

ANALISA PATHLOSS EXPONENT DI AREA TERBUKA UNTUK APLIKASI WIRELESS SENSOR NETWORK

¹Nur Adi Siswandari, ²Okkie Puspitorini, dan ³Agung Surya Jati

^{1,2}Jurusan Teknik Telekomunikasi, PENS-ITS, Jl. Raya ITS, Keputih Sukolilo, Surabaya 60111
³Mahasiswa Teknik Telekomunikasi, PENS-ITS, Jl. Raya ITS, Keputih Sukolilo, Surabaya 60111
E-mail: ¹nuradi@eeepis-its.edu, ²okkie@eeepis-its.edu, ³asthis_cat@plasa.com

Abstrak. Propagasi gelombang radio merupakan fenomena besar dalam proses perancangan sebuah sistem komunikasi nirkabel (*wireless communication*), karena pada dasarnya propagasi merupakan parameter yang sangat penting terhadap keberhasilan sebuah komunikasi. Saat ini penggunaan teknologi komunikasi nirkabel berkembang sangat pesat, salah satu contoh adalah penggunaan teknologi *wireless sensor network (WSN)*. Untuk penempatan sensor pada teknologi WSN, perlu diketahui karakteristik propagasi di lingkungan tersebut. Untuk itu pada penelitian ini membahas tentang pengaruh lingkungan propagasi di area terbuka (*rerumputan, aspal dan tegel*) dengan skenario pengukuran menyerupai penempatan sensor pada teknologi WSN dengan level daya sebagai parameter pengukuran untuk menghitung *pathloss exponent (PLE)*. Dimana nilai PLE akan menjadi acuan dalam menentukan batas kritis dari *coverage area* pada daerah tertentu dan dapat dijadikan acuan untuk penempatan sensor pada teknologi WSN di area tersebut. Berdasarkan nilai level daya didapatkan nilai *path loss exponent* untuk area rerumputan sebesar 3,40 area aspal 3,42 dan area tegel 3,57. Relevansi hasil penelitian ini dapat digunakan oleh praktisi telekomunikasi sebagai pertimbangan dalam pemilihan dan penempatan sensor pada teknologi WSN.

Kata kunci : *propagasi, level daya, wireless sensor network (WSN), pathloss exponent (PLE), coverage area.*

1. Pendahuluan

Keberhasilan sistem komunikasi nirkabel sangat ditentukan oleh karakteristik lingkungan dan propagasi gelombangnya. Didalam sistem komunikasi, kondisi lingkungan memegang peranan yang penting dalam menentukan karakteristik kanal. Sistem komunikasi nirkabel berkembang begitu pesat dan telah diterapkan dalam berbagai sektor antara lain : sektor transportasi (darat, laut dan udara), industri, militer, perbankan, consumer electronic, pariwisata dan media massa. Salah satu aplikasi sistem komunikasi nirkabel yang sedang berkembang saat adalah teknologi *wireless sensor network (WSN)*. Sistemnya membentuk suatu *Ad hoc network* dimana sensor satu dan yang lainnya saling berkomunikasi dan akan mengirimkan hasilnya pada *base station*. Salah satu aplikasi WSN adalah untuk pengawasan suatu daerah (*area monitoring*), dimana dalam *area monitoring* setiap sensor disebarakan secara merata kesebuah daerah untuk mengamati sebuah fenomena tertentu dan hasilnya dikirim secara *wireless* ke pusat informasi melalui *network* yang telah ditentukan. Berdasarkan *network* tersebut, maka WSN memerlukan skenario propagasi yang berbeda dibandingkan dengan sistem komunikasi nirkabel lainnya. Pada WSN, *base station* yang berperan sebagai pemancar harus berada pada ketinggian lebih dari 1 meter, sedangkan *sensor* pada umumnya ditempatkan pada ketinggian kurang dari 20 cm (Jeff Frolik, 2008). Oleh karena itu,

diperlukan penelitian tentang karakteristik propagasi dan model kanal yang sesuai dengan skenario teknologi WSN. Pada paper ini memaparkan hasil penelitian tentang salah satu parameter penting yang dapat menggambarkan karakteristik lingkungan terbuka untuk aplikasi WSN yaitu *pathloss exponent* (PLE), PLE diperoleh dari hasil pengukuran level daya fungsi jarak di daerah terbuka pada frekuensi 915 MHz. Pengukuran dilakukan menggunakan spectrum analyzer (SA) sebagai peralatan penerima dan standard signal generator (SSG) sebagai pemancar, masing-masing dilengkapi dengan antena omnidirectional. Berdasarkan nilai PLE tersebut karakteristik lingkungan dapat diketahui, sehingga para praktisi telekomunikasi khususnya WSN, dapat mengatur penempatan sensor untuk mengoptimalkan kualitas kanal.

Paper ini dimulai dengan pendahuluan yang dilanjutkan bagian kedua menjelaskan tentang beberapa model propagasi dan parameter yang digunakan. Bagian selanjutnya membahas tentang set-up dan skenario pengukuran serta data hasil pengukuran. Sedangkan bagian akhir dari paper ini berisi tentang pengolahan data dan analisa serta kesimpulan dan saran.

2. Propagasi

2.1 Propagasi ruang bebas

Model Propagasi radio ruang bebas digunakan untuk memperkirakan daya sinyal terima yang terpancar secara *line of sight* antara pemancar dan penerima tanpa terhalang apapun. Pemodelan ini memperkirakan besarnya penurunan daya sinyal di sisi penerima sebagai fungsi jarak baik pada daerah skala besar maupun skala kecil termasuk tipe *picocell*. *Picocell* merupakan sebuah lingkungan layanan komunikasi antara antena pemancar dengan penerima dengan pergerakan relatif kecil (≤ 500 meter). Penurunan daya (*pathloss*) dapat dihitung berdasarkan rumus Friis (Rappaport, 2002) seperti pada persamaan (1).

$$P_r(d) = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2 L} \quad \dots (1)$$

dengan, P_t dan G_t adalah daya (W/mW) dan gain pada antena pemancar, P_r dan G_r adalah daya (W/mW) dan gain dari antena penerima, L adalah faktor *loss* sistem yang tidak terkait dengan propagasi (≥ 1), λ adalah panjang gelombang (m), sedangkan d adalah jarak dari antena pemancar ke antena penerima (m).

2.2 Log-distance path loss model

Secara teoritis diketahui bahwa sinyal yang diterima disisi penerima akan semakin turun secara *logaritmik* terhadap jarak, baik didalam ruangan maupun di luar ruangan. Fungsi rata-rata dari sebuah *pathloss* terhadap jarak ditentukan oleh *pathloss exponent*. Suatu *pathloss exponent* dapat dicari dengan persamaan (2).

$$PL(dB)[d] = PL(d_0) + 10n \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) \quad \dots (2)$$

dengan, $PL(dB)[d]$ = *Pathloss* fungsi jarak (dB), $PL(d_0)$ = *Pathloss*, pada jarak terdekat (dB), n = *Path loss exponent* dan d = jarak antara penerima dan pemancar (m).

Path loss exponent (PLE) merupakan parameter n yang berpengaruh dalam menentukan batas kritis dari cakupan wilayah dari sistem selular. Parameter ini dapat ditentukan dari nilai pathloss dan level daya, sehingga nilai PLE sangat tergantung pada kondisi lingkungan. Secara umum parameter n dikelompokkan sesuai kondisi daerahnya, seperti terlihat pada Tabel 1 (Rappaport, 2002).

Tabel 1. Nilai parameter n pada tipe lingkungan yang berbeda

Free Space	2
Urban Area	2.7-3.5
Shadowed Urban Area	3-5
In-building LOS	1.6-1.8
Obstructed in-building	4-6

2.3 Standard deviasi

Standar deviasi atau disebut juga dengan simpangan baku adalah suatu ukuran yang dapat digunakan untuk mengetahui gambaran variasi data dan kualitas rata-rata yang dihasilkan. Nilai standar deviasi yang besar menunjukkan data sangat bervariasi, rata-rata yang dihasilkan tidak mewakili data dengan baik. Sebaliknya standar deviasi yang kecil menunjukkan data tidak bervariasi dan rata-rata yang dihasilkan mewakili data dengan baik. Standar deviasi merupakan akar dari varians, diberi simbol σ . Nilai σ ini akan digunakan untuk menentukan *coverage area*. Secara umum dituliskan dalam persamaan (3).

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad \dots (3)$$

dengan, N = jumlah sample, x_i = data $\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ dan \bar{x} = rata-rata dari x_i

2.4 Prosentase coverage area

Nilai *coverage area* suatu wilayah tergantung pada nilai *threshold signal* yang diterima pada sisi penerima dan daya yang dipancarkan oleh pemancar. Untuk *coverage area* yang berbentuk lingkaran mempunyai parameter R sebagai radius dari cell, γ *threshold signal* yang dipancarkan dan $U(\gamma)$ prosentase dari coverage area (nilainya sama dengan atau lebih dari signal *threshold*nya). $d = r$ menunjukkan jari-jari jangkauan dari pemancar. Prosentase *coverage area* dapat dihitung menggunakan persamaan (4).

$$U(\gamma) = \frac{1}{R^2} \int \Pr[P_r(r) > \gamma] dA = \frac{1}{\pi R^2} \int_0^R \int_0^{2\pi} \Pr[P_r(r) > \gamma] r dr d\theta \quad \dots (4)$$

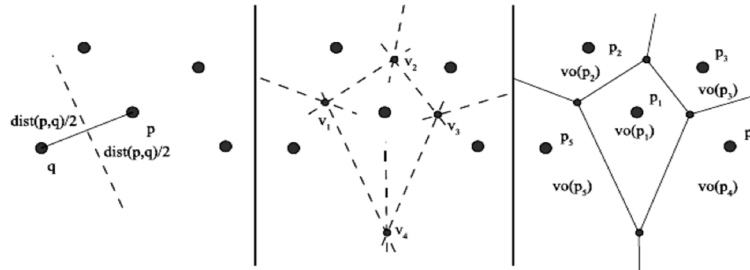
dengan, P_r = level daya terima (W), R = radius cell (m), γ = threshold level daya (W) dan A = luasan coverage area (m^2).

2.5 Perancangan cell

Bentuk cell dirancang menggunakan voronoi diagram, sebagai contoh misalnya terdapat sekumpulan set point $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ pada bidang R_n . pada kasus ini cell dirancang menggunakan voronoi diagram dua dimensi. Maka voronoi diagram V atau (P) adalah bagian dari R_n ke dalam n daerah polyhedral. Setiap daerah diketahui sebagai cell voronoi yang dinotasikan dengan $vo(p)$ dan saling melingkupi serta berhubungan satu dengan lainnya pada tiap n point.

Lebih tepatnya, dengan $vo(p)$ menjadi cell voronoi setiap point P dan set S dari setiap point pada persamaan (5) dan ilustrasi perancangan cell menggunakan voronoi diagram seperti tampak pada Gambar 2.

$$d(p, q) = \sqrt{\sum_{i=0}^n (p_i - q_i)^2} \dots\dots (5)$$



Gambar 1. Ilustrasi perancangan voronoi diagram

3. Pengukuran

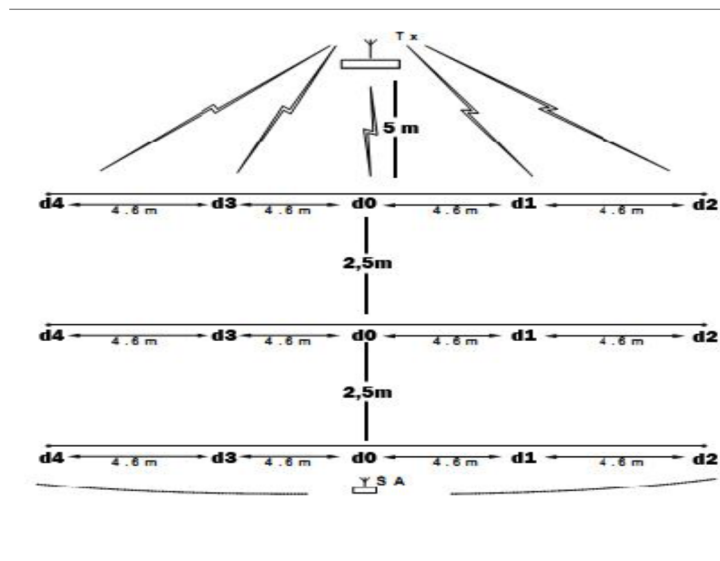
3.1 Skenario Pengukuran

Pengukuran dilakukan pada 3 kondisi daerah terbuka yang berbeda karakternya yaitu daerah permukaan rumput berlokasi di depan dekat lorong gedung D4-D3 PENS, taman alumni ITS, dan lapangan berumput dibelakang Graha ITS. Untuk daerah permukaan aspal berlokasi di belakang gedung TC PENS, di belakang gedung kemahasiswaan D3 PENS, dan depan kantin lama ITS. Untuk daerah permukaan tehel berlokasi di lapangan merah D3 PENS, samping kiri ATM mandiri PENS dan di lapangan futsal PENS, ke 3 lokasi pengukuran seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Daerah pengukuran berdasarkan permukaan

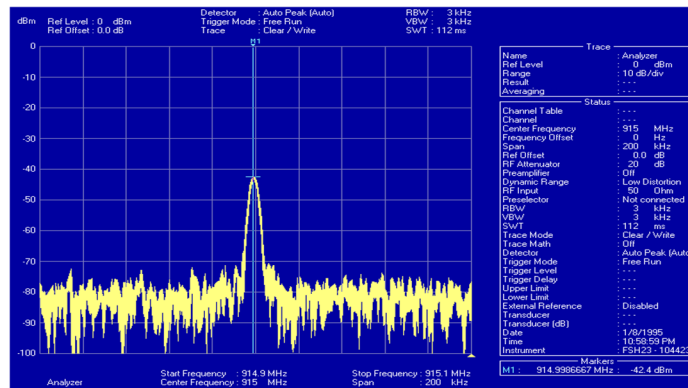
Pengukuran dilakukan dengan keadaan antena pemancar (Tx) yang tetap dan antena penerima (Rx) yang berubah-ubah berdasarkan jarak dari antena Pemancar (Tx). Jarak acuan pertama adalah 5 meter kemudian digeser 4,6 meter ke kanan sebanyak 2 kali dan dengan jarak yang sama di geser ke kiri sebanyak 2 kali. Jadi untuk jarak acuan pertama ada 5 titik yang terdiri dari 1 titik acuan 1 titik di sebelah kanan dan kiri yang berjarak 4,6 meter dari titik acuan dan 1 titik sebelah kanan dan kiri yang berjarak 9,2 meter dari titik acuan. Hal yang sama dilakukan pada titik acuan kedua yaitu 7,5 meter dan titik acuan ketiga 10 meter. Ilustrasi pengukuran seperti terlihat pada Gambar 3 (Sunil Srinivasa and Martin Haenggi, 2008).



Gambar 3. Skema Pengukuran

3.2 Data Pengukuran

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran berupa gambar yang diperoleh dari *spectrum analyzer* dengan format *.rss seperti pada Gambar 4. Dari data hasil pengukuran tersebut di-copy-kan ke dalam microsoft excel, kemudian dipindah ke notepad (format *.txt). Setelah itu data pengukuran disimpan dalam satu file, kemudian di-load untuk menampilkan level daya sebagai fungsi jarak.



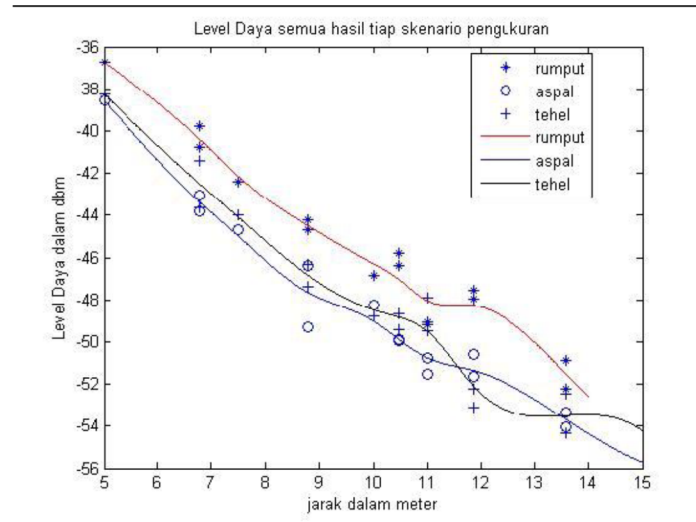
Gambar 4. Data Pengukuran pada Spektrum Analyzer

4. Perhitungan dan Analisa

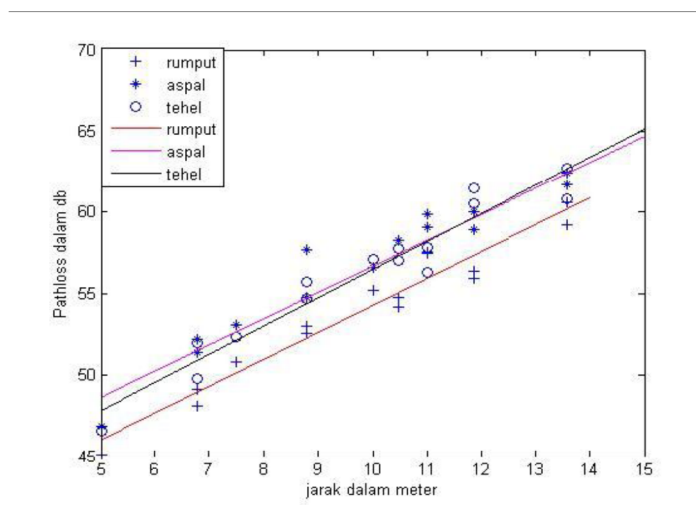
4.1 Perhitungan Pathloss

Grafik nilai level daya dari hasil pengukuran seperti pada Gambar 5, digunakan untuk menghitung pathloss menggunakan persamaan (1), adapun hasil perhitungan pathloss fungsi jarak untuk ketiga daerah yang berbeda seperti pada Gambar 6. Dari Gambar 5, terlihat bahwa pada daerah rumput mempunyai level daya terima paling besar untuk setiap jarak pengukuran. Setiap jarak pengukuran pada daerah rumput mempunyai selisih level daya -2,18 dBm lebih besar dibandingkan dengan daerah tegel dan lebih

besar $-2,75$ dBm dibandingkan dengan daerah aspal. Sedangkan pada daerah tegel mempunyai selisih $-0,56$ dBm lebih besar dari pada daerah aspal. Sedangkan dari Gambar 6, untuk daerah rumput mempunyai selisih *path loss* $2,18$ dB lebih kecil dibandingkan dengan daerah tegel dan lebih kecil $2,75$ dB dibandingkan dengan daerah aspal. Sedangkan pada daerah tegel mempunyai selisih $0,56$ dB lebih kecil dari pada daerah aspal.



Gambar 5. Level daya terima di ketiga daerah pengukuran



Gambar 6. Path loss fungsi jarak

4.2 Path Loss Exponent dan Standar Deviasi

Berdasarkan grafik level daya terima dan grafik pathloss, maka dengan menggunakan persamaan (2) dan (3) didapatkan nilai *path loss exponent* (*PLE*) dan standar deviasi seperti pada Tabel 2. *PLE* yang dihasilkan dari perhitungan berdasarkan data data pengukuran sebesar $3,40$ untuk daerah permukaan rumput, $3,42$ untuk daerah aspal dan $3,57$ untuk daerah dengan permukaan tegel. Hal ini dapat disimpulkan bahwa untuk scenario yang sama, daerah dengan permukaan semakin licin (halus) menghasilkan nilai *PLE* semakin besar.

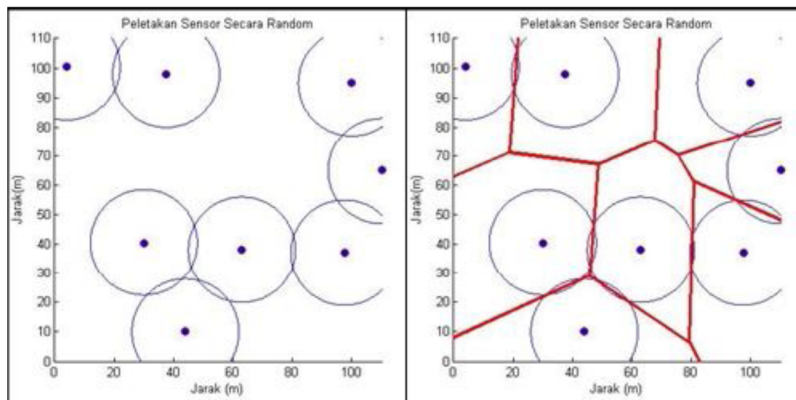
Tabel 2. Nilai *path loss exponent* dan standart deviasi

Tempat Pengukuran	Path Exponent	Standar Deviasi
Rumput	3.4054	0.8778
Aspal	3.4222	0.7639
Tebel	3.5746	1.0008

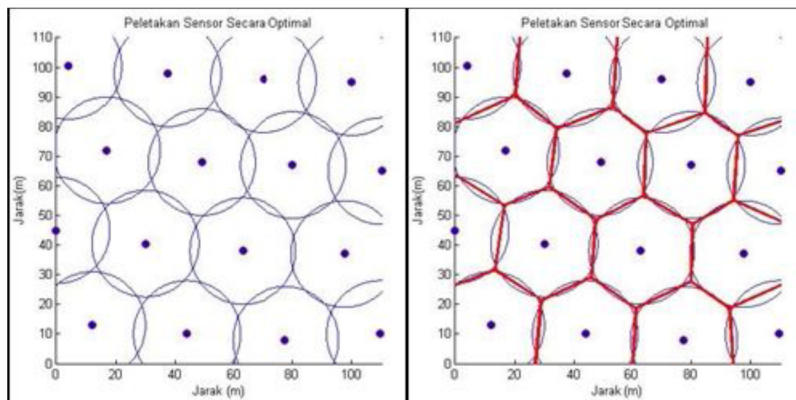
Jika dibandingkan dengan nilai PLE pada Table 1 (Rappaport, 2002) dapat dikatakan bahwa model skenario untuk aplikasi WSN mempunyai dampak nilai PLE yang berbeda dibandingkan dengan skenario sistem komunikasi nirkabel pada umumnya. Hal ini disebabkan karena penempatan sensor yang berada sangat dekat dengan permukaan tanah, sehingga factor koefisien refleksi dari permukaan daerah sangat berpengaruh.

4.3 Analisa Nilai Coverage Area dan Bentuk Cell

Dengan *threshold* sinyal sebesar -70 dBm pada *circular radius* 18 meter didapatkan nilai *coverage area* untuk daerah rumput sebesar 95,6 %, daerah aspal 96,15% dan daerah tegel 95,24%. Hal ini berarti bahwa ketiga daerah tersebut rata-rata menerima sinyal diatas sinyal *threshold* pada jarak 18 meter.



Gambar 7. Peletakan sensor tidak optimal



Gambar 8. Peletakan sensor yang optimal dengan voronoi diagram

Hal-hal yang perlu diketahui dalam perancangan sistem komunikasi nirkabel antara lain perhitungan radius cell, break point, jumlah cell dan prosentase area blank spot. Dari hasil perhitungan pada paper ini, diperoleh bahwa untuk daerah terbuka seluas 110 x 110 meter diperlukan cell berbentuk heksagonal dengan radius sebesar 18 m. Agar diperoleh coverage yang optimal, maka jumlah dan peletakan posisi sensor dapat diatur seperti pada Gambar 8.

5. Kesimpulan

Nilai exponent pathloss untuk daerah terbuka, baik dengan permukaan rumput, aspal maupun tegel tidak signifikan perbedaannya, dimana nilai PLE berada pada range 3,4 - 3,6. Hal ini menunjukkan bahwa nilai PLE tidak banyak terpengaruh dengan kondisi permukaan tanah tetapi lebih tergantung pada kondisi lingkungannya.

Berdasarkan simulasi menggunakan voronoi diagram, untuk ukuran daerah terbuka seluas 110 m x 110 m, prosentase coverage area yang dicapai rata-rata 95%, dengan cell berbentuk hexagonal, sebanyak 16 cell dengan jari-jari cell sebesar 18 m.

6. Daftar pustaka

- Guoqiang Mao, et. All.(2008). *Path Loss Exponent Estimation for Wireless Sensor Network Localization*. University of Sydney and National ICT Australia.
- Jeff Frolik and Abiola Fanimokun (2008). *Effects of natural propagation environments on wireless sensor network coverage area*. University of Vermont USA.
- N. Patwari, et. All.(2003). *Relative location estimation in wireless sensor networks*, IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 51, no. 8, pp. 2137–2148.
- Nur Adi S., Okkie P. (2010). *Investigasi dan Analisa Coverage Area Pemancar CDMA di Daerah Surabaya dengan Sistem Informasi Geografis*. Journal of EMITTER, ISSN : 2088-0596, EEPIS-ITS, Surabaya.
- S. Meguerdichian, F. Koushanfar, M.Potkonjak, M. Srivastava (2010). *Coverage Problems in Wireless Ad-hoc Sensor Networks*. Univ. of California, Los Angeles, CA, USA
- Sunil Srinivasa and Martin Haenggi (2008). *Pathloss Exponent Estimation in Large Wireless Network*, University of Notre Dame USA.
- Sunil Srinivasa and Martin Haenggi (2010). *Statistical Mechanics Tool to Study the Performance of Wireless Line Networks*. University of Notre Dame USA.
- T. Rappaport (2002). *Wireless communications: principles and practice*. Prentice Hall, New Jersey.