

Sistem Akuisisi Data Kelembaban Tanah Menggunakan Jaringan Sensor Nirkabel Berbasis Zigbee

Aditya Widodo¹, Subiyanto²

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Juli 2016
Disetujui Agustus 2016
Dipublikasikan Desember 2016

Keywords:
ZigBee; kelembaban tanah;
akuisisi data; jaringan
sensor nirkabel.

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah menerapkan teknologi jaringan sensor nirkabel untuk mengakuisisi data kelembaban tanah. Prototipe diuji untuk mendapatkan nilai error pembacaan, skala korelasi dengan hasil uji gravimetri, dan unjuk kerja jaringan. Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimen nyata. Prosedur pertama yaitu melakukan studi pustaka yang bersifat kekinian. Tahap selanjutnya menganalisis potensi dan masalah. Desain ditentukan terlebih dahulu sebelum prototipe dibuat. Prototipe akan diuji berdasarkan skenario yang telah ditentukan. Hasil pengujian dan pembahasan disajikan sebagai laporan penelitian. Berdasarkan hasil pengujian, data pembacaan sensor memiliki data error dengan standar deviasi sebesar 17,80 dan error standar rata-rata sebesar 5,63 terhadap data hasil uji gravimetri. Nilai korelasi data tergolong tinggi yakni sebesar 0,96. Jaringan memiliki nilai throughput maksimal sebesar 3,32 Kbps dan packet delivery ratio lebih dari 73 %. Akuisisi data kelembaban tanah telah berhasil dilakukan, namun masih terdapat kekurangan seperti tidak tersedianya fitur troubleshooting oleh pengguna, pembacaan yang masih menyimpang dari nilai sebenarnya, dan jangkauan jaringan yang sempit. Prototipe dapat disempurnakan sebagai pengembangan berikutnya.

Abstract

This research is purposed to apply wireless sensor network technology for soil moisture data acquisition. The prototype will be tested to get reading error values, correlation scale with gravimetry test result, and the network performance value. This research is using true experimental method. The first procedure is study some contemporary literatures. The next stage is to analyze the potential and problems. The design will be determined prior to making prototypes. The test result and the discussion will be presented in the research report. Based on test results, the sensor reading data has data error with standard deviation of 17.80 and standard error average of 5.63 against gravimetric test result data. Data has correlation scale of 0.96 which is relatively high. The network throughput maximum value is 3.32 Kbps and packet delivery ratio is more than 73%. Soil moisture data acquisition has been successfully implemented, there are drawbacks such as lack of user troubleshooting features, deviation from the true value, and narrow network range. This prototype can be refined for next development.

© 2016 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:
Gedung E6 Lantai 2 FT Unnes
Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, 50229
E-mail: bloko.sutho@gmail.com

PENDAHULUAN

Kelembaban tanah merupakan salah satu parameter penting dalam sistem pengolahan tanah untuk lahan pertanian. Tanaman akan lebih cepat tumbuh dan menyerap unsur-unsur hara jika media tanamnya memiliki kelembaban yang optimal (Erfandi, 2006). Pengairan lahan secara berkala dilakukan oleh petani untuk menjaga kelembaban tanah. Sesuai yang diungkapkan (Pardossi dkk, 2009), penggunaan air perlu dikontrol untuk mendapatkan hasil panen yang maksimal. Jumlah air yang dibutuhkan tanaman ditentukan berdasarkan pengamatan pada seluruh lahan tanam secara intensif. Untuk mengoptimalkan penggunaan air dibutuhkan terlebih dahulu data kelembaban tanah yang akurat.

Nilai kelembaban atau kadar air di dalam tanah secara akurat dapat ditentukan dengan metode Gravimetri. Kadar air tanah dinyatakan sebagai perbandingan antara massa atau berat air pada sampel tanah sebelum pengeringan dengan massa/berat sampel setelah dikeringkan pada suhu 105°C selama 24 jam (Abdurrahman, 2006). Persentase kadar air berdasarkan berat basah ditentukan dengan persamaan sebagai berikut

$$\text{Kelembaban} = \frac{\text{berat basah} - \text{berat kering}}{\text{berat basah}} \times 100\%$$

Metode tersebut merupakan metode langsung untuk menentukan kadar air secara akurat. Kelemahan dari metode tersebut yakni tidak dapat diterapkan pada penelitian-penelitian yang membutuhkan pengamatan nilai kelembaban tanah secara intensif.

Salah satu teknologi yang berkembang saat ini yaitu jaringan sensor nirkabel pada sistem pemantauan lingkungan. Teknologi tersebut bertujuan untuk mengawasi tempat yang berada di dalam cakupannya (Peng, 2014). Sebuah titik sensor yang terdiri atas sensor, kontroler, dan radio transceiver membaca parameter lingkungan yang ada di sekitarnya. Jaringan sensor nirkabel disusun atas titik-titik sensor yang dapat berkomunikasi satu sama

lain. Nilai parameter lingkungan di berbagai tempat dikirim menuju titik koordinator dan disajikan secara real-time dan akurat.

Jaringan sensor nirkabel menggunakan protokol standar ZigBee untuk berkomunikasi. Setiap titik yang ada di jaringan berkomunikasi lewat frekuensi radio. ZigBee merupakan standar protokol komunikasi yang menggunakan frekuensi radio berdasarkan IEEE 802.15.4. Protokol ZigBee berkomunikasi pada pita frekuensi 2,4 GHz. Protokol ZigBee telah digunakan pada jaringan komunikasi dengan laju data rendah yang hemat energi (Lee, 2007).

Dalam penelitian ini, penulis mengangkat judul Sistem Akuisisi Data Kelembaban Tanah Menggunakan Jaringan Sensor Nirkabel Berbasis ZigBee. Desain sistem memanfaatkan jaringan sensor nirkabel dengan ZigBee sebagai protokol komunikasi. Sistem menggunakan sensor untuk membaca kelembaban tanah pada setiap titik yang telah ditentukan. Data kelembaban tanah kemudian dikirim menuju koordinator untuk diakuisisi dan ditampilkan pada komputer. Selanjutnya, data yang diperoleh akan dianalisis untuk mengetahui performa sistem.

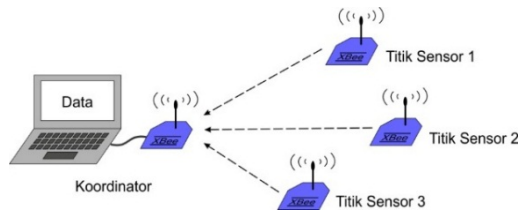
METODE PENELITIAN

Tahapan dalam penelitian ini dilakukan secara berurutan disusun secara sistematis dengan tujuan mendapatkan keterhubungan antara data dan informasi yang diperoleh dengan hasil yang didapat. Langkah prosedur penelitian antara lain adalah melakukan studi pustaka yang bersifat kekinian, menganalisis potensi dan permasalahan, merancang desain, pembuatan prototipe, menguji prototipe, dan membuat laporan yang menyajikan hasil pengujian dan pembahasan.

Arsitektur Jaringan

Jaringan sensor akan menggunakan topologi Star. Di dalam jaringan terdapat sebuah radio koordinator dan tiga buah titik sensor pada percabangannya. Masing-masing titik sensor mengirim pesan menuju titik koordinator. Titik sensor hanya dapat berkomunikasi dengan koordinator dan tidak dapat berkomunikasi

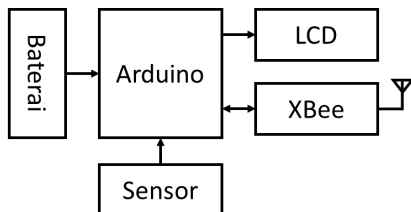
dengan sesamanya (Farahani, 2008). Gambar di bawah mengilustrasikan pemodelan topologi jaringan yang digunakan.



Gambar 1. Topologi star

Titik Sensor Kelembaban Tanah

Perangkat titik sensor disusun dari Arduino, Sensor kelembaban tanah, Baterai, LCD, dan Modul radio Xbee Series 2. Arduino berperan sebagai pusat pengolahan data dan regulator catu daya bagi sensor, LCD dan Modul radio Xbee. Sensor membaca kelembaban tanah dan menghasilkan tegangan yang bervariasi sesuai tingkat kelembaban tanah. LCD menampilkan nilai kelembaban tanah yang telah diolah oleh Arduino. Modul radio Xbee berfungsi sebagai gerbang komunikasi dan mengirim data kelembaban tanah menuju titik koordinator. Gambar di bawah ini adalah blok diagram desain perangkat titik sensor.



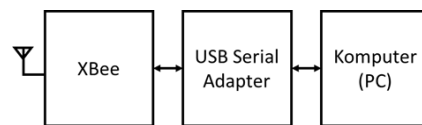
Gambar 2. Diagram blok desain perangkat titik sensor

Perangkat menggunakan modul *Soil Moisture Sensor* SEN0114 untuk membaca kelembaban tanah. Berdasarkan *user manual*, modul sensor memiliki jangkauan pembacaan antara 0-950 untuk kondisi kering sampai basah. Kelembaban tanah akan dinyatakan sebagai perbandingan antara nilai pembacaan yang sebenarnya ($\bar{N}$) dengan skala maksimal sensor. Secara matematis dapat dihitung sebagai

$$\text{Kelembaban} = \frac{\bar{N}}{950} \times 100\%$$

Titik Koordinator

Sebuah perangkat koordinator terdiri atas modul transceiver yang dihubungkan dengan komputer. Titik koordinator berkomunikasi dengan titik sensor menggunakan modul transceiver XBee Series 2. Modul XBee Series 2 memerlukan sebuah USB serial adapter agar dapat terhubung dengan komputer. Sebuah komputer digunakan untuk mengolah, menampilkan dan menyimpan data yang berhasil ditangkap oleh modul transceiver. Berikut ini adalah blok diagram desain perangkat titik koordinator.

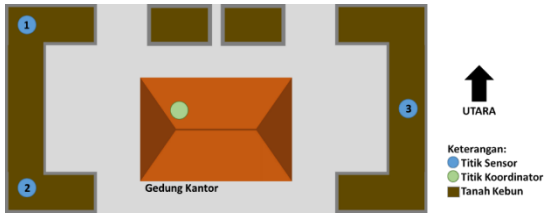


Gambar 3. Diagram blok desain perangkat titik koordinator

Skenario Pengujian

Pengujian sensor dilakukan untuk membandingkan hasil pengukuran kelembaban tanah menggunakan sensor dengan hasil pengukuran kelembaban menggunakan metode Gravimetri. Pengujian dilakukan menggunakan 10 buah sampel tanah dengan tingkat kelembaban yang berbeda. Seluruh sampel tanah dijenuhkan terlebih dahulu, kemudian masing-masing sampel dioven dalam jangka waktu yang berbeda. Pengujian sampel tanah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Unnes.

Pada tahap selanjutnya, prototipe diuji untuk mendapatkan nilai unjuk kerja jaringan dan hasil akuisisi data. Pengujian dilaksanakan di Kantor Balai Pertanian dan Pangan Kabupaten Kudus. Tiga buah titik sensor ditempatkan pada lokasi yang berjauhan. Data kelembaban tanah pada masing masing lokasi dikirim menuju titik koordinator yang berada di dalam gedung. Berikut ini adalah denah penempatan titik sensor dan titik koordinator di lokasi.



Gambar 4. Denah lokasi pengambilan data dan penempatan prototipe perangkat.

Unjuk kerja dalam jaringan sensor nirkabel merupakan satu set parameter yang menyatakan kemampuan yang dimiliki oleh jaringan selama menjalankan aplikasi (Fuad, 2015). Parameter-parameter unjuk kerja yang diuji pada penelitian ini meliputi throughput, dan packet delivery ratio. *Throughput* menyatakan besarnya data yang terkirim atau diterima oleh modul radio selama selang waktu yang ditentukan. Nilai throughput yang dimiliki oleh sebuah jaringan tergantung dari ukuran paket data dan baud rate yang digunakan (Piyare, 2013). Besarnya throughput dapat dihitung sebagai

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Jumlah bit data diterima}}{\text{waktu pengiriman}}$$

Packet Delivery Ratio (PDR) merupakan perbandingan antara jumlah paket data yang terkirim dan jumlah paket data yang berhasil diterima (Lin, 2013: 10). Jumlah data yang dikirim dan diterima oleh titik sensor dapat ditentukan dengan menjalankan range test pada aplikasi XCTU. Nilai PDR dapat ditentukan sebagai

$$PDR = \frac{\text{Paket diterima}}{\text{Paket terkirim}} \times 100\%$$

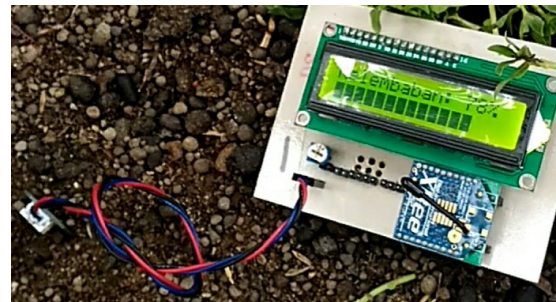
Akuisisi data kelembaban tanah dilaksanakan di Kantor Balai Pertanian dan Pangan Kabupaten Kudus. Proses akuisisi data dilakukan mulai pukul 09.00 – 11.30. Data kelembaban tanah pada masing masing lokasi dikirim menuju titik koordinator yang berada di dalam gedung.

Titik koordinator merekam kelembaban yang dibaca oleh masing masing titik sensor setiap menitnya. Data kemudian diplot dalam grafik menggunakan Microsoft Excel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

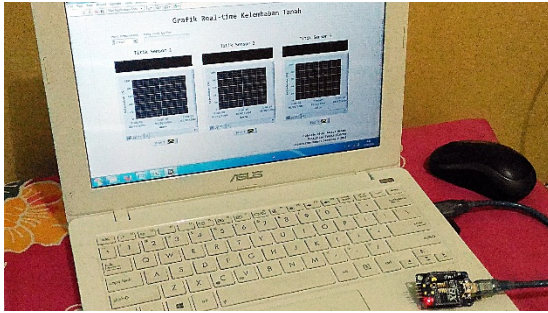
Prortotipe Sistem

Penelitian ini menghasilkan prototipe yang terdiri dari titik sensor dan titik koordinator. Titik sensor digunakan untuk membaca dan mengirim nilai kelembaban tanah yang ada di lokasinya menuju titik koordinator. Titik sensor menentukan nilai pembacaan yang sebenarnya setiap 50 ms. Nilai sebenarnya dikonversi dan ditampilkan menuju LCD lokal sebagai persentase kelembaban tanah. Titik sensor mengirim persentase kelembaban tanah yang ada di lokasi menuju koordinator setiap satu detik. Berikut ini adalah penampakan prototipe titik sensor.



Gambar 5. Prototipe titik sensor

Perangkat titik koordinator menerima data yang dikirim oleh masing-masing titik sensor. Perangkat terdiri atas modul radio XBee yang dihubungkan pada PC. Data yang dikirim oleh ketiga titik sensor ditampilkan pada komputer. Program pada antarmuka dibuat menggunakan Virtual Interface LabVIEW. Data yang dibaca oleh masing-masing titik sensor disajikan dalam bentuk grafik dan numerik. Berikut ini adalah perangkat koordinator yang akan digunakan.



Gambar 6. Prototipe titik koordinator

Pengujian Sensor

Nilai hasil pembacaan sensor akan dibandingkan dengan nilai hasil uji gravimetri untuk mengetahui nilai error pembacaannya. Berikut ini adalah persentase kelembaban tanah yang ditentukan menggunakan metode gravimetri.

Tabel 1. Perbandingan nilai kelembaban tanah berdasarkan pembacaan sensor dan hasil uji gravimetri

Sampel	Lama Pengovenan (jam)	Persentase kelembaban berdasarkan		Error
		Pembacaan Sensor	Uji Gravimetri	
1	0	83,47	44,00	39,47
2	3	70,32	39,13	31,19
3	6	55,89	32,56	23,34
4	9	42,95	20,51	22,43
5	12	22,21	22,22	-0,01
6	15	5,68	11,76	-6,08
7	18	0,00	9,38	-9,38
8	20	0,00	6,45	-6,45
9	22	0,00	0,00	0,00
10	24	0,00	0,00	0,00
Standar deviasi				17,80
Error standar rata-rata				5,63
Skala korelasi				0,96

Unjuk Kerja Jaringan

Pengujian throughput dilakukan menggunakan Throughput Tool pada aplikasi XCTU. Pengujian dilakukan dengan mengirim

paket *payload* berisi data acak sejumlah 10 - 80 bytes selama 10 detik untuk setiap sesi pengujian. Berikut ini adalah nilai throughput yang dimiliki oleh masing-masing titik sensor.

Tabel 2 *Throughput* yang dimiliki oleh ketiga titik sensor

Packet Payload (bytes)	Throughput (Kbps)		
	Titik Sensor 1	Titik Sensor 2	Titik Sensor 3
10	0,51	0,51	0,53
20	1,02	1,02	1,02
30	1,53	1,53	1,54
40	2,02	2,03	2,04
50	2,52	2,52	2,48
60	2,88	2,95	2,93
70	3,07	3,06	3,09
80	3,20	3,32	3,12

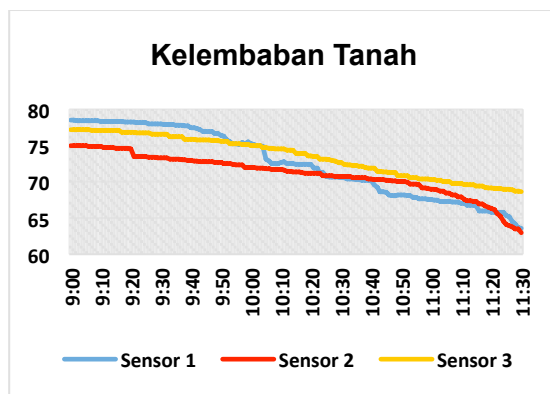
Radio koordinator akan mengirim 300 paket data menuju radio titik sensor. Jika sebuah paket data berhasil diterima oleh radio titik sensor, maka paket data tersebut dikirim kembali menuju titik koordinator. Tabel di bawah ini adalah nilai PDR yang dimiliki oleh masing-masing titik sensor.

Tabel 3. *Packet Delivery Ratio* yang dimiliki oleh ketiga titik sensor

Radio	Paket Terkirim	Paket Diterima	PDR (%)
Titik Sensor 1	300	297	99,00
Titik Sensor 2	300	245	81,67
Titik Sensor 3	300	219	73,00

Akuisisi Data Menggunakan Prototipe

Akuisisi data kelembaban tanah dilakukan di kebun kantor BPP kecamatan Kota kabupaten Kudus. Persentase kelembaban tanah yang terbaca oleh masing-masing titik sensor dikirim menuju titik koordinator. Data dari ketiga titik sensor selanjutnya direkam dan diplot dalam bentuk grafik menggunakan Microsoft Excel. Berikut ini adalah persentase kelembaban tanah yang berhasil diakuisisi.



Grafik 1. Persentase kelembaban tanah terhadap waktu

SIMPULAN DAN SARAN

Sebuah sistem akuisisi data kelembaban tanah berbasis jaringan sensor nirkabel dengan

ZigBee sebagai protokol untuk mentransfer data telah diuji coba pada penelitian ini. Sistem telah berhasil diimplementasikan sehingga mampu menampilkan informasi secara real-time. Data pembacaan sensor dan data hasil uji gravimetri memiliki Data error dengan standar deviasi sebesar 17,80 dan error standar rata-rata sebesar 5,63. Nilai korelasi data tergolong tinggi yakni sebesar 0,96. Jaringan memiliki nilai throughput maksimal sebesar 3,32 Kbps, dan packet delivery ratio lebih dari 73%.

Berdasarkan simpulan yang telah dikemukakan, dapat diajukan saran dalam pengembangan sistem lebih lanjut sebagai berikut:

- Menambahkan fitur troubleshooting untuk pengguna jika terjadi kesalahan dalam pemasangan.
- Mengkalibrasi hasil pengukuran sensor agar nilai yang dihasilkan akurat.
- Memperbanyak jumlah sensor node yang ada di dalam jaringan untuk memperlebar jangkauan area pemantauan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrachman, A. Haryati, U. dan Juarsah, I. 2006. *Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya - Penetapan Kadar Air Tanah dengan Metode Gravimetri*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
- Erfandi, D. Suganda, H. 2006. *Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya - Penetapan Kadar Air Optimum Untuk Pengolahan Tanah*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
- Farahani, S. 2008. *ZigBee Wireless Networks and Transceivers*. Burlington: Elsevier Ltd.
- Fuad, M. Iqbal, M. Rahmat, M. Sukoco, H. Alatas, H. 2015. *Performance Analysis of ZigBee Mesh WSN in Carbon Monoxide Gas Monitoring System*. TELKOMNIKA Indonesian Journal of Electrical Engineering. 15: 576-583
- Lee, J-S. Su, Y-W. Shen, C-C. 2007. *A Comparative Study of Wireless Protocols: Bluetooth, UWB, ZigBee, and Wi-Fi*. Taipei, Taiwan: The 33rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON). 33:46-51

- Lin, Mu-Sheng. 2013. *Zigbee-based Internet of Things in 3D Terrains*. Computers and Electrical Engineering 39 (2013) 1667–1683. Elsevier Ltd.
- Pardossi, A. 2009. *Root Zone Sensors for Irrigation Management in Intensive Agriculture*. Basel, Switzerland: MDPI - Sensors 2009, 9, 2809-2835.
- Peng, C. Qian K. Mu, Y. 2014. *Design of a Monitoring System for an Indoor Environment Based on the ZigBee Network*. Advanced Materials Research. 864:935-944.
- Piyare, R. dan Lee, Seong-ro. 2013. *Performance Analysis of XBee ZB Module Based Wireless Sensor Networks*. International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 4, Issue 4.