasi lokasi sumber jamak terhadap SNR, $m=60$, $d=0.5\lambda$ ($L=6$)	40
Tabel IV.8 Nilai-nilai RMSE tiap estimasi lokasi sumber jamak terhadap SNR, $m=100$, $d=0.5\lambda$ ($L=6$)	43
Tabel IV.9 Nilai-nilai RMSE tiap estimasi lokasi sumber jamak terhadap d , $m=60$, $d=0.5\lambda$, SNR=30dB($L=6$)	46
Tabel IV.10 Nilai-nilai RMSE tiap estimasi lokasi sumber jamak terhadap d , $m=100$, $d=0.5\lambda$, SNR=30dB($L=6$)	48
Tabel IV.11 Nilai-nilai RMSE tiap estimasi lokasi sumber jamak terhadap m (penempatan sensor scr linier)	51

Tabel IV.12 Nilai-nilai RMSE tiap estimasi	
lokasi sumber jamak terhadap SNR, $m=60$, $d= 0.5\lambda$	
(penempatan sensor scr linier)	54
Tabel IV.13 Nilai-nilai RMSE tiap estimasi	
lokasi sumber jamak terhadap SNR, $m=100$, $d= 0.5\lambda$	
(penempatan sensor scr linier)	57
Tabel IV.14 Nilai-nilai RMSE tiap estimasi	
lokasi sumber jamak terhadap d , $m=60$, $d= 0.5\lambda$, SNR=30dB	
(penempatan sensor scr linier)	60
Tabel IV.15 Nilai-nilai RMSE tiap estimasi	
lokasi sumber jamak terhadap d , $m=100$, $d= 0.5\lambda$, SNR=30dB	
(penempatan sensor scr linier)	63
Tabel IV.16 Nilai-nilai RMSE tiap estimasi	
lokasi sumber jamak terhadap m	
(penempatan sensor scr acak)	66
Tabel IV.17 Nilai-nilai RMSE tiap estimasi	
lokasi sumber jamak terhadap SNR, $m=60$, $d= 0.5\lambda$	
(penempatan sensor scr acak)	68
Tabel IV.18 Nilai-nilai RMSE tiap estimasi	
lokasi sumber jamak terhadap SNR, $m=100$, $d= 0.5\lambda$	
(penempatan sensor scr acak)	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Daerah Antena.....	5
Gambar II.2 <i>Spherical Wave</i> dalam dimensi dua	5
Gambar III.1 Bentuk geometri sensor <i>array</i> dalam medan dekat.....	8
Gambar III.2 Flowchart algoritma 3-D MUSIC	12
Gambar IV.1 Tampilan program simulasi yang dibuat.....	17
Gambar IV.2 Tampilan lokasi sumber jamak dan sensor <i>array</i> (L=4).....	18
Gambar IV.3 Tampilan hasil simulasi untuk L=4	19
Gambar IV.4 Grafik RMSE jarak terhadap <i>number of snapshots</i> (L=4)	20
Gambar IV.5 Grafik RMSE azimuth terhadap <i>number of snapshots</i> (L=4)	21
Gambar IV.6 Grafik RMSE elevasi terhadap <i>number of snapshots</i> (L=4)	22
Gambar IV.7 Tampilan hasil simulasi untuk SNR=10dB, m=60, d=0.5λ (L=4) .	23
Gambar IV.8 Grafik RMSE jarak terhadap SNR, m=60 (L=4).....	23
Gambar IV.9 Grafik RMSE azimuth terhadap SNR, m=60 (L=4).....	23
Gambar IV.10 Grafik RMSE elevasi terhadap SNR, m=60 (L=4).....	24
Gambar IV.11 Tampilan hasil simulasi untuk SNR=10dB, m=100, d=0.5λ (L=4).....	25
Gambar IV.12 Grafik RMSE jarak terhadap SNR, m=100 (L=4).....	26
Gambar IV.13 Grafik RMSE azimuth terhadap SNR, m=100 (L=4)	26
Gambar IV.14 Grafik RMSE elevasi terhadap SNR, m=100 (L=4).....	27
Gambar IV.15 Tampilan hasil simulasi untuk d=0.5λ, m=60,SNR=10dB (L=4)	28
Gambar IV.16 Tampilan hasil simulasi untuk d=λ, m=60,SNR=10dB (L=4)	28
Gambar IV.17 Tampilan hasil simulasi untuk d=2λ, m=60,SNR=10dB (L=4) ...	29
Gambar IV.18 Grafik RMSE jarak terhadap d, m=60 (L=4)	30
Gambar IV.19 Grafik RMSE azimuth terhadap d, m=60 (L=4)	30
Gambar IV.20 Grafik RMSE elevasi terhadap d, m=60 (L=4)	31
Gambar IV.21 Tampilan hasil simulasi untuk d=0.5λ,m=100, SNR=10dB (L=4)	32
Gambar IV.22 Tampilan hasil simulasi untuk d=λ, m=100,SNR=10dB (L=4) ...	32

Gambar IV.23 Tampilan hasil simulasi untuk $d=2\lambda$, $m=100$, $SNR=10dB$ ($L=4$)	.33
Gambar IV.24 Grafik RMSE jarak terhadap d , $m=100$ ($L=4$)	..... 34
Gambar IV.25 Grafik RMSE azimuth terhadap d , $m=100$ ($L=4$)	..... 34
Gambar IV.26 Grafik RMSE elevasi terhadap d , $m=100$ ($L=4$)	..... 35
Gambar IV.27 Tampilan lokasi sumber jamak dan sensor array ($L=6$)	..... 35
Gambar IV.28 Tampilan hasil simulasi untuk $L=6$	..... 36
Gambar IV.29 Grafik RMSE jarak terhadap <i>number of snapshots</i> ($L=6$)	..... 37
Gambar IV.30 Grafik RMSE azimuth terhadap <i>number of snapshots</i> ($L=6$)	..... 38
Gambar IV.31 Grafik RMSE elevasi terhadap <i>number of snapshots</i> ($L=6$)	..... 38
Gambar IV.32 Tampilan hasil simulasi untuk $SNR=10dB$, $m=60$, $d=0.5\lambda$ ($L=6$)	39
Gambar IV.33 Grafik RMSE jarak terhadap SNR , $m=60$ ($L=6$)	..... 40
Gambar IV.34 Grafik RMSE azimuth terhadap SNR , $m=60$ ($L=6$)	..... 41
Gambar IV.35 Grafik RMSE elevasi terhadap SNR , $m=60$ ($L=6$)	..... 41
Gambar IV.36 Tampilan hasil simulasi untuk $SNR=10dB$, $m=100$, $d=0.5\lambda$ ($L=6$)	..... 42
Gambar IV.37 Grafik RMSE jarak terhadap SNR , $m=100$ ($L=6$)	..... 43
Gambar IV.38 Grafik RMSE azimuth terhadap SNR , $m=100$ ($L=6$)	..... 43
Gambar IV.39 Grafik RMSE elevasi terhadap SNR , $m=100$ ($L=6$)	..... 44
Gambar IV.40 Tampilan hasil simulasi untuk $d=2\lambda$, $m=60$, $SNR=30dB$ ($L=6$)	... 45
Gambar IV.41 Grafik RMSE elevasi terhadap d , $m=60$ ($L=6$)	..... 46
Gambar IV.42 Tampilan hasil simulasi untuk $d=2\lambda$, $m=100$, $SNR=30dB$ ($L=6$)	.47
Gambar IV.43 Grafik RMSE elevasi terhadap d , $m=100$ ($L=6$)	..... 48
Gambar IV.44 Tampilan lokasi sumber jamak dan sensor array (untuk penempatan sensor secara linier)	..... 49
Gambar IV.45 Tampilan hasil simulasi untuk penempatan sensor secara linier	..50
Gambar IV.46 Grafik RMSE jarak terhadap <i>number of snapshots</i> (untuk penempatan sensor secara linier)	..... 51
Gambar IV.47 Grafik RMSE azimuth terhadap <i>number of snapshots</i> (untuk penempatan sensor secara linier)	..... 51
Gambar IV.48 Grafik RMSE elevasi terhadap <i>number of snapshots</i> (untuk penempatan sensor secara linier)	..... 52

Gambar IV.49 Tampilan hasil simulasi untuk SNR=10dB, m=60, d=0.5λ (untuk penempatan sensor secara linier)	53
Gambar IV.50 Grafik RMSE jarak terhadap SNR, m=60 (untuk penempatan sensor secara linier)	54
Gambar IV.51 Grafik RMSE azimuth terhadap SNR, m=60 (untuk penempatan sensor secara linier)	54
Gambar IV.52 Grafik RMSE elevasi terhadap SNR, m=60 (untuk penempatan sensor secara linier)	55
Gambar IV.53 Tampilan hasil simulasi untuk SNR=10dB, m=100, d=0.5λ (untuk penempatan sensor secara linier)	56
Gambar IV.54 Grafik RMSE jarak terhadap SNR, m=100 (untuk penempatan sensor secara linier)	57
Gambar IV.55 Grafik RMSE azimuth terhadap SNR, m=100 (untuk penempatan sensor secara linier)	57
Gambar IV.56 Grafik RMSE elevasi terhadap SNR, m=100 (untuk penempatan sensor secara linier)	58
Gambar IV.57 Tampilan hasil simulasi untuk d=2λ, m=60,SNR=30dB (untuk penempatan sensor secara linier)	59
Gambar IV.58 Grafik RMSE jarak terhadap d, m=60 (untuk penempatan sensor secara linier)	60
Gambar IV.59 Grafik RMSE azimuth terhadap d, m=60 (untuk penempatan sensor secara linier)	60
Gambar IV.60 Grafik RMSE elevasi terhadap d, m=60 (untuk penempatan sensor secara linier)	61
Gambar IV.61 Tampilan hasil simulasi untuk d=2λ, m=100,SNR=30dB (untuk penempatan sensor secara linier)	62
Gambar IV.62 Grafik RMSE jarak terhadap d, m=100 (untuk penempatan sensor secara linier)	63
Gambar IV.63 Grafik RMSE azimuth terhadap d, m=100 (untuk penempatan sensor secara linier)	63

Gambar IV.64 Grafik RMSE elevasi terhadap d , $m=100$ (untuk penempatan sensor secara linier)	64
Gambar IV.65 Tampilan lokasi sumber jamak dan sensor array (untuk penempatan sensor secara acak)	64
Gambar IV.66 Tampilan hasil simulasi untuk penempatan sensor secara acak ...	65
Gambar IV.67 Grafik RMSE jarak, azimuth, elevasi, terhadap <i>number of snapshots</i> (untuk penempatan sensor secara acak)	66
Gambar IV.68 Tampilan hasil simulasi untuk SNR=10dB, $m=60$ (untuk penempatan sensor secara acak)	67
Gambar IV.69 Grafik RMSE jarak terhadap SNR, $m=60$ (untuk penempatan sensor secara acak)	69
Gambar IV.70 Grafik RMSE azimuth terhadap SNR, $m=60$ (untuk penempatan sensor secara acak)	69
Gambar IV.71 Grafik RMSE elevasi terhadap SNR, $m=60$ (untuk penempatan sensor secara acak)	69
Gambar IV.72 Tampilan hasil simulasi untuk SNR=10dB, $m=100$ (untuk penempatan sensor secara acak)	70
Gambar IV.73 Grafik RMSE jarak terhadap SNR, $m=100$ (untuk penempatan sensor secara acak)	71
Gambar IV.74 Grafik RMSE azimuth terhadap SNR, $m=100$ (untuk penempatan sensor secara acak)	72
Gambar IV.75 Grafik RMSE elevasi terhadap SNR, $m=100$ (untuk penempatan sensor secara acak)	72