

PERANCANGAN DAN REALISASI SISTEM MONITORING PARAMETER TANAH BERBASIS JARINGAN SENSOR NIRKABEL

Ratna Susana

Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Nasional Bandung

ABSTRAK

Kualitas tanah, dari segi agriculture (pertanian) dapat diketahui melalui pengukuran parameter tanah. Untuk mendapatkan informasi kondisi lingkungan tanah yang mendekati kondisi sebenarnya, diperlukan pengukuran parameter tanah pada sejumlah titik dan dilakukan secara kontinyu. Hal ini dapat dilakukan dengan mengembangkan suatu sistem berbasis jaringan sensor nirkabel (JSN), sehingga informasi data sensor yang tersebar dapat dimonitor. Penelitian ini mengembangkan prototype sistem monitoring parameter tanah berbasis JSN, khususnya untuk monitoring suhu dan kelembaban tanah. Sistem terdiri dari 3 sensor node, 1 concentrator node dan 1 master station. Sensor node berfungsi mengambil data sensor kemudian mengirimkannya dalam bentuk paket data ke concentrator node secara nirkabel melalui modul Xbee-PRO RF. Concentrator node menerima data dari sensor node, kemudian mengirimkannya ke master station dalam format SMS. Pengiriman data secara nirkabel menggunakan RF modul dapat diandalkan, karena dari pengujian kualitas jaringan, dalam hal proses penerimaan data, diperoleh hasil bahwa dari 50 paket data yang dikirimkan, lebih dari 95% paket data dapat diterima dengan baik. Sensor suhu memiliki perubahan yang linier dengan rata-rata error sebesar $1,13^0$ C, dan sensor kelembaban telah bekerja sesuai konsep dasar rangkaian pembagi tegangan yang digunakan.

Kata kunci : sensor node, concentrator node, jaringan sensor nirkabel, Xbee-PRO RF.

ABSTRACT

Soil quality, it can be seen in terms of agriculture, among others, can be determined by measuring parameters. To obtain information that soil environmental conditions close to actual conditions necessary measurements at spots and be done continuously. This can be done by developing a system based on wireless sensor network (WSN), so that the information of scattered sensor data can be monitored remotely. This study developed a prototype of soil parameters monitoring system based WSN, especially for monitoring temperature and soil moisture. The system consists of three sensor nodes, 1 concentrator nodes and 1 master station. Sensor nodes serve to retrieve sensor data and then sends it in the form of data packets to the concentrator node by wireless via XBee-PRO RF module. Concentrator node receives data from the sensor node, then sends it to the master station in the format of SMS. Wireless data transmission using RF module can be reliable, because of network quality testing, in terms of the process of receiving data, to obtained results that 50 packets of data transmitted more than 95% of data packets can be received well. The temperature sensor has a linear change with an average error of 1.13^0 C, and the soil moisture sensor works in accordance with the basic concept of a voltage divider circuit is used.

Keywords : sensor nodes, concentrator node, wireless sensor network, XBee-PRO

PENDAHULUAN

Parameter fisik tanah merupakan hal yang penting, yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Dalam bidang pertanian, hasil pengukuran parameter tanah antara lain diperlukan untuk pencegahan terhadap hama penyakit, memperkirakan tumbuhan apa yang akan ditanam dan meminimalisir kerugian hasil pertanian. Itulah sebabnya informasi parameter tanah yang lengkap dan tepat diperlukan untuk menjamin kelangsungan hidup tanaman.

Untuk mendapatkan informasi mengenai kondisi lingkungan tanah yang mendekati kondisi yang sebenarnya diperlukan pengukuran pada sejumlah titik yang tersebar dan dilakukan secara kontinyu. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan sistem jaringan sensor yang sedang berkembang pada saat ini. Jaringan sensor dapat dikembangkan lagi menjadi sistem jaringan sensor nirkabel, teknologi ini dapat menggantikan metoda pengumpulan data dengan kabel, sehingga monitoring kondisi tanah pada daerah terpencil, sulit di jangkau ataupun pada daerah *blank spot* dapat dilakukan. Berdasarkan hal tersebut, maka pada penelitian ini dikembangkan suatu prototipe sistem pemantauan jarak jauh berbasis jaringan sensor nirkabel (JSN). Diharapkan sistem yang dikembangkan mampu melakukan monitoring parameter tanah secara cepat, akurat dan tidak terbatas oleh jarak.

Jaringan Sensor Nirkabel^[1]

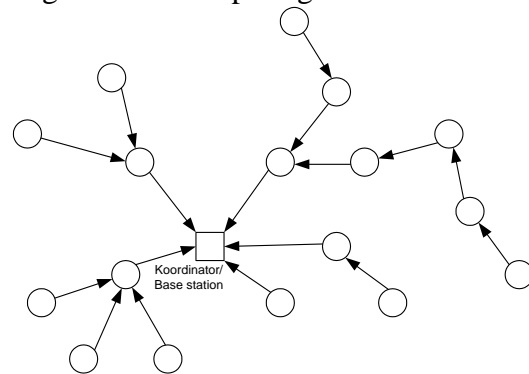
Konsep dari suatu jaringan sensor nirkabel adalah berdasarkan fungsi sederhana berikut :

Sensing+CPU+Radio = *Thousand of potential applications*

Jaringan sensor nirkabel merupakan suatu jaringan sensor yang terdiri dari *sensor node* yang disebar pada beberapa titik, dan dapat melakukan komunikasi tanpa kabel.

Secara umum jaringan sensor nirkabel terdiri dari sejumlah *sensor node*

dan sebuah *coordinator node /base station* dengan struktur seperti gambar berikut:

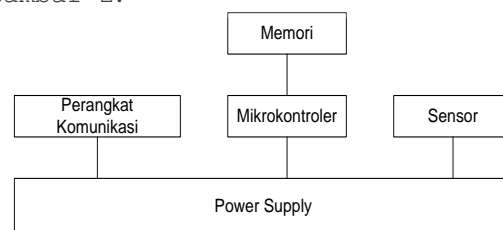


Gambar 1 Struktur umum jaringan sensor nirkabel (JSN)

Seluruh informasi dikirimkan ke *coordinator node/base station* dari satu *node* sensor secara langsung atau direlay melalui *node-node* lain sebagai *repeater* di dalam satu jaringan.

SENSOR NODE

Sensor node merupakan bagian terpenting dalam suatu jaringan sensor nirkabel, karena dari *sensor node* inilah informasi data sensor dikumpulkan, dikonversikan ke dalam informasi digital, kemudian diolah dan dikirimkan sebagai data yang telah diproses. Blok dasar dari suatu *sensor node* dapat dilihat pada Gambar 2:



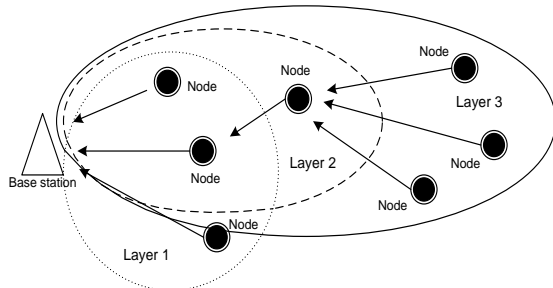
Gambar 2 Blok dasar *sensor node*^[2]

Arsitektur Jaringan Sensor

Ada 2 klasifikasi umum dari arsitektur jaringan sensor yaitu *layered architecture* dan *clustered architecture*.

Layered Architecture^[5]

Suatu jaringan sensor dalam bentuk *layered architecture* terdiri dari sebuah *base station* dengan sejumlah *node* yang diatur berlapis-lapis seperti pada gambar 3.

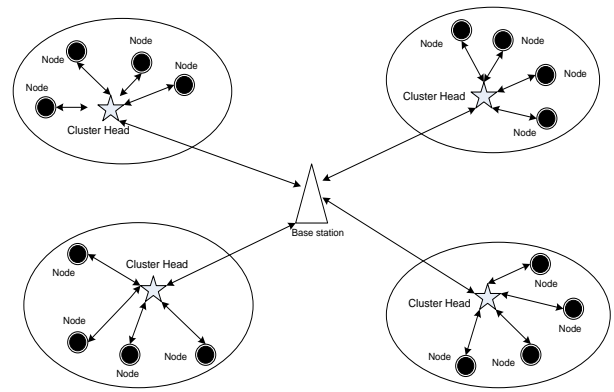


Gambar 3 *Layered Architecture*

Node di dalam setiap lapisan (*layer*) dibedakan berdasarkan jumlah lompatan komunikasi yang dibutuhkan oleh paket-paket informasi untuk mencapai *base station*. Pada arsitektur ini *node* pada satu lapisan akan menjadi *repeater* bagi *node-node* pada lapisan di bawahnya.

Clustered Architecture^[5]

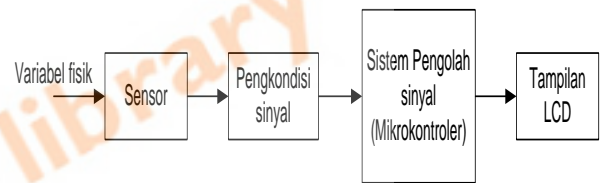
Jaringan sensor dalam bentuk *clustered architecture* terdiri dari sebuah *base station* yang terhubung dengan sejumlah *node* yang berperan sebagai *cluster head*. *Cluster head* memiliki dua tugas, pertama adalah melakukan komunikasi dengan seluruh *node* yang ada di dalam kelompoknya, dan kedua adalah melakukan komunikasi ke luar dari kelompoknya yaitu dengan *base station*. Arsitektur ini dapat mengurangi terjadinya delay komunikasi seperti yang dapat terjadi pada *layered architecture*. Berikut ini adalah gambar dari konfigurasi *clustered architecture*.



Gambar 4 *Clustered Architecture*

PERANCANGAN SISTEM

Sistem pada penelitian ini merupakan pengembangan dari modul primitif sensor pada umumnya, seperti blok diagram pada gambar 5.

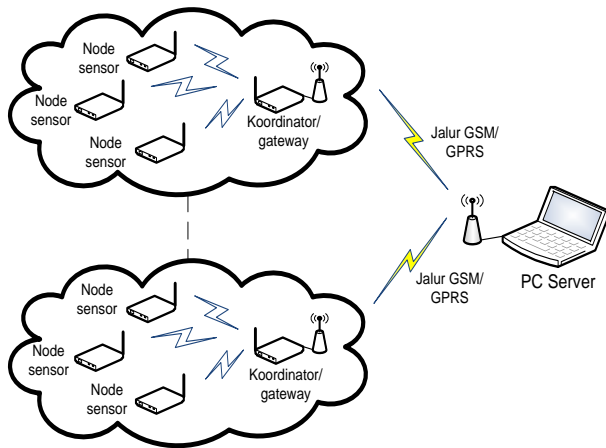


Gambar 5 Blok diagram modul sensor

Dari modul primitif sensor tersebut dilakukan sejumlah pengembangan, menjadi sistem JSN. Adapun pengembangan yang dilakukan pada sistem ini adalah:

- Pada modul primitif sensor ditambahkan *interface* komunikasi.
- Penambahan modul *concentrator node* yang terpisah dari modul *sensor node*.
- Komunikasi data antar *node sensor* dengan *concentrator node* dilakukan secara nirkabel.
- Penggunaan modem GSM pada bagian *concentrator node*, agar jaringan yang terbentuk dapat lebih besar.
- Penambahan komputer sebagai *master station* sebagai *server* basis data.

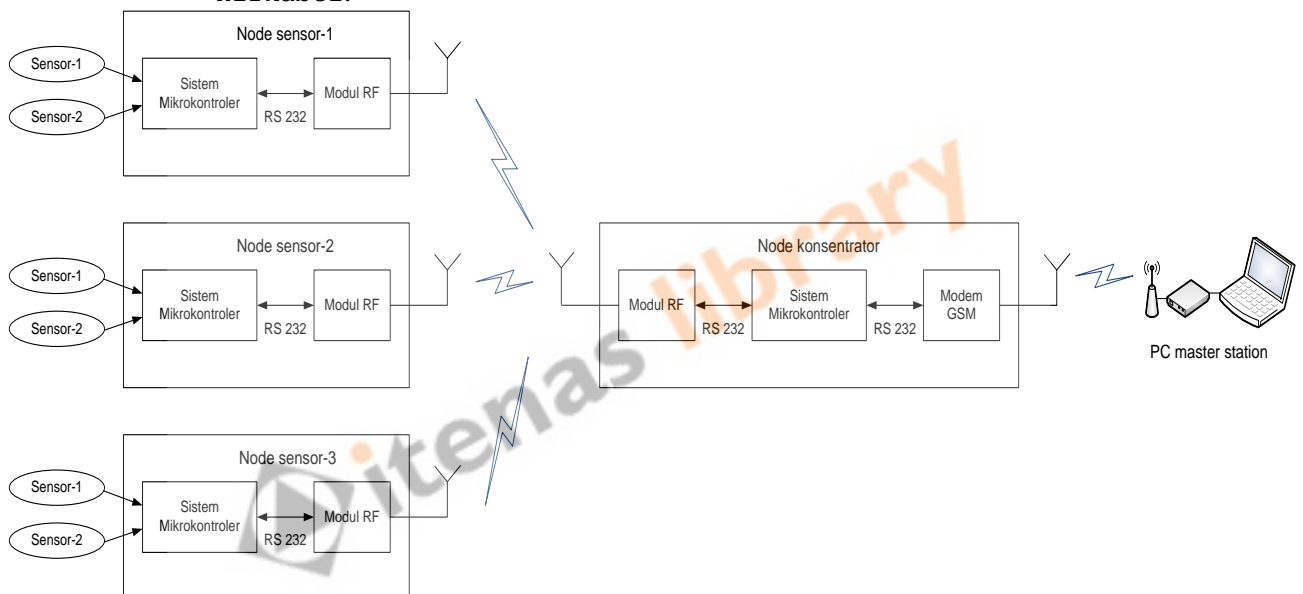
Perancangan prototipe sistem pemantauan yang dibuat pada penelitian ini berdasarkan ilustrasi sederhana seperti pada Gambar 6:



Penelitian ini mengimplementasikan satu *cluster* JSN dengan satu *concentrator node* dan tiga *sensor node* dalam topologi star. Dengan perancangan dan implementasi prototipe sistem ini, diharapkan selanjutnya dapat dikembangkan membentuk jaringan sensor nirkabel seperti ilustrasi pada Gambar 6.

Berikut ini adalah blok diagram sistem monitoring berbasis jaringan sensor nirkabel yang direalisasikan.

Gambar 6 Ilustrasi sederhana arsitektur jaringan sensor nirkabel.



Gambar 7 Blok diagram sistem monitoring parameter tanah

Deskripsi umum sistem seperti yang digambarkan pada blok diagram Gambar 7 dapat diuraikan sebagai berikut:

- *Sensor node* yang membentuk topologi star ini disebar pada beberapa titik yang masih berada pada jarak jangkauan transmisi Xbee-PRO RF.
- *Sensor node* selalu mengirimkan paket data menuju *concentrator node*.
- Pengiriman paket data pada *concentrator node* dapat dilakukan dalam 2 mode, secara langsung dan dengan menampung datanya terlebih dahulu.

Adapun spesifikasi dari sistem secara keseluruhan adalah:

1. Sistem bekerja secara *wireless*.
2. Sistem dengan satu *cluster* jaringan sensor nirkabel berbentuk PAN.
3. Sistem diimplementasikan dengan 3 *sensor node* dan 1 *concentrator node*.
4. Komunikasi bersifat *point to point*.
5. Transmisi data antara *concentrator node* dengan *master station* melalui koneksi GSM.
6. Jarak maksimum transmisi di luar ruangan antara 2 node, berdasarkan spesifikasi komponen Xbee-PRO yang dipakai adalah 1,5 km (*line of sight*).
7. Data sensor yang dikirimkan berbentuk paket data.

- Pengiriman paket data menuju *master station* berbasis SMS.

REALISASI SISTEM

Realisasi Perangkat Keras Sistem

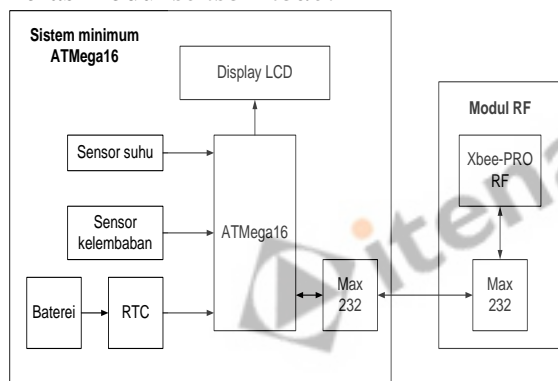
Realisasi perangkat keras sistem dilakukan untuk modul *sensor node* dan *concentrator node*. Kedua modul ini dilengkapi dengan modul Xbee-PRO RF sebagai *interface* komunikasinya.

Modul Sensor Node

Komponen utama dari perangkat keras *sensor node* ini adalah :

- Sensor suhu dan sensor kelembaban tanah.
- Mikrokontroler ATmega16.
- Modul RTC.
- Display LCD.
- Modul Xbee-PRO RF.

Berikut adalah blok diagram perangkat keras modul *sensor node*:



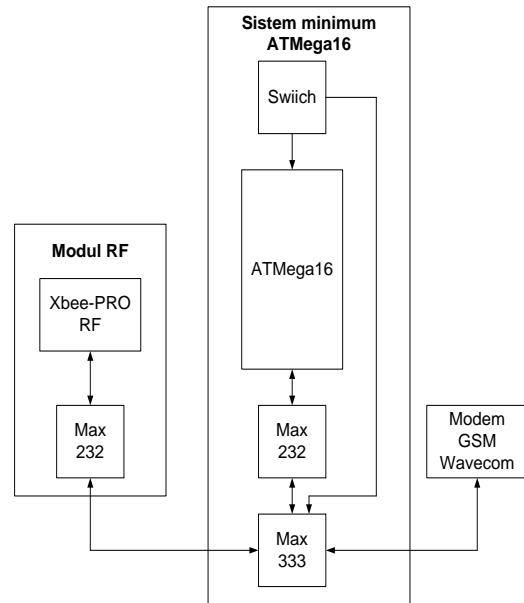
Gambar 8 Blok diagram modul *sensor node*

Modul Concentrator Node

Komponen utama modul *concentrator node* ini adalah :

- Mikrokontroler ATmega16.
- Switch ON/OFF.
- IC Max232.
- IC Max333.
- Modul Xbee-PRO RF.
- Modem GSM wavecom.

Blok diagram perangkat keras yang direalisasikan adalah sebagai berikut:



Gambar 9 Blok diagram modul *concentrator node*

Realisasi Perangkat Lunak Sistem

Perangkat lunak direalisasikan untuk bagian *sensor node* dan *concentrator node*.

Modul Sensor Node

Perangkat lunak pada bagian *sensor node* merupakan program yang dibuat untuk membaca data suhu dan kelembaban tanah, membaca data waktu serta mengirimkan keseluruhan data tersebut menuju *concentrator node*. Data yang dikirimkan disusun dalam satu paket data dengan format sebagai berikut:

"("	Node	Suhu	Kelembaban	Waktu	Kalender)"
1 byte	2 byte	2 byte	2 byte	6 byte	6 byte	1 byte

Gambar 10 Format paket data sensor

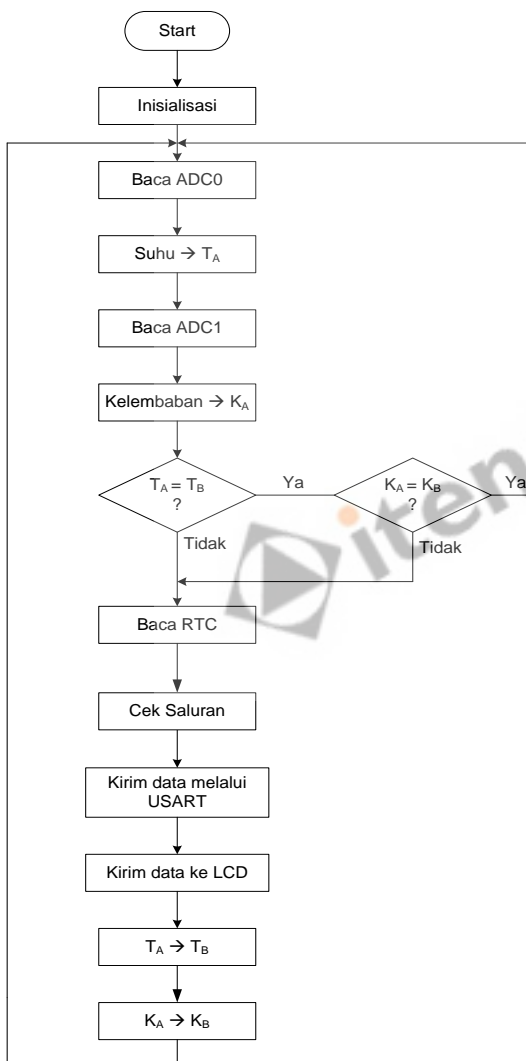
Format data tersebut terdiri dari:

- <“(>, tanda kurung buka digunakan sebagai tanda awal paket data.
- <Node>, menunjukkan identitas *sensor node* yang mengirimkan paket data dan diakhiri tanda titik dua (“:”).
- < D1 >, merupakan data pengukuran suhu yang terdiri dari 2 byte.
- < D2 >, merupakan data pengukuran kelembaban yang terdiri dari 2 byte.

- < Waktu >, terdiri dari data jam, menit, detik.
- < Kalender >, terdiri dari data tanggal, bulan dan tahun.
- < “)” >, tanda kurung tutup sebagai tanda akhir dari paket data.

Paket data selalu diawali dengan tanda “(“ dan diakhiri dengan tanda “)”, sehingga satu paket data berjumlah 20 karakter/byte. 2

Gambar 11 berikut ini menunjukkan diagram alir dari perangkat lunak untuk modul *sensor node*.



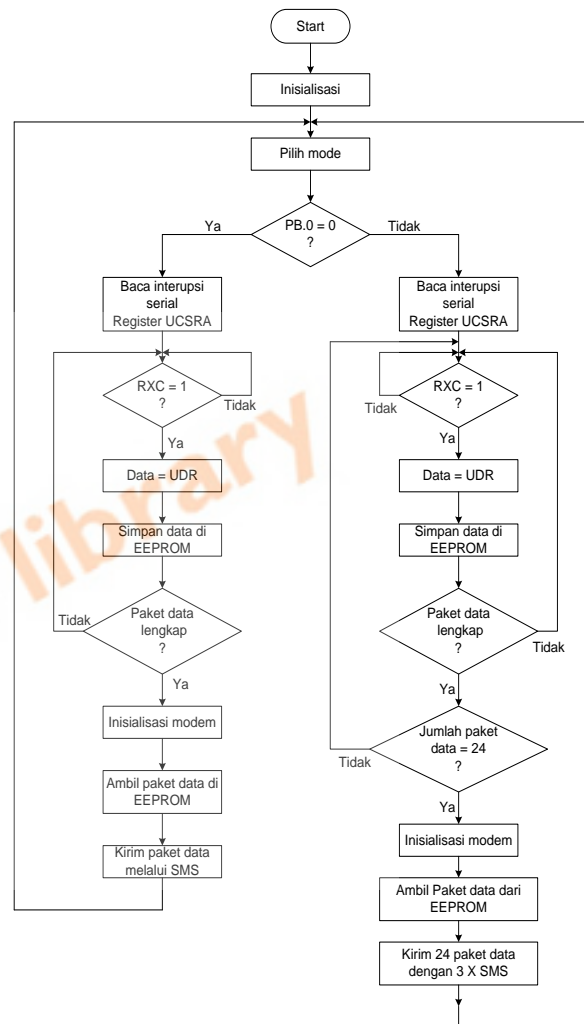
Gambar 11 Diagram alir modul *sensor node*

Modul Concentrator Node

Perangkat lunak *concentrator node* merupakan program untuk mengatur

proses penerimaan data dari *sensor node* dan proses pengiriman data menuju *master station*. Program pada *node* ini dibuat dalam 2 mode yang dapat dipilih melalui switch.

Gambar 12 menjelaskan diagram alir dari perangkat lunak modul *concentrator node*.



Gambar 12 Diagram alir modul *concentrator node*

PENGUJIAN DAN ANALISIS

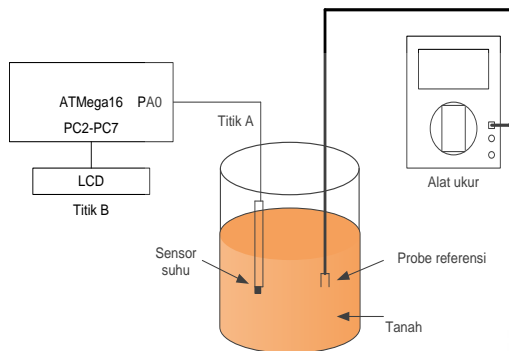
Pengujian dan analisis dilakukan untuk mengetahui sejauh mana sistem monitoring yang dikembangkan dapat bekerja dengan baik, sesuai dengan yang diharapkan, yaitu mendapatkan informasi parameter suhu dan kelembaban tanah yang tersebar secara cepat, akurat serta dapat diamati tanpa terbatas oleh jarak

melalui jaringan GSM (tergantung operator yang digunakan).

Pengujian dan Analisis Sensor Suhu dan Sensor Kelembaban Tanah

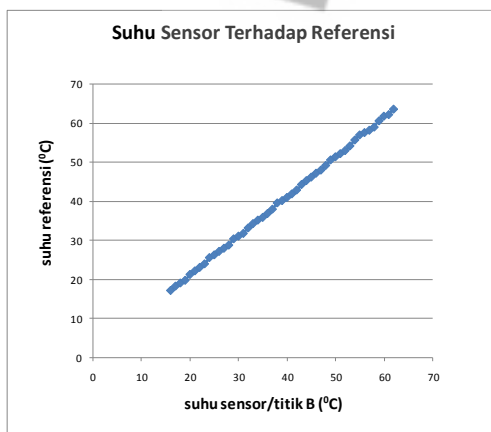
Pengujian ini dimaksudkan untuk melihat kemampuan sensor dalam mendeteksi parameter suhu dan kelembaban tanah.

Pengujian blok sensor suhu yang dilakukan bertujuan untuk membandingkan data suhu pada sistem yang dibuat dengan referensi dari alat ukur. Pengujian ini dilakukan dengan cara pendekatan sebagai berikut :



Gambar 13 Cara pengujian blok sensor suhu

Hasil pengujian blok sensor suhu:

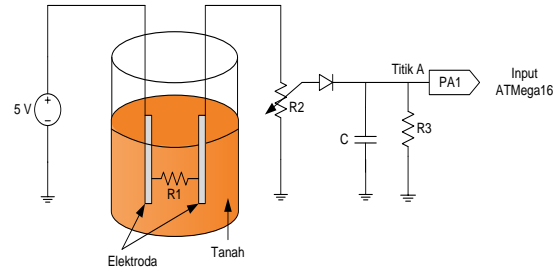


Gambar 14 Grafik suhu sensor terhadap suhu referensi

Dari hasil pengujian di dapatkan output sensor suhu sistem yang linier

terhadap suhu referensi dari alat ukur dengan jenis *thermocouple*.

Pengujian blok sensor kelembaban dilakukan dengan cara pendekatan berikut:



Gambar 15 Cara pengujian blok sensor kelembaban

Pengujian ini dimaksudkan untuk melihat hubungan tegangan output sensor terhadap kelembaban tanah. Kelembaban tanah dikondisikan dengan menambahkan air ke dalam tanah. Hasil pengukuran dibandingkan dengan konsep dasar dari rangkaian sensor kelembaban yang dibuat.

Tabel 1 Data hasil pengukuran sensor kelembaban

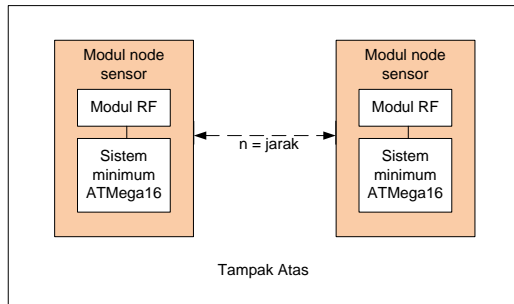
No.	Volume air dalam tanah (ml)	Titik Pengukuran	
		A (V)	B (Nilai Desimal)
1	0	1,90	53
2	100	2,60	72
3	200	2,78	77
4	300	2,87	80
5	400	2,98	82
6	500	3,08	86
7	600	3,16	88
8	700	3,25	90
9	800	3,26	90
10	900	3,30	91
11	1000	3,30	91

Dari hasil pengujian didapatkan hubungan bahwa besarnya kelembaban tanah sebanding dengan besarnya tegangan output sensor. Hal ini telah sesuai dengan konsep rangkaian pembagi tegangan yang digunakan sebagai rangkaian sensor kelembaban.

Pengujian Kualitas Jaringan

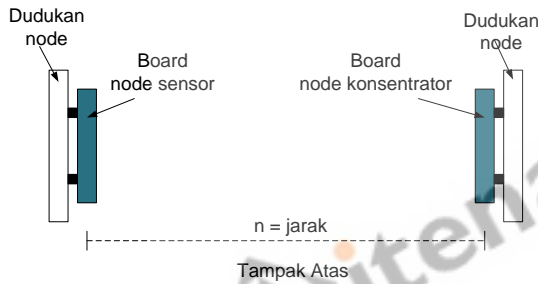
Pengujian dilakukan pada daerah *Line of Sight* (LOS). Pengujian dilakukan untuk beberapa posisi berikut:

1. Pengujian A, pada pengujian ini komunikasi pada kedua *node* secara vertikal.



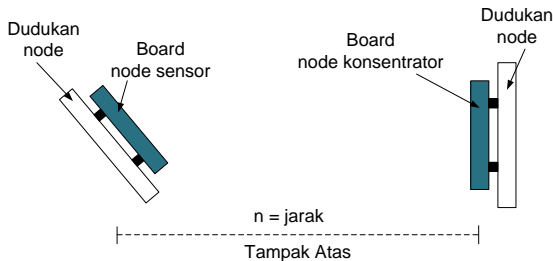
Gambar 16 Posisi *sensor node* pengujian A

2. Pengujian B, pada pengujian ini komunikasi antar 2 *node* dilakukan secara horizontal.



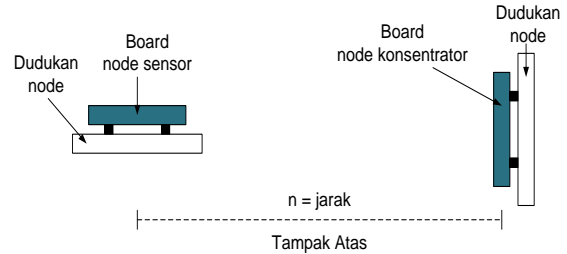
Gambar 17 Posisi *sensor node* pengujian B

3. Pengujian C, komunikasi dilakukan secara horizontal, dengan *sensor node* diputar 45° terhadap sumbu. Hal ini dimaksudkan untuk memperoleh posisi kemiringan terhadap *node* konsentrator.



Gambar 18 Posisi *sensor node* pengujian C

4. Pengujian D, pada pengujian ini komunikasi dilakukan secara horizontal, dengan *sensor node* diputar 90° terhadap sumbu, seperti gambar berikut :



Gambar 19 Posisi *sensor node* pengujian D

Dari keseluruhan posisi pengujian didapatkan estimasi kualitas jaringan, dengan melihat rasio ataupun persentase antara paket data yang diterima dengan baik terhadap paket data yang dikirimkan.

Tabel 2 Persentase paket data valid pengujian A

No.	Jarak (m)	Paket data yang dikirim	Paket data valid	
			Jumlah	%
1	50	50	50	100
2	100	50	50	100
3	150	50	50	100
4	200	50	48	96

Tabel 3 Persentase paket data valid pengujian B

No.	Jarak (m)	Paket data yang dikirim	Paket data valid	
			Jumlah (paket data)	%
1	50	50	50	100
2	100	50	50	100
3	150	50	50	100
4	200	50	50	100
5	250	50	50	100
6	300	50	50	100
7	350	50	50	100
8	400	50	50	100
9	450	50	49	98
10	500	50	49	98
11	550	50	48	96
12	600	50	49	98

Tabel 4 Persentase paket data valid pengujian C

No.	Jarak (m)	Paket data yang dikirim	Paket data valid	
			Jumlah (paket data)	%
1	50	50	50	100
2	100	50	50	100
3	150	50	50	100
4	200	50	50	100
5	250	50	50	100
6	300	50	49	98
7	350	50	50	100
8	400	50	49	98
9	450	50	49	98
10	500	50	47	94
11	550	50	45	90
12	600	50	43	86

Tabel 5 Persentase paket data valid pengujian D

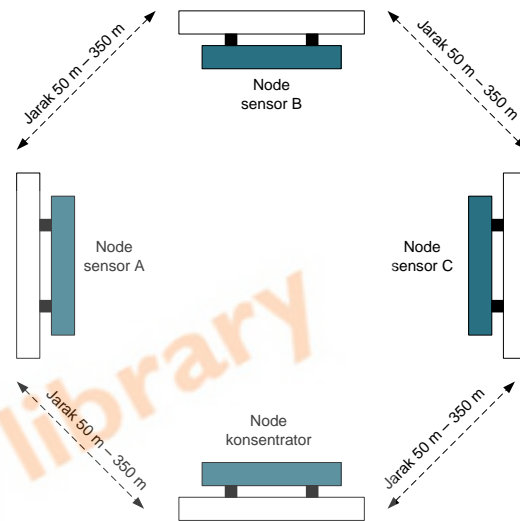
No.	Jarak (m)	Paket data yang dikirim	Paket data valid	
			Jumlah (paket data)	%
1	50	50	50	100
2	100	50	50	100
3	150	50	50	100
4	200	50	49	98
5	250	50	49	98
6	300	50	49	98
7	350	50	48	96
8	400	50	43	86
9	450	50	33	66

Dari keseluruhan hasil pengujian kualitas jaringan untuk penerimaan paket data valid, maka pengujian dengan posisi

saling berhadapan pada pengujian B merupakan posisi yang paling optimum.

Pengujian Dan Analisis Keseluruhan Sistem

Pada pengujian ini sistem diintegrasikan secara keseluruhan dan paket data dikirimkan menggunakan format SMS ke komputer *master station*. Pengujian dilakukan dengan skenario pendekatan seperti pada gambar 20.



Gambar 20 Pengujian keseluruhan node sistem pada daerah LOS

Keempat *node* diletakkan membentuk bidang seperti pada Gambar 21, dengan jarak antar *node* yang diubah-ubah dari 50 m sampai 350 m.

Berikut adalah hasil pengujian dari keseluruhan *node* sistem pada daerah LOS.

Tabel 6 Persentase paket data valid keseluruhan *node* sistem pada daerah LOS

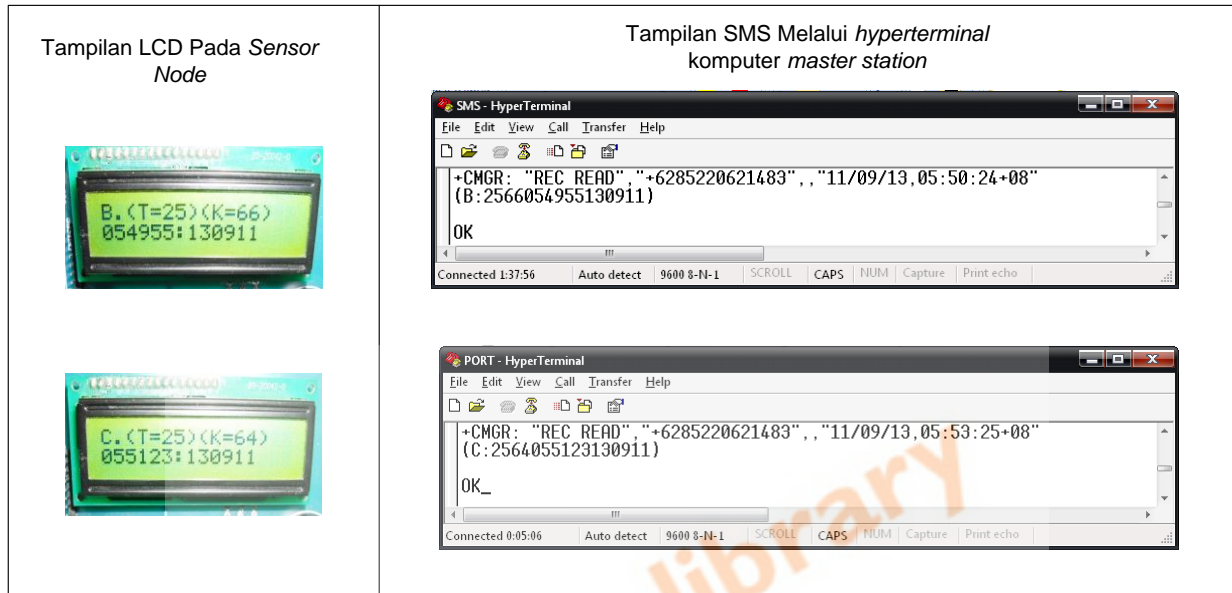
Jarak (m)	Paket data dari masing-masing node sensor	Paket data valid					
		Dari Node A		Dari Node B		Dari Node C	
		Jumlah	%	Jumlah	%	Jumlah	%
50	50	50	100	50	100	50	100
100	50	50	100	50	100	50	100
150	50	49	98	50	100	50	100
200	50	50	100	50	100	50	100
250	50	49	98	50	100	49	98
300	50	49	98	49	98	47	94
350	50	49	98	50	100	49	98

Pengujian Pengiriman Data

Pengujian ini dilakukan untuk melihat data yang dikirimkan dari *sensor node* dengan data yang diterima pada *master station*. Hasil pengujian dapat dilihat melalui tampilan LCD pada *sensor node* sebagai pengirim, kemudian hasil

pada bagian penerima ditampilkan melalui *hyperterminal* dari komputer *master station*. Paket data yang diterima pada *hyperterminal master station* merupakan format teks SMS.

Berikut adalah hasil pengujian yang telah dilakukan.



Gambar 21 Hasil pengujian pengiriman data

Analisis Kapasitas Memori Data Logger

Memori data yang digunakan pada *concentrator node* adalah memori internal dari mikrokontroler ATmega16 yang digunakan. Kapasitas memori internal ini adalah 512 byte. Sementara paket data sesuai format pada Gambar 11 berjumlah 20 byte. Paket data pada memori dibatasi hanya untuk 24 paket data, hal ini berhubungan dengan kemampuan modem GSM dalam mengirimkan karakter dalam satu kali SMS. Dalam satu kali SMS jumlah karakter yang dapat dikirimkan adalah 160 karakter, maka paket data yang dapat dikirimkan dalam satu kali SMS adalah 8 paket data. Sehingga jika jumlah paket data pada memori dibatasi hanya sebanyak 24 paket data, maka seluruh paket data tersebut dapat dikirimkan dengan 3 kali SMS.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari keseluruhan tahapan yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan berikut:

1. Blok sensor suhu dan kelembaban tanah telah berfungsi dengan baik, karena mampu bekerja sesuai dengan yang diinginkan. Sensor suhu bersifat linier terhadap suhu dari referensi, serta memiliki rata-rata error antara temperatur pada sistem dengan temperatur pada alat ukur sebesar $1,13^{\circ}\text{C}$. Sedangkan untuk sensor kelembaban, semakin lembab tanah, semakin bertambah nilai tegangan output sensor, sesuai dengan konsep dasar rangkaian sensor yang digunakan.

2. Pada daerah LOS, komunikasi data dapat berlangsung dalam jarak yang cukup jauh. Posisi *node* pada pengujian B adalah posisi yang paling optimum. Namun untuk posisi lainnya masih cukup baik untuk jarak-jarak tertentu.
3. Dari keseluruhan pengujian pengiriman paket data, maka posisi modul RF dan jarak antara 2 modul RF akan mempengaruhi kualitas jaringan dalam hal penerimaan paket data.
4. Pengujian untuk pengiriman data dapat dilakukan dengan baik, karena sistem sudah dapat mengirimkan data sensor dari *sensor node* sampai ke *master station* melalui \ dalam format SMS.
5. Dengan kapasitas memori data sebesar 512 byte, maka paket pengiriman seluruh isi memori ini dapat dilakukan dalam 3 kali SMS.

Saran

1. Untuk pengukuran yang memerlukan jarak yang cukup jauh, dengan jarak pengukuran di luar jarak jangkauan dari modul RF yang digunakan, dapat diatasi dengan membuat sistem jaringan secara multihop. Namun dengan sistem ini perlu diperhatikan pula masalah delay yang akan terjadi.
2. Pada sistem yang dikembangkan ini paket data baru ditampilkan pada hyperterminal, sehingga untuk mempermudah melihat informasi datanya perlu ditambahkan program aplikasi untuk tampilan data pada komputer *master station*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Chris Town, S., dan Steven, A. 2004. *Wireless Sensor Network, Principle and Application*. MicroStrain Inc. Chapter 22. 439 – 488.
2. Casias, J.F. 2007. Performance of Wireless Unattended Sensor Networks In Maritime Applications. Master's Thesis. Naval Postgraduate school. Monterey. California.
3. Holger, K. 2005. *Protocols and Architectures for wireless Sensor Network*. John Wiley and Sons. Canada
4. Jason , L. 2003. *System Architecture for Wireless Sensor Network*, Dissertation. University of California. Berkeley.
5. Mark E. Tingle. 2005. *Performance Evaluation of Prototyped Wireless Ground Sensor Network*. Master's Thesis. Naval Postgraduate school. Monterey. California.
6. Sawant, R.P. 2007. *Wireless Sensor Network Testbed : Measurement and Analysis*. Thesis. The University of Texas at Arlington.
7. Valada, A., Kohanbash,D., dan Kantor, G. 2010. *Designed Development of A Wireless Sensor Network System for Precision Agriculture*, Carnegie Mellon University, Pennsylvania