

Antena Cerdas untuk Mitigasi Interferensi dengan Algoritma Least Mean Square

Rahmad Hidayat¹, Hamdani Setiawan², Yakob Liklikwatil³, Sabar Santoso⁴, Ninik Sri Lestari⁵

^{1),2),3),4),5)}Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Mandala Bandung

Informasi Artikel

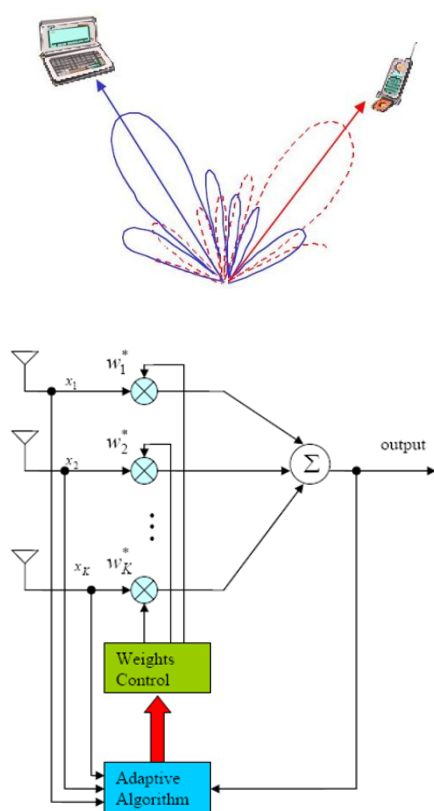
Naskah Diterima : 10 Maret 2017

Direvisi : 10 April 2017

Disetujui : 19 Juni 2017

*Korespondensi Penulis :
rhidayat4000@gmail.com

Graphical abstract



Abstract

Smart antenna is basically an array antenna with signal processing capability to send / receive information adaptively. This capability should continue to be explored to look for the best algorithm for adaptive beamforming capability desired. This paper aims to provide a review and analysis of the Least Mean Square (LMS) algorithms effect on the setting nulling beam smart antenna radiation pattern arrangement in its role to mitigate interference. Beamformer performance simulation for as many as 250 iterations performed with Matlab tool in Additional White Gaussian Noise (AWGN) channel and simulation parameters modified to compare two prices step size μ in the LMS algorithm for some number of antenna elements. Influence value step size μ , look at the number of iterations carried out before the minimum noise error is obtained, which rise in value step size is then further reduce the number of iterations, the average being 60. From the amplitude response pattern after beamforming process, the position of the main signal (0 dB) is right on angle of 30° and produced 15 nulling position of 16 antenna elements. Source of interference is removed / closed by putting 'nulls' in the direction of the source of interference in position 60° and -40° with each level gained ranges of -115 dB.

Keywords: Smart antenna, Beamforming, Adaptive algorithm, Least Mean Square, Interference

Abstrak

Antena cerdas pada dasarnya merupakan susunan antenna dengan kemampuan pemrosesan sinyal untuk mengirim/menerima informasi secara adaptif. Kemampuan ini harus terus didalami untuk dicarikan algoritma adaptif terbaik bagi kemampuan beamforming yang diinginkan. Tulisan ini bertujuan untuk memberikan kajian dan analisis pengaruh algoritma Least Mean Square (LMS) pada pengaturan nulling beam pola radiasi susunan antenna cerdas dalam perannya terhadap mitigasi interferensi. Simulasi kinerja beamformer untuk sebanyak 250 iterasi dilakukan dengan tool Matlab pada kanal AWGN (Additional White Noise Gaussian) dan parameter simulasi diubah untuk membandingkan dua buah harga step size μ pada algoritma LMS untuk beberapa jumlah elemen antenna. Pengaruh nilai step size μ , terlihat pada jumlah iterasi yang dilangsungkan sebelum error noise minimum diperoleh, dimana dengan naiknya nilai step size ini maka semakin mengurangi jumlah iterasi, rata-rata menjadi 60. Dari pola respon amplitudo setelah proses beamforming, posisi sinyal utama (0 dB) tepat di sudut 30° dan dihasilkan 15 posisi nulling untuk 16 elemen antenna. Sumber interferensi dihilangkan / ditutup dengan menempatkan 'nulls' dalam arah sumber interferensi tersebut di posisi 60° dan -40° dengan masing-masing level diperoleh berkisar sebesar -115 dB.

Kata kunci: Antena cerdas, Beamforming, Algoritma adaptif, Least Mean Square, Nulling, Interferensi

© 2017 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

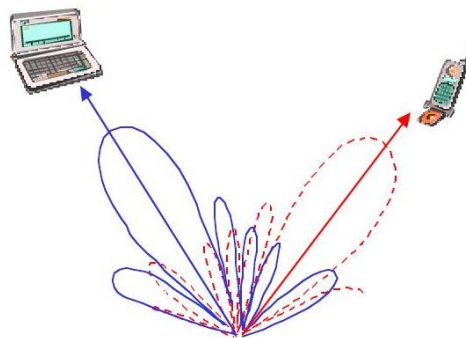
Antena cerdas terdiri dari susunan dua atau N buah antenna dengan jarak spasi sama, bersama-sama bekerja untuk mencapai pola radiasi yang spesifik. Pola radiasi ini akan menentukan pengarah dan penguatan antenna yang dihasilkan sedangkan bahannya sebagai contoh dapat terbuat dari mikrostrip

dengan bentuk *patch* dalam berbagai pilihan. Elemen antena bekerja dalam kelompok susunan/array yang dihasilkan baik secara hardware maupun software. Sistem antena cerdas memiliki kemampuan untuk mengubah pola radiasi guna memberikan reaksi terhadap perubahan lingkungan sehingga dapat meningkatkan kapasitas dan S/N sistem wireless. Manfaat lain dari antena cerdas adalah bahwa efek dari *multipath* diatasi dengan menekan pengguna yang tidak diinginkan dan memaksimalkan *beam* pancaran ke arah sudut yang diinginkan. Sistem antena cerdas dapat membedakan sinyal yang diinginkan dan kanal interferensi yang berdekatan secara normal. Sistem ini membutuhkan tidak saja tentang pengetahuan sinyal referensi tapi juga arah sumber sinyal yang diinginkan. Dengan kata lain sistem antena cerdas juga membutuhkan suatu pelatihan untuk memperbarui nilai bobot yang ada. [1][2] [3][4]

Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan kajian pembaruan (update) nilai bobot beamforming adaptif pada sistem antena cerdas dengan menggunakan algoritma least mean square, mensimulasikan pembentukan *beam* pola radiasi untuk beberapa elemen susunan antena linier dan menganalisis semua dampaknya dalam proses eliminasi sinyal yang tidak diinginkan berupa interferensi ataupun noise.

2. TEKNIK ANTENA CERDAS

Sebagai ilustrasi awal, gambar berikut ini menunjukkan teknik pengaturan pola pancar antena cerdas :



Gambar.1 *Beamforming* dan mitigasi interferensi [5]

Meskipun sistem Antena Cerdas kadang-kadang disebut Space Division Multiple Access, namun SDMA ini bukanlah merupakan antena yang cerdas. Pada SDMA, fungsi antena hanya untuk mengubah sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik atau sebaliknya, tidak ada yang lain. Beberapa algoritma adaptif yang digunakan dalam pemrosesan sinyal memiliki pengaruh signifikan pada kinerja sistem Antena Cerdas. Tugas algoritma dalam sistem Antena Cerdas adalah untuk menyesuaikan sinyal arah terima sehingga sinyal yang diinginkan tersebut merupakan hasil penggabungan. Beberapa metode diterapkan sebagai algoritma adaptif. [6]

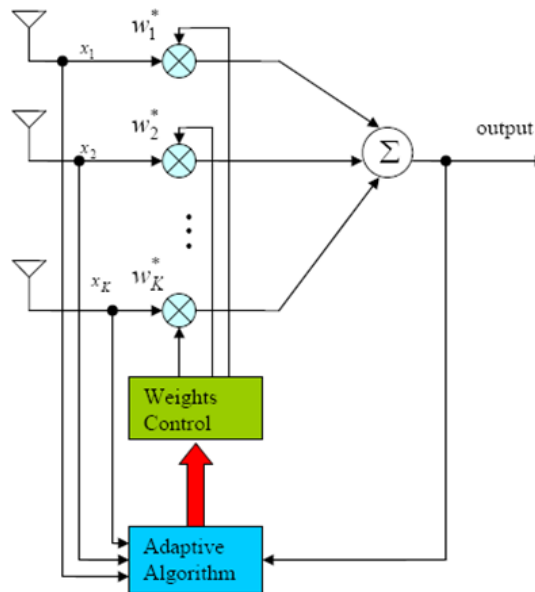
Sebagai perbandingan, manusia bahkan dapat mendengarkan suara yang lebih lemah dari suatu interferensi sekalipun. Algoritma adaptif dalam sistem antena cerdas melakukan hal yang mirip dengan kemampuan otak pada analogi ini, meskipun kecanggihannya di bawah otak tentunya. Otak kita dapat melakukan pemilihan sinyal di atas dan penindasan interferensi dengan hanya dua telinga, namun beberapa antena diperlukan bagi algoritma adaptif sehingga informasi yang cukup pada sinyal pengguna dapat diperoleh. Pada manusia, beberapa orang lebih cerdas dari yang lain. Agar mereka menjadi lebih cerdas, mereka harus memiliki otak yang lebih berkembang. Demikian pula, beberapa algoritma lebih cerdas daripada algoritma lainnya. Sebuah algoritma pintar biasanya membutuhkan sumber daya lebih dari algoritma yang kurang cerdas. Tidak seperti otak kita yang merupakan sumber bebas, banyak sumber daya di dunia teknologi selalu merupakan komponen yang lebih mahal dan lebih lengkap. [6]

A. *Beamforming* Adaptif

Beam pada pola pancar susunan antena dapat diatur (*beamforming*) sesuai desain. Sementara itu, algoritma adaptif adalah salah satu algoritma yang memberikan kecerdasan bagi sistem *smart antenna*. Tanpa algoritma adaptif, sinyal asli tidak lagi dapat diekstraksi. Dalam pendekatan beamforming dengan bobot tetap, besarnya sudut datang tidak berubah terhadap waktu, sehingga

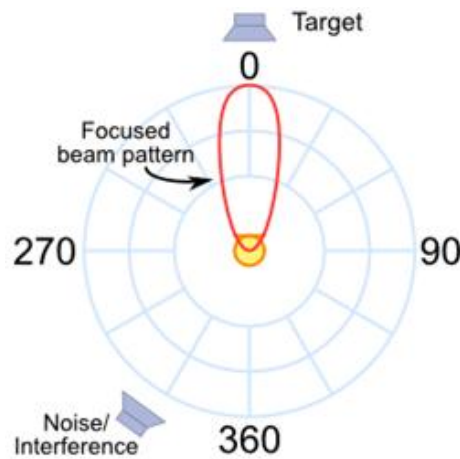
bobot optimum tidak akan perlu disesuaikan. Namun, jika sudut datang yang diinginkan berubah terhadap waktu, maka perlu untuk merancang skema optimasi yang beroperasi *on-the-fly* sehingga tetap menghitung ulang bobot array optimum yang dilakukan dengan menggunakan algoritma beamforming. [6]

Beamforming menerapkan teknik pemrosesan sinyal untuk mengontrol pengarahannya (direksionalitas) sinyal terima atau transmisi sinyal pada susunan transduser antenna. Beamforming menciptakan pola radiasi dari susunan antenna dengan menambahkan fase sinyal dalam arah yang diinginkan dan dengan poses pola *nulling* untuk arah yang tidak diinginkan. Fase dan amplitudo disesuaikan untuk mengoptimalkan sinyal yang diterima. Suatu hal standar untuk menganalisis kinerja beamformer dengan vektor data masukan $x(k)$ adalah respon vektor bobot elemen antenna $w(k)$ sebagai fungsi respon *beam*. [6] [7]



Gambar.2 Beamformer Adaptif K-elemen [8]

Beamforming adaptif yang kuat telah menjadi topik penelitian intensif selama beberapa dekade karena, di satu sisi, pentingnya komunikasi nirkabel, radar, sonar, mikrofon, radioastronomi, pencitraan medis, dan bidang lainnya; dan di sisi lain, karena adanya tantangan terkait aplikasi praktis dengan syarat kehandalan yang ketat. Kehadiran komponen sinyal yang diinginkan dalam data pelatihan, ukuran sampel yang kecil, dan pengetahuan yang tidak tepat dari vektor pengarah sinyal yang diinginkan adalah penyebab utama dari penurunan kinerja beamforming adaptif. Pendekatan desain tradisional untuk beamforming adaptif tidak memberikan ketahanan cukup dan tidak berlaku dalam situasi seperti itu, sehingga berbagai teknik beamforming adaptif yang kokoh telah dikembangkan. Beberapa contoh pendekatan beamforming adaptif populer konvensional yang kokoh adalah teknik pembebanan diagonal, teknik beamforming proyeksi dan beamforming berbasis ruang eigen. [9]



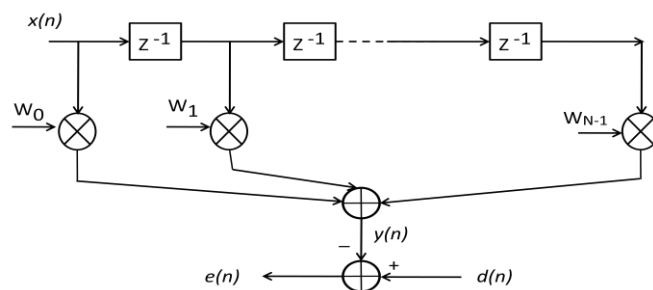
Gambar.3 Pola *beam* untuk menghindari *unwanted signal* [10]

B. Algoritma Least Mean Square (LMS)

Suatu susunan antena jenis Uniform Linear Array (ULA) dengan N buah elemen isotropik, dimana berbentuk bagian utuh dari sistem beamforming adaptif ditunjukkan pada Gbr. 4 di bawah. Output susunan antena $x(t)$ diberikan oleh : [11]

$$x(t) = s(t)a(\theta_0) + \sum_{i=1}^{N_u} u_i(t)a(\theta_i) + n(t) \quad (1)$$

Sebagaimana ditunjukkan di bawah bahwa output setiap sensor dikombinasikan secara linier setelah dikalikan dengan nilai bobot tertentu pola susunan antena tersebut. Proses optimalisasi ini untuk memperoleh penguatan (gain) maksimum yang mungkin dalam arah sinyal yang diinginkan dan meniadakan penguatan (*nulls gain*) dalam arah sumber interferensi.



Gambar.4 Beamformer LMS adaptif [11]

Nilai bobot kemudian akan dihitung menggunakan algoritma LMS berdasarkan kriteria Minimum Squared Error (MSE). Oleh karena itu masalah filter spasial melibatkan proses estimasi sinyal $s(t)$ dari sinyal penerimaan $x(t)$ pada output susunan antena. Proses estimasi ini dilakukan dengan meminimalkan error antara sinyal referensi $d(t)$ dan sinyal $y(t)$. Sinyal $y(t)$ adalah sinyal output beamformer dan sinyal estimasi yang diinginkan. Proses umum dengan filter Wiener ini disolusikan dengan iterasi algoritma LMS. Untuk formula algoritma LMS dengan grafik *steepest descent method*, persamaan vektor nilai bobot diberikan oleh :

$$w(n+1) = w(n) + \frac{1}{2} \mu [-\nabla(E\{e^2(n)\})] \quad (2)$$

dimana μ adalah parameter *step-size* . Besarnya $e^2(n)$ yang merupakan kendali karakter konvergen dari algoritma LMS yaitu nilai error kuadrat rata-rata antara output beamformer $y(n)$ dan sinyal referensi, diberikan oleh :

$$e^2(n) = [d^*(n) - w^h x(n)]^2 \quad (3)$$

Vektor gradien pada persamaan update nilai bobot di atas menjadi : $\nabla_w (E\{e^2(n)\}) = -2r + 2Rw(n)$ (4)

Masalah utama metode *steepest descent* adalah pada perhitungan untuk menemukan nilai matriks r dan R secara *realtime*. Sementara itu, algoritma LMS menyederhanakan perhitungan tersebut dengan menggunakan nilai instan r dan R di samping nilai aktual r dan R yang ada . Nilai instan ini berupa $S(t)$ untuk sinyal yang diinginkan tiba dengan sudut θ_o dan $u_i(t)$ untuk sinyal interferensi yang tiba dengan sudut θ_i . Nilai $a(\theta_o)$ dan $a(\theta_i)$ masing-masing menunjukkan vektor pengarahan (steering) untuk sinyal yang diinginkan dan sinyal interferensi. Parameter di atas dibutuhkan untuk menghasilkan sinyal total yang diinginkan dari sinyal penerimaan yang mengandung interferensi dan noise tambahan $n(t)$.

$$R(n) = x(n)x^h(n) \quad (5)$$

$$r(n) = d * (n)x(n) \quad (6)$$

Kemudian nilai update bobot dapat diberikan dari persamaan berikut :

$$\begin{aligned} w(n + 1) &= w(n) + \mu x(n)[d^*(n) - x^h(n)w(n)] \\ &= w(n) + \mu x(n)e^*(n) \end{aligned} \quad (7)$$

Algoritma LMS diinisiasi dengan nilai bebas $w(0)$ untuk vektor bobot pada $n=0$. Koreksi berurut terhadap vektor bobot kemudian segera menuju nilai minimum dari error kuadrat rata-rata. Algoritma LMS ini kemudian diringkas menjadi :

$$Output, y(n) = w^h x(n) \quad (8)$$

$$Error, e(n) = d^*(n) - y(n) \quad (9) \quad Weight, w(n + 1) = w(n) - \mu x(n)e^*(n) \quad (10)$$

3. Metodologi

Pada penelitian ini digunakan tool Matlab untuk mensimulasikan kinerja beamformer. Kanal propagasi yang diambil berupa kanal noise Gaussian (Additional White Noise Gaussian, AWGN). Parameter diubah untuk membandingkan dua buah harga step size μ pada algoritma LMS untuk jumlah elemen susunan sebanyak 4,8 dan 16. Dan untuk perubahan bobot sistem algoritma adaptif diambil nilai iterasi sebanyak 250 kali. Sedangkan parameter selengkapnya yang penulis ambil dalam penelitian ini tertera pada Tabel 1 di bawah.

Tabel 1. Parameter Simulasi

No.	Item	
1	Jumlah elemen antenna, N	4 ; 8; 16
2	Spasi antar elemen antenna, d (dalam λ)	0.5
3	Jumlah iterasi	250



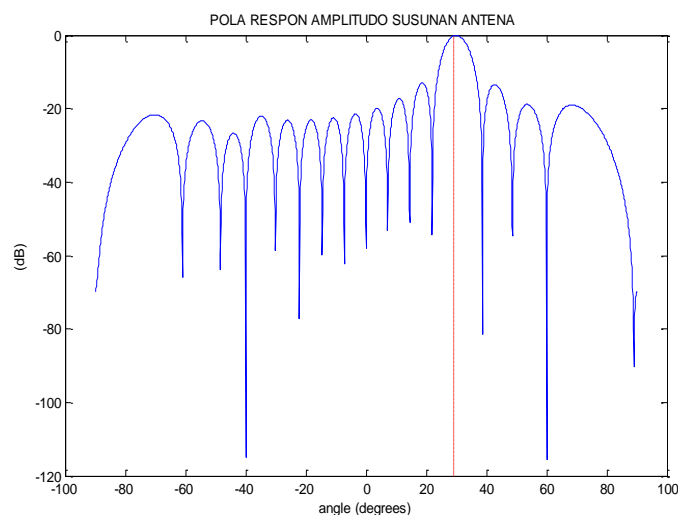
4	Domain respon angular (derajat)	-90 s.d +90
5	Sudut sinyal utama, θ_x (derajat)	+30
6	Sudut sumber interferensi-1, θ_{i-1} (derajat)	+60
7	Sudut sumber interferensi-2, θ_{i-2} (derajat)	- 40
8	Step size, μ	0.0025; 0.01
9	Bit rate, BR (bit/s)	100
10	Frekuensi simulasi (Hz)	4 BR

4. Hasil dan Pembahasan

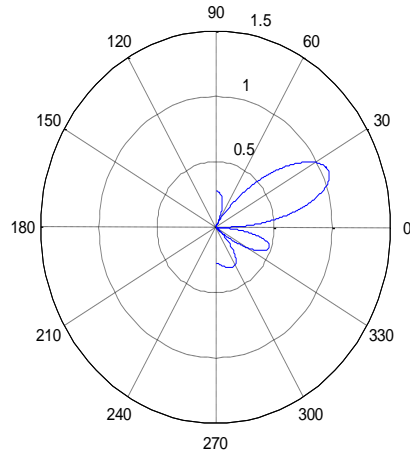
Simulasi dilakukan untuk jumlah elemen susunan antenna dimulai dair 4,8 dan 16 untuk kedua nilai μ yang dipilih sebagaimana Tabel 2 untuk melihat posisi dan jumlah *nulling* serta posisi titik sampel yang menunjukkan awal noise minimum sistem.

Gbr.6 memperlihatkan hasil simulasi pola radiasi susunan antenna dengan arah sinyal utama tepat sesuai parameter masukan sebesar 30° dengan respon susunan antenna sebesar 0 dB. Terlihat bahwa semakin menambah jumlah elemen maka beamwidth pola radiasi semakin sempit, yang menunjukkan besarnya pengarahannya (direktivitas) dan penguatan (gain) susunan antenna semakin bertambah. Dari aspek praktis operasional, beamwidth yang semakin sempit mengharuskan kekokohan posisi antenna untuk tidak bergeser sedikitpun terhadap arah target penerima, baik sudut azimut maupun elevasinya.

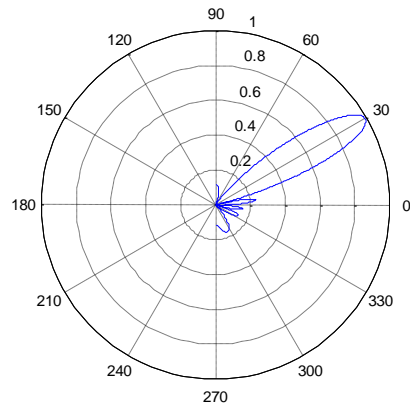
Dari pola respon amplitudo setelah proses beamforming, posisi sinyal utama dan kedua sumber interferensi masing-masing tepat di sudut 30° , 60° dan -40° . Sebagaimana vektor susunan elemen pada Gambar 5 tersebut, dihasilkan 15 buah *nulling* untuk 16 buah elemen antenna. Sumber interferensi dihilangkan/ditutup (blokir) dengan menempatkan 'nulls' dalam arah sumber interferensi tersebut, yaitu dalam hal ini di posisi 60° dan -40° dengan masing-masing level berkisar sebesar -115 dB.



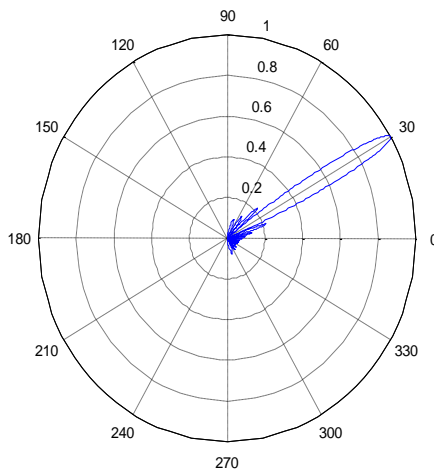
Gambar.5 Respon amplitudo setelah beamforming



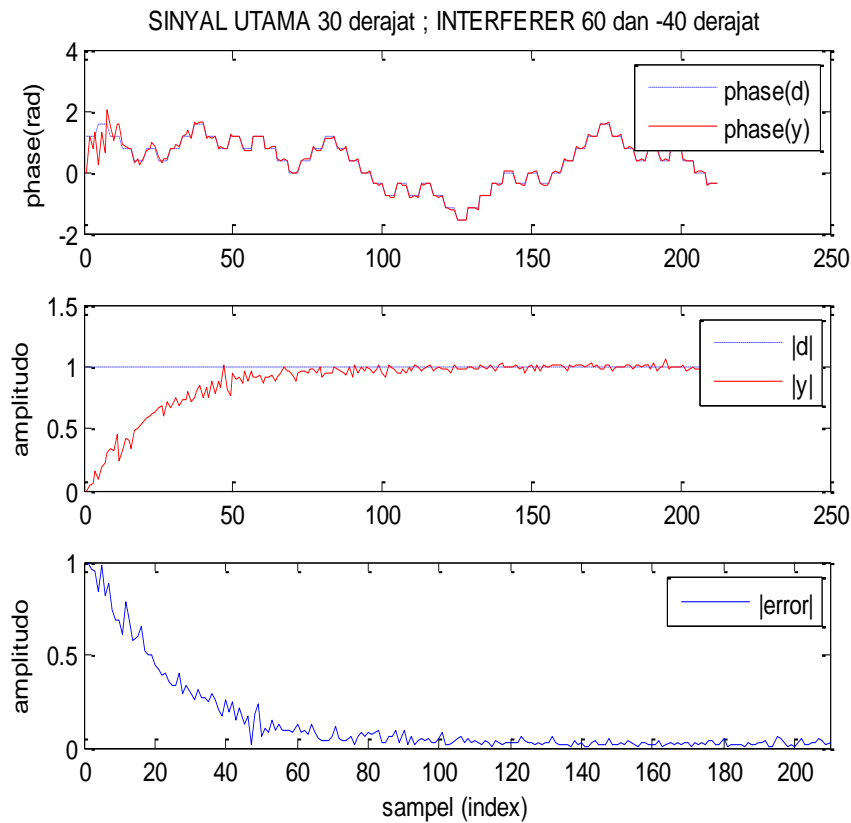
Gambar.6a Pola radiasi (N=4)



Gambar.6b Pola radiasi (N=8)



Gambar.6c Pola radiasi (N=16)



Gambar.7 Hasil algoritma LMS

Tabel 2. Hasil Simulasi

	$\mu = 0.0025$			$\mu = 0.01$		
	N=4	N=8	N=16	N=4	N=8	N=16
Jumlah <i>nulling</i>	3	7	15	3	7	15
Noise minimum sistem terjadi setelah sampel ke	120	100	80	80	60	40

Kemudian dari jumlah iterasi yang dilakukan pada simulasi ini sebanyak 250 kali, error noise minimum sistem terjadi setelah sampel ke- 80 sebagaimana Gambar.7 untuk N=16 dan $\mu=0.0025$. Error minimum merupakan hasil dari penambahan noise sistem ke seluruh elemen antenna. Hal ini dipertegas dari grafik amplitudo output susunan antenna $y(t)$, relatif berimpit dengan kumpulan sinyal yang diharapkan $d(t)$ pada titik sampel 80 tersebut.

4. KESIMPULAN

Nilai step size μ pada algoritma LMS mempengaruhi jumlah sampel simulasi. Dengan menaikkan harga μ ke 0.01 maka semakin mengurangi jumlah sampel simulasi menjadi rata-rata 60 sampel/iterasi sebelum error noise minimum diperoleh untuk total 250 sampel simulasi.

Beamforming adaptif dengan algoritma LMS bekerja cukup baik dalam proses update nilai bobot susunan antenna untuk menempatkan posisi *nulling* yang tepat bagi sumber interferensi yang dalam hal simulasi ini berada di sudut 60° dan -40° untuk μ sampai 0.01.

REFERENSI

[1] Balanis,C. (2005). *Antenna Theory*, 3rd ed. Wiley, New Jersey.

- [2] Sawant,V.V.dan Chavan, M.S.(2013). *Performance Of Beamforming For Smart Antenna Using Modified LMS Algorithm*. International Journal of Engineering Research and Science & Technology, Vol. 2, No. 3,hal.176.
- [3] Hidayat,R. (2016). *Desain Dan Analisis Patch Sirkular untuk Aplikasi Antena Tag RFID dengan Algoritma Propagasi Balik Jaringan Syaraf Tiruan*. Prosiding SNaPP Sains dan Teknologi, Vol.6,No.1, Universitas Islam Bandung.
- [4] Jonifan, Supriyatin,W., Rafsyam,Y., Firmansyah,T., Herudin dan Herudin,A. (2016). *Perancangan Antena Mikrostrip Patch Circular menggunakan metode Array 1x8 untuk Aplikasi Radar Maritim Frekuensi 3,2 GHz*. Jurnal Ilmiah SETRUM Vol.5, No.2, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- [5] Arefi,R. (2002). *Proposed Text for Mitigation Techniques Section of Part 3 of the Coexistence Recommended Practice – Working Document Version 1.3* . IEEE 802.16 Broadband Wireless Access Working Group ArrayComm, Inc.
- [6] Sahu,R., Mohan,R. dan Shrama,S. (2013). *Evaluation of Adaptive Beamforming Algorithm of Smart Antenna*. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, Volume 3, Issue 9.
- [7] Zarifi,K., dan Ghayeb,A. (2010). *Collaborative Null-Steering Beamforming* . IEEE Transactions on Signal Processing, 58(3):1889-1903.
- [8] Zheng,Y. (2008). *Adaptive Antenna Array Processing for GPS Receivers*. Thesis, University of Adelaide, South Australia.
- [9] Khabbazibasmenj,A. , Vorobyov, S.A. dan Hassanien, A. (2012). *Robust Adaptive beamforming Based on Steering Vector Estimation With as Little as Possible Prior Information*. IEEE Transactions On Signal Processing, Vol. 60, No. 6, hal.2974-2987.
- [10] <http://www.labbookpages.co.uk/audio/beamforming/delaySum.html#pattern>
- [11] Sawant, V.V. dan Chavan, M.S. (2013). *Performance Of Beamforming For Smart Antenna Using Modified LMS Algorithm*. International Journal of Engineering Research and Science & Technology, Vol. 2, No. 3,hal.177-179.