

# DETEKSI ARAH KEDATANGAN SINYAL PADA ANTENA ARRAY KUBUS DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA MUSIC

Muhammad Syahroni

*Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe  
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA*

[msyahroni@pnl.ac.id](mailto:msyahroni@pnl.ac.id)

**Abstrak**— Penerapan teknologi antena array berguna untuk mendeteksi arah kedatangan sinyal yang dapat digunakan pada sistem komunikasi bergerak. Dengan mengetahui arah kedatangan sinyal, maka antena pemancar secara otomatis akan mengarahkan beam pancar antena hanya ke sumber sinyal tersebut, sehingga akan terjadi efisiensi daya pancar antena. Salah satu metode untuk mengestimasi arah kedatangan sinyal adalah dengan menggunakan algoritma MUSIC (Multiple Signal Classification). Pada makalah ini akan dibahas penerapan algoritma MUSIC pada antena array kubus guna mengestimasi arah kedatangan sinyal. Sinyal terima berupa magnitudo dan fasa berikutnya akan diproses dengan menggunakan algoritma MUSIC. Hasil pengukuran dan pengolahan sinyal dengan menggunakan algoritma MUSIC menunjukkan bahwa terdeteksi dua sinyal datang yaitu sinyal pertama pada arah azimut  $-1^\circ$ , elevasi  $91.5^\circ$  dan sinyal kedua pada arah azimut  $180^\circ$ , elevasi  $91^\circ$ . Validasi hasil estimasi arah kedatangan sinyal menunjuk bahwa algoritma MUSIC menghasilkan deteksi sinyal yang akurat dengan error maksimum pada arah azimut sebesar  $1^\circ$  dan pada arah elevasi sebesar  $1.5^\circ$ .

**Kata Kunci** - Arah kedatangan sinyal, DOA, Algoritma MUSIC, Antena Array Kubus

## I. PENDAHULUAN

Penerapan teknologi antena array berguna untuk mendeteksi arah sinyal bagi sistem komunikasi bergerak. Agar antena array dapat bekerja dengan baik, maka arah kedatangan sinyal harus dapat diestimasi dengan tepat. Hal ini akan dapat dicapai dengan menggunakan desain antena yang baik dan mengembangkan algoritma antena array adaptif yang tepat [1]. Algoritma MUSIC (Multiple Signal Classification) dikenal sebagai salah satu algoritma terbaik untuk mengestimasi sudut arah kedatangan sinyal. Algoritma MUSIC melakukan proses dekomposisi eigenvalue dari suatu matriks covariance guna menghasilkan eigenvector dari sinyal subspace dan noise subspace. Kemudian arah sinyal akan diestimasi berdasarkan pada property orthogonal dari noise subspace dan steering vector [2]. Keuntungan utamanya adalah diperolehnya suatu sudut resolusi yang baik sehingga algoritma MUSIC dapat membedakan dua sinyal datang yang berdekatan.

Tetapi algoritma yang dilakukan selama ini hanya menggunakan antena array linear dan array planar. Hal ini akan menghasilkan deteksi sudut yang bagus hanya ketika sinyal jamak (multipath signal) berasal dari elevasi (ketinggian) yang rendah. Ketika sinyal datang dari sudut elevasi yang tinggi, maka error deteksi akan menjadi besar [3]. Sebaliknya suatu antena array kubus akan dapat menghasilkan suatu deteksi yang bagus ketika sinyal datang dari berbagai sudut elevasi, disebabkan oleh struktur antena nya yang berupa kubus.

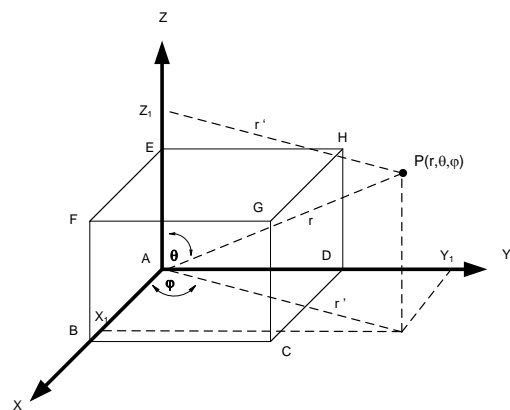
Pada makalah ini akan dilaporkan penerapan algoritma MUSIC pada antena array kubus. Antena yang digunakan merupakan antena array sintetik yang disusun oleh satu antena biconical yang dipasang secara bergantian pada setiap sisi antena array kubus. Pengukuran magnitudo dan fasa sinyal dilakukan pada antena array, kemudian data hasil pengukuran tersebut akan diproses oleh algoritma MUSIC guna mendeteksi arah kedatangan sinyal. Validasi estimasi arah kedatangan sinyal juga dilakukan guna mengetahui error estimasi arah kedatangan sinyal.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi Penelitian mencakup beberapa bagian yaitu perancangan antena array kubus, pengukuran sinyal, estimasi arah kedatangan sinyal dengan menggunakan algoritma MUSIC dan validasi hasil pengukuran.

### A. Antena Array Kubus

Pada suatu antena array kubus, geometri antena adalah berbentuk kubus. Antena array ini terdiri dari 8 elemen dan elemen ini akan ditempatkan pada setiap sudut dari kubus, yang terpisah sejauh setengah panjang gelombang.



Gambar 1. Model antena array kubus dan sinyal [5]

Antena array kubus dapat digambarkan dalam koordinat bola sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Elemen-elemen array menempati posisi yang dinyatakan oleh A, B, C, D, E, F, G dan H. Titik P merupakan sumber sinyal berjarak r dari titik A (yang merupakan referensi array kubus), dan memiliki sudut elevasi  $\theta$  dan azimut  $\phi$ .

Pada antena array kubus, *steering vector*  $a(\theta, \varphi)$  adalah merupakan fungsi dari sinyal datang  $s(t)$ , baik dari arah azimuth  $\varphi$  atau elevasi  $\theta$ , dan dapat dinyatakan oleh [5]:

$$a(\theta, \varphi) = e^{j\frac{2\pi}{\lambda}\langle e(\theta, \varphi), r \rangle} \tag{1}$$

Dengan  $\lambda$  adalah panjang gelombang,  $r$  adalah lokasi dari elemen yang berbeda pada antena array terhadap titik referensi kubus dan  $\langle \dots \rangle$  menunjukkan inner product dari dua vektor, serta  $e(\theta, \varphi)$  adalah vektor arah (*direction vector*) yang dinyatakan oleh [5]:

$$e(\theta, \varphi) = \begin{bmatrix} \sin(\theta) \cos(\varphi) \\ \sin(\theta) \sin(\varphi) \\ \cos(\theta) \end{bmatrix} \tag{2}$$

**B. Pengukuran Sinyal**

Pengukuran bertujuan untuk memperoleh data berupa magnitudo dan fasa sinyal yang sampai pada antena penerima yang merupakan antena array kubus sintetik. Pengukuran dilakukan secara *indoor*, sehingga pada antena penerima akan diperoleh sinyal yang merupakan penjumlahan komponen *multipath* dari sinyal yang ditransmisikan.

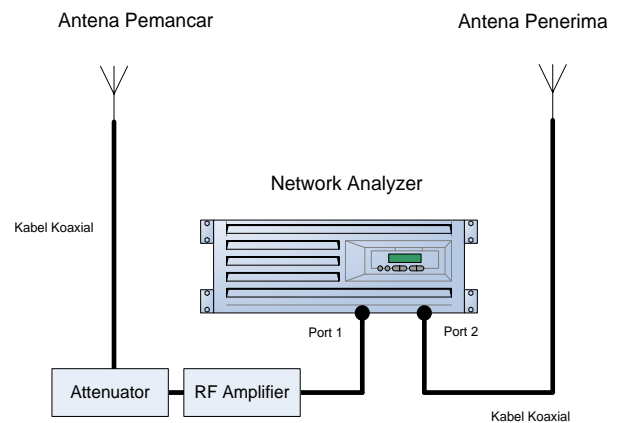
Perangkat yang digunakan bagi proses pengukuran adalah: antena pemancar, antena penerima, *Network Analyzer*, *Attenuator* dan *RF amplifier*.

- 1) Antena pemancar  
Antena pemancar adalah antena tunggal *biconical* tipe MWN2030N, yang bekerja pada rentang frekuensi 2 – 3 GHz. Daya maksimum yang dapat digunakan antena adalah 20 Watt
- 2) Antena penerima adalah antena *biconical* jenis MWN2030N yang disusun menjadi 8 elemen array berbentuk kubus, yang terpisah sejauh 6 cm antar setiapa elemennya. Untuk membentuk suatu antena array kubus, cukup digunakan satu antena *biconical* yang diletakkan secara bergantian pada setiap posisi elemen array (model antena array semacam ini disebut dengan array sintetik). Untuk memastikan posisi array kubus tidak berubah, maka antena *biconical* diletakkan pada dudukan array kubus
- 3) RF amplifier yang digunakan bertujuan untuk menguatkan sinyal yang akan dipancarkan. RF *amplifier* yang digunakan adalah jenis RF ZHL42W dan bekerja pada range frekuensi 10 – 4200 MHz serta memiliki gain sebesar 30 dB
- 4) Attenuator digunakan guna meredam sinyal yang akan dipancarkan sehingga tidak melebihi ambang maksimum sinyal terima yang dibolehkan oleh port terima dari *Network Analyzer*. Attenuator yang digunakan adalah jenis SA3550N, yang bekerja pada

range frekuensi 0 – 30 GHz. Redaman dapat diatur rangananya antara 0 -50 dB.

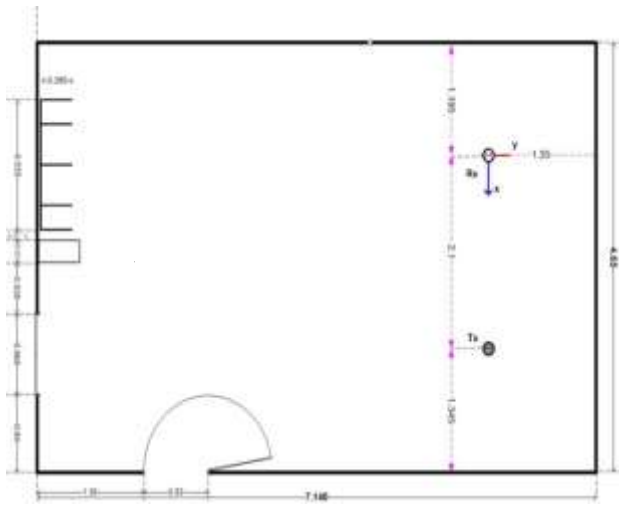
Pada pengukuran ini, fungsi *Network Analyzer* yang digunakan adalah sebagai sumber sinyal transmisi (port 1), dan sebagai penerima (port 2). Metode penyimpanan data sinyal terima adalah menggunakan metode polar, yang dapat menyimpan data pengukuran berupa magnitudo dan fasa pada waktu bersamaan. *Network analyzer* yang digunakan adalah jenis HP 8714C, yang dapat bekerja pada range frekuensi 0.3 – 3000 MHz. Output daya maksimum sinyal transmisi dari *Network Analyzer* adalah 4 dBm dan daya input penerima maksimum adalah 0 dBm, serta noise floor sebesar -90 dBm

Setup perangkat pengukuran dilakukan guna menghubungkan perangkat pengukuran sehingga menjadi suatu sistem pemancar dan penerima. Setup perangkat pengukuran disusun bersesuaian dengan Gambar 2.



Gambar 2. Setup perangkat pengukuran

Kedua antena diletakkan pada posisi tertentu, sehingga posisi antena pemancar Tx dan antena penerima Rx terletak pada sudut azimuth sebesar 0° dan sudut elevasi 90°, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3. Jarak antar antena dan jarak antena dan dinding dinyatakan dalam satuan meter.



Gambar 3. Posisi Antena Pemancar dan Penerima

Pengukuran dilakukan setelah perangkat disusun sesuai Gambar 3. Data yang disimpan oleh *Network Analyzer* adalah berupa nilai magnitudo (tegangan) dan fasa (derajat) dari antenna penerima, dan data tersebut merupakan kombinasi dari sinyal langsung dari pemancar dan sinyal tambahan dari komponen multipath beserta noise dan interferensi. Pada setiap elemen dari antenna array kubus akan dilakukan pengukuran sebanyak 20 kali, sehingga untuk memperoleh data seluruhnya dari 8 elemen array, dilakukan pengukuran total sebanyak 160 kali.

**C. Estimasi Arah Kedatangan Sinyal Dengan Algoritma MUSIC**

Pendeteksian arah kedatangan sinyal dilakukan dengan mengolah data hasil pengukuran dengan menggunakan algoritma MUSIC. Algoritma MUSIC ini pertama kali diusulkan oleh Schmidt [2] dan bekerja berdasarkan pada pemanfaatan dari eigenstruktur dari sinyal datang. Algoritma MUSIC bekerja berdasarkan asumsi bahwa noise pada setiap kanal adalah tidak berkorelasi.

Pada Algoritma MUSIC, terlebih dahulu perlu diketahui jumlah sinyal yang datang pada antenna penerima. Bila jumlah sinyal adalah  $D$ , maka noise eigenvalue dan eigenvector adalah  $M - D$  (dimana  $M$  adalah jumlah elemen antenna). Karena MUSIC bekerja berdasarkan subspace dari noise eigenvector, maka algoritma ini disebut sebagai metode subspace.

Nilai eigenvector dari noise subspace  $V_n$  adalah orthogonal terhadap array steering vector  $A$  pada sudut datang  $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_D$ . Nilai dari spektrum algoritma MUSIC  $P_{MUSIC}$  dapat diperoleh sebagai berikut:

$$P_{MUSIC}(\phi) = \frac{a^H(\phi)a(\phi)}{a^H(\phi)V_n V_n^H a(\phi)} \tag{3}$$

Berdasarkan kurva spektrum daya algoritma MUSIC, maka akan dapat ditentukan arah kedatangan sinyal yang ditunjukkan oleh puncak spektrum yang merupakan sinyal dengan daya terkuat.

**D. Validasi Hasil Pengukuran**

Validasi dari arah sinyal datang sebenarnya dapat dilakukan dengan menggunakan metode *geometrical optic* (GO). Pada metode *geometrical optic* berlaku aturan bahwa sinyal datang yang sampai pada bidang normal akan dipantulkan dengan sudut pantul yang sama besar dengan sudut datang. Validasi dengan metode *geometrical optic* dilakukan hanya pada arah azimut, guna penyederhanaan proses validasi, dan sinyal yang diambil adalah sinyal langsung dan sinyal dengan satu kali pantulan, dengan asumsi untuk sinyal-sinyal ini, daya yang sampai pada penerima masih cukup besar untuk dapat dideteksi oleh algoritma MUSIC. Dengan membandingkan sudut datang sebenarnya dan delay hasil pengukuran dengan sudut hasil estimasi, maka akan diperoleh selisih kesalahan deteksi (error deteksi), sehingga akan dapat diketahui unjuk kerja dari estimasi algoritma MUSIC.

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berdasarkan hasil pengukuran dari sample pertama untuk elemen pertama (posisi pada array kubus A) diperoleh hasil yang ditunjukkan pada Tabel 1. Berikutnya dilakukan pengulangan pengukuran sebanyak 20 kali untuk elemen 1 ini. Metode pengukuran yang sama dilakukan juga terhadap elemen 2 – 8, sehingga diperoleh data hasil pengukuran total. Data hasil pengukuran tersebut kemudian akan digunakan untuk mengestimasi DOA dengan menggunakan algoritma MUSIC.

Tabel 1.  
Hasil Pengukuran Magnitudo Dan Fasa Dari Elemen Pertama Antena Array Kubus

No	Magnitudo (mV)	Fasa (°)
1	17.45	117.8
2	18.71	114
3	21.95	120.8
4	26.7	125.2
5	26.97	118
6	24.41	105.9
7	23.61	97.6
8	25.33	85.27
9	25.3	71.27
10	24.18	67.61
11	25.78	68.83
12	27.4	64.87
13	25.64	53.69
14	24.01	47.99
15	23.96	36.6
16	22.77	18.1
17	21.13	5.229
18	23.32	-1.774

19	27.86	-13.06
20	30.75	-23.42

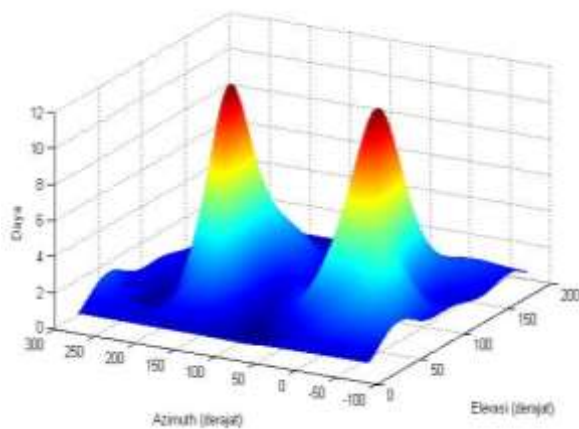
Berikutnya data tersebut akan diolah dengan menggunakan algoritma MUSIC dengan hasil estimasi DOA ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2.  
Hasil Estimasi Doa Dengan Algoritma Music

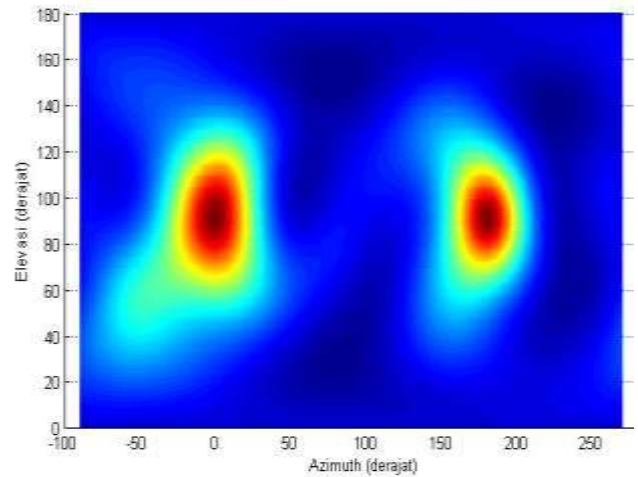
Sinyal#	Azimut (°)	Elevasi (°)
1	-1	91.5
2	180	91

Berdasarkan tabel 2 tampak bahwa algoritma MUSIC mendeteksi bahwa terdapat dua sinyal datang yaitu sinyal pertama dari arah azimut  $-1^\circ$ , elevasi  $91,5^\circ$  dan sinyal kedua berasal dari arah azimut  $180^\circ$  dan elevasi  $91^\circ$ .

Spektrum dari estimasi DOA hasil pengukuran ditunjukkan masing-masing pada gambar 4 dan gambar 5. Berdasarkan gambar tersebut tampak bahwa puncak daya tertinggi dari spektrum tersebut menunjukkan arah deteksi kedatangan sinyal.

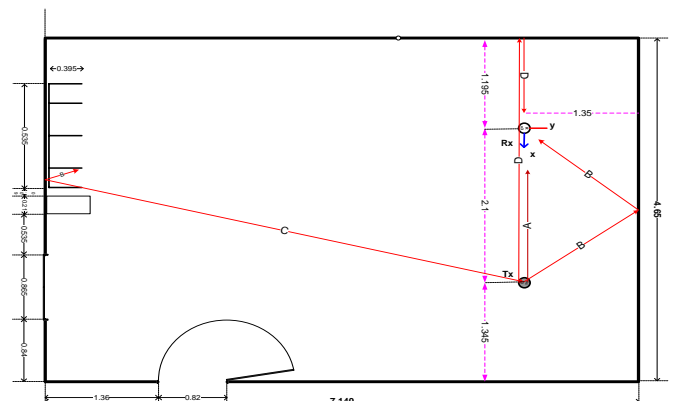


Gambar 4. Estimasi arah kedatangan sinyal dari hasil pengukuran



Gambar 5. Estimasi arah kedatangan sinyal dari hasil pengukuran (tampak atas)

Validasi estimasi DOA dilakukan dengan metode *geometric optic* ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Validasi hasil pengukuran dengan metode geometrical optic

Berdasarkan Gambar 6, dapat diketahui bahwa terdapat 3 kemungkinan sinyal langsung dan sinyal dengan sekali pantulan pada arah azimut antenna penerima, yaitu sinyal A, B dan D. Sinyal C dapat diabaikan karena akan dipantulkan lebih dari satu kali oleh rak buku (terbuat dari logam), sebelum sampai pada antenna penerima. Besarnya arah sinyal kedatangan berdasarkan metode *geometrical optic* ditunjukkan oleh Tabel 3.

Tabel 3.  
Sinyal Datang Pada Antena Penerima Berdasarkan Geometrical Optic

Sinyal	Jarak (m)	Azimut (derajat)	Elevasi (derajat)
A	2.1	0	90
B	3.42	52.12	90
D	4.49	180	90

Dengan membandingkan DOA berdasarkan metode *geometrical optic* dan estimasi dari algoritma MUSIC, akan dapat diperoleh selisih error yang terjadi, dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4.  
Error Dari Estimasi Algoritma Music

Sinyal	Error Azimut (derajat)	Error Elevasi (derajat)
A dan 1	1	1.5
D dan 2	0	1

Berdasarkan Tabel 4. dapat diketahui bahwa terjadi error dari estimasi DOA dengan menggunakan algoritma MUSIC ketika dibandingkan dengan validasi menggunakan metode *geometrical optic*. Pada estimasi DOA, error yang terjadi pada sudut elevasi dan azimut relatif kecil yaitu maksimum sebesar 1 ° pada arah azimut dan 1,5 ° pada arah elevasi. Error dapat terjadi disebabkan oleh faktor posisi dudukan antenna yang dapat sedikit bergeser disebabkan oleh proses perpindahan antenna ke posisi elemen array yang berbeda saat pengambilan data.

Berikutnya, algoritma MUSIC hanya dapat mendeteksi dua sinyal dibandingkan dengan metode *geometrical optic* yang mendeteksi tiga sinyal. Hal ini disebabkan hanya sebagian kecil daya dari sinyal B yang sampai pada antenna penerima, sehingga algoritma MUSIC tidak dapat mendeteksi spektrum daya dari sinyal B.

#### IV. KESIMPULAN

Pada penelitian ini dilakukan analisa terhadap estimasi arah kedatangan sinyal pada antenna array kubus. Hasil pengukuran dan pengolahan sinyal dengan menggunakan algoritma MUSIC menunjukkan bahwa terdeteksi dua sinyal datang yaitu sinyal pertama pada arah azimut -1°, elevasi 91.5 ° dan sinyal kedua pada arah azimut 180 ° , elevasi 91 ° . Validasi hasil estimasi arah kedatangan sinyal menunjuk bahwa algoritma MUSIC menghasilkan deteksi sinyal yang akurat

dengan error maksimum pada arah azimut sebesar 1° dan pada arah elevasi sebesar 1.5 °.

#### REFERENSI

- [1] A. Pholyan, “ Joint Estimation of Propagation Delay and Direction of Arrival of Multipath Signal”, 0-7803-7757-5/03 , IEEE 2003
- [2] R.O. Schmidt, “ Multiple Emitter Locatin and Signal Parameter Estimation”, IEEE transaction and propagation, vol AP-34, No 3, March 1986 .
- [3] Y.Y. Wang, “TST-Music for joint DOA-Delay Estimation” in IEEE transaction on signal processing, vol 49, no 4, april 2001.
- [4] J. Verhaever, “ Direction of arrival (DOA) parameter with the SAGE algorithm, Signal Processing vol 84 , 2004 Elsevier
- [5] [3] J.D Lin, “ Joint Spatial-Temporal Channel Parameter Channel Parameter Estimation Using Tree-structured MUSIC” 0-7803-7484-3/02 IEEE