

Sistem Akuisisi Data *Multi Node* untuk Irigasi Otomatis Berbasis *Wireless Sensor Network*

Chaerur Rozikin¹, Heru Sukoco², Satyanto Krido Saptomo³

Abstract—Watering plants is one of farmer's activities. Most of Indonesian farmers use traditional watering method to water plants. It causes water productivity unmanaged properly and soil moisture level can not be monitored. To resolve these problems, an automatic watering system is developed. This system uses soil moisture sensors which provide real-time data. Data from multiple sensor node will be transmitted through wireless sensor network. LED in actuator node will turn on or off based on lower and upper set point values transmitted from coordinator node. Soil moisture sensors are calibrated using groundwater level to obtain correlation between sensor and groundwater level. Delay, throughput, and packet loss ratio are measured and result 0.2 seconds, 1.6 kbps, and 1.6%, respectively. These values showed that all automatic watering system were well implemented.

Intisari—Salah satu aktivitas petani adalah mengairi tanaman. Sebagian besar petani Indonesia menggunakan teknik pengairan tradisional dalam mengairi tanaman, sehingga produktivitas air tidak terkelola dengan baik dan tingkat kelembaban tanah tidak termonitor. Untuk menyelesaikan permasalahan ini, dikembangkan suatu sistem irigasi otomatis. Sistem ini menggunakan sensor kelembaban tanah. Data diperoleh dari sensor secara *real time*. Data nilai sensor dari beberapa *node* sensor dikirimkan ke *node* koordinator melalui *wireless sensor network* (WSN). LED yang ada pada *node* aktuator akan menyala dan mati berdasarkan nilai *lower setpoint* dan *upper setpoint* yang dikirim dari *node* koordinator. Sensor kelembaban tanah telah dikalibrasi dengan kadar air tanah untuk mendapatkan hubungan antara nilai sensor dan kadar air tanah. Dari pengukuran, diperoleh nilai tunda, lantasan, dan *packet loss ratio*, yaitu tunda 0,2 detik, lantasan 1,6 kbps, dan *packet loss ratio* 1,6%, yang artinya semua sistem irigasi otomatis yang telah diimplementasikan berjalan dengan baik.

Kata Kunci— *node*, sensor, WSN, irigasi, lantasan, tunda.

I. PENDAHULUAN

Air konsumtif sebagian besar digunakan untuk pengairan atau irigasi. Kebutuhan air konsumtif pada tahun 2010 terbagi

menjadi beberapa bagian, yaitu untuk irigasi 89%, RKI (rumah tangga, perkotaan dan industri) 4%, peternakan 0,2%, dan perikanan 7% [1]. Kebutuhan air untuk irigasi sebagian besar belum dikelola dengan teknologi sistem irigasi berbasis komputer untuk memudahkan pengelolaan air dan membantu memonitor kelembaban tanah. Kebutuhan air setiap tahun meningkat sedangkan pasokan air setiap tahun berkurang, sehingga perlu dicari solusi dari permasalahan tersebut. Solusinya yaitu perlu dilakukan manajemen irigasi atau sistem irigasi yang tepat [2]. Sistem irigasi digunakan untuk pengaturan penyiraman tanaman sesuai dengan kondisi tanah dan ketersediaan air irigasi. Pada dasarnya, sistem irigasi terbagi menjadi tiga sistem, yaitu irigasi permukaan (*surface irrigation*), irigasi curah (*sprinkler irrigation*), dan irigasi mikro atau irigasi tetes [3].

Ketiga sistem irigasi tersebut masih belum menggunakan teknologi komputer sebagai acuan dalam penyaluran air irigasi ke tanaman. Akibatnya, air tidak terkelola dengan baik dan tidak bisa membantu dalam memonitor tingkat kelembaban tanah [4]. Teknologi komputer dalam irigasi berfungsi untuk mengatur dan mengawasi penyaluran air irigasi ke tanaman secara otomatis, agar volume air yang disalurkan ke tanaman sesuai dengan kebutuhan tanaman dan kondisi kelembaban tanah. Penggunaan teknologi komputer pada sistem irigasi otomatis terdiri atas program aplikasi komputer dan teknologi pengiriman data. Program aplikasi komputer pada sistem irigasi berfungsi sebagai *tools* pengawasan dan pengaturan air irigasi ke tanaman secara otomatis, sedangkan teknologi pengiriman data pada prakteknya menggunakan dua teknologi yaitu seluler (GSM) dan *wireless sensor network* (WSN) [5].

Penelitian yang berkaitan dengan sistem irigasi otomatis dengan teknologi komputer telah banyak dilakukan oleh para peneliti. Sebuah penelitian melakukan penjadwalan irigasi secara *real time* dengan menggunakan sensor tanah, sensor termokopel, *circuit board sensor*, *radio frekuensi identifier* (RFID), dan laptop sebagai *server* [6]. Sensor yang sudah terhubung dengan *circuit board* yang dilengkapi dengan RFID disebar ke beberapa titik/*node* untuk membaca kondisi kelembaban tanah di lahan pertanian dan data hasil bacaan diproses oleh *circuit board* kemudian dikirimkan ke *server*, dalam hal ini laptop melalui media komunikasi RFID.

Studi lainnya merancang sistem *software user friendly* yang berfungsi mengatur penggunaan air untuk menyiram tanaman [7]. Dalam sistem ini ada tiga subsistem yaitu *machine conversion* (konversi mesin), *localization* (lokalisasi), dan *mission planning*. Cara kerja sistem ini yaitu pertama mengonversi mesin sistem irigasi secara otomatis dari sistem mekanik dan hidrolik secara konvensional ke sistem pengendali secara elektronik yang berfungsi sebagai alat

¹Dosen, Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Singaperbangsa Karawang, Alamat: Jalan HS. Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Kabupaten Karawang, Jawa Barat 41361 INDONESIA (telp: 0267-641177; fax 0267-641367; e-mail: chaerur.rozikin@staff.unsika.ac.id)

²Dosen, Departement Ilmu Komputer FMIPA Fakultas Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Alamat: Jl Meranti Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680 INDONESIA, (telp: 0251-8625481; fax: 0251-8625708; e-mail: hsrkom@ipb.ac.id)

³Dosen, Departemen Teknik Sipil Dan Lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor, Address: Jl Meranti Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680 INDONESIA, (telp:0251-8625481; fax 8625708;e-mail: saptomo@ipb.ac.id)

pengendali utama penyiram tanaman. Kemudian pengendali elektronik memiliki kemampuan secara berkelanjutan untuk memonitor sistem irigasi di lokasi yang berbeda. Subsystem lain berfungsi sebagai mesin kendali yang bisa mengaksess navigasi. Kemudian, sistem *mission planning* dapat memutuskan seberapa banyak air yang dibutuhkan untuk menyiram tanaman, sesuai dengan data yang diterima dari mesin pengendali elektronik. Peralatan yang digunakan dalam studi ini adalah *soil water reflectometers, soil temperature sensor, bluetooth radio transmitter, 12-V battery, solar panel*, dan komputer. Penelitian untuk mengetahui presisi atau ketepatan sensor kelembaban tanah dengan mengukur *volumetric water content* juga telah dilakukan [8]. Objek yang diukur yaitu hubungan *volumetric* dengan nilai kelembaban sensor, proporsi kuantitas pengaturan air irigasi, dan seberapa besar volume air yang boleh dan tidak boleh di distribusikan. Untuk mengukur volume air digunakan sensor dari merk Aclima, Rain Bird, Irrrometer, dan Water Watcher. Peneliti lain melakukan penelitian tentang akuisisi data irigasi menggunakan sensor tanah untuk membaca kondisi tanah di lahan pertanian, yang menghasilkan data analog, kemudian diolah menggunakan *micro controller unit* (MCU) Arduino Uno menjadi data digital [9]. Data dari MCU Arduino Uno dikirimkan ke *server*, dalam hal ini *personal computer* (PC) melalui komunikasi nirkabel menggunakan modul Xbee Series 1. Sensor yang digunakan hanya satu sensor, sehingga kurang mewakili kondisi kelembaban tanah di lahan pertanian tersebut.

Pada umumnya, sistem irigasi otomatis terdiri atas subsistem pendukung, yaitu *node* sensor, *node* aktuator, *gateway*, dan aplikasi pemantauan [10]. Pada penelitian dalam makalah ini, *node* sensor terdiri atas sensor kelembaban tanah, Arduino Leonardo, Xbee Series 2, dan baterai. *Node* aktuator terdiri atas Arduino Leonardo, Xbee Series 2, dan LED. *Gateway* terdiri atas Raspberry Pi, *modem*, dan Xbee Series 2, sedangkan aplikasi pemantauan merupakan program yang akan dikembangkan. Tujuan yang akan dicapai adalah membangun sistem akuisisi data yang andal dengan mengukur parameter-parameter sistem akuisisi data, seperti menguji kalibrasi nilai sensor terhadap kadar air tanah, serta menguji *quality of service* (QoS), yaitu tunda (*delay*), *jitter*, *packet lost ratio*, dan lantasan (*throughput*).

Tahapan-tahapan yang dilakukan adalah pengumpulan data literatur, perancangan prototipe akuisisi data, perancangan sistem akuisisi data, perancangan aplikasi pemantauan, dan analisis unjuk kerja sistem. Tahapan ini dilakukan untuk mengembangkan sistem akuisisi data kondisi kelembaban tanah di lahan pertanian, baik dari segi perancangan perangkat keras maupun perangkat lunak.

II. METODOLOGI

Metodologi yang dilakukan meliputi pengumpulan data, identifikasi kebutuhan baik perangkat keras maupun lunak, dan tahap pengembangan sistem akuisisi data irigasi otomatis. Identifikasi kebutuhan perangkat keras sudah ditentukan. Detail kebutuhan perangkat lunak disajikan pada Tabel I.

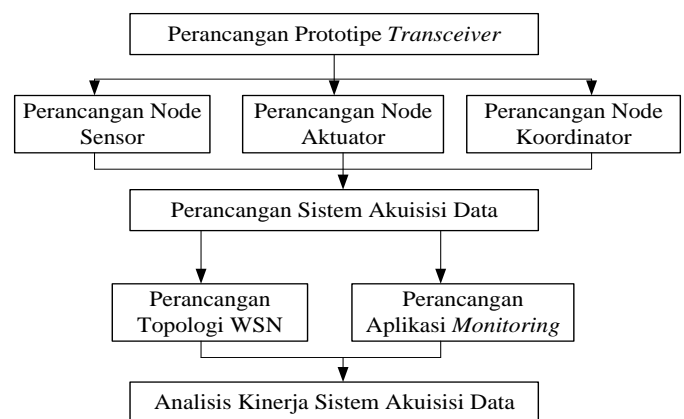
Selain identifikasi kebutuhan perangkat keras, dibutuhkan juga perangkat lunak untuk mengembangkan aplikasi

pemantauan irigasi untuk lahan pertanian. Kebutuhan perangkat lunak meliputi PHP versi 5.1, MySQL, X-CTU, sketch, xampp, Notepad ++, dan Whezy linux Raspberry Pi.

Selanjutnya, pada tahap pengembangan sistem akuisisi data, dilakukan beberapa tahap seperti ditunjukkan pada Gbr. 1.

TABEL I
KEBUTUHAN PERANGKAT KERAS

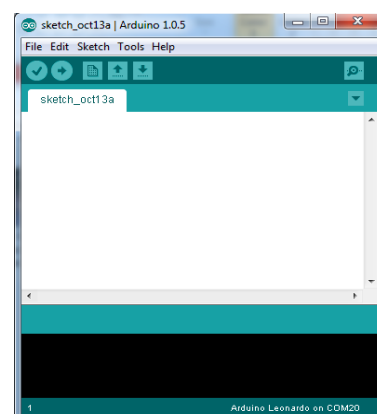
No	Nama Alat	Jumlah
1	Arduino Leonardo With Xbee R3(SKU:DFR0221)	4 unit
2	Sensor Kelembaban Tanah (SKU:SEN0114)	3 unit
3	Modul Xbee Series 2	4 unit
4	Raspberry Pi	1 unit
5	Xbee USB Adapter	1 unit
6	Power Supply	4 unit
7	Kabel	-
8	Led	3 Unit
9	Pot Tanaman	1 buah
10	Oven	1



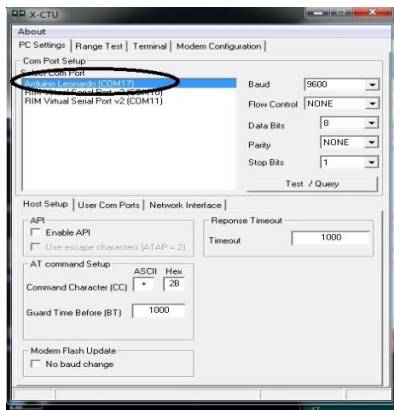
Gbr. 1 Tahapan yang dilakukan.

A. Perancangan Prototipe Transceiver

Pada tahapan ini dirancang prototipe *node* sensor, *node* aktuator, dan *node* koordinator. Selanjutnya prototipe tersebut diprogram menggunakan perangkat lunak Sketch Arduino seperti ditunjukkan pada Gbr. 2. Kemudian program ditanamkan ke *board* Arduino Leonardo agar berfungsi sesuai dengan prototipe yang telah dirancang.



Gbr. 2 Perangkat lunak Sketch.



Gbr. 3 Perangkat lunak X-CTU.

TABEL III
ROUTER DAN COORDINATOR

ZigBee router		ZigBee coordinator	
Nama	Nilai	Nama	Nilai
Pan ID	123	Pan ID	123
Serial number high (SH)		Serial number high (SH)	
Serial number low (SL)		Serial number low (SL)	
Destination address high (DH)		Destination address high (DH)	
Destination address Low (DL)		Destination address low (DL)	

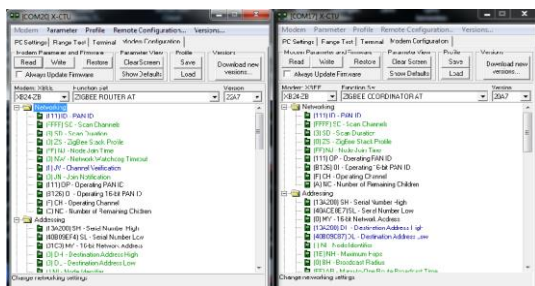
Selanjutnya, agar *transceiver* bekerja dengan baik diperlukan pengaturan pada Xbee S2 dengan menggunakan perangkat lunak X-CTU, seperti ditunjukkan pada Gbr. 3.

Secara garis besar, ada dua bagian yang memerlukan pengaturan pada Xbee S2. Yang pertama adalah pengaturan secara umum. Parameter yang diatur pada setiap *node* sensor, *node* aktuator, dan *node* koordinator harus sama agar antara satu *node* dengan *node* lainnya dapat mengirimkan dan menerima data. Parameter yang diatur meliputi *baudrate*, *flow control*, *data bits*, *parity*, dan *stop bits*. Pengaturan parameter ditunjukkan pada Tabel II.

TABEL II
PENGATURAN XBEE S2

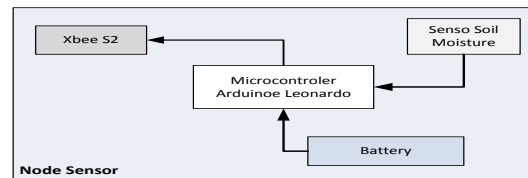
Nama	Nilai
Baudrate	115200
Flow Control	NONE
Data Bits	8
Parity	NONE
Stop Bits	1

Pengaturan kedua yaitu mengatur Xbee S2 di *node* sensor, *node* aktuator, dan *node* koordinator. Untuk *node* sensor dan *node* aktuator, Xbee S2 harus diatur sebagai *zigbee router*, sedangkan *node* koordinator harus diatur sebagai *zigbee coordinator*, seperti Gbr. 4.



Gbr. 4 Konfigurasi XBEE S2 dengan perangkat lunak X-CTU.

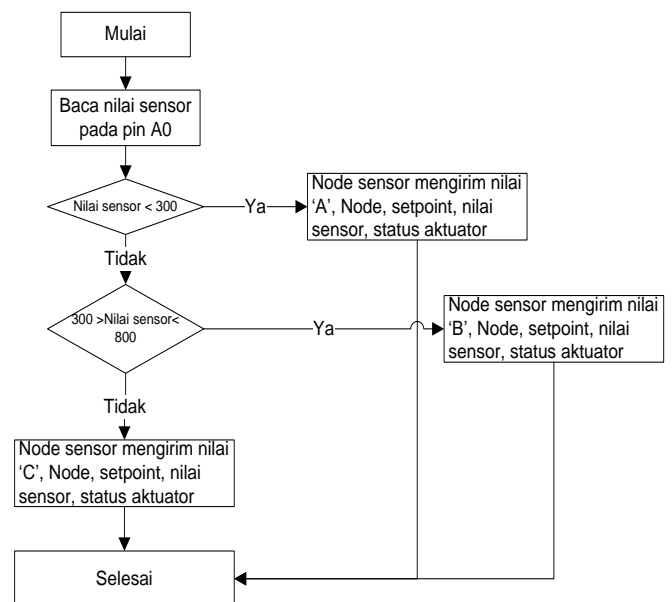
Kemudian, parameter yang harus diatur meliputi *pan ID*, *serial number high (SH)*, *serial number low (SL)*, *destination address high (DH)*, dan *destination address low (DL)* untuk *zigbee router*. Sedangkan untuk *zigbee coordinator* berbeda pengaturannya. Parameter untuk *zigbee router* dan *zigbee coordinator* ditunjukkan pada Tabel III.



Gbr. 5 Arsitektur *node* sensor.

1) *Perancangan Node Sensor*: Bagian ini terdiri atas beberapa komponen, yaitu sensor kelembaban tanah, Arduino Leonardo, baterai 5 volt, dan Xbee S2. Arsitektur *node* sensor ditunjukkan pada Gbr. 5.

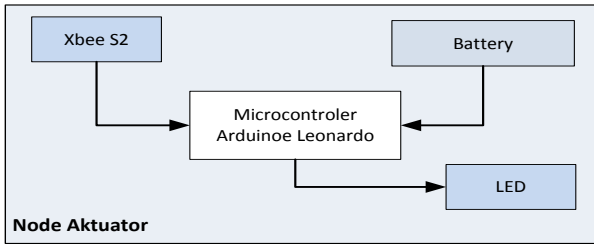
Node sensor bekerja sebagai pengambil data kelembaban tanah secara faktual dengan menggunakan sensor kelembaban tanah. Alur kerja *node* sensor disajikan pada Gbr. 6. Data yang diambil akan diberikan nilai *sensor* dengan rentang nilai 0 sampai 1023. Rentang nilai *sensor* dibagi menjadi dua bagian, yaitu *setpoint* bawah dengan nilai 300 dan *setpoint* atas dengan nilai 800. *Setpoint* berfungsi untuk menentukan status kondisi aktuator, yaitu *ON* atau *OFF*. Nilai sensor yang didapat akan dikirimkan ke *node* koordinator melalui Xbee S2.



Gbr. 6 Alur kerja *node* sensor.

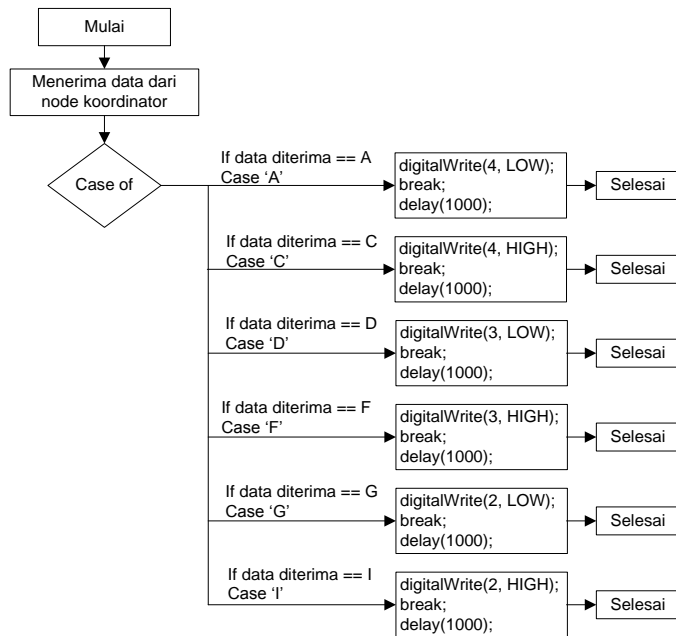
2) *Perancangan Node Aktuator*: Bagian *node* aktuator terdiri atas Arduino Leonardo, Xbee S2, baterai 5 volt, dan

LED. Dari komponen-komponen tersebut kemudian dirancang arsitektur *node* aktuator seperti yang tampak pada Gbr. 7.



Gbr. 7 Arsitektur *node* aktuator.

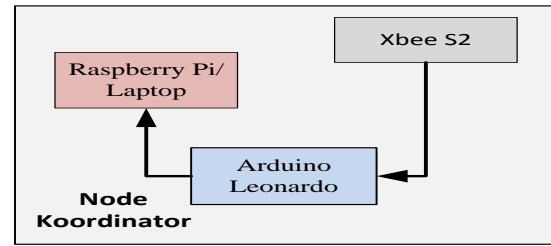
Node aktuator berfungsi untuk membuka dan menutup pipa irigasi berdasarkan nilai *setpoint* yang diterima. Alur kerja *node* aktuator ditunjukkan pada Gbr. 8. Nilai *setpoint* bawah akan memerintahkan status aktuator dalam kondisi *ON*, sedangkan *setpoint* atas akan memerintahkan status aktuator dalam kondisi *OFF*. Untuk mewakili status aktuator sebagai indikator *ON* atau *OFF* digunakan LED. LED dalam kondisi *ON* jika nilai sensor sudah menyentuh *setpoint* bawah dan dalam keadaan *OFF* jika nilai sensor melebihi *setpoint* atas.



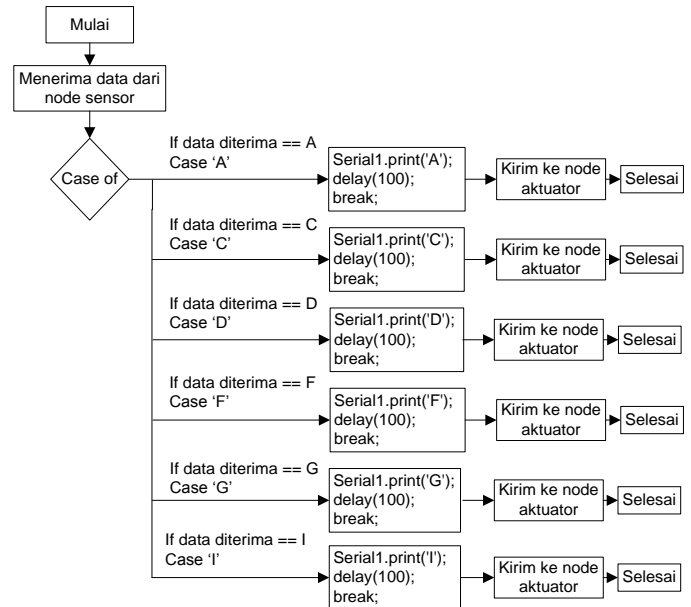
Gbr. 8 Alur kerja *node* aktuator.

3) *Perancangan Node Koordinator*: *Node* koordinator berfungsi untuk menerima setiap data yang dikirimkan oleh beberapa *node* sensor. Komponen *node* koordinator adalah Arduino Leonardo, Raspberry Pi, dan Xbee S2. Arsitektur bagian ini ditunjukkan pada Gbr. 9.

Node koordinator menerima paket data dari berbagai *node* sensor. Kemudian, paket data tersebut disimpan oleh *node* koordinator dan akan dikirimkan ke *node* aktuator. Alur kerja *node* aktuator ditunjukkan pada Gbr. 10. Paket data yang disimpan akan diolah, menggunakan pemrograman PHP dan MySQL, menjadi sistem informasi irigasi secara *real time*. Informasi yang ditampilkan berupa grafik dan tabel data tingkat kelembaban tanah.



Gbr. 9 Arsitektur *node* koordinator.



Gbr. 10 Alur kerja *node* koordinator.

B. Perancangan Sistem Akuisisi Data

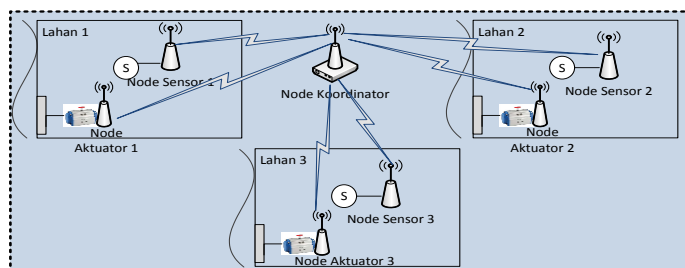
Pada bagian ini dilakukan perancangan dan penyatuan semua komponen menjadi satu kesatuan sistem yang saling mendukung menjadi sistem irigasi otomatis berbasis WSN. Pada tahapan ini dirancang dua bagian, yaitu topologi WSN dan aplikasi pemantauan kelembaban tanah.

1) *Perancangan Topologi WSN Akuisisi Data*: Fokus riset ini lebih ditekankan pada proses akuisisi data dari *node* sensor sampai ke *gateway/node* koordinator, kemudian LED yang ada di aktuator akan berubah kondisi *ON* dan *OFF* secara otomatis. *Node* sensor, *gateway/node* koordinator, dan *node* aktuator diintegrasikan dengan komponen masing-masing sehingga membentuk sistem akuisisi data. Topologi WSN yang dibangun menggunakan topologi *star*, seperti pada Gbr 11. Pada topologi ini, *node* sensor diletakkan mengelilingi *node* koordinator, sehingga *node* koordinator menjadi pusat penerima data dari *node* sensor.

2) *Perancangan Aplikasi Pemantauan*: Aplikasi pemantauan berfungsi untuk memudahkan *end user* dalam melakukan pengawasan dan penyiraman air. Perancangan ini dilakukan untuk mempermudah pengembangan aplikasi pemantauan kelembaban tanah. Aplikasi pemantauan yang dikembangkan berbasis *web* dengan menggunakan bahasa pemrograman PHP dan MySQL. Perancangan ini meliputi

format data dan tipe *file text*, rancangan antarmuka, dan rancangan basis data.

3) *Format Data dan Tipe File*: Format data merupakan struktur data yang akan dikirimkan ke *node* koordinator. *Node* koordinator akan menerima data dengan format seperti pada Tabel IV dan data akan di-*capture* dengan format *file text*.



Gbr. 11 Topologi star.

TABEL IV
FORMAT DATA

Datetime	Node	Setpoint Bawah	Setpoint Atas	Nilai	Status Aktuator
10/16/2014 5:20:42	2	300	800	286	ON
10/16/2014 5:20:43	2	300	800	867	OFF

C. Analisis Unjuk Kerja Sistem Akuisisi Data

Pada tahapan ini dilakukan pengujian sistem akuisisi data. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian di setiap *node* untuk memastikan setiap *node* berfungsi dengan baik, pengujian kadar air tanah terhadap nilai *sensor*, pengujian lantasan, tunda, dan *packet loss ratio*.

1) *Pengujian Kadar Air Tanah*: Pengujian dilakukan dengan mengambil tanah dari oven untuk ditimbang lalu dilakukan pengujian dengan sensor tanah untuk mendapatkan nilai sensor. Kemudian tanah diberi tambahan air dan dicatat nilai sensor hasil pengujian. Kadar air tanah dapat dihitung menggunakan (1) dengan V_w merupakan volume air dan V_T adalah volume tanah. Kadar air tanah dinyatakan dalam % volume. Porositas tanah didapatkan melalui (2). Porositas digunakan untuk mengetahui tingkat kepadatan tanah.

$$\theta = \frac{V_w}{V_T} \tag{1}$$

$$\phi = \frac{\text{berat tanah basa jenuh} - \text{berat taanah kering oven}}{V_T} \tag{2}$$

2) *Kalibrasi Nilai Sensor dengan Kadar Air Tanah*: Nilai sensor merepresentasikan kadar air tanah, sedangkan kadar air tanah menentukan tingkat kelembaban tanah. Dari nilai sensor dapat diketahui persentase kadar air yang terkandung dalam tanah dengan cara melakukan kalibrasi. Hasil kalibrasi sensor akan menentukan nilai *setpoint* bawah dan *setpoint* atas. *Setpoint* bawah menentukan batas kekeringan tanah yang dibolehkan untuk tanaman tertentu dan *setpoint* atas menentukan batas kelembaban yang dibolehkan untuk

tanaman tertentu. Ditetapkan *setpoint* bawah sebesar 300 dan *setpoint* atas sebesar 800.

3) *Pengujian Tunda, Lantasan, dan Packet Loss Ratio*: Digunakan tiga *node* sensor dan masing-masing *node* diukur tundanya. Dengan menggunakan (3) akan didapat tunda dari masing-masing *node* [10].

$$\text{Tunda} = \text{waktu terima} - \text{waktu kirim} \tag{3}$$

Lantasan dapat dihitung menggunakan (4) [11].

$$\text{Lantasan} = \frac{8 \cdot \text{Besar Paket Data}}{\text{Delay}} \tag{4}$$

Packet Loss Ratio dapat dihitung menggunakan (5), dengan PLR adalah *packet loss ratio* [12].

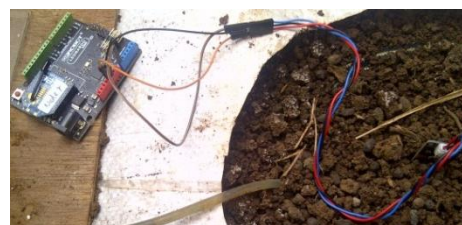
$$\text{PLR} = \sum \left(\frac{\text{Paket data dikirim} - \text{Paket data diterima}}{\text{Total paket data}} \right) \times 100 \tag{5}$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

D. Implementasi Komponen Node Sensor, Node Aktuator, dan Node Koordinator

Implementasi dan pemasangan masing-masing komponen dilakukan pada *node* sensor, *node* aktuator, dan *node* koordinator.

1) *Node Sensor*: Pada *board* Arduino Leonardo pada *node* sensor dipasang sensor SKU:SEN0114 di pin A0. Arduino Leonardo menerima data nilai sensor melalui pin A0. Selanjutnya, data nilai *sensor* dikirimkan ke *node* koordinator melalui media transmisi Xbee S2. *Node* sensor membutuhkan daya sebesar 5 Volt agar bisa dilakukan proses pengambilan dan pengiriman data nilai sensor. Implementasi *node* sensor telah dilakukan di laboratorium SIL, ditunjukkan pada Gbr. 12.

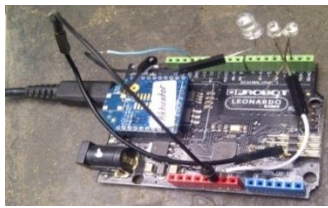


Gbr 12 Node sensor.

2) *Node Aktuator*: Pada *board* Arduino Leonardo pada *node* aktuator dipasang Xbee S2 dan LED, seperti terlihat pada Gbr. 13. Nilai *sensor* yang diterima akan diverifikasi berdasarkan nilai *setpoint* yang telah ditentukan, kemudian aktuator akan membuka dan menutup pipa irigasi berdasarkan nilai *setpoint* tersebut. LED dipasang pada pin 2, 3, dan 4. Setiap pin mewakili satu *node* sensor, sehingga setiap *node* sensor akan memiliki aktuator tersendiri.

3) *Node Koordinator*: Pada *board* Arduino Leonardo pada *Node* koordinator dipasang Xbee S2 sebagai alat penerima dan pengirim data nilai sensor. Data yang diterima akan disimpan dan diolah menjadi informasi berupa grafik dan tabel data kondisi kelembaban tanah. *Node* koordinator akan mengirimkan data nilai *sensor* ke *node* aktuator untuk

memerintahkan aktuator berubah kondisi, *ON* atau *OFF*. *Node* koordinator dipasang di laptop/Raspberry Pi melalui *port* USB, seperti tampak pada Gbr. 14.



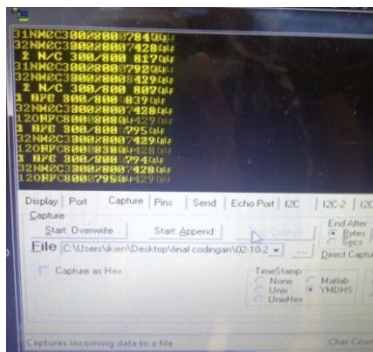
Gbr 13 *Node* aktuator.



Gbr. 14 *Node* koordinator.

E. Sistem Akuisisi Data Kelembaban Tanah

Setelah *node-node* terpasang dengan komponennya masing-masing, selanjutnya dilakukan komunikasi antar *node* menggunakan modul Xbee ZigBee RF. Modul Xbee yang digunakan adalah Xbee series 2. *Node* sensor dan *node* aktuator ditempatkan di lahan pertanian dengan jarak 100 m dari *node* koordinator. *Node* sensor dan *node* aktuator ditempatkan mengelilingi *node* koordinator sehingga membentuk topologi *star*. Data yang dikirimkan dari berbagai *node* sensor akan diterima di *node* koordinator, kemudian *di-capture* menggunakan perangkat lunak Realterm, seperti ditunjukkan pada Gbr. 15.

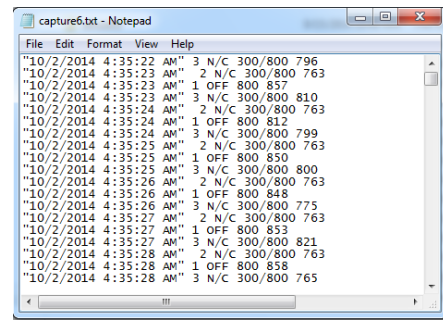


Gbr. 15 Perangkat lunak Realterm.

Data hasil *capture* disimpan dalam bentuk *file texts* dan hasilnya dapat dilihat menggunakan Notepad, seperti diperlihatkan pada Gbr. 16.

F. Analisis Unjuk Kerja Sistem Akuisisi Data

Terdapat beberapa parameter yang harus diuji untuk mendapatkan sistem akuisisi data yang andal, yaitu pengujian kadar air tanah, kalibrasi nilai sensor dengan kadar air tanah, tunda, lantasan, dan *packet lost ratio*.



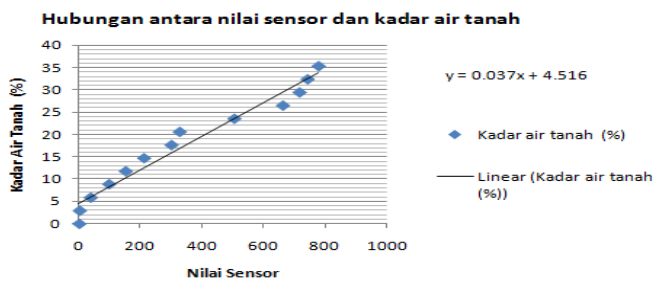
Gbr. 16 Hasil *capture*.

1) *Pengujian Kadar Air Tanah*: Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kelembaban tanah dan persentase volume air yang terkandung dalam tanah. Kadar air tanah dari hasil pengujian yang telah dilakukan disajikan pada Tabel V. Dari Tabel V dapat diketahui bahwa untuk setiap penambahan volume air (ml), kadar air tanah (%) yang terkandung dalam tanah semakin meningkat dan nilai sensor hasil pembacaan semakin meningkat. Hal ini menunjukkan sensor yang digunakan bekerja dengan baik. Sensor yang digunakan membaca tingkat kadar air tanah mulai dari 0 % (kering), dengan nilai pembacaan sensor 0, dan terus meningkat sampai dengan tingkat kadar air tanah tertinggi, yaitu 49,76%, dengan nilai sensor menunjukkan angka 832.

TABEL V
DATA HASIL PENGUJIAN KADAR AIR TANAH

No	Berat tanah pot (gram)	Penambahan volume air (ml)	kadar air tanah (ml)	Volume tanah (g/cm ³)	Nilai sensor	Kadar air tanah (%)
0	1318	0	0	1700	0	0
1	1360	50	0,02	1700	1	2,94
2	1401	100	0,04	1700	37	5,88
3	1442	150	0,07	1700	97	8,88
4	1483	200	0,09	1700	151	11,76
5	1501	250	0,10	1700	210	14,70
6	1724	300	0,23	1700	299	17,64
7	1796	350	0,28	1700	326	20,58
8	1811	400	0,29	1700	503	23,52
9	1852	450	0,31	1700	661	26,47
10	1891	500	0,33	1700	715	29,41
11	1931	550	0,36	1700	741	32,29
12	1949	600	0,37	1700	777	35,29
14	2164	Jenuh air	0,49	1700	832	49,76

2) *Kalibrasi Nilai Sensor dengan Kadar Air Tanah*: Tahap ini dilakukan untuk mendapatkan hubungan yang menunjukkan tingkat kelembaban tanah. Jika kadar air tanah semakin tinggi, yang menyebabkan nilai sensor semakin tinggi juga, berarti tanah semakin lembab. Dengan membuat grafik regresi linier dari Tabel V akan didapatkan hubungan antara nilai sensor dengan kadar air tanah, seperti diperlihatkan pada Gbr. 17. hubungan ini menunjukkan bahwa jika semakin banyak air yang terkandung dalam tanah, maka tanah akan semakin lembab dan nilai sensor yang terbaca semakin tinggi nilainya. Hal ini dapat dibuktikan dengan persamaan $y = 0,037x + 4,516$, dengan x menunjukkan nilai sensor dan y menunjukkan kadar air tanah.

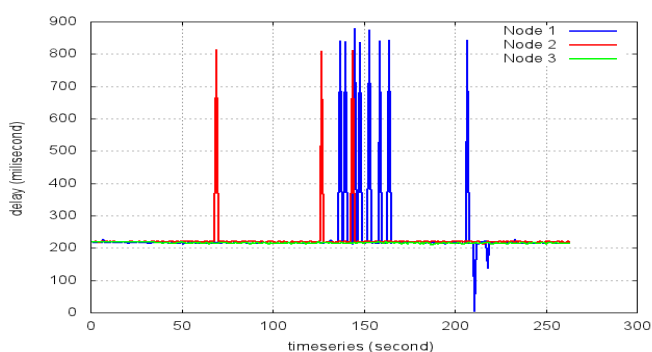


Gbr. 17 Hubungan kadar air tanah dan nilai sensor.

3) *Pengujian Tunda dan Lantasan*: Pengujian tunda dan lantasan dilakukan untuk nilai rata-rata, maksimal, dan minimal pada masing-masing *node*, seperti terlihat pada Tabel VI. Tunda merupakan lama waktu pengiriman data dari *node* sensor sampai ke *node* koordinator. Tunda di *node* 1 memiliki rata-rata lama waktu pengiriman 0,234 detik dengan rata-rata lantasan 1,654 kbps. Waktu terlama untuk mengirimkan data di *node* 1 yaitu 0,878 detik dengan lantasan sebesar 7,200 kbps, sedangkan waktu pengiriman tercepat adalah 0,05 detik dengan lantasan sebesar 0,410 kbps.

TABEL VI
HASIL PENGUJIAN TUNDA DAN LANTASAN

Nilai	Node 1		Node 2		Node 3	
	Tunda (s)	Lantasan (kbps)	Tunda (s)	Lantasan (kbps)	Tunda (s)	Lantasan (kbps)
Rata-rata	0,234	1,654	0,226	1,627	0,215	1,672
Maks	0,878	7,200	0,812	1,666	0,218	1,714
Min	0,05	0,410	0,216	0,443	0,210	1,651

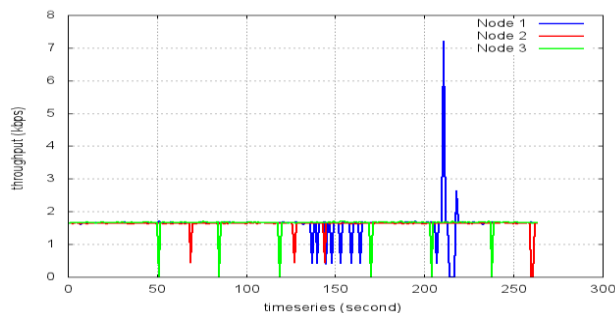


Gbr. 18 Grafik tunda masing-masing *node* sensor.

Hasil pengujian tunda pada Gbr. 18 menunjukkan bahwa semakin besar tunda yang dibutuhkan untuk mengirimkan data sampai ke koordinator, maka lantasan semakin besar. Dan sebaliknya, semakin sedikit tunda yang dibutuhkan untuk mengirimkan data ke *node* koordinator, maka lantasan semakin kecil. Hasil pengujian lantasan diperlihatkan pada Gbr. 19.

Tunda untuk *node* 1 digambarkan dengan garis warna biru, tunda *node* 2 digambarkan dengan garis warna merah, dan tunda *node* 3 digambarkan dengan garis warna hijau.

Lantasan untuk *node* 1 digambarkan dengan garis warna biru, lantasan *node* 2 digambarkan dengan garis warna merah, dan lantasan *node* 3 digambarkan dengan garis warna hijau.



Gbr. 19 Grafik lantasan masing-masing *node*.

TABEL VII
PACKET LOSS RATIO

Node	Jumlah paket data yang dikirim	Jumlah paket data yang dikirim	Jumlah paket data yang hilang	Packet Loss (%)
1	263	259	4	1,6
2	263	261	2	0,8
3	263	257	6	2,3

4) *Pengujian Packet Loss Ratio*: *Packet Loss Ratio* merupakan jumlah data yang hilang selama waktu pengamatan tertentu. Dalam penelitian ini, pengamatan dilakukan selama satu jam. Banyaknya data yang tidak sampai ke koordinator dikarenakan terdapat derau pada waktu pengiriman data di lapangan, seperti pohon-pohon tinggi, pada saat pengambilan data. Selain itu, juga terjadi *crash* pada saat *node* koordinator menerima data dari berbagai *node* sensor dalam waktu bersamaan. Hasil pengujian *packet loss ratio* di masing-masing *node* sensor adalah, pada *node* 1 sebesar 1,6%, pada *node* 2 0,8%, dan pada *node* 3 2,3%, seperti ditunjukkan pada Tabel VII. *Packet loss ratio* terbesar terjadi di *node* 3, yaitu 2,3% dan *packet loss ratio* terkecil terjadi di *node* 2, yaitu sebesar 0,8%.

IV. KESIMPULAN

Sistem akuisisi data *multi node* telah berhasil dirancang dan diterapkan di Laboratorium irigasi SIL. Sistem ini melakukan pengiriman data melalui WSN dengan baik. Data yang dikirimkan dari beberapa *node* sensor ke *node* aktuator sampai pada tujuan. *Node* aktuator akan menghidupkan dan mematikan LED secara otomatis, tergantung nilai sensor dari *node* sensor. Jika nilai menyentuh 300, maka status LED akan *ON*, sedangkan jika nilainya melebihi 800, maka LED akan berstatus *OFF*. Pengujian telah berhasil dilakukan terhadap kalibrasi nilai sensor dengan kadar air tanah, selain kalibrasi pengujian lain yang dilakukan, yaitu untuk mengetahui QoS dari sistem yang telah dibuat, dengan melakukan pengujian terhadap tunda, lantasan, dan *packet loss ratio*. Dilihat dari hasil pengujian QoS, sistem yang dibuat berjalan dengan baik.

REFERENSI

[1] Radhika, Amirwandi S, Hidayat R, Fauzi M, Hatmoko W, "Kebutuhan Air Indonesia", Pusat Litbang Sumber Daya Air, 2010.
 [2] Qadir M, Wichelns D, Raschid-Sally L, McCormick P G, Drechsel P, Bahri A. Minhas P S, "The Challenges of Wastewater Irrigation in

- Developing Countries”, *Agricultural Water Management*, vol. 97, issue. 4, hal. 561–568, 2010.
- [3] DPSDA JABAR BTISDA, Dinas Pengelolaan SDA Provinsi Jawa Barat, Balai Data dan Informasi SDA, “Metode Perencanaan Sistem Irigasi Sprinkler”. [Online], <http://ftp.pustaka-deptan.go.id/publikasi/p3234043.pdf>, tanggal akses 10 Mei 2014.
- [4] Atta R, Boutraa T, Akhkha A, “Smart Irrigation System for Wheat in Saudi Arabia Using Wireless Sensors Network Technology”, *Intl. J. Water Resources & Arid Environ*, vol. 1, no. 6, 2011.
- [5] Saptomo SK, Setiawan BI, “Development of Wrieless Automated Irrigation Control System”, *INWEPF-PAWEES Joint Symposium dan Steering Meeting*, ICC Jeju, 2007.
- [6] Vellidis G, Tucker M, Perry C, Kvien C, Bednarz C, “A Real-time Wireless Smart Sensor Array for Scheduling Irrigation”, *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 61, issue. 1, hal. 44–50, 2008.
- [7] Kim Y, Evans R.G, “Software Design for Wireless Sensor-Based Site-Specific Irrigation”, *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 66, issue. 2, hal 159–165, 2009.
- [8] Cardenas-Lailhacar B, Dukes M.D, “Precision of soil moisture sensor irrigation controllers under field conditions”, *Agricultural Water Management*, vol. 97, issue. 5, hal. 666–672, 2010.
- [9] Bisyrri KA, “Rancang Bangun Komunikasi Data *Wireless* Mikrokontroler Menggunakan Modul Xbee Zigbee (IEEE 802.15.4)”, Skripsi, Institute Pertanian Bogor, 2012.
- [10] Wang N, Zhang N, Wang M, “Wireless Sensors in Agriculture and Food Industry Recent Development and Future Perspective”, *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 50, issue. 1, hal. 1–14, 2006.
- [11] Horvat G, Zagar D, Matic T, “Analysis of QoS Parameters for Multimedia Streaming in Wireless Sensor Networks”, *ELMAR, 55th International Symposium*, hal. 279 – 282, 2013.
- [12] Jebarani, E M.R, Jayanthi T, “An analysis of Various Parameters in Wireless Sensor Networks Using Adaptive Fec Technique”, *International Journal of Ad hoc, Sensor & Ubiquitous Computing (IJASUC)*, vol.1, no.3, 2010.