RANCANGAN DAN SIMULASI SISTEM ANTENA ADAPTIF UNTUK MEMPERKUAT SINYAL HANDPHONE DAN MODEM

Yumarsono Muhyi, ST, MM
Business Manager PARADIGMA www.paradigma.co.id; muhyi@paradigma.co.id
Staf Pengajar Program Studi Sistem Informasi
Institut Bisnis dan Informatika Indonesia (IBII)
Jl. Yos Sudarso Kav.87 Sunter Jakarta Utara 14350
http://www.ibii.ac.id

ABSTRAK

Handphone *(telepon genggam) dan modem telah menjadi bagian yang tak terlepaskan dari kehidupan penduduk hampur di seluruh dunia. Salah satu hal yang klasik yang ditemui dalam penggunaan* handphone *dan modem adalah kurangnya kualitas sinyal. Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang dan mensimulasikan suatu system antena berpengarahan* (directional) *yang adaptif dan terproses secara digital, dengan menggunakan metoda* Multiple Clasification (MUSIC). *Seluruh penelitian ini disimulasikan melalui program* Matlab *guna melihat kondisi idealnya, sebelum melakukan pengambilan data, selain adaptif dalam pengarahan, penelitian ini juga melakukan rancangan dalam hal* weighting *dan noise* cancellation. Weighting *dalam penelitian ini adalah untuk mengurangi efek galat* dalam *beam steering dengan menggunakan metoda* Linearly Constrained Minimum Cariance Filter (LCMVF).

Kata Kunci: MUSIC, LCMVF, Linearly Constrained

1. PENDAHULUAN

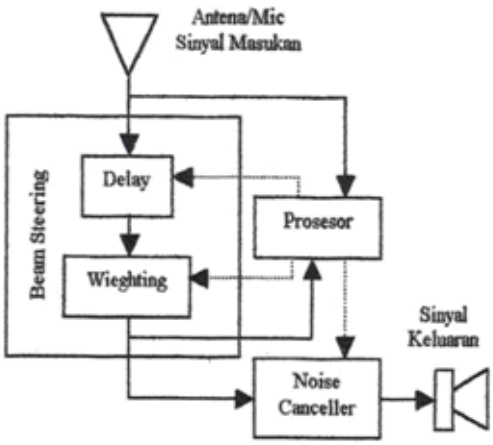
Dalam telekomunikasi radio, perbandingan antara sinyal dengan *noise* plus interfensi (SNIR) aldalah hal yang selalu menjadi perhatian. Hal ini semakin terasa ketika sistem telekomunikasi bergerak *(mobile)* menjadi teknologi idaman. Untuk diperlukan sebuah sistem yang mampu untuk memenuhi berbagai kebutuhan tersebut berpengarahan yang adaptif serta *mobile*, tahan interfensi sereta meredam derau (*noise*).

2. BATASAN MASALAH

Dalam penelitian ini ditekankan pada masalah perancanaan antena berpengarahan (*directional*) yang adaptif. Meskipun demikian, masalah interfensi dan derau juga menjadi perhatian, karena dalam telekomunikasi radio, mereka merupakan satu sistem yang padu dan niscaya selalu ada dalam setiap sistem telekomunikasi. Pemodelan dilakukan dalam gelombang suara (akustik), untuk mempermudah pengambilan data dan analisis matematis**.**

3. CARA KERJA SISTEM

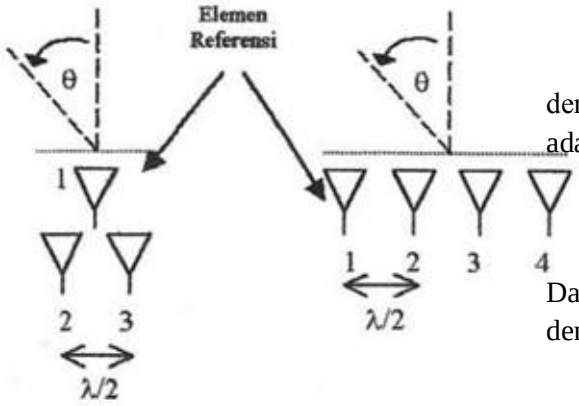
Sistem ini terbagi menjadi tiga bagian utama, seperti terlihat pada gambar 1. Ketiga bagian itu adalah: (1) antena, (2) *beam steering* (pengarah sinyal), dan (3) penghilang derau (*noise canceller*).



Gambar 1. Struktur Sistem

3.1. Antena/microphone

Sebagai penangkap sinyal, digunakan *microphone* (mic) tersusun *(array)*, ada dua model susunan yang bias diterapkan dalam pemodelan ini, yaitu susunan linier dan susunan sirkular. Pada Gambar 2 diberikan ilustrasinya, dengan *look direction* (arah lihat) adalah ke arah atas halaman kertas ini.



Gambar 2. Susunan Segitiga (kiri) dan Linier (kanan)

Untuk susunan linier, jumlah elemen yang digunakan harus genap dan minimal 4 buah, dengan jarak antar elemen λ/2. Susunan ini hanya baik untuk -90°<Ø<90°. Bila jumlah susunan elemen adalah ganjil, maka pengarahan antena tidak bisa mencapai Ø=90° dan 90°. Pada pemodelan ini, digunakan 4 buah elemen.

Untuk susunan sirkular, dalam penelitian ini digunakan tiga buah elemen (berbentuk segitiga) dengan jarak luar anta elemen λ/2. Dari segi sudut pengarahan, struktur segitiga ini lebih baik karena bisa menyapu hingga satu putaran penuh (0°≤Ø<360°). Selain itu, jumlah elemen yang digunakan lebih sedikit daripada antena linier. Kekurangan struktur sirkular ini adalah pengarahan *(directivity)* yang tidak bisa sebaik antena linier.

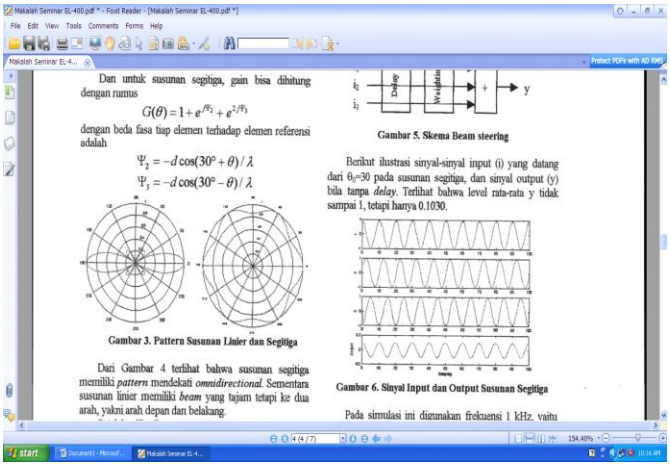
Berikut akan diberikan ilustrasi pola pancar *(pattren)* dari masing-masing susunan, ketika tiap-tiap elemennya tanpa jeda fasa pencatuan (δ=0°). Dalam ilustrasi ini hanya digambarkan gain dalam diagram polenya, beda fasa terhadap amtena referensi tidak diberikan karena relevansinya tidak kuat terhadap materi pemodelan.

Gain susunan linier bisa dihitung dengan rumus berikut

dengan ψ adalah beda fasa antar elemen karena adanya sudut datang Θ, dimana:

Dan untuk susunan segitiga, gain bisa dihitung dengan rumus:

dengan beda fasa tiap elemen referensi adalah:

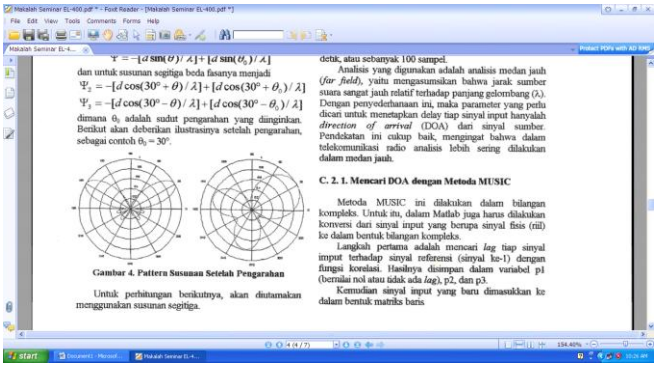


Dari gambar 4 terlihat bahwa susunan segitiga memiliki *pattern* mendekati *omnidirectional.* Sementara susunan linier memiliki *beam* yang tajam tetapi ke dua arah, yakni arah depan dan belakang.

Setelah diberikan pengarahan ke sudut tertentu, maka beda fasa di atas akan ditambah *delay* sesuai sudut yang diinginkan. Untuk susunan linier, beda fasanya menjadi:

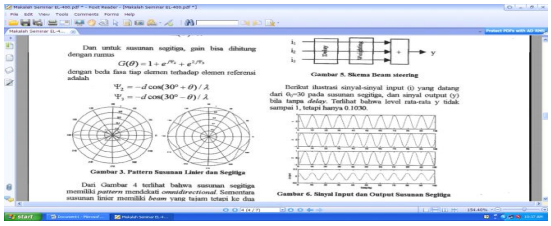
dan untuk susunan segitiga beda fasanya menjadi:

dimana Θ_0 adalah sudut pengarahan yang diinginkan. Berikut akan diberikan ilustrasinya setelah pengarahan, sebagai contoh Θ_0 =30°. Untuk perhitungan berikutnya, akan diutamakan menggunakan susunan segitiga.

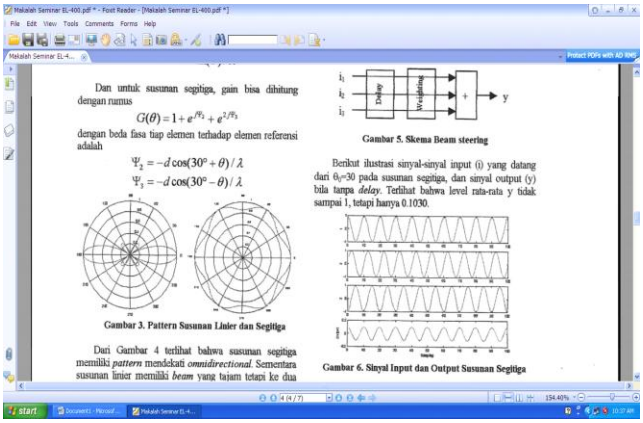


3. 2. *Beam steering*

Karena sinyal input berasal dari banyak elemen, maka sinyal outputnya atau luarannya harus merupakan penjumlahan sinyal input dari tiap elemen yang telah terkondisi.



Berikut ilustrasi sinyal-sinyal input (i) yang datang dari Θ_0 =30° pada susunan segitiga, dan sinyal output (y) bila tanpa *delay*. Terlihat bahwa level rata-rata y tidak sampai 1, tetapi hanya 0.1030.



Pada simulasi ini digunakan frekuensi 1 kHz, yaitu frekuensi tengah batas pendengaran telingan manusia (sekitar 50 Hz–20 kHz) dengan kecepatan suara diambil v=343 m/s. Frekuensi

sampling adalah 10 kHz, dan pada ilustrasi di atas hanya mengambil sempel selama 0.01 detik, atau sebanyak 100 sampel.

Analisis yang digunakan adalah analisis medan jauh (*far field*), yaitu mengasumsikan bahwa jarak sumber suara sangat jauh relatif terhadap panjang gelombang (λ). dengan penyederhanaan ini, maka parameter yang perlu dicari untuk menetepkan *delay* tiap sinyal input hanyalah *direction of arrival* (DOA) dari sinyal sumber. Pendekatan ini cukup baik, mengingat bahwa dalam telekomunikasi radio analisis lebih sering dilakukan dalam medan jauh.

3.2.1.Mencari DOA dengan metode MUSIC

Metode MUSIC ini dilakukan dalam bilangan kompleks. Untuk itu, dalam Matlab juga harus dilakukan konversi dari sinyal input yang berupa sinyal fisis (rill) ke dalam bentuk bilangan kompleks.

Langkah pertama adalah mencari *lag* tiap sinyal input terhadap sinyal referensi (sinyal ke-1) dengan fungsi kolerasi. Hasilnya disimpan dalam variabel p1 (bernilai nol atau tidak ada *lag*), p2, dan p3.

Kemudian sinyal input yang baru di masukkan ke dalam bentuk matriks baris:

$$X = [x_1 \quad x_2 \quad x_3]^T$$

dimana

$$x_1 = i_1 e^{jP_1} \quad x_2 = i_1 e^{jP_2} \quad x_3 = i_1 e^{jP_3}$$

dan *i* adalah sinyal input untuk tiap elemen (i_1 adalah sinyal input dari elemen ke-1). Dengan perhitungan R sebagai matriks kovarian dari X:

$$R = (X * X^H)/N$$

dimana N adalah jumlah sampling yan dilakukan, dan X^H adalah *conjugate complex* dari X. Dari matriks R dapat dicari matriks *eigen*-nya, yaitu β, dimana kolom dari β adalah *eigen vector* dan diagonalnya adalah *eiven value*.

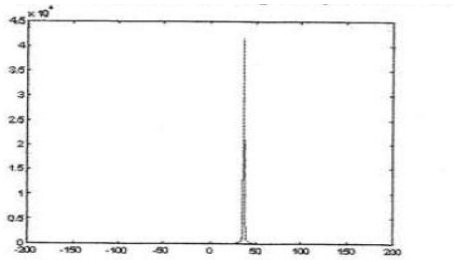
DOA dapat dicari dengan bantuan rumus:

$$P_{MUSIC} = \frac{1}{\sum_{k=K+1}^{M} \left| \beta_k^H * a(\theta) \right|^2}$$

dimana adalah matriks baris yang berisi beda fasa dari tiap elemen, yaitu:

$$a(\theta) = \left[1 \quad e^{-jd\cos(30°+\theta)/\lambda} \quad e^{-jd\cos(30°-\theta)/\lambda}\right]^T$$

Berikut ini akan diberikan ilustrasi hasil penggunaan P_{MUSIC} ini, untuk sinyal datang dari sudut 30°. Jumlah sampling (N) yang digunakan adalah 1.000 samping. P_{MUSIC} baru bisa diandalkan jika jumlah sampel yang diambil relatif cukup banyak terhadap λ.



Gambar 7. P_{MUSIC} untuk Arah 30°

Untuk susuna segitiga, DOA yang didapat tidak seakurat seperti susunan linier. DOA yang didapat menurut simulasi ini adalah 26,59°. Meskipun demikian, galat ini bukanlah masalah yang besar, mengingat Beam width susunan segitiga itu cukup lebar.

P_{MUSIC} ini bias bekerja di susunan segitiga, tetapi tidak terlalu baik hasilnya untuk sudut-sudut selain sudut -30°, 30°, -150°, dan 150°. Pada sudut-sudut ini (dan sedikit di sekitarnya), P_{MUSIC} selalu menunjukan sudut yang kurang lebih sama (dan relatif berbeda dengan sudut seharusnya).

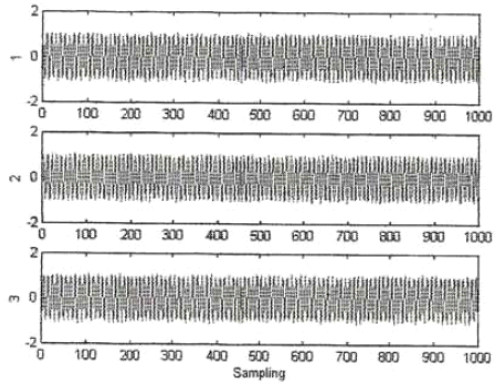
Kehadiran sinyal interferansi akan mengganggu kinerja P_{MUSIC} dalam mencari DOA. Meskipun demikian, dengan susunan segitiga hal ini teratasi dengan cukup baik, dengan susunan segitiga hal ini teratasi dengan cukup baik. Faktor yang sangat mempengaruhi kinerja P_{MUSIC} pada susunan segitiga adalah sinyal interferensi.

Pada simulasi ini, digunakan satu sinyal interferensi dengan kedatangan 60°. Untuk interferensi dengan frekuensi yang sama, P_{MUSIC} akan gagal ketika level sinyal interferensi lebih dari 72% dari level sinyal yang diinginkan. Sementara untuk interferansi pita sempit atau *narrowband* (disimulasikan dengan memakai frekuensi 5 Hz di atas frekuensi sinyal yang di inginkan), P_{MUSIC} baru akan gagal ketika level sinyal interferensi lebih dari 74% dari level sinyal yang diinginkan.

Derau juga merupakan salah satu faktor yang sangat mempengaruhi kinerja P_{MUSIC}. Di sini digunakan *uncorrelated white noise* dari tiap elemen (derau berasal dari elemen). Ketika level derau (tiap elemen) rata-rata mencapai 7% dari level sinyal (tiap elemen), maka P_{MUSIC} bisa dpastikan kegagalanya

Setelah semua batasan dari P_{MUSIC} dipenuhi, maka DOA dapat ditentukan. Dari DOA ini yang kemudian dipakai untuk mengatur besarnya *delay* yang diperlukan untuk tiap elemen. Di sini digunakan *delay* relatif, artinya nilai *delay* terendah adalah nol dan yang lain tidak boleh memiliki *delay* yang negatif.

Dalam komunikasi (baik suara atau radio) jarang terjadi menggunakan satu frekuensi, kebanyakan menggunakan suatu pita frekuensi tertentu. Seperti terlihat dalam penelitian ini, frekuensi suara yang digunakan adalah 1 Khz. Bisa diduga bahwa pada frekuensi-frekuensi batas dari pita frekuensi suara yang ada akan terjadi *delay* yang berbeda (terhadap π).

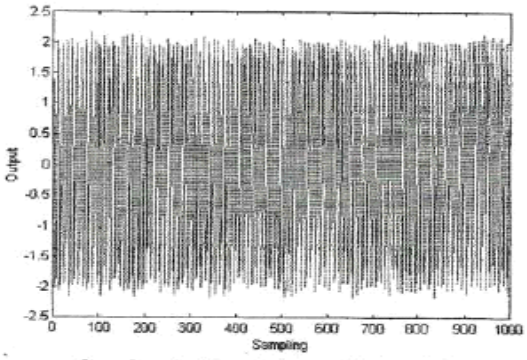


Gambar 8. Sinyal Input Tiap Elemen Dengan Derau

Hal ini bisa diatasi dengan membatasi sistem *beam steering* untuk menggunakan pita frekuensi yang cukup sempit, agar dispersi *delay* tidak terlalu berarti. Apabila dibutuhkan untuk sistem dengan pita yang lebar, bisa digunakan sistem *multibeam steering* dengan pita sempit yang sudah tertentu untuk tiap sistem.

Dalam algoritma P_{MUSIC} ada perhitungan yang dapat digunakan untuk mengestimasi jumlah sumber yang masuk ke array. Tetapi hal itu tidak menjadi perhatian dalam penelitian ini, karena tujuan dari *beam steering* adalah pengarahan ke satu sumber (seperti layaknya dalam penelitian ini, karena tujuan sumber (seperti layaknya dalam berbicara *person-to-person* atau telekomunikasi *point-to-point*). Apabila terjadi ada banyak sumber sinyal yang bersamaan, maka DOA akan didapat untuk sinyal yang paling kuat (level sinyal paling tinggi)

Gambar 9 adalah Ilustrasi kinerja P_{MUSIC} untuk sebuah sinyal sumber dengan sudut 30°, dengan level derau rata-rata (tip elemen) 4,5% dari level sinyal sumber. Jumlah sampel yang diambil adalah 1.000 sampel. Hasilnya ditemukan sudut DOA 36,53°. Gambar 8 adalah sinyal pada tiap elemen sebelum ada *delay*.



Gambar 9. Sinyal Output Setelah Delay

Output disini adalah penjumlahan langsung (bukan rata-rata) dari tiap elemen. Terlihat sinyal output tidak terlalu besar (seharusnya mendekati level 3), karena adanya perbedaan antara DOA sebenarnya dengan ODA hasil perhitungan. Meskipun demikian hasil ini sudanh cukup menggambarkan kinerja P_{MUSIC} untuk susunan segitiga yang cukup baik, karena telah memasukan faktor-faktor pesimis, yaitu adanya derau yang cukup besar dan sudut kedatanganya adalah sudut yang tidak terlalu baik.

3. 2. 2. Metoda LCVMF

Untuk menekan *side lobe*, dibutuhkan pembebanan (*weighting*) pada tiap sinyal yang telah diberi *delay*. Ada banyak cara untuk melakukan *weighting* ini, namun di penilitian ini digunakan metoda *Linearly Constrained Minimum Variance Filter* (LCMVF). Secara umum, LCMVF ini diwujudkan berupa filter dijital.

Seperti diketahui, sinyal output adalah sinyal yang telah diberikan pembenahan:

$$y = \mathbf{W}^H * \mathbf{X}$$

sehingga daya luaran adalah:

$$P = E\left[|y|^2\right] = \mathbf{W}^H * E\left[\mathbf{X} * \mathbf{X}^H\right] * \mathbf{W} = \mathbf{W}^H * \mathbf{R} * \mathbf{W}$$

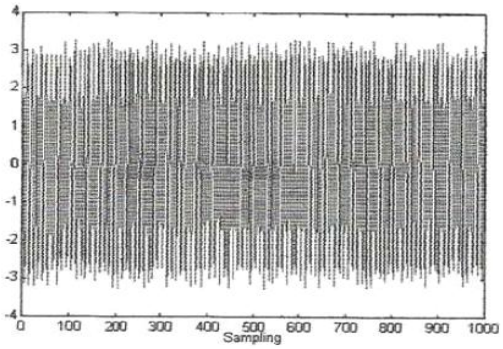
dan gain dari susunan adalah:

$$g = \mathbf{W} * \mathbf{a}(\theta)$$

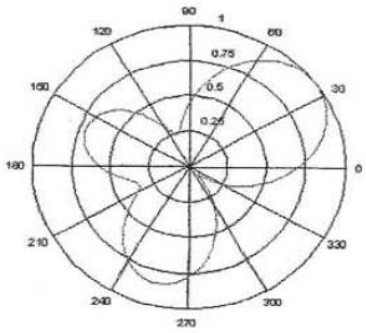
Tujuan berikutnya adalah untuk meminimasi *P*, dengan mempertahankan g=1. Dari persamaan-persamaan di atas, diperoleh solusi untuk mencari W, yaitu:

$$\mathbf{W} = \frac{\mathbf{R}^{-1} * \mathbf{a}(\theta_0)}{\mathbf{a}^H(\theta_0) * \mathbf{R}^{-1} * \mathbf{a}(\theta_0)}$$

dimana semua nilainya sudah ditemukan sebelumnya termasuk θ_0=36,53°. Setelah ditemukan W, maka sinyal output akan menjadi seperti terlihat pada gambar 10.



Gambar 10. Sinyal Keluaran Setelah Weighting



Gambar 11. Beam steering untuk θ_0=36,53°

Terlihat bahwa level sinyal output menjadi sekitar 3, atau *unity gain*, ini berarti metoda LCVMF telah memperbaiki keluaran *delay*. Gambar 11 berikut adalah ilustrasi pengarahan susunan ke sudut θ_0 =36,53°.

Metoda LCVMF ini bisa digunakan langsung setelah susunan elemen, untuk menghasilkan sinyal output yang cukup baik. Tetapi dalamknyataanya, hasil keluaran jika menggunakan LCVMF langsung (tanpa *beam steering*) tidak lebih baik jika menggunakan sistem *beam steering* saja. Maka pada penelitian ini, metoda LCVMF digunakan untuk meperbaiki sinyal output setelah *beam steering*.

3. 3. *Noise* Cancellation

Ada beberapa metoda yang dapat dilakukan ntuk menganulir derau. Banyak penelitian yang dilakukan mengkhususkan diri dalam hal *noise cancellation*. Metoda-metoda yang sering di gunakan dalam menganulir derau adalah *Least Mean Square* (LMS), *Recursive Least Mean Square* (RLS), dan sebagainya masing-masing metoda memiliki kelebihannya masing-masing.

Secara umum, alat untuk menganulir derau ini adalah berupa filter dijital yang adaptif, sehingga selalu mengikuti perubahan sinyal keluaran. Filter yang digunakan adalah *Finite Impulse Response* (FIR), dengan beberapa tingkat.

Pada pembuatan makalah ini, masalah *noise* cancellation belum dibahas secara mendalam. Simulasi Matlab juga belum dilakukan, mengingat bahwa disini belum menentukan metoda *noise cancellation* yang akan digunakan.

4. IMPLEMENTASI

Dalam melakukan percobaan, ada beberapa batasan yang harus dipenuhi. Pertama adalah untuk mengakuisisi dan mengolah data hanya dilakukan oleh satu komputer. Untuk konversi ke dalam sinyal listrik, akan digunakan *mic* sebagai elemen penerima sinyal. Sinyal yang diterima kemudian akan direkam ke dalam komputer, dalam format WAV. Masing-masing elemen akan menangkap sebuah sampel suara yang sama, dan direkam ke dalam file yang berbeda.

Sampel suara yang digunakan adalah file WAV yang serupa. Ini dilakukan untuk menjaga agar sampel suara tetap sama untuk *tip mic*. File WAV dari tiap mic ini kemudian akan dianalisis seperti simulasi yang dipaparkan dalam makalah ini. Melalui komputer akan dilakukan perhitungan untuk melakukan *beam steering*, *weighting*, dan *noise* cancellation. Sinyal keluaran ini akan direkam kembali kedalam format WAV, agar bisa dianalisis lebih jauh.

Meskipun dalam makalah ini difokuskan dalam elemen bersusun segitiga, tetapi dalam pengambilan data saat pecobaan nanti tidak tertutup kemungkinan akan digunakan susunan linear 4 elemen, tergantung kepada kondisi pada saat pengambilan data.

Tempat pengambilan data saat percobaan juga harus cukup luas (atau direkayasa) untuk mempertahankan kondisi medan jauh dalam propagasi sinyal akustik. Syarat kedua adalah bahwa ruangan tempat dilangsungkan percobaan tidak boleh menimbulkan efek multipath, atau pantulan gelombang akustik. Batasan berikutnya adalah ruangan tersebut harus cukup sunyi sehingga *noise* yang ada hanyalah *noise* yang memang benar-benar terkendali dan diinginkan kehadirannya dalam percobaan.

Apabila memungkinkan, maka percobaan dengan menggunakan gelombang radio akan dilakukan. Sejauh ini belum diarahkan ke sana, mengingat bahwa sistem

telekomunikasi radio tidak sesederhana komunikasi suara.

5. SIMPULAN

Tujuan dari penelitian ini adalah memberikan simulasi dengan gelombang suara, untuk memodelkan sistem antena adaptif dalam gelombang radio.

Sistem antena adaptif adalah sebuah sistem yang telah diteliti dan terus dikembangkan dalam sistem radar dan navigasi. Sistem antena adaptif diperlukan untuk menghindari interferensi dan gangguan (*jamming*) dari pihak musuh. Metoda-metoda yang digunakan pada prinsipnya memiliki banyak kesamaan dalam sistem antena adaptif yang dibicarakan dalam penelitian ini.

Sistem antena adaptif ini layak diteliti dan dikembangkan lebih jauh, mengigat bahwa telekomunikasi radio telah menjadi teknologi yang menyatu dengan kehidupan manusia. Salah satu contoh yang nyata adalah kehadiran telekomunikasi selular. Telekomunikasi selular ini terus berkembang, mulai dari sistem *cordless* (nirkabel) sampai ke telepon satelit. Dengan demikian, telekomunikasi radio harus mampu menyediakan sebuah teknologi yang handal dalam mengatasi udara yang semakin "ramai" dengan derau, interferensi, dan *jammer*.

Penelitian ini diharapkan dapat memicu penelitian lebih jauh lagi tentang sistem antena adaptif. Adaptif disini tidak hanya berarti dalam hal *noise* atau *interference cancellation*, tetapi juga mendeteksi DOA, estimasi jumlah sumber, serta *weighting* sinyal output.

6. DAFTAR PUSTAKA

[1] Campbell, David K., "Adaptive Bearn Forming Using a Microphone Array for Hands-Free Telephony". Thesis for degree of Master of Science, Virgina Polytechnic Institute and State University, US, February 16, 1999.

[2] "Array Processing Applications to Radar". Benchmark Papers in Eletrical Engineering and Computer Science, Dowden, Hutchinson & Ross, Inc, Pennsylvania, USA, 1980.

[3] Kraus, John D., "Antennas". Second Edition, McGraw Hill, New York, USA, 1988.

[4] Kumar, P. R., and Varaiya, Pravin, "Stochastic System: Estimation, Identification, and Adaptive Control". Prentice-Hall, New Jersey, USA, 1986.