

LOKALISASI SUMBER PASIF PADA WSN MENGGUNAKAN HYBRID DOA/TDOA DALAM LINGKUNGAN MULTIPATH

Firman Hadi Sukma P¹⁾, Mukminatun Ardaisi²⁾

Pasca Sarjana Teknik Elektro-ITS Surabaya

email: pratamafirman@yahoo.com¹⁾, tcatf14@googlemail.com²⁾

Abstrak

Saat sebuah perangkat WSN (*wireless sensor network*) dilepas untuk melakukan pemantauan sebuah fenomena, maka sejak itulah perangkat WSN bekerja. Penggunaan WSN yang sering adalah untuk melakukan pemantauan sebuah fenomena seperti suhu, panas, angin, dan pergerakan bangunan. Penentuan lokasi sumber sinyal adalah sesuatu yang sangat penting, sebab terkadang perangkat WSN yang kecil bisa bergeser atau tanpa sengaja mengalami perpindahan, sehingga dengan melakukan estimasi lokasi sumber membuat hasil data yang dikirimkan lebih jelas. Pada penelitian sebelumnya, digunakan dua metode estimasi untuk melakukan penentuan sumber sinyal berdasar informasi yang diterima yaitu DOA (*direction of arrival*) dan TDOA (*time difference of arrival*). Dalam tulisan ini, dicoba untuk mengkombinasikan kedua metode diatas menjadi sebuah Hybrid DOA/TDOA agar saling melengkapi guna mencapai estimasi terakurat dari sebuah lokasi sumber. Dalam kondisi real maka tentu sinyal yang diterima di penerima bukan hanya dari satu arah saja tetapi juga dari berbagai lintasan baik itu LOS atau NLOS sehingga terbentuknya multipath sinyal. Pengaruh multipath sinyal inilah yang coba dimaksimalkan untuk mendapat lokasi sumber sinyal yang akurat.

Kata kunci :

WSN, Hybrid DOA/TDOA, estimasi, lokasi sumber

1. Pendahuluan

Pada saat ini WSN (*wireless sensor network*) berkembang sangat pesat, hal ini dikarenakan jaringan sensor nirkabel mempunyai aplikasinya yang sangat luas diberbagai bidang kehidupan, seperti bidang militer, kesehatan, perumahan, industri, transportasi dan lingkungan. Di bidang militer contohnya, penyebaran yang cepat dan dinamis serta *self-organization* dari jaringan sensor membuat sistem ini menjadi suatu sistem penginderaan yang sangat menjanjikan untuk keperluan militer diantaranya dalam memberi aba-aba, sistem kontrol, dan intelijen. Dibidang kesehatan, jaringan sensor dapat digunakan untuk memonitor kondisi pasien, dinamika data psikologis pasien dapat diakses menggunakan remote

oleh dokter. Jaringan sensor juga dapat digunakan untuk mendeteksi penyebaran polutan/bahan kimia asing pada udara dan air, dapat membantu mengidentifikasi jenis, kadar dan lokasi dari polutan.

Sebuah WSN terdiri dari sejumlah sensor yang disebar pada suatu daerah tertentu yang disebut sebagai sensor field/medan sensor. Penyebaran sensor ini dapat dilakukan secara acak atau mengikuti suatu pola tertentu. Masing-masing sensor dilengkapi dengan beberapa komponen utama yaitu sensor, memori dan peralatan komunikasi.

Sumber Pasif dalam WSN (*wireless sensor network*), adalah perangkat yang digunakan untuk mengirimkan sinyal informasi kepada penerima sebab dalam perangkat WSN tidak ditambahkan modul perangkat WSN didesain agar seminimal mungkin menghemat daya, karena semua perangkat WSN menggunakan daya dari baterai yang rata-rata setiap enam bulan harus dilakukan penggantian. Lokalisasi dan estimasi dari sumber pasif tersebut masalah yang banyak ditemukan diberbagai literatur. Dua pendekatan utama untuk melokalisasi sumber adalah : Teknik berdasarkan Direction of Arrival (DOA) dan teknik berdasarkan Time Difference of Arrival (TDOA). Dalam metode DOA, lokalisasi menggunakan sistem antenna array dengan menguji karakteristik dari perbedaan sinyal yang datang dari sudutnya untuk memperkirakan pola sinyalnya. Sedangkan pada metode TDOA, untuk memperkirakan lokasi sumber digunakan dengan melakukan irisan (*intersection*) dari grafik hiperbola, dimana merupakan bagian dari hasil pengukuran yang berbeda terhadap tiga atau lebih sensor penerima.[9]

Kebutuhan untuk mendapatkan hasil lokalisasi yang akurat membutuhkan data dari karakteristik spasial dari kanal wireless. sangat mempengaruhi terhadap akurasi disisi penerima. Dalam kanal wireless, tentu sangat mustahil hanya terjadi sebuah lintasan sinyal saja, yang pasti dalam sebuah propagasi dengan situasi kompleks yang dikenal dengan multipath.[6] Sehingga tidak dapat dikatakan bahwa cukup menggunakan Direction of Arrival (DOA) saja. Karena DOA hanya dapat menerima sinyal LOS (*line of sight*) dan pantulannya.

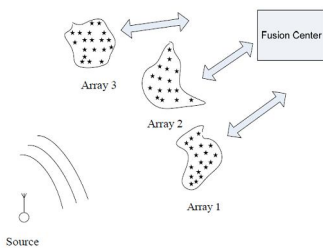
Dengan menerima sinyal yang jelas maka sangat kecil kemungkinan errornya.

Permasalahannya adalah ketika sinyal LOS tidak ditemukan, yang ada hanya sinyal pantulan semua dengan level energi yang tentu jauh lebih kecil dari sinyal LOS. Kondisi NLOS seperti ini memungkinkan terjadi di lingkungan perkotaan dimana banyak halangan yang membuat jalannya sinyal tidak langsung melainkan melalui pantulan-pantulan. Tetapi di daerah pedesaan juga bisa terjadi kondisi NLOS. Hal ini yang membuat informasi yang diterima tidak akurat untuk menentukan lokasi dari sebuah sumber WSN.[6]

Ada banyak metode yang didapat dari berbagai literatur untuk mengatasi sinyal NLOS ini. Yang pertama adalah dengan melakukan mitigasi terhadap dampak dari sinyal NLOS, dalam pengukuran dapat dilakukan beban untuk menyamakan dengan sinyal LOS. Yang kedua ketika array menerima sinyal tersebut maka dilakukan identifikasi seolah-olah tidak menerima sinyal LOS, hanya NLOS saja yang diterima. Dalam dua pendekatan ini, terlihat bahwa berusaha melakukan minimalisasi terhadap efek sinyal NLOS daripada mengambil keuntungan dari efek ini. Dalam literatur terbaru mulai dicoba untuk melakukan sebuah pendekatan untuk memanfaatkan efek dari sinyal NLOS ini dengan menggabungkannya sehingga energi juga lebih besar. Dalam skema hybrid DOA/TDOA digunakan estimasi pola untuk melakukan lokalisasi melalui diagram segitiga. TDOA digunakan untuk untuk memisahkan antara sinyal LOS dan NLOS untuk menemukan sinyal dari berbagai lintasan yang diharapkan mampu mengarah kepada lokasi sumber

2. Tinjauan Pustaka

Lokalisasi sumber pasif yang bersifat non-kooperatif menggunakan pembagian kluster-kluster yang merupakan bentuk dari jaringan sensor nirkabel (WSN). Dalam tulisan ini dibuat sebuah sistem dengan dua level. Level atas adalah jaringan array dimana tiap-tiap array nampak sebagai node sendiri. Node tersebut melakukan fungsi dengan metode DOA dan membuat pola untuk dikirimkan ke pusat jaringan, dimana logaritma lokalisasi diberlakukan.[6]



Gambar 1. WSN dengan 3 array, 1 sumber dan pusat data

Pada kasus ini estimasi sumber lokasi diperkirakan dengan membuat rata-rata dari semua data

yang diterima di pusat jaringan. Pada level kedua dari WSN, tiap array memiliki jumlah dari perangkat sensor. Metode DOA dilakukan pada layer sensor ini, dimana lokalisasi sumber diberlakukan pada level array. Contoh sistem WSN diberikan pada gambar 1

Array mengontrol vektor dari semua sensor pada satu sumber dengan satu frekuensi dari unit dayanya. Respon Array bervariasi sebagai fungsi dari arah dan vektor pengontrol yang berhubungan dengan setiap arah yang berkaitan. Keunikan hubungan ini didefinisikan oleh konfigurasi array. Pada bagian ini, dimulai dengan pembahasan array linier yang diikuti oleh kasus yang lebih umum dari dua dimensi array aperiodik dan acak.[3]

Uniform Linear Array (ULA)

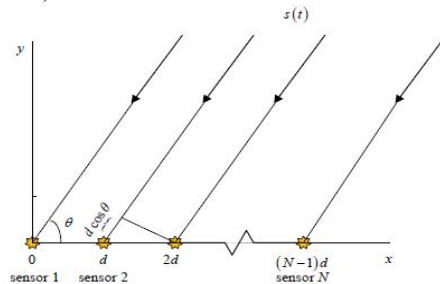
Konfigurasi dari array linier uniform (ULA) ditunjukkan pada Gambar 2. sumber mengirimkan sebuah sinyal *narrowband* $s(t)$ dari frekuensi f dan diasumsikan pada medan jauh. Array terdiri dari N sensor terdistribusi uniform antar-elemen jarak d . Sehubungan dengan node referensi (sensor 1), sensor 2 mengalami delay

$$\Delta = \dots\dots\dots(1)$$

di mana c adalah kecepatan propagasi sinyal. Waktu delay $\Delta\tau$ sesuai dengan pergeseran fasa dari sinyal seperti dalam persamaan berikut

$$\Delta\psi = 2\pi \frac{d \cos\theta}{\lambda} \dots\dots\dots(2)$$

Pergeseran fasa ini sama untuk setiap pasangan sensor karena jarak antar-elemen *constant* (seragam). Dengan asumsi elemen-elemen sensor yang identik, vektor



Gambar 2. Array linear dan N Sensor

steering dari array ini diberikan oleh:

$$\vec{a}(\theta) = [1 \quad e^{-j\Delta\psi} \quad \dots \quad e^{-j(N-1)\Delta\psi}] \dots\dots\dots(3)$$

Yang dapat ditulis:

$$\vec{a}(\theta) = [1 \quad e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}d\cos\theta} \quad \dots \quad e^{-j(N-1)\frac{2\pi}{\lambda}d\cos\theta}]^T \dots\dots(4)$$

2. Dua Dimensi Aperiodik dan Array Acak

Geometri dari dua dimensi array aperiodik ditunjukkan pada Gambar 3. Menurut beberapa algoritma, sensor array ditempatkan dalam bidang xy. Tanpa loss generality, posisi sensor referensi diasumsikan pada asal sistem koordinat. Perbedaan fasa antara i sensor dan sensor referensi diberikan sebagai:

$$\Delta\psi = \frac{2\pi}{\lambda}(x_i \cos \theta + y_i \sin \theta)$$

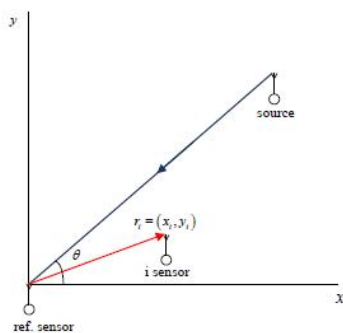
Dengan demikian vector steering menjadi:

$$\bar{a}(\theta) = [1 e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}(x_2 \cos \theta + y_2 \sin \theta)} \dots e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}(x_1 \cos \theta + y_1 \sin \theta)}]$$

Ketika posisi sensor dipilih dengan beberapa proses acak, array aperiodik dikenal sebagai array acak. Vektor steering dari array acak identik dengan array aperiodik kecuali vector (,) adalah vektor acak seperti dalam:

$$\bar{a}(\theta) = [1 e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}(\tilde{x}_2 \cos \theta + \tilde{y}_2 \sin \theta)} \dots e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}(\tilde{x}_1 \cos \theta + \tilde{y}_1 \sin \theta)}]$$

Dalam tulisan ini diasumsikan array bersifat aperiodik,. Array sensor aperiodik memiliki beberapa keunggulan bila dibandingkan dengan konvensional array sensor periodik. Karena sifat non-periodik dari jarak sensor, mereka tidak mengalami perbedaan dalam spektrum mereka dan tidak terbatas pada pemisahan sensor maksimum $0,5 \lambda$ ($0,5 \lambda$ pada 300 MHz). Hal ini



Gambar 3. Array Geometri, Dua Dimensi

akan mengurangi biaya pembuatan array, karena sensor yang diperlukan menjadi lebih sedikit. Pemisahan elemen yang lebih besar juga memberikan ketahanan lebih terhadap *mutual coupling* yang terjadi antara sensor ketika posisi berdekatan.[3] Efek coupling menurunkan kinerja array dan kebanyakan diabaikan pada proses sinyal array. Array acak menyediakan fleksibilitas pada pemasangan dan dapat mengakomodasi topologi yang sering berubah.

Metode Estimasi DOA (Direction of Arrival)

Pada bagian ini, akan dibahas estimasi DOA. Yaitu metode SDMA (Spatial Division Multiple Access) Algoritma SDMA, dalam SDMA Receiver tidak bertumpu terhadap operasi dekomposisi subspace dari matriks korelasi, tapi dilakukan dengan cross-korelasi dari sinyal yang diterima dengan melakukan penghitungan dari himpunan respon array dari setiap arah kedatangan.[1] Dari gambar 4, dapat dilihat terdapat N array sensor. Hasil dari masing-masing elemen array () adalah hasil modulasi fasa dari himpunan sebaran sekuen yang tidak berkorelasi $\bar{w}_n(t)$. Sekuen bisa menjadi pseudo acak atau bersifat ortogonal. Hasil output diharapkan menjadi ortogonal atau mendekati ortogonal. Dalam bentuk matriks, hasil dari array ini dapat dituliskan sebagai:

$$=$$

Dimana X dihasilkan dari $= () +$ dan $\in \mathbb{C} \times$ adalah matriks spread sekuen yang ditulis sebagai $= [() () \dots ()]$ Sinyal disimpan didalam array virtual yang juga dimodulasi dengan spread sekuen yang sama. Dalam matriks, output array virtual dapat ditulis

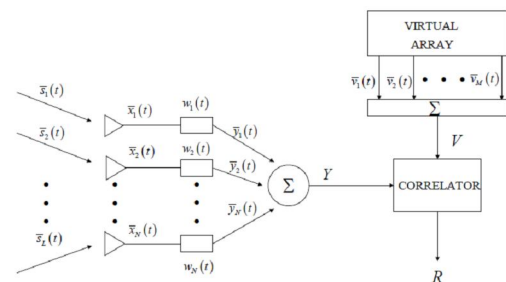
$$= ()$$

Dimana $() \in \mathbb{C} \times$ adalah matriks dari respon array untuk semua sensor DOA. Sebuah korelator

melakukan cross-korelasi antara sinyal array dengan output dari virtual-array

$$=$$

dimana R hasil dari $K \times L$ matrix.



Gambar 4. Model SDMA Receiver

Spektrum spasial dari penerima SDMA kemudian menjadi

$$= \begin{bmatrix} | & | \\ (1,) & (2,) \dots & (,) \\ =1 & =1 & =1 \end{bmatrix} \text{Dimana}$$

Puncak dari PSDMA berkaitan dengan sinyal yang terjadi menggunakan DOA. Array yang digunakan oleh penerima SDMA biasanya dalam dua dimensi yang

acak sehingga sensor-sensor berada dalam perbedaan fasa dalam bidang geometri. Teknik spreading digunakan untuk meyakinkan bahwa semua arah penerimaan dianggap “unik”, penerimaan tidak melakukan penghitungan matriks korelasi tetapi hanya melakukan korelasi sinyal yang diterima dengan sebelumnya.

Dapat dikatakan bahwa penerima SDMA tidak mengutamakan pada metode kompleks adaptif atau iterasi sederhana. Tampak seperti menentukan arah dari sinyal yang diinginkan dengan memperkirakan banyak sudut secara bersamaan.

Metode Estimasi TDOA

Dalam skema lokalisasi berbasis TDOA, langkah pertama adalah memperkirakan perbedaan waktu kedatangan (TDOA) dari sinyal insiden diantara node2 sensor dalam jaringan. Informasi TDOA dapat diperoleh dengan 2 metode umum: Pertama dengan mengikutsertakan pengurangan dari waktu kedatangan diantara sensor-sensor untuk mendapatkan perbedaan relative ketika metode kedua menggunakan teknik cross-korelasi untuk memperkirakan TDOA yang diinginkan.[9]

Metode pertama membutuhkan pengetahuan dari waktu transmisi, yang mana dalam kasus sumber non kooperatif tidak tersedia. Hanya metode korelasi cross yang akan dibahas.

Asumsikan sinyal $s(t)$ ditransmisikan oleh sumber yang tidak diketahui, setiap sensor dalam cluster akan menerima versi skala penguatan dan waktu keterlambatan dari sinyal yang dikirimkan yang juga telah rusak oleh noise yang terdapat dalam saluran transmisi. Sehingga, sinyal yang diterima pada dua sensor yang berbeda $x_1(t)$ dan $x_2(t)$ diberikan sebagai:

$$x_1(t) = A_1s(t - \tau_1) + n_1(t) \text{ dan}$$

$$x_2(t) = A_2s(t - \tau_2) + n_2(t)$$

Dimana A_1 dan A_2 adalah faktor skala penguatan, $n_1(t)$ dan $n_2(t)$ adalah bahan tambahan noise, dan τ_1 dan τ_2 adalah waktu sinyal offset pada setiap sensor. A_1 dan A_2 terdapat pada interval [0.1]. dimisalkan noisennya adalah rata-rata nol Gaussian dan sinyal serta noisennya tidak saling berhubungan, persamaan (31) dapat ditulis kembali menjadi:

$$x_1(t) = s(t) + n_1(t) \text{ dan}$$

$$x_2(t) = As(t - \tau) + n_2(t)$$

Dimana, tanpa loss pada umumnya, diasumsikan bahwa sensor pertama adalah salah satu yang waktu sampainya paling kecil, amplitude dinormalisasikan oleh A_1 dan

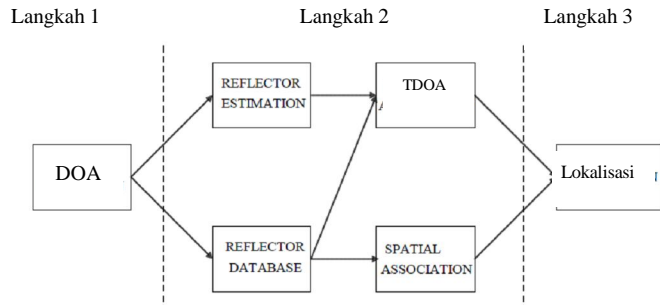
τ_1 , di set ke 0, juga tanpa loss pada umumnya. Korelasi cross antara sinyal $x_1(t)$ dan $x_2(t)$ dapat diperkirakan oleh :

$$\hat{R}_{xy}(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T x_1(t)x_2(t - \tau)dt$$

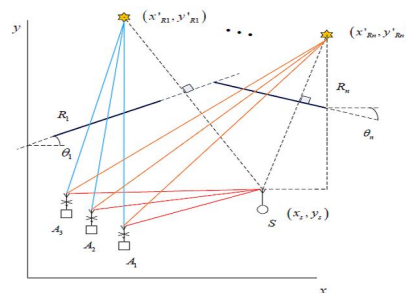
Dimana T adalah waktu interval dimana pengamatan dilakukan. Lag, τ , yang dimaksimalkan juga merupakan perkiraan dari nilai TDOA.

3. Metode Penelitian

Metode hybrid yang diajukan adalah campuran dari DOA/TDOA. Skema implementasi dibuat dalam tiga langkah seperti pada blok diagram gambar 5. Langkah pertama penerapan estimasi DOA menggunakan penerima SDMA seperti yang dijelaskan dibagian sebelumnya. Setelah DOA ditentukan terhadap sinyal datang, berikutnya dilakukan proses kepada sepasang reflektor. Digunakan dua pasang reflektor yaitu reflektor estimasi dan reflektor database seperti pada gambar 6 berikut.



Gambar 5. Blok Diagram Langkah Hybrid DOA/TDOA



Gambar 6. Posisi Reflector dan Estimasi Orientasi dengan tiga array

Dalam persamaan untuk menentukan jarak antar sensor

$$d_{REF} = \frac{d_{AA'}}{2 \sin(\theta_R - \theta_o)} \text{ dan } \Delta\tau = \frac{\Delta d}{c}$$

Dan

$$\Delta d = \frac{\sin(2\theta_R - 2\theta_o) - \sin(\theta_R + \theta_L - 2\theta_o) - \sin(\theta_R - \theta_L)}{\sin(\theta_R + \theta_L - 2\theta_o)} d_{REF}$$

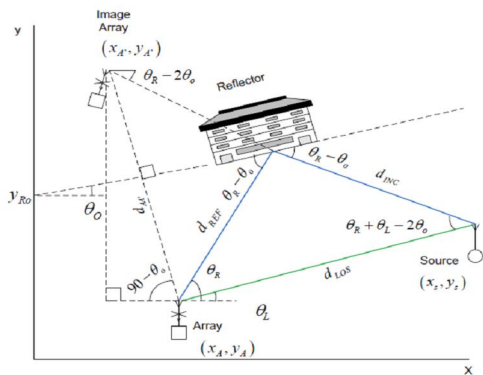
Maka dapat dilakukan substitusi dari kedua persamaan diatas menjadi :

$$\Delta \tau = \frac{\varphi}{\sin(\theta_R + \theta_L - 2\theta) \sin(\theta_R - \theta_o)} \left(\frac{d_{AA'}}{2c} \right)$$

Dimana,

$$\varphi = \sin(2\theta_R - 2\theta_o) - \sin(\theta_R + \theta_L - 2\theta_o) - \sin(\theta_R - \theta_L)$$

Model dari Hybrid DOA/TDOA dapat disederhanakan menjadi tiga bagian. Pertama, adalah estimator DOA yang berkaitan untuk mengidentifikasi sinyal datang menggunakan penerima SDMA. Kedua, informasi TDOA digunakan untuk memisahkan antara LOS dan N-LOS yang datang. Ketiga, adalah estimasi spasial untuk memperkirakan posisi dan orientasi dari reflektor.



Gambar 7. Skenario Satu Array, Satu Sumber, Satu Reflektor digunakan untuk menggambarkan hubungan TDOA yang diharapkan antara sinyal LOS dan NLOS

Untuk mengetahui performansi dari model hybrid DOA/TDOA maka dilakukan simulasi menggunakan MATLAB, skenario yang disimulasikan adalah dengan menggunakan satu sumber dengan satu reflektor melalui sinyal narrowband yang dikirimkan dengan SNR tertentu dari sumber. Sumber mengirimkan sinyal narrowband dengan bandwidth 30 kHz pada frekuensi carrier 300 MHz. Sinyal diterima di array dengan dua komponen multipath yaitu komponen LOS dan NLOS. Power sinyal yang dikirimkan diatur pada 0.1mW dengan sumber terletak pada koordinat (Xs,Ys) = (300m, 300m) dengan posisi array dipusatnya. Penentuan letak reflektor pada arah theta_1=15° dari sumbu -x. Titik referensi Y_R diletakkan pada (0m,500m). Untuk lintasan LOS theta_L=45° diarahkan untuk estimasi

DOA, maka theta_R = 79.48° adalah pantulan DOA. Dari perhitungan segitiga maka panjang lintasan LOS = 482.84m dan panjang lintasan NLOS adalah 847.08m. Dan setiap masing-masing array terdiri dari 25 sensor yang secara acak tersebar pada area 45m x 45m.

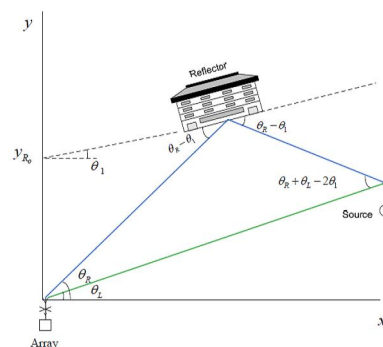
Dengan menganggap temperatur sistem 400°K, maka SNR sinyal yang dikirimkan menjadi 117.81dB. Komponen SNR yang diterima untuk lintasan LOS dan NLOS adalah 64.93dB dan 49.24dB. Nilai SNR lintasan NLOS lebih kecil dari LOS sebesar 15.69dB karena lintasan NLOS lebih panjang. Ada tiga parameter yang akan dilihat dari hasil simulasi dalam penelitian ini. Pertama, adalah melihat noise yang diterima dibandingkan dengan zero-mean Gaussian. Kedua, posisi sensor dengan array dan yang ketiga adalah perbedaan array yang berdistribusi acak. Untuk mengetahui performansi model yang diajukan maka ditetapkan perkiraan r-bar yang merupakan jarak dari sumber ke array r dan dirumuskan sebagai:

$$y_r = \sqrt{\sigma_r^2 + \mu_r^2} \text{ (RMS error),}$$

dimana

$$\mu_r = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^M (\bar{r} - r) \text{ (mean error)}$$

$$\sigma_r^2 = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^M (\bar{r} - \mu_r)^2 \text{ (error variance)}$$



Gambar 8. Skenario Satu Sumber, Satu Reflektor digunakan dalam Hasil Analisis Link Budget

4. Hasil dan Pembahasan

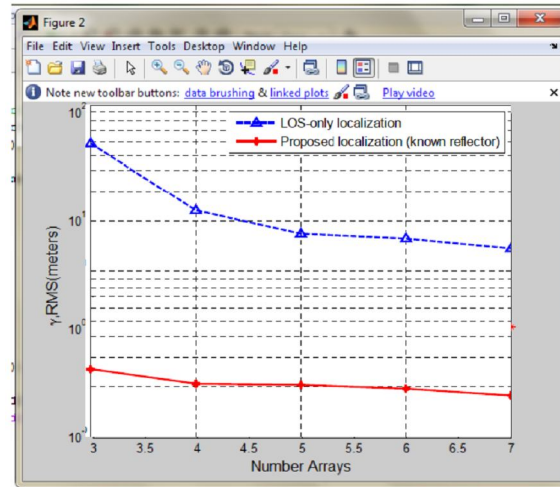
Dari hasil simulasi matlab dengan parameter yang telah ditunjukkan diatas, maka dihasilkan perbedaan yang signifikan antara skema LOS dengan NLOS dari hasil RMS error, seperti yang nampak pada gambar 9. Terlihat pada grafik LOS, nilai RMS lebih 10¹ dan sangat tinggi pada jumlah array yang rendah, namun dengan penambahan jumlah array maka nilai RMS menunjukkan grafik terus menurun. Jika

dianalisa, dengan hanya menganggap sinyal LOS yang diterima maka hal ini berada dilingkungan ideal sehingga untuk lingkungan propagasi multipath tentu juga harus memperhatikan faktor NLOS.

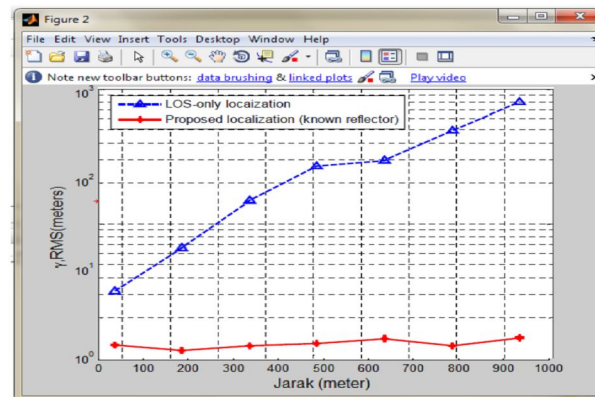
Jika kita lihat kembali pada gambar 8, dimana dilakukan modifikasi dengan menambahkan reflektor untuk menimbulkan sinyal multipath maka semakin banyak informasi yang diterima disini sumber akan menambah akurat dalam melakukan estimasi lokasi sumber. Peranan disini penerima begitu memegang kunci, sebab jika penerima tidak mampu mengakomodasi semua sinyal yang datang, tentu penambahan reflektor menyebabkan kebingungan karena itu dilakukan penggabungan receiver antara DOA yang hanya melihat sisi arah sinyal dengan TDOA yang juga melihat perbedaan waktu. Hasil terlihat pada grafik, bahwa nilai RMS tidak melebihi 10^1 dan penambahan jumlah array juga mengakibatkan penurunan RMS tetapi tidak begitu signifikan. Hal ini terjadi disebabkan komponen sinyal disini penerima sudah melibatkan semua lintasan yaitu LOS dan NLOS.

Pada simulasi ini, dicoba juga melakukan pergeseran sumber terhadap array untuk melihat pengaruh jarak terhadap performansi yang dihasilkan. Maka hasil perbedaan jarak dapat terlihat dari gambar 10. Dalam gambar 10, terlihat jelas bahwa penambahan jarak pada kondisi LOS tentu menjadi sangat beban sebab sinyal makin lama akan menjadi makin lemah. Maka terlihat kenaikan nilai RMS yang seiring dengan peningkatan jarak yang diberikan secara bertahap pula, dari 100 – 1000 (meter). Propagasi yang hanya memperhatikan kondisi LOS akan sangat rentan terhadap perubahan jarak, karena itu dengan melengkapi komponen LOS pada hybrid DOA/TDOA akan membuat nilai RMS tetap kondisi yang baik yaitu jauh dibawah 10^1 dan terus menunjukkan grafik yang terlihat stabil. Komponen LOS + NLOS adalah dua hal yang saling menguatkan, sebab tidak ada satu sinyal yang datang di sisi penerima hanya dari komponen LOS saja, apalagi jika jarak transmisi sangat jauh, perhitungan lokalisasi sumber juga harus melibatkan komponen NLOS agar dapat hasil error yang minimal.

Hybrid DOA/TDOA dalam penelitian ini menambahkan komponen NLOS untuk melengkapi penelitian sebelumnya, khususnya pada masalah jarak yang sangat jauh. Terlihat pada gambar 10, setiap penambahan jarak juga menambah nilai RMS makin tinggi, bahkan pada saat melebihi jarak 900 meter terlihat bahwa nilai RMS melebihi 10^3 . Nilai error sebesar itu tentu sangat mengganggu performansi dari akurasi penentuan lokasi sumber. Sebab sinyal datang dari berbagai sisi akibat pantulan/reflektor. Kondisi multipath adalah kondisi nyata dilingkungan propagasi, dalam WSN dimana sensor tersebar dalam suatu area tertentu maka kondisi multipath yang terjadi pada lingkungan propagasinya.



Gambar 9. Skenario 1: RMS (Root Mean Square) untuk kedua usulan skema (sinyal LOS dan NLOS) dan skema lokalisasi berbasis LOS pada reflektor yang diketahui



Gambar 10. skenario 1: RMS sebagai fungsi jarak sumber dari array untuk kedua usulan skema (sinyal LOS dan NLOS) dan skema lokalisasi berbasis LOS pada reflektor yang diketahui

5. Kesimpulan dan Saran

Penelitian sederhana ini mencoba sebuah ide untuk menggabungkan antara metode DOA dan TDOA menjadi sebuah hybrid DOA/TDOA. Kondisi multipath propagasi membuat nilai RMS bergerak stabil dalam kondisi yang rendah sehingga membuat nilai akurasi lokasi sumber menjadi lebih baik. Penambahan reflektor sebagai komponen NLOS ternyata membuat perbedaan yang signifikan dibandingkan jika hanya menerima sinyal LOS saja. Maka dapat dipastikan bahwa komponen NLOS perlu diperhatikan disini penerima dan dapat diterapkan dengan menggunakan skema penerima SDMA.

Untuk penelitian berikutnya, dapat digunakan efek penambahan reflektor sehingga benar-benar mendekati kondisi real untuk membuat lebih akurat penentuan sumber WSN. Juga bisa dilakukan dari model persebaran array terpusat atau terdistribusi sehingga bisa memberikan manfaat yang lebih detail dimasa akan datang

Daftar Pustaka

- [1] C.Elam, 2004, *Method and apparatus for space division multiple access receiver*, Patent No.6,823,021, Rights assigned to in Greenwich Technology Associates,One Soundview Way, Danen, CT.
- [2] C. E. Taylor, 2008, *Terrestrial communication between wireless sensor networks using beam-forming and space division multiple access*, Master's thesis in Electrical Engineering, Naval Postgraduate School, Monterey, CA.
- [3] H. Krim and M. Viberg, 1996, *Two decades of array signal processing research*, IEEE Signal Processing Magazine
- [4] J. J. Agre and L. Clare, 2000, *An integrated architecture for cooperative sensing networks*, IEEE Computer,vol. 33, pp 106-108
- [5] J. C. Chen and K. Yao, R. E. Hudson, 2002, *Source localization and beamforming*.IEEE Signal Processing Magazine, vol. 19, pp 30-39.
- [6] J. L. Conan and S. Pierre, 2006, *Using antenna array in multipath environment for wireless sensor positioning*, *IEEE Vehicular Technology Conference*, vol. 1, pp 1-4.
- [7] K. Spingarn, 1987, *Passive position location estimation using the extended Kalman filter*. IEEE Trans. on Aerospace and Electronics Systems, vol. 23, pp. 558-567.
- [8] Monica Nicoli, Sinan Gezici, 2011, *Localization in mobile wireless and sensor networks*, EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking
- [9] S. O Mantis, 2001, *Localization of wireless communication emitters using Time Difference of Arrival (TDOA) methods in noisy channels*, M.S in ElectricalEngineering and M.S in Systems Engineering Thesis, Naval Postgraduate School, Monterey, CA.
- [10] Zhi ding and Dasgupta, 2011, *Source Localization in Wireless Sensor Network from Time-of Arrival Measurements*, IEEE Trans on Signal Processing, vol 59, pp 2887-2897

Biodata Penulis

Firman Hadi Sukma P,ST, memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro (ST), Program Studi Telekomunikasi ITTelkom-Bandung lulus tahun 2007. Saat ini sedang menyelesaikan program Master Teknik jurusan Telekomunikasi Multimedia di ITS-Surabaya

Mukminatun Ardaisi,ST dilahirkan di Palembang, 08 April 1986. Mengambil gelar diploma pada jurusan Teknik Telekomunikasi di Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang. Setelah mengambil gelar diploma, meneruskan kuliah untuk mengambil gelar sarjana pada jurusan Teknik Telekomunikasi di Institut Teknologi Telkom, Bandung. Sekarang aktif menjadi pengajar di bidang Matematika, Elektronika Analog, Elektronika digital dan Multimedia pada Politeknik Sekayu.