

# Beamforming Isotropic Adaptive Rectangular Smart Antenna Menggunakan Algoritma Lms Pada Kondisi Stasioner Dengan Perbedaan Model Elemen

Dodi Setiabudi  
Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Jember  
Jember, Indonesia  
e-mail : dodi@unej.ac.id

Adial Muhsin Teguh  
Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Jember  
Jember, Indonesia  
e-mail : adialmuhsin@gmail.com

**Abstract**—Smart antenna didefinisikan sebagai antenna array yang menyesuaikan beam dengan lingkungan atau kebutuhan. Algoritma Least Mean Square (LMS) merupakan algoritma yang digunakan untuk meminimalkan nilai Mean Square Error (MSE) agar sinyal yang diterima akurat. Pada penelitian ini mencoba mendesain sebuah isotropic rectangular antenna array yang dikombinasikan dengan algoritma Least Mean Square (LMS) pada smart antenna kondisi stasioner, yakni dengan permodelan 4x4, 4x6, 6x6, 6x8, dan 8x8 elemen. Jarak antar elemen  $0.5 \lambda$  dan array factor -40 dB dapat bekerja menggunakan algoritma LMS dengan nilai step size 0.001, 0.002, 0.003, 0.004, dan 0.005. Sehingga berhasil diaplikasikan untuk beamforming pada smart antenna kondisi stasioner. Pada hasil penelitian ini, menunjukkan bahwa desain ini mempunyai pancaran terbaik saat menggunakan 8x8 elemen. Keadaan 2 pengguna nulling level terendah -349 dB pada 8x8 elemen dan beamforming tercepat 33 kali iterasi pada 8x8 elemen. Keadaan 3 Pengguna nulling level terendah -343 dB pada 8x8 elemen dan beamforming tercepat 5 kali.

**Keywords**—*Beamforming, LMS, Nulling, Smart Antenna.*

## I. PENDAHULUAN

Antena merupakan komponen yang sangat penting pada sistem komunikasi radio yang berkembang pesat dalam bentuk maupun aplikasinya. Permasalahan kurang efektifnya pola radiasi antena sering terjadi pada sistem komunikasi personal dan bergerak, hal ini diakibatkan gangguan dari pemakai komunikasi lain. Gangguan tersebut dapat diminimalkan dengan menggunakan smart antenna yang mengubah pola antena untuk menyesuaikan diri terhadap interferensi. Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan ini adalah menggunakan sistem beamforming adaptif pada smart antenna.

Sistem smart antenna adalah kombinasi elemen array pada antena dengan algoritma pemrosesan sinyal untuk beradaptasi sesuai dengan pola radiasi antena dengan tujuan meningkatkan kekuatan arah sinyal datang dan mengurangi sinyal pengganggu atau sinyal yang tidak diinginkan [1]. Kelebihan dari smart antenna ini dapat digunakan untuk meningkatkan arah pancaran antena sesuai kebutuhan pengguna, melalui

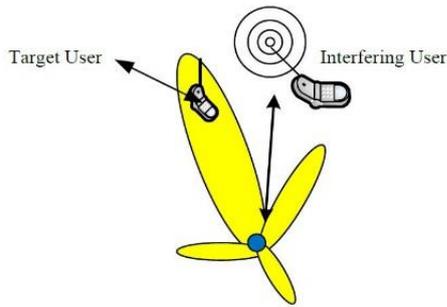
Direction of Arrival (DoA) yang lebih akurat [2]. Penggunaan algoritma Least Mean Square (LMS) pada penelitian ini berfungsi sebagai beamformer untuk mensimulasikan model isotropic adaptive rectangular antenna array dari smart antenna dengan kondisi elemen yang berbeda pada kondisi pengguna keadaan tetap atau stasioner. Pada riset ini di analisa serta dibandingkan jumlah penggunaan elemen pada antena menggunakan antena adaptive rectangular array, sehingga dapat didesain isotropic adaptive antenna rectangular array dengan mengubah jumlah elemen dan nilai step size pada antena.

## II. DASAR TEORI

Sistem smart antenna pada dasarnya sebuah perluasan dan pengembangan dari model array dan elements pada antena yang kemudian dilakukan pengarahan pada pola radiasinya. Karena smart antenna dapat fokus pada pola radiasi ke arah pelanggan yang diinginkan dan menolak interferensi atau gangguan yang tidak diinginkan, mereka tetap dapat memberikan area cakupan besar untuk tiap base station (BS). Secara umum sistem kapasitas dan area cakupan ini diklasifikasikan sebagai phased beam dan adaptive beam. Untuk jenisnya array yang digunakan terdapat linear array dan rectangular array sebagai pembentuk pola radiasi yang diinginkan.

### A. Sistem Adaptive

Sistem adaptive array memberikan azimuth yang lebih baik karena mampu untuk mengadaptasikan pola radiasi secara real time ke lingkungan sinyal penerima.

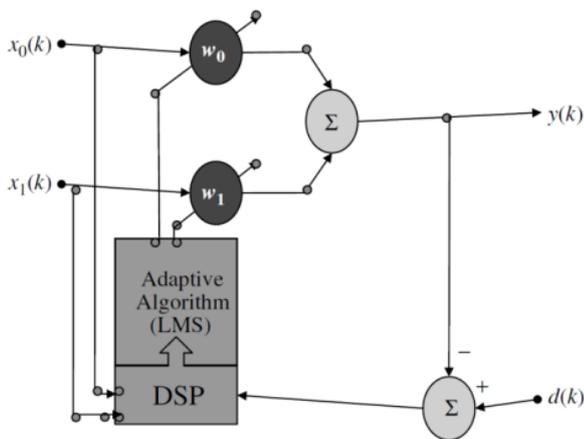


Gambar. 1. Sistem Adaptive Array.

Sistem ini dapat mengarahkan array utama ke arah sinyal yang diinginkan atau Signal of Interest (SOI) dan menekan pola antenna pada arah dari pengganggu atau Signal Not of Interest (SNOI) seperti pada gambar 1.

**B. Algoritma LMS**

Algoritma LMS diketahui mampu meminimalkan nilai mean square error (MSE) diantara sinyal yang ditangkap dengan sinyal referensi. Teknik ini diperoleh dengan menggunakan metode gradient berdasarkan nilai steepest descent [4-6]. Algoritma ini memperbarui bobot berdasarkan persamaan Wiener-Hopf seperti dilustrasikan pada gambar 2 [7].



Gambar. 2. LMS Filter.

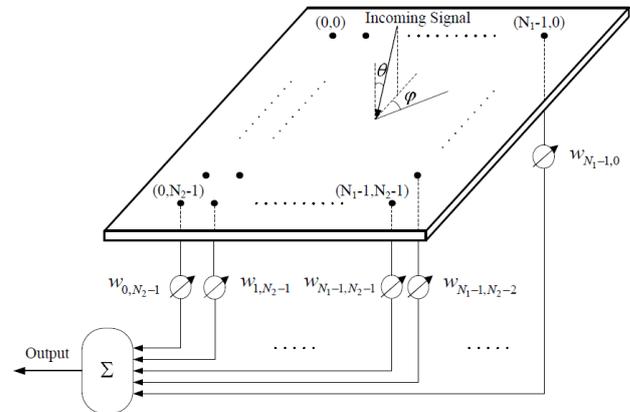
Algoritma LMS berdasarkan persamaan (1):

$$W_{k+1} = W_k + 2\mu x_k(d_k - x_k^T w_k) \tag{1}$$

1. Pada waktu k, bobot filter w(k) diketahui
2. Hitung  $\epsilon(k) = d(k) - x_k^T w_k$
3. Hitung  $y(k) = d_k - x_k^T w_k$
4. Hitung bobot filter berikutnya:
5. Lanjutkan ke  $k = k + 1$

Inisialisasi algoritma diperlukan untuk menginisialisasi koefisien filter w. Penentuan nilai  $\mu$  menentukan adanya konvergensi dan kecepatan konvergensinya.

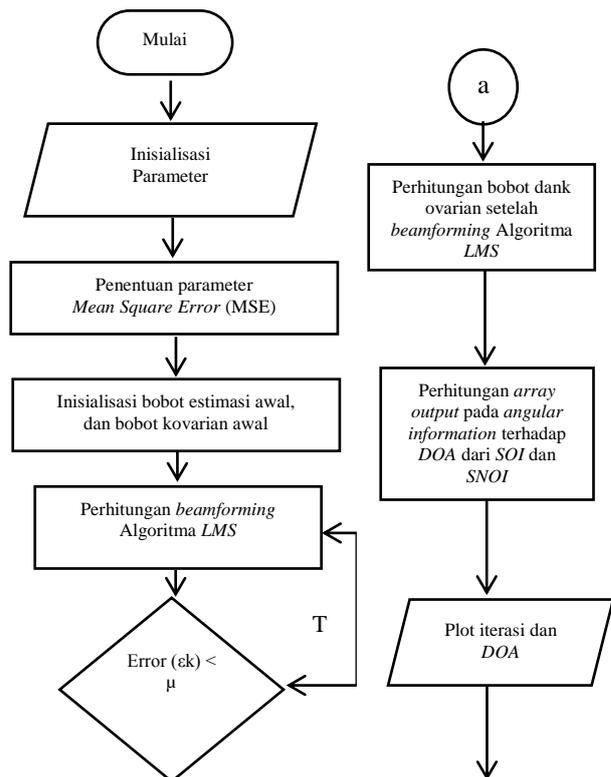
Pada konsep Rectangular linear arrays, ketika subjek mendekati sudut elevasi yang tetap akan digunakan sebagai sinyal spasial pada proses wideband sinyal. Ketajaman sudut beam dijaga tidak hanya pada broadside, tetapi juga pada arah ujung dari array. Nilai beamwidth pada pola arah direksional dapat diatur pada semua sudut dan nilai domain frekuensi yang akan difilter. Nilai-nilai tersebut dapat dengan mudah tercapai pada konsep N x N array [8]. Konfigurasi dari wideband beamformer mengikuti konsep dari rectangular array N1 x N2 elemen yang dijumlah dan diperkuat pada sisi output yang dijelaskan pada gambar 3.



Gambar. 3. Kedatangan sinyal pada N x N array dengan sudut azimuth  $\theta$  dan sudut elevasi  $\phi$ . Setiap elemen dikoneksikan pada sebuah real multiplier, meskipun tidak semua ditunjukkan.

**III. METODE PENELITIAN**

Gambar 4 merupakan flowchart dari adaptive beamforming dengan menggunakan algoritma LMS.





Gambar. 4. Flowchart pembentukan adaptive beamforming.

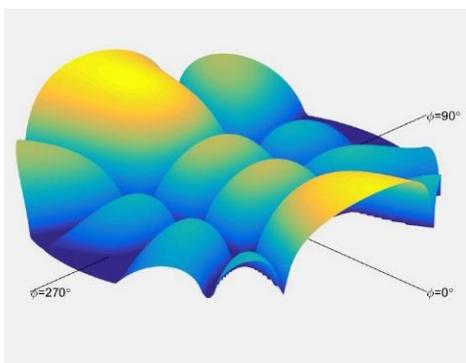
Data perencanaan dibutuhkan dalam melakukan estimasi atau perkiraan dari nilai-nilai parameter yang akan di analisa. Data yang dibutuhkan ini berupa pemilihan fisik antenna yang diinginkan (isotropic adaptive rectangular array), jumlah elemen ( $M \times N$ ) dimulai dari 4x4, 4x6, 6x6, dan 4x8 elemen, jarak antar elemen ( $\lambda = 0,5$ ), jumlah pengguna (SOI signal amplitude = 1) dan interferer (SNOI signal amplitude = 1), Direction of Arrival (DoA) atau angular information dari SOI yakni nilai  $\theta$  direction ( $\theta = 60^\circ$ ) dan  $\phi$  direction ( $\phi = 180^\circ$ ) maupun SNOI/SNOI 1 yakni nilai  $\theta$  direction ( $\theta = 30^\circ$ ) dan  $\phi$  direction ( $\phi = 60^\circ$ ), serta SNOI 2 yakni nilai  $\theta$  direction ( $\theta = 90^\circ$ ) dan  $\phi$  direction ( $\phi = 240^\circ$ ), pengaruh nilai step size yang berbeda-beda ( $\mu = 0.001, 0.002, 0.003, 0.004, \text{ dan } 0.005$ ) untuk algoritma LMS, nilai array factor ( $AF = -40$ ), serta nilai sampling dari data yang diinginkan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

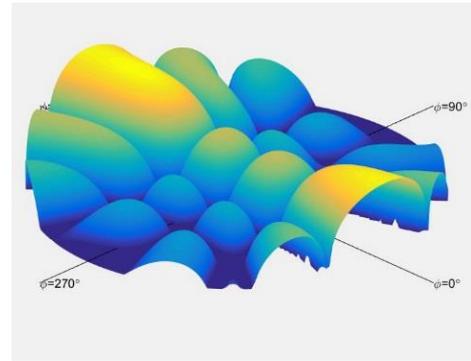
A. Pembentukan Antena Pattern Adaptive Rectangular Array (2 Pengguna)

Pembentukan antenna pattern ini dapat dijadikan sebagai acuan dari analisa nanti. Dari pola radiasi yang terbentuk kita dapat mengambil parameter sudut terjadinya lobe dan juga null.

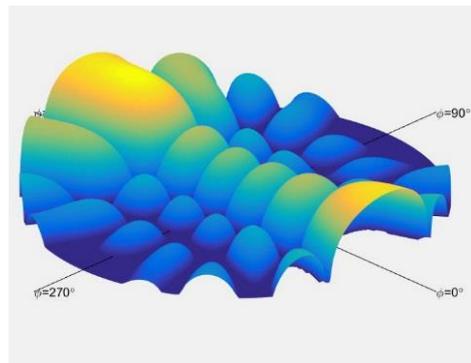
Gambar 5 sampai 9 merupakan pembentukan lobe dan null pada antenna rectangular array. Hasil beamforming terhadap SOI sebagai pengguna yang diinginkan pada sudut  $\theta=60^\circ$ ,  $\phi=180^\circ$  dan SNOI sebagai pengguna yang tidak diinginkan pada sudut  $\theta=30^\circ$ ,  $\phi=60^\circ$  terdapat pada tabel I.



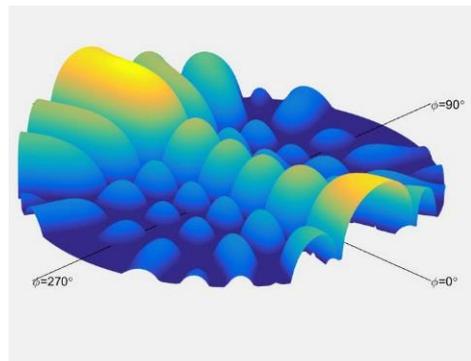
Gambar. 5. Plot Antenna Lobe Pattern 4x4 Elemen



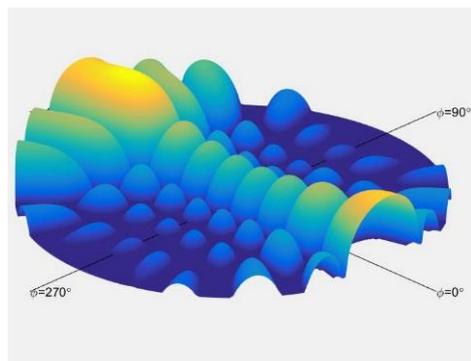
Gambar. 6. Plot Antenna Lobe Pattern 4x6 Elemen



Gambar. 7. Plot Antenna Lobe Pattern 6x6 Elemen



Gambar. 8. Plot Antenna Lobe Pattern 6x8 Elemen



Gambar. 9. Plot Antenna Lobe Pattern 8x8 Elemen

TABLE I. PERBANDINGAN SOI SUDUT ELEVASI = 180°, AZIMUTH = 60°  
 DENGAN SNOI SUDUT ELEVASI = 60°, AZIMUTH = 30°.

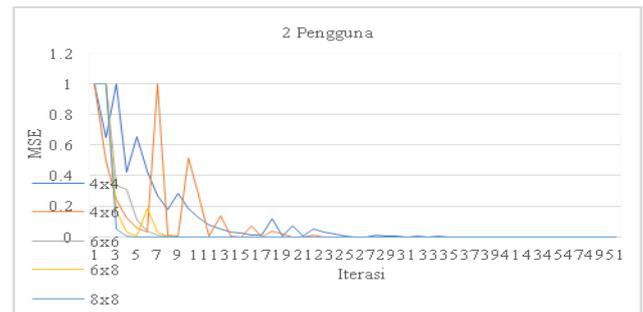
Elemen		Elevation	Azimuth
4x4	SOI	Lobe	4
		Main Lobe	2
		Side Lobe	2
		Side Lobe Level	-12 dB
	SNOI	Lobe	6
		Main Lobe	2
		Side Lobe	2
		Null depth Level	-275 dB
4x6	SOI	Lobe	4
		Main Lobe	2
		Side Lobe	2
		Side Lobe Level	-12 dB
	SNOI	Lobe	8
		Main Lobe	2
		Side Lobe	2
		Null depth Level	-320 dB
6x6	SOI	Lobe	6
		Main Lobe	2
		Side Lobe	2
		Side Lobe Level	-12 dB
	SNOI	Lobe	9
		Main Lobe	2
		Side Lobe	2
		Null depth Level	-335 dB
6x8	SOI	Lobe	6
		Main Lobe	2
		Side Lobe	2
		Side Lobe Level	-12 dB
	SNOI	Lobe	11
		Main Lobe	2
		Side Lobe	2
		Null depth Level	-330 dB
8x8	SOI	Lobe	8
		Main Lobe	2
		Side Lobe	2
		Side Lobe Level	-12 dB
	SNOI	Lobe	11
		Main Lobe	2
		Side Lobe	2
		Null depth Level	-335 dB

Hasil perbandingan *beamforming* tiap elemen dengan 2 pengguna yang ditunjukkan tabel I. menjelaskan bahwa desain *beamforming* dengan algoritma *LMS* (*Least Mean Square*) terendah dalam pancaran, terdapat pada desain 4x4 elemen dengan *null depth level* -275 dB dan tertinggi dalam pancaran yang terdapat pada desain 6x6 elemen dengan *null depth level* -335 dB.

**B. Perbandingan MSE vs. Iterasi Pada 2 Pengguna**

Hasil perbandingan Mean Square Error (MSE) vs. iterasi dengan nilai step size 0.003 2 pengguna yang ditunjukkan

gambar 10 terangkum pada tabel II, menjelaskan bahwa semakin banyak jumlah elemen yang digunakan maka semakin kecil jumlah iterasi untuk mendapatkan nilai yang konvergen.

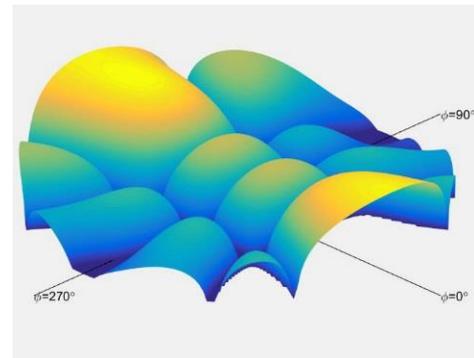


Gambar. 10. Karakteristik pengaruh nilai Mean Square Error (MSE) vs. Iterasi dengan elemen yang berbeda

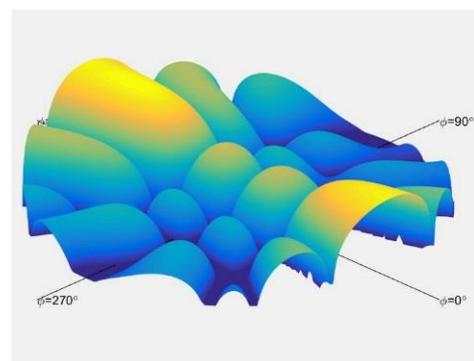
TABLE II. KARAKTERISTIK PENGARUH NILAI MEAN SQUARE ERROR (MSE) DENGAN ELEMEN YANG BERBEDA (2 PENGGUNA)

Elemen MxN	Iterasi
4x4	30
4x6	25
6x6	20
6x8	14
8x8	8

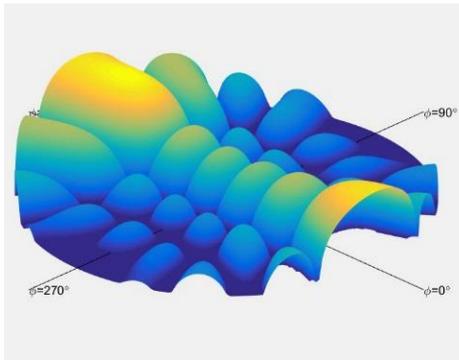
**C. Pembentukan Antena Pattern Adaptive Rectangular Array (3 Pengguna)**



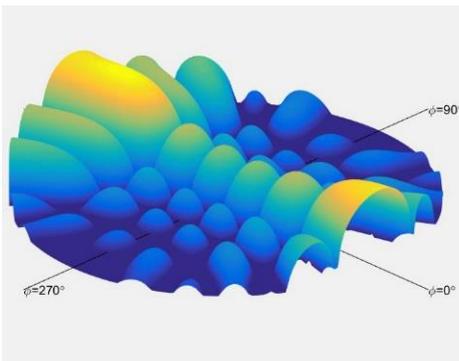
Gambar. 11. Plot Antenna Lobe Pattern 4x4 Elemen.



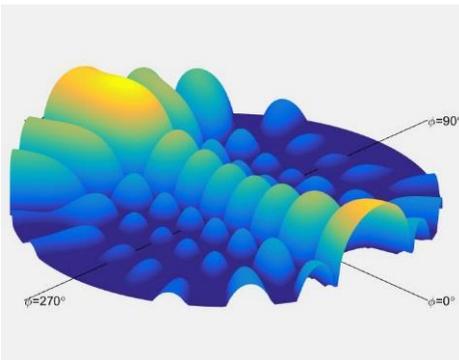
Gambar. 12. Plot *Antenna Lobe Pattern* 4x6 Elemen.



Gambar. 13. Plot *Antenna Lobe Pattern* 6x6 Elemen.



Gambar. 14. Plot *Antenna Lobe Pattern* 6x8 Elemen.



Gambar. 15. Plot *Antenna Lobe Pattern* 8x8 Elemen.

Gambar 11 sampai 15 merupakan pembentukan *lobe* dan *null* pada antenna *rectangular array*. Hasil *beam-forming* terhadap SOI sebagai pengguna yang diinginkan pada sudut  $\theta=60^\circ$ ,  $\varphi=180^\circ$  dan SNOI 1 sebagai pengguna yang tidak diinginkan pada sudut  $\theta=30^\circ$ ,  $\varphi=60^\circ$  serta SNOI 2 juga sebagai pengguna yang tidak diinginkan pada sudut  $\theta=90^\circ$ ,  $\varphi=240^\circ$  terdapat pada tabel III.

TABLE III. PERBANDINGAN SOI SUDUT ELEVASI =  $180^\circ$ , AZIMUTH =  $60^\circ$  DENGAN SNOI 1 SUDUT ELEVASI =  $60^\circ$ , AZIMUTH =  $30^\circ$  SERTA SNOI 2 SUDUT ELEVASI =  $240^\circ$ , AZIMUTH =  $90^\circ$

Elemen		Elevation	Azimuth	
4x4	SOI	Lobe	4	11
		Main Lobe	2	1
		Side Lobe	2	2
		Side Lobe Level	-11 dB	-18 dB, dan -22 dB
	SNOI 1	Lobe	6	8
		Main Lobe	2	1
		Side Lobe	2	2
		Null depth	2	1
	SNOI 2	Lobe	6	12
		Main Lobe	2	3
		Side Lobe	2	4
		Null depth Level	-270 dB	-270 dB
4x6	SOI	Lobe	4	13
		Main Lobe	2	1
		Side Lobe	2	2
		Side Lobe Level	-12 dB	-14 dB
	SNOI 1	Lobe	8	7
		Main Lobe	2	1
		Side Lobe	2	2
		Null depth Level	-320 dB	-320 dB
	SNOI 2	Lobe	6	16
		Main Lobe	2	3
		Side Lobe	2	4
		Null depth Level	-310 dB	-310 dB
6x6	SOI	Lobe	6	18
		Main Lobe	2	1
		Side Lobe	2	2
		Side Lobe Level	-13 dB	-15 dB
	SNOI 1	Lobe	9	12
		Main Lobe	2	2
		Side Lobe	2	2
		Null depth Level	-335 dB	-335 dB
	SNOI 2	Lobe	6	20
		Main Lobe	2	3
		Side Lobe	2	4
		Null depth Level	-335 dB	-335 dB
6x8	SOI	Lobe	6	22
		Main Lobe	2	1
		Side Lobe	2	2
		Side Lobe Level	-13 dB	-13 dB
	SNOI 1	Lobe	11	14
		Main Lobe	2	1
		Side Lobe	2	2
		Null depth Level	-335 dB	-335 dB
	SNOI 2	Lobe	10	25
		Main Lobe	2	3
		Side Lobe	2	4
		Null depth Level	-340 dB	-340 dB
8x8	SOI	Lobe	8	22
		Main Lobe	2	1
		Side Lobe	2	2
		Side Lobe Level	-13 dB	-18 dB
	SNOI 1	Lobe	11	16
		Main Lobe	2	1
		Side Lobe	2	2
		Null depth Level	-330 dB	-330 dB

Elemen		Elevation	Azimuth
--------	--	-----------	---------

SNOI 2	Lobe	10	24
	Main Lobe	2	3
	Side Lobe	2	4
	Null depth	1	3
	Null depth Level	-330 dB	-325 dB, 330 dB, dan 325 dB.

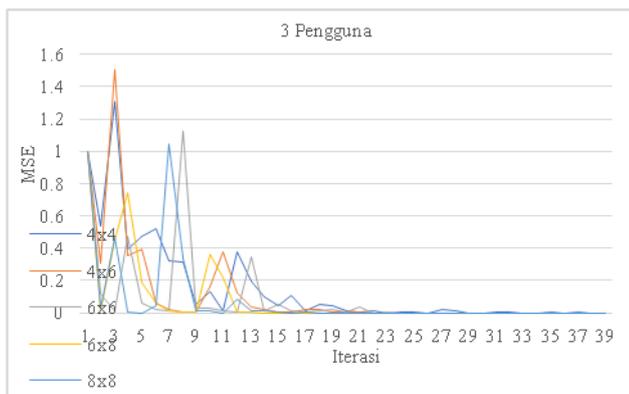
Hasil perbandingan beamforming tiap elemen dengan 3 pengguna yang ditunjukkan tabel III menjelaskan bahwa desain beamforming dengan algoritma LMS (Least Mean Square) terendah dalam pancaran, terdapat pada desain 4x4 elemen dengan null depth level -270 dB dan tertinggi dalam pancaran yang terdapat pada desain 6x8 elemen dengan null depth level -340 dB.

D. Perbandingan MSE vs. Iterasi Pada 3 Pengguna

Hasil perbandingan Mean Square Error (MSE) vs. iterasi dengan nilai step size 0.003 3 pengguna yang ditunjukkan gambar 15 terangkum pada tabel IV, menjelaskan bahwa semakin banyak jumlah elemen yang digunakan maka semakin kecil jumlah iterasi untuk mendapatkan nilai yang konvergen.

TABLE IV. KARAKTERISTIK PENGARUH NILAI MEAN SQUARE ERROR (MSE) DENGAN ELEMEN YANG BERBEDA (3 PENGGUNA)

Elemen MxN	Iterasi
4x4	40
4x6	24
6x6	20
6x8	18
8x8	5



Gambar. 16. Karakteristik pengaruh nilai Mean Square Error (MSE) vs. Iterasi dengan elemen yang berbeda.

E. Hasil Perbandingan Nilai Step Size ( $\mu$ ) yang Berbeda Pada Tiap Elemen dengan 2 dan 3 Pengguna.

Hasil perbandingan nilai step size ( $\mu$ ) yang berbeda pada tiap elemen dengan 2 pengguna menjelaskan bahwa desain beamforming dengan algoritma LMS terlambat dalam pancaran, terdapat pada desain 4x6 elemen saat  $\mu = 0.001$ , 6x6 elemen saat  $\mu = 0.003$ , 6x6 elemen saat  $\mu = 0.004$  dengan nilai iterasi 1000 kali dan tercepat dalam pancaran yang terdapat pada desain 8x8 elemen saat  $\mu = 0.004$  dengan nilai iterasi 33 kali. Pada elemen dengan 3 pengguna menjelaskan bahwa

desain yang diusulkan terlambat dalam pancaran, yaitu terdapat pada desain 4x4 elemen saat  $\mu = 0.001$ , 8x8 elemen saat  $\mu = 0.005$  dengan nilai iterasi 1000 kali dan tercepat dalam pancaran yang terdapat pada desain 6x6 elemen saat  $\mu = 0.004$  dengan nilai iterasi 117 kali.

V. KESIMPULAN

Hasil penelitian beamforming pada smart antenna dengan menggunakan algoritma Least Mean Square (LMS) menunjukkan bahwa:

- Desain isotropic rectangular antenna array menggunakan algoritma Least Mean Square (LMS) telah dilakukan pada smart antenna kondisi stasioner, yakni dengan permodelan 4x4, 4x6, 6x6, 6x8, dan 8x8 elemen. Jarak antar elemen  $0.5 \lambda$  dan array factor -40 dB dapat bekerja menggunakan algoritma LMS dengan nilai step size 0.001, 0.002, 0.003, 0.004, dan 0.005. Sehingga berhasil diaplikasikan untuk beamforming pada smart antenna kondisi stasioner.
- Performa hasil beamforming adaptive rectangular antenna array telah dilakukan dengan menggunakan algoritma Least Mean Square (LMS) pada smart antenna kondisi stasioner, memiliki pancaran terbaik saat menggunakan 8x8 elemen. Pengguna nulling level terendah -343 dB pada 8x8 elemen dan beamforming tercepat 5 kali.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ali, W.A.E, "Performance Analysis of Least Mean Square Sample Matrix Inversion Algorithm for Smart antenna System. Arab Academy for Science and Technology (AAST)", Alexandria, Egypt: Department of Electronics and Communications Engineering, 2013.
- [2] Alwafie, F, "Smart antenna System Simulation for an 4G Wireless Applications". Harare, Zimbabwe: International Conference on Electrical and Electronics Engineering". 2015.
- [3] Saxena P, "Performance Analysis of Adaptive Beamforming Algorithms for Smart Antennas". 2014.
- [4] Balanis, A.C. "Antenna Theory Analysis and Design Third Edition". Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons, Inc. 2005.
- [5] Scutariu Adrian-Ionut, Zevedei Dalina and Mariana Jurian, "A Speed Convergence Least Squares Constant Modulus Algorithm for Smart Antenna Beamforming", IEEE, 978-1-4577-0085-3/12/\$26.00, 2012.
- [6] Ahmed El Zooghby, "Smart Antenna Engineering", artech house, INC. 685 Canton Street Norwood, MA 02062, 2005.
- [7] Suchita W.Varade, K. D. Kulat, "Robust Algorithms for DOA Estimation and Adaptive Beamforming for Smart Antenna Application", Second International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology, ICETET09, 2009.
- [8] Mariel Rivas, Shuguo Xie, Donglin Su, "A Review of Adaptive Beamforming Techniques for Wideband Smart Antennas", IEEE 6th International Conference Wireless Communications Networking and Mobile Computing(WiCOM), 2016.