

Penentuan Posisi Node Jaringan Sensor Dengan Menggunakan Metode Trilaterasi Berdasarkan Kekuatan Sinyal Radio

Agus Suhariyanto.#¹Ali Husein Alasiry #², Endah Suryawati Ningrum #³

#Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Kampus PENS-ITS Sukolilo, Surabaya

¹ryan@student.eepis-its.edu

²ali@eepis-its.edu

³endah@eepis-its.edu

Abstrak— Jaringan sensor adalah sekumpulan sensor-sensor yang dapat saling berkomunikasi antara satu dengan yang lainnya dalam lingkup tertentu, dan baru-baru ini, perhatian tentang sistem jaringan sensor tengah meningkat. Baik itu sensor untuk temperatur, kelembaban, pendeteksian / penentuan obyek dan seterusnya diatur di mana-mana. Dalam sistem jaringan sensor, sensor dihubungkan satu sama lain dan informasi posisi dari tiap-tiap sensor menjadi sangat penting. Perolehan informasi posisi tersebut akan memberi jasa / layanan untuk analisa kedepan yang lebih baik. Gagasan riset ini muncul dari kasus yang berdasarkan fakta dalam suatu ruang kendali komputer dari suatu pusat data yang mana memerlukan suatu jaminan pemeliharaan frekwensi waktu dan operasi.

Proyek akhir ini pada dasarnya merupakan sebuah penelitian. Tujuan dari proyek akhir ini adalah membuat sistem untuk pencarian posisi suatu node dengan memanfaatkan kekuatan sinyal radio (RF) dari minimal 3 node yang telah diketahui posisinya. Node-node yang belum diketahui posisinya berada dalam sapuan medan RF 3 node yang telah diketahui posisinya dengan perhitungan secara analitik menggunakan metode trilaterasi. Hasil pengukuran jarak tersebut dikirim dan disimpan ke master node, kemudian dikirim ke PC. PC akan menampilkannya dalam tampilan 2dimensi.

Dari hasil proyek akhir ini dinyatakan bahwa kekuatan sinyal radio yang dikonversi menjadi jarak tidak dapat digunakan untuk menentukan posisi node secara 2 dimensi (x dan y) dikarenakan kekuatan sinyal radio mempunyai nilai yang berbeda pada kondisi pengukuran yang berbeda. Error pengukuran jarak yang didapat hingga 2.315m .

Kata kunci : Jaringan Sensor, Posisi 2Dimensi, Metode Trilaterasi

I PENDAHULUAN

Suatu *Sensor network* terbentuk dari kumpulan titik-titik sensor yang sangat banyak dan tersebar tidak beraturan dalam suatu area yang disebut *sensor field*. Peletakan titik-titik sensor tidak perlu direkayasa sedemikian rupa atau ditetapkan sebelumnya (*fixed*). Hal ini untuk menampilkan kondisi dan menentukan posisi titik-titik yang tersebar secara acak sampai pada suatu daerah yang tidak dapat diakses. Di sisi lain, itu berarti protokol dan algoritma *sensor network* harus menampilkan suatu kemampuan *self-organizing*. Ciri

unik lain dari *sensor network* adalah kerjasama antar titik-titik sensor (*sensor nodes*) yang dilengkapi dengan mikrokontroler *on-board*. Disamping mengirim data mentah untuk diolah, *sensor node* juga menggunakan kemampuan prosesornya untuk menangani penghitungan-penghitungan yang mudah dan mengirim hanya data yang dibutuhkan dan sebagian data yang sudah berhasil diproses.

Sensor network dapat diterapkan di berbagai bidang kehidupan, diantaranya bidang kesehatan, militer, dan perumahan. Di bidang militer contohnya, penyebaran yang cepat dan dinamis serta *self-organization* dan karakteristik *fault tolerance* dari *sensor networks* membuat sistem ini menjadi suatu sistem penginderaan yang sangat menjanjikan untuk keperluan militer diantaranya dalam memberi aba-aba atau perintah, sistem kontrol, berkomunikasi, perhitungan, intelijen, pengawasan, pengintaian, dan sistem pentargetan. Dalam bidang kesehatan, titik-titik sensor disebarkan untuk memonitor para pasien dan menolong pasien-pasien yang lumpuh/cacat. Beberapa aplikasi di bidang komersial termasuk pengaturan inventaris, pengawasan kualitas produk, dan pengawasan area bencana.

Perkembangan teknologi *sensor network* saat ini sangat pesat, beragam sensor digunakan untuk pendeteksian objek tertentu seperti temperatur, kelembaban, dan beberapa aplikasi yang lainnya. Dalam sistem *sensor network*, hubungan antara sensor satu dengan yang lainnya serta informasi tentang posisinya sangatlah penting. Informasi posisi ini cukup berperan dalam tingkatan analisis.

II TEORI PENUNJANG

A. Komunikasi Serial

Komunikasi data pada umumnya dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu secara serial dan paralel. Komunikasi data serial dilakukan dengan menerima dan mengirimkan data secara satu per satu, sedangkan komunikasi data paralel dilakukan dengan mengirimkan dan menerima data secara bersamaan. RS-232 (Recommended Standard number 232) merupakan seperangkat alat yang diciptakan oleh Electrical Industry Association yang berfungsi sebagai antar muka dalam mentransfer data dengan komputer yang mana pengiriman data dilakukan dengan mengirimkan kode biner.

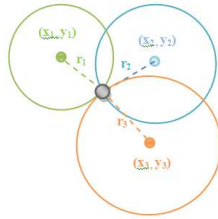
Pada seperangkat komputer biasanya tersedia *Communication Port* atau sering disebut dengan COM. Biasanya terdapat dua buah *Communication Port* yaitu COM1 dan COM 2. Proses transfer data pada komunikasi serial memanfaatkan port-port yang telah tersedia pada komputer sehingga tidak memerlukan hardware lain selain konektor dan kabel data. Serial mereferensikan untuk mentransfer data satu bit tiap waktu, dimana setiap bit adalah on atau off.

Kecepatan pengiriman pada komunikasi data serial disebut bit-per-second(bps) atau baud rate(baud)[2].

B. Trilaterasi

Trilaterasi adalah proses mencari koordinat sebuah titik berdasarkan jarak titik tersebut ke minimal 3 buah koordinat yang sudah diketahui. Sebuah lingkaran mempunyai persamaan

$$x^2 + y^2 = r^2 \quad (2.1)$$



Gambar 2.1 Tiga buah lingkaran jangkarnya

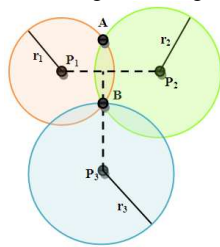
Dengan diketahui 3 lingkaran jangkarnya diatas diperoleh 3 persamaan

$$(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2 = r_1^2 \quad (2.2)$$

$$(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 = r_2^2 \quad (2.3)$$

$$(x-x_3)^2 + (y-y_3)^2 = r_3^2 \quad (2.4)$$

Dari persamaan di atas maka dapat dihitung x dan y. Misalkan kita ingin mengetahui koordinat titik B, dan koordinat dari titik P1, P2 dan P3 sudah diketahui dengan mengukur r1 (jarak antara B dengan P1), maka koordinat B pasti terletak pada keliling lingkaran dengan jari-jari r1. Lalu dengan mengukur r2 (jarak antara B dengan P2), maka koordinat titik pasti terletak di A atau B, yang merupakan perpotongan antara kedua lingkaran. Ketika diukur jarak r3 (jarak antara B dengan P3), kita sudah mendapatkan sebuah titik B, yang merupakan perpotongan antara ketiga buah lingkaran.



Gambar 2.2 Pencarian posisi sebuah titik

C. Modul Wireless RF X-Bee Pro XBP-24/1083

Pada masa sekarang ini telah banyak dikembangkan modul wireless RF. Salah satu modul wireless RF yang sering dipakai adalah X-Bee Pro yang dibuat oleh Maxstream. X-Bee Pro dirancang agar dapat memenuhi teknologi ZigBee/IEEE 802.15.4.

ZigBee/IEEE 802.15.4 teknologi yang memfokuskan data rate rendah, konsumsi daya rendah, biaya rendah, target protokol jaringan wireless untuk aplikasi otomatisasi dan kendali remote. Modul X-Bee pro ini beroperasi pada daerah 2,4 GHz X-Bee Pro yang dipakai memiliki spesifikasi XBP-24/1083. Fitur yang dimiliki oleh modul wireless RF ini adalah [4]:

1. Jarak komunikasi indoor sampai 300 m dan outdoor 1500 m LOS (Line Of Sight)
2. Sensitivitas penerimaan -100 dBm
3. RF data rate 250.000 bps
4. Setiap channel menyediakan alamat jaringan lebih dari 65.000 alamat

5. Mendukung topologi peer to peer, point to multipoint dan point to point.
6. Bentuk paket modul relative kecil
7. Kompatibel dengan perangkat lain yang mendukung teknologi ZigBee/IEEE 802.15.4
8. Mode AT Command untuk pengaturan konfigurasi dan parameter.

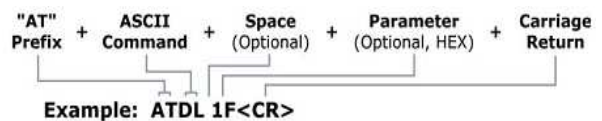
X-Bee Pro menyediakan beberapa mode pengalaman untuk proses komunikasi. Salah satu mode pengalaman yang disediakan adalah short 16 bit addressing. Mode pengalaman ini memiliki beberapa parameter yaitu:

1. MY, merupakan alamat diri dari setiap modul wireless RF
2. DL, merupakan alamat tujuan modul wireless RF untuk berkomunikasi
3. CH, merupakan channel dimana komunikasi RF terjalin
4. ID, merupakan alamat PAN (Personal Area Networking) ID dari modul RF

Penggunaan mode pengalaman short 16 bit addressing menyebabkan hanya modul wireless RF yang spesifik saja yang memiliki alamat MY yang sama dengan alamat DL modul wireless RF yang lain dapat berkomunikasi sehingga modul wireless RF yang lain tidak dapat berkomunikasi.

Pengaturan parameter pada modul wireless RF dilakukan dengan menggunakan AT Command. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan AT Command adalah:

1. Untuk membuka AT Command mode kirim 3 character plus ("+++") dalam waktu kurang dari 1 detik
2. Untuk mengirim AT Command gunakan aturan sebagai berikut:



Gambar 2.1. Aturan penulisan AT Command

Untuk pembacaan parameter biarkan parameter kosong

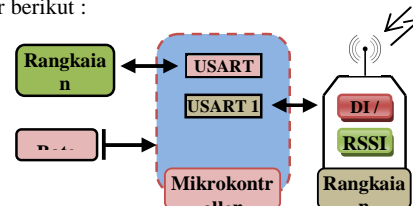
3. Jika AT Command sukses dikirimkan dan dieksekusi maka akan ada respon OK (untuk pengaturan) atau nilai parameter (untuk pembacaan)
4. Untuk menyimpan parameter konfigurasi kirim ATWR < CR>
5. Selanjutnya untuk menutup AT Command mode kirim ATCN

III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM

A. Blok Diagram Sistem

Perancangan hardware meliputi pembuatan minimum sistem AVR AT Mega 162 yang dilengkapi dengan fasilitas 2 UART. Selain itu juga ada rangkaian konverter tegangan untuk X-Bee Pro dari 5 V menjadi 3.3 V serta konverter logika data dari 0 - 5 V menjadi 0 - 3.3 V.

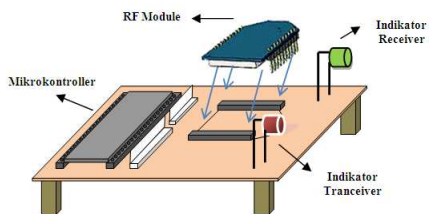
Blok diagram dari perangkat keras tersebut dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3.1 Blok diagram sebuah node

B. Perancangan dan Pembuatan Model sebuah Node

Berikut merupakan rancangan bentuk fisik atau model dari sebuah node yang akan dibuat tampak secara tiga dimensi :

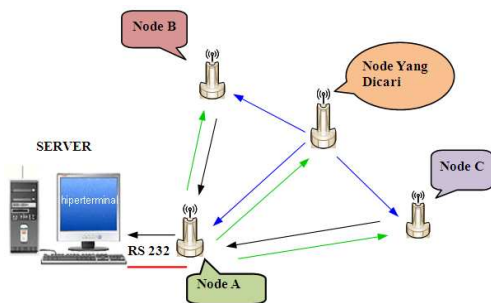


Gambar 3.2 Model konstruksi suatu node

C. Perancangan dan Pembuatan Perangkat Lunak

Untuk Algoritma sistem penentuan posisi adalah sebagai berikut ini :

1. Node yang dicari memancarkan sinyal RF
2. Node jangkar menerima sinyal RF
3. Node jangkar mengirim data jarak ke node master
4. Node master mengirim data jarak ke PC
5. PC mengolah data dengan metode trilaterasi
6. PC menampilkan posisi koordinat 2 dimensi

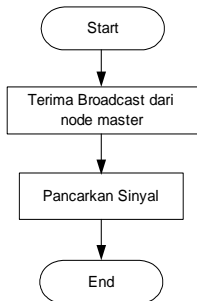


Gambar 3.3 Blok diagram sistem penentuan posisi

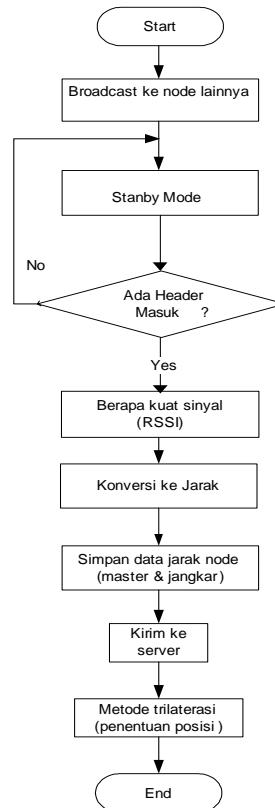
Keterangan :

- Pancaran medan RF node jangkar
- Pancaran medan RF node yang belum diketahui posisinya
- Paket data untuk server

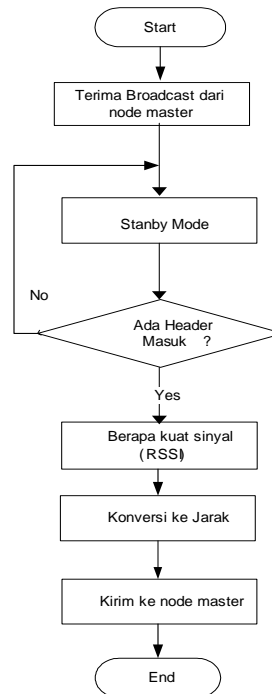
Untuk lebih jelasnya langkah-langkah proses penentuan posisi dapat dilihat dari flowchart berikut ini :



Gambar 3.4 Flowchart kerja node yang belum diketahui posisinya



Gambar 3.5 Flowchart kerja sistem node master (node A)



Gambar 3.6 Flowchart kerja node jangkar (node B dan node C)

IV PENGUJIAN DAN ANALISA

A. Pengujian Untuk Mencari Kuat Sinyal antara Node Jangkar dengan Node yang dicari posisinya

i) Tujuan

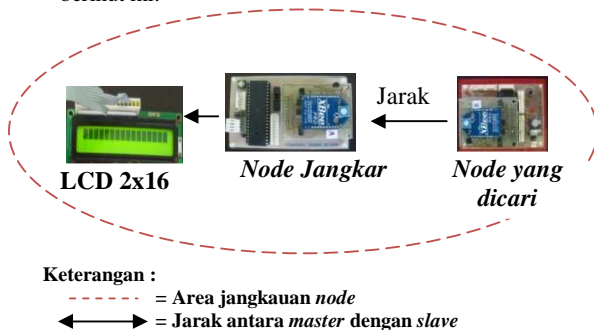
Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mendapatkan kuat sinyal pada tiap meter pengukuran kemudian menjadikan data tersebut menjadi acuan data.

ii) Parameter yang digunakan

- Baud rate pengirim : 9600
- Baud rate penerima : 9600
- Node Master : Mikrokontroler Atmega162
- Node Slave : Mikrokontroler Atmega16
- Media komunikasi : Wireless
- Kondisi : Outdoor dan Line of Sight
- Jarak modul ke tanah : 0 m
- Jarak pengukuran : 1m - 40m
- Alat ukur jarak : Meteran

iii) Setting pengujian

- Node master dan node slave diletakkan di luar ruangan (Lapangan basket gedung DIV) dengan kondisi pengiriman data antara node master dan node slave tanpa halangan (Line Of Sight).
- Jarak pengukuran yang dilakukan adalah 1m – 40m.
- Jumlah node yang digunakan adalah 2 node.
- Jarak modul wireless RF dari tanah 0m artinya modul wireless RF diletakkan di lantai.
- Konfigurasi sistem dapat dilihat pada gambar 4.11 berikut ini:



Gambar 4.5 Pengujian pembacaan kuat sinyal antara node jangkar dengan node yang dicari posisinya

Prosedur pengujian

- a. Siapkan rangkaian node master dan rangkaian node slave.
- b. Hubungkan pin pada baterai dengan node. LED akan menyala bila modul ini mendapat supply tegangan.
- c. Hubungkan downloader dengan notebook.
- d. Seting Xbee Pro
 - Digunakan software X-CTU untuk pengaturan alamat pada node master dan node slave. Pengalamatan dibuat tetap untuk setiap node.
 - Baud rate pada 9600 bps (ATBD 3).
- e. Running program dan kemudian download program pengiriman data secara bergantian pada kedua node.
- f. Atur jarak antara node master dan node slave sesuai dengan jarak yang telah ditentukan mulai dari jarak 1m hingga 40m.
- g. Lihat LCD 2x16 untuk penampil data.

h. Catat data yang diperoleh ke dalam tabel yang disediakan.

iv) Hasil Pengujian

Tabel 4.2 Data pembacaan kuat sinyal yang diterima oleh node jangkar

Jarak (m)	Pengujian kuat sinyal (-dBm) ke -										Kuat sinyal Rata-rata (-dBm)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	49	49	49	49	50	50	51	50	50	50	49.7
2	51	51	51	50	51	51	52	52	52	52	51.3
3	54	54	54	54	55	55	55	56	57	57	55.1
4	64	64	64	65	65	65	66	65	64	64	64.6
5	65	65	65	66	66	66	66	67	66	66	65.8
6	67	67	67	68	66	67	67	67	66	67	66.9
7	68	68	68	68	68	68	68	66	67	67	67.6
8	70	68	66	68	69	68	68	69	71	69	68.6
9	68	70	68	68	64	70	70	70	70	70	68.8
10	71	71	70	70	68	68	70	68	66	68	69
11	68	68	68	69	69	69	69	69	69	69	68.7
12	70	70	70	70	70	70	70	70	69	69	69.8
13	71	71	71	71	71	71	70	70	70	71	70.7
14	74	74	74	79	79	79	79	80	80	80	77.8
15	80	80	80	80	80	81	81	80	80	80	80.2
16	82	82	82	83	83	83	83	80	80	80	81.8
17	81	83	83	83	83	84	80	80	83	80	82
18	83	81	83	83	83	81	81	81	83	83	82.2
19	83	83	83	83	81	83	81	81	81	81	82
20	83	83	84	84	84	84	84	81	82	82	83.1
21	85	85	85	85	86	86	86	83	83	83	84.7
22	86	85	86	86	86	87	86	87	87	87	86.3
23	85	85	85	85	85	84	84	84	85	85	84.7
24	84	84	84	81	82	81	86	81	84	81	82.8
25	83	82	82	82	82	81	81	81	82	81	81.7
26	83	81	81	81	81	80	80	80	80	81	80.8
27	73	73	73	80	80	80	80	80	80	73	77.2
28	70	70	70	70	70	70	70	70	72	72	70.4
29	70	69	71	71	71	71	71	69	71	69	70.3
30	67	68	71	73	71	72	72	72	72	72	71
31	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
32	70	68	69	70	70	70	70	70	70	70	69.7
33	70	70	70	70	70	71	70	70	70	70	70.1
34	71	71	72	72	72	83	72	71	72	72	72.8
35	73	73	73	80	80	80	81	80	80	83	78.3
36	83	83	83	82	80	84	83	83	80	80	82.1
37	83	82	84	83	83	82	83	83	82	82	82.7
38	84	83	83	82	81	82	83	83	83	82	82.6
39	84	83	82	81	84	84	84	84	84	84	83.4
40	86	85	86	86	86	84	85	86	81	82	84.7

v) Analisa

Pada pengujian pembacaan kuat sinyal untuk dijadikan sebagai acuan terlihat jelas bahwa pembacaan data kurang stabil. Terdapat perbedaan pembacaan pada tiap meter pengukurannya. Oleh sebab itu dilakukan pengujian pembacaan kuat sinyal sebanyak 10 kali untuk jarak yang sama dan kondisi yang sama. Pada pengujian ini pembacaan kuat sinyal dapat dilakukan hingga 22m. Pembacaan kuat

sinyal yang kurang sempurna ini disebabkan karena pada saat pengukuran terdapat perubahan kondisi lingkungan sekitar, letak suatu *node* dan pola radiasi antena Xbee Pro. Beberapa faktor tersebut sangat menentukan besar kecilnya error yang didapat dalam penentuan posisi sebuah *node* yang akan dicari.

B. Pengujian Node yang Dicari dengan Satu Node Jangkar

i) Tujuan

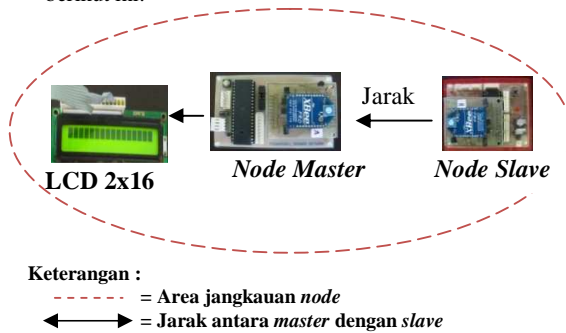
- Untuk mengetahui proses konversi jarak
- Untuk mengetahui apakah jarak yang terukur sesuai dengan jarak sebenarnya.

ii) Parameter yang digunakan

- *Baud rate* pengirim : 9600
- *Baud rate* penerima : 9600
- *Node Master* : Mikrokontroler Atmega162
- *Node Slave* : Mikrokontroler Atmega16
- Media komunikasi : *Wireless*
- Kondisi : *Outdoor* dan *Line of Sight*
- Jarak modul ke tanah : 1 m
- Jarak pengukuran : 1m - 25m
- Alat ukur jarak : Meteran

iii) Setting pengujian

- *Node master* dan *node slave* diletakkan di luar ruangan (Lapangan basket gedung DIV) dengan kondisi pengiriman data antara *node master* dan *node slave* tanpa halangan (*Line Of Sight*).
- Jarak pengukuran yang dilakukan adalah 1m – 40m.
- Jumlah *node* yang digunakan adalah 2 *node*.
- Jarak modul *wireless RF* dari tanah 0m artinya modul *wireless RF* diletakkan di lantai.
- Konfigurasi sistem dapat dilihat pada gambar 4.11 berikut ini:



Gambar 4.6 Konfigurasi sistem pengukuran data jarak sebagai acuan

Prosedur pengujian

- a. Siapkan rangkaian *node master* dan rangkaian *node slave*.
- b. Hubungkan pin pada baterai dengan *node*. LED akan menyala bila modul ini mendapat supply tegangan.
- c. Hubungkan downloader dengan *notebook*.
- d. Seting Xbee Pro
 - Digunakan software X-CTU untuk pengaturan alamat pada *node master* dan *node slave*. Pengalamatan dibuat tetap untuk setiap *node*.
 - *Baud rate* pada 9600 bps (ATBD 3).
- e. Siapkan program konversi jarak yang telah dibuat, dimana terdapat data pembacaan yang digunakan untuk mewakili jarak yang telah ditentukan.

- f. Running program dan kemudian download program.
- g. Atur jarak antara *node master* dan *node slave* sesuai dengan jarak yang telah ditentukan mulai dari jarak 1m hingga 40m.
- h. Lihat LCD 2x16 untuk penampil jarak.
- i. Catat data yang diperoleh ke dalam tabel yang disediakan.
- j. Bandingkan data jarak hasil pengukuran dengan data jarak kondisi sebenarnya.
- k. Hitung rata-rata jarak yang terukur

$$\text{Jarak} = \frac{\sum_{n=1}^{10} \text{jarak}}{10}$$

Keterangan :

n = banyaknya pengujian

- l. Hitung prosentase error jarak (% error) dengan cara sebagai berikut :

$$\% \text{error} = \frac{\text{Jarak terukur} - \text{Jarak sebenarnya}}{\text{Jarak sebenarnya}} \times 100\%$$

iv) Hasil Pengujian

Tabel 4.3 Data perbedaan jarak hasil pengukuran dengan jarak sebenarnya

Jarak riil (m)	Jarak yang terukur (meter)										Jarak Rata	Error (meter)	% Error	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1.2	0.2	20	
2	1	2	3	2	2	3	2	3	3	2	2.3	0.3	15	
3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2.7	0.3	10	
4	4	4	4	4	4	4	4	5	6	4	4.3	0.3	7.5	
5	5	7	6	4	4	6	5	6	6	5	5.4	0.4	8	
6	6	8	7	6	7	6	5	5	6	7	6.3	0.3	5	
7	7	9	5	9	1	6	9	7	8	9	8	1	14.28	
8	8	1	0	8	9	8	8	9	7	9	7	8.3	0.3	3.75
9	8	1	0	8	9	9	7	9	9	8	9	8.6	0.4	4.44
10	8	1	0	1	1	1	1	9	9	1	1	10.1	0.1	1
11	1	1	1	0	9	1	1	1	1	1	1	10.3	0.7	6.36
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	13.3	1.3	10.83
13	1	1	9	1	2	1	1	1	1	1	1	13.2	0.2	1.53
14	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	13.8	0.2	1.42
15	1	1	5	1	1	1	1	1	2	1	1	15.4	0.4	2.66
16	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	2	16.2	0.2	1.25
17	1	1	7	1	1	1	1	2	1	1	1	17.5	0.5	2.94
18	1	1	7	1	1	1	1	2	1	2	1	18.3	0.3	1.66
19	1	1	9	1	2	1	1	1	1	1	1	18.6	0.4	2.10
20	2	1	0	2	1	2	1	2	1	2	2	19.4	0.6	3
21	2	2	0	2	2	2	1	2	2	2	2	20.4	0.6	2.85
22	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	21.9	0.1	0.45
23	2	2	1	2	2	1	2	2	2	2	2	21.3	1.7	7.39
24	2	2	1	2	2	1	2	2	2	2	2	21.1	2.9	12.08
25	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	1	20.4	4.6	18.4

v) *Analisa*

Dari tabel 4.3 dapat dilihat bahwa pengukuran menghasilkan error terbesar adalah 20 dan error terkecil adalah 0.45%. Adanya error ini disebabkan karena data jarak yang didapat saat pengukuran tiap meternya berubah – ubah. Perubahan ini adalah hasil dari nilai pembacaan duty cycle yang berubah - ubah yang dijadikan sebagai acuan data jarak serta nilai range yang digunakan untuk mewakili tiap meternya. Terlihat pada tabel data, pada saat pengukuran mempunyai data yang bervariasi dengan selisih beberapa meter dengan jarak pada kondisi riil. Perbedaan dan persamaan data kuat sinyal didapatkan pada saat pengukuran dikarenakan oleh beberapa hal sebagai berikut :

- Kondisi lingkungan sekitar saat pengujian (gedung, suhu, cuaca) yang menyebabkan perubahan gelombang radio elektro magnetic.
- Pola radiasi dari antenna Xbee Pro. Pada pengujian ini digunakan Xbee Pro dengan chip antenna.

C. *Pengujian Node yang Dicari dengan Satu Node Jangkar*

i) *Tujuan*

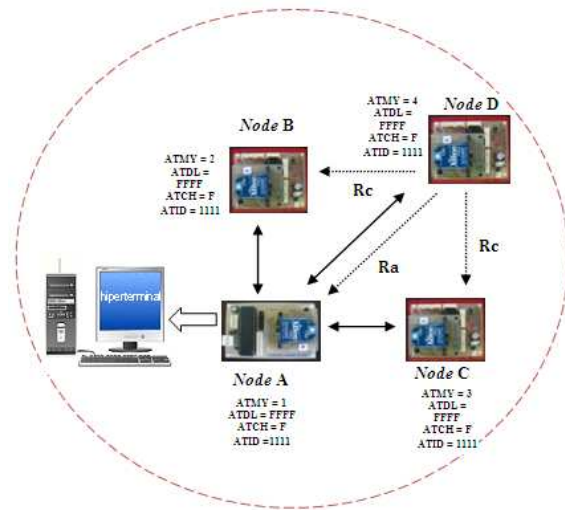
- Untuk mencari koordinat posisi *node* yang dicari (x dan y)
- Untuk mengetahui apakah data jarak *node* jangkar dengan *node* yang dicari sesuai dengan kondisi sebenarnya

ii) *Parameter yang digunakan*

- *Baud rate* pengirim : 9600
- *Baud rate* penerima : 9600
- *Node Master* : Mikrokotroller Atmega162
- *Node Slave* : Mikrokotroller Atmega16
- Media komunikasi : *Wireless*
- Kondisi : *Indoor* (dalam ruangan)
- Jarak modul ke tanah : 1 m
- Jumlah *node* : 4
- Alat ukur jarak : Meteran

iii) *Setting pengujian*

- *Node master* (*node A*) dan *node slave* (*node B*, *node C* dan *node D*) diletakkan di luar ruangan (Lapangan basket gedung DIV) dengan kondisi pengiriman data antara *node master* dan *node slave* tanpa halangan (*Line Of Sight*).
- Jumlah *node* sebanyak 4 buah.
- Pengalamatan untuk *node master* berubah sesuai dengan alamat *node slave* yang dituju.
- Pengiriman data dilakukan secara request dan respon untuk mengetahui ketepatan pengiriman paket data secara singlehop.
- Konfigurasi sistem dapat dilihat pada gambar 4.7 berikut ini:



Keterangan :

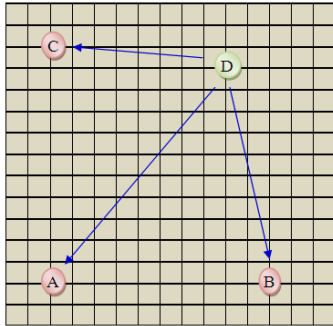
- = Area jangkauan *node*
- ↔ = Jarak antar *node*

Gambar 4.7 Konfigurasi pengujian sistem dengan 4 *node*

Prosedur pengujian

- a. Siapkan rangkaian *node*.
- b. Hubungkan pin pada baterai dengan *node*. LED akan menyala bila modul ini mendapat supply tegangan.
- c. Siapkan downloader dan program konversi jarak yang telah dibuat untuk masing – masing *node* beserta program penentuan posisi.
- d. Running program dan kemudian download program.
- e. Hubungkan kabel Usb to serial ke *notebook*.
- f. Atur jarak antara *node* yang dicari dengan 3 buah *node* jangkar.
- g. Digunakan software X-CTU untuk pengaturan alamat pada *node*. Pengalamatan dibuat tetap untuk setiap *node*.
- h. Setelah dilakukan perubahan alamat maka dilakukan pengiriman command berupa karakter untuk merequest kondisi pada masing-masing *node slave* (apakah aktif atau tidak) yaitu berupa karakter "&".
- i. Respon yang diterima jika *node slave* aktif dan paket data diterima dengan benar oleh *node slave* adalah :
 - Untuk *node B* : b yang berarti aktif
 - Untuk *node C* : c yang berarti aktif
 - Untuk *node D* : d yang berarti aktif
- j. Respon Setelah dilakukan pengiriman command berupa karakter untuk merequest kondisi pada masing-masing *node slave* maka dilakukan pengiriman command berupa karakter "?" untuk memulai konversi.
- k. Respon yang dilakukan oleh *node slave* adalah
 - Untuk *node B* : stanby mode
 - Untuk *node C* : stanby mode
 - Untuk *node D* : broadcast ke semua *node*
- l. Kemudian *node A* mengirimkan command berupa karakter "!" kepada *node B* untuk meminta data jarak antara *node B* dengan *node* yang dicari. Respon yang diterima jika karakter yang dikirimkan oleh *node A* diterima dengan benar oleh *node B* adalah :
 - Untuk *node B* : <[data jarak]

- m. Kemudian *node* A mengirimkan command berupa karakter "@" kepada *node* C untuk meminta data jarak antara *node* C dengan *node* yang dicari. Respon yang diterima jika karakter yang dikirimkan oleh *node* A diterima dengan benar oleh *node* C adalah :
- Untuk *node* C : <[data jarak]
- n. Jika pada pengecekan kondisi *node slave*, *node master* tidak memperoleh respon maka terdapat *node slave* yang berada dalam kondisi tidak aktif.
- o. Jarak pengiriman data dan *baud rate* yang digunakan tetap
- p. Jika modul *wireless RF* menerima data maka lampu indikator penerimaan data berupa led yang berwarna hijau akan menyala.
- q. Buka software visual basic yang akan digunakan sebagai penampil gambar pengukuran
- r. Masukkan koordinat *node* jangkar (sesuai dengan kondisi riil).
- s. Data jarak yang diterima *node* A dari *node* B dan *node* C dikirim ke *notebook* melalui usb to serial. Data jarak tersebut di dalam *notebook* diproses menggunakan metode trilaterasi untuk menentukan posisi koordinat *node* yang dicari. Dan ditampilkan dalam bentuk visual dengan menggunakan software Visual Basic.



Gambar 4.8 Sketsa lapangan pengujian

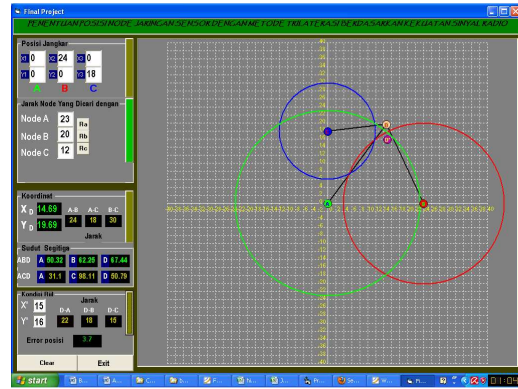
iv) Hasil Pengujian

Kondisi riil
Kondisi riil

- Jarak *node* D – *node* A : ± 22 meter
- Jarak *node* D – *node* B : ± 18 meter
- Jarak *node* D – *node* C : ± 15 meter
- Koordinat *node* A : (0,0)
- Koordinat *node* B : (24,18)
- Koordinat *node* C : (0,18)
- Koordinat *node* D : (15,16)

Setelah setting kondisi riil pada lapangan pengujian. Kemudian dilakukan proses konversi dari kuat sinyal menjadi jarak. Jarak yang diperoleh oleh *node jangkar* terhadap pancaran *node* yang dicari posisinya dijadikan input jarak untuk proses penentuan posisi *node* yang dicari secara visualisasi. Salah satu hasil dari visualisasi dapat dilihat pada gambar berikut.

Hasil dari keseluruhan pengukuran tersebut dapat dilihat pada tabel 4.4



Gambar 4.9 Hasil pengujian penentuan posisi *node* yang dicari

Dari tabel 4.4 dapat dilihat bahwa pengukuran menghasilkan :

- Jarak *node* D – *node* A : ± 23 meter
- Jarak *node* D – *node* B : ± 20 meter
- Jarak *node* D – *node* C : ± 12 meter
- Koordinat *node* D : (14.69,19.6)

Tabel 4.4 Hasil pengujian algoritma penentuan posisi *node* yang dicari

Jarak riil (meter)	Jarak yang terukur (meter)	Error (meter)	% Error
D-A 22m	23	1	4.54%
D-B 18m	20	2	11.1%
D-C 15m	12	3	20%

v) Analisa

Pada pengujian algoritma *node* yang dicari dengan *node* jangkar secara random diperoleh error pembacaan maksimal 20% yaitu pada pengujian jarak *node* C dengan *node* D. Error juga terlihat pada pembacaan jarak *node* D dengan *node* B dan *node* D dengan *node* A yaitu 11.1% dan 4.54%. Adanya error ini disebabkan karena data jarak yang didapat saat pengukuran tiap meternya berubah – ubah. Perubahan ini adalah hasil dari nilai pembacaan duty cycle yang berubah – ubah yang dijadikan sebagai acuan data jarak serta nilai range yang digunakan untuk mewakili tiap meternya. Perbedaan data jarak yang didapatkan pada saat pengukuran dengan kondisi riil dikarenakan oleh beberapa hal sebagai berikut :

- Kondisi lingkungan sekitar saat pengujian (gedung, suhu, cuaca) yang menyebabkan perubahan gelombang radio elektro magnetic.
- Pola radiasi dari antenna Xbee Pro. Pada pengujian ini digunakan Xbee Pro dengan chip antenna.

Dengan adanya error ini maka koordinat *node* D yang dicari juga berbeda dengan koordinat *node* D pada kondisi riil. Yaitu pada kondisi riil menunjukkan koordinat (15,16) sedangkan saat pengukuran kemudian secara visual ditampilkan adalah (14.69,19.6).

V PENUTUP

A. Kesimpulan

Setelah melakukan tahap perancangan dan pembuatan sistem yang kemudian dilanjutkan dengan tahap pengujian dan analisa maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Dari pengujian sistem secara keseluruhan dengan penempatan *node* secara random dapat diketahui posisi *node* dengan kesalahan rata-rata hingga 2.315m.
- Pada pengujian untuk mencari jarak antara *node* yang dicari dengan *node jangkar* dengan melihat data tabel pengukuran kuat sinyal didapatkan hasil seperti pada tabel 4.7, tabel 4.8 dan tabel 4.9. Pada tabel 4.7 yaitu pengujian perbedaan jarak hasil pengukuran dengan jarak sebenarnya oleh *node A* terhadap *node D* dengan pengambilan data sebanyak 10 kali menghasilkan error hingga 20%. Pada tabel 4.8 yaitu pengujian perbedaan jarak hasil pengukuran dengan jarak sebenarnya oleh *node B* terhadap *node D* dengan pengambilan data sebanyak 10 kali menghasilkan error hingga 30%. Sedangkan pada tabel 4.9 yaitu pengujian perbedaan jarak hasil pengukuran dengan jarak sebenarnya oleh *node C* terhadap *node D* dengan pengambilan data sebanyak 10 kali menghasilkan error hingga 30%.
- Hasil penerapan algoritma komunikasi data secara request dan respon untuk sistem komunikasi data antara *node master* dengan setiap *node slave* pada proses pengukuran jarak antar *node* ini optimal dengan tingkat keberhasilan 100 % untuk kondisi outdoor dan line of sight. Metode request dan respon ini diterapkan untuk proses pengukuran jarak antar *node* yang masih dalam jangkauan sinyal RF (*wireless*).
- Hasil penerapan algoritma metode trilaterasi untuk menampilkan koordinat posisi *node* yang dicari, dimana hanya diketahui jarak antara *node jangkar* dengan *node* yang dicari posisinya akan dapat membantu kelancaran dan keakuratan proses penampilan posisi *node* dengan tingkat keberhasilan 100%.
- Kekuatan sinyal radio yang dikonversi menjadi jarak tidak dapat digunakan untuk menentukan posisi *node* dikarenakan kekuatan sinyal radio mempunyai nilai yang berbeda pada kondisi pengukuran yang berbeda serta terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi besar kecilnya kuat sinyal antara lain pola radiasi sinyal Xbee serta kondisi lingkungan sekitar saat pengujian (gedung, suhu, cuaca, noise) yang menyebabkan perubahan gelombang radio elektro magnetic.

B. Saran dan Langkah Penyempurnaan

Dari hasil proyek akhir ini terdapat beberapa kekurangan. Oleh karenanya penulis merasa perlu untuk memberi saran-saran sebagai berikut :

- Kekuatan sinyal radio yang terukur pada XBee-Pro tidak dapat digunakan untuk mewakili jarak pada tiap meternya. Sehingga untuk penentuan posisi dengan menggunakan kuat sinyal radio tidak dapat dilakukan. Untuk itu diharapkan pengukuran jarak dengan menggunakan kuat sinyal tidak menggunakan modul XBee-Pro.
- Kondisi lingkungan sekitar pada saat pengujian (gedung, suhu, cuaca, noise) sangat mempengaruhi gelombang radio elektro magnetic. Sehingga kekuatan sinyal radio yang didapatkan pada tiap pengujian berubah-ubah. Untuk itu kondisi lingkungan pada saat pengukuran kekuatan sinyal radio perlu diperhatikan karena tiap perubahan kondisi lingkungan akan mempengaruhi besar kecilnya kekuatan sinyal radio.

VI DAFTAR PUSTAKA

- [1] All Data sheet, Website <http://www.alldatasheet.com>, 2009
- [2] Rachmawati, Diah. *Penampil Posisi 3 Dimensi Sebuah Node Dalam Jaringan Sensor Lokal Berdasarkan Informasi Jarak*

Antar Node-Node Dengan Metode Iterasi, Tugas Akhir : T.Elektronika PENS-ITS : 2009.

- [3] Halvorson, M. (2002) "Microsoft Visual Basic 6.0 Step by Step", Elex Media Komputindo Jakarta Grafik komputer
- [4] "Konsep 3 Dimensi", Universitas Gunadarma, 2006.
<http://www.maxstream.com/xbee-pro-wireless-instruction-set> diakses pada 5 Maret 2008.
- [5] C. Siva Ram Murthy, B. S. Manoj. *Ad Hoc Wireless Networks : Architectures and Protocols*. Pearson Education Inc, Prentice Hall PTR; 2004