

PERANCANGAN SISTEM *MONITORING* TANAMAN MENGGUNAKAN ZIGBEE DAN PLATFORM M2M

PLANT MONITORING SYSTEM USING ZIGBEE AND M2M PLATFORM

Marnisa Ramdani¹, Andrian Rakhmatsyah², Novian Anggis S³

^{1,2,3}Fakultas Informatika, Universitas Telkom

Jalan Telekomunikasi No.1, Dayeuh Kolot, Bandung 40257

ranielmi.telkomuniversity.ac.id¹, kangandrian.telkomuniveristy.ac.id², anggis.telkomuniveristy.ac.id³

Abstrak

Perkotaan identik dengan gedung-gedung bertingkat dan padatnya jadwal aktivitas masyarakat. Sehingga bagi masyarakat yang tinggal di perkotaan, memiliki keterbatasan lahan dan waktu untuk melakukan kegiatan cocok tanam. Selain itu masalah pemantauan terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman harus diperhatikan selama proses pembudidayaan. Pada paper ini kami membuat sebuah sistem pemantauan tanaman berbasis sensor kelembaban tanah, cahaya dan tinggi tanaman dengan memanfaatkan komunikasi *machine-to-machine* (M2M) menggunakan *platform* OpenMTC dan ZigBee. Data yang diakuisisi sensor akan diteruskan ke server dan dapat diakses menggunakan aplikasi yang telah dibuat. Tanaman yang digunakan dalam pengujian sistem adalah bayam karena memiliki durasi pertumbuhan yang relatif singkat. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, sistem yang dibangun dapat mengakuisisi dan memproses parameter yang mempengaruhi saat pembudidayaan tanaman dengan memanfaatkan komunikasi M2M menggunakan *platform* OpenMTC serta standar jaringan ZigBee. Pada pengukuran cahaya, diperoleh rata-rata selisih antara sensor cahaya dengan alat digital adalah $\pm 0,652$ lux. Sedangkan pada sensor tinggi diperoleh rata-rata selisih $\pm 2,3$ cm yang dibandingkan dengan pengukuran menggunakan penggaris. Penyiraman pada sistem dapat bekerja secara otomatis berdasarkan hasil akuisisi dan pengolahan data sensor.

Kata Kunci : *Monitoring* tanaman, cahaya, tinggi, kelembaban tanah.

Abstract

Cities are identic with skyscrapers and tight activity schedules. So for the people who live in city, have limited land and time for growing crops. Besides, monitoring the factors that affect plant growth must be carefully done during the process of cultivation. In this paper we present a crop monitoring system based on soil moisture sensors, light and high plant with communication utilizing machine-to-machine (M2M) platform using OpenMTC and ZigBee. The data acquired by the sensors will be forwarded to the server and can be accessed using an application that has been made. Plants used in the test system is spinach because it has a relatively short duration of growth. Based on the tests performed, a system built to acquire and process parameters that affect the current crop cultivation by utilizing M2M communications using OpenMTC platform and ZigBee networking standard. In the case of light measurements, obtained an average difference of ± 0.652 lux between light sensor and digital tools. Also, height sensor obtained an average height difference of ± 2.3 cm compared to measurements using a ruler. In the system, watering process works automatically based on the acquisition and processing of sensor data.

Keywords : *Monitoring of plants, light, high, soil moisture.*

1. Pendahuluan

Perkotaan identik dengan banyaknya gedung-gedung bertingkat dan jadwal aktivitas masyarakat yang padat. Sehingga bagi masyarakat yang tinggal diperkotaan sulit menemukan lahan kosong yang luas dan masalah keterbatasan waktu untuk melakukan kegiatan cocok tanam. Pemanfaatan lahan sempit dapat dijadikan sebagai solusi untuk dapat melakukan kegiatan bercocok tanam. Selain itu perlu diperhatikan tentang faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan selama proses pembudidayaan agar tanaman dapat tumbuh dengan baik. Pada penelitian yang dilakukan, objek

yang digunakan adalah bayam. Tanaman ini memiliki waktu pembudidayaan yang relatif berkisar 25-35 hari setelah tanam [1]. Tanaman ini membutuhkan ketersediaan air tanah dan pencahayaan yang cukup agar dapat tumbuh dengan baik. Pada penelitian ini dilakukan perancangan sistem dengan memanfaatkan komunikasi *Wireless Sensor Network* (WSN) menggunakan beberapa sensor diantaranya sensor kelembaban tanah, sensor cahaya dan sensor ketinggian. Proses akuisisi data dilakukan oleh sensor dan dilanjutkan ke *gateway* menggunakan ZigBee sebagai standar komunikasi pengiriman data. Data yang diterima *gateway*

diteruskan ke server menggunakan *platform* M2M. *User* dapat mengakses data menggunakan aplikasi yang dibuat berbasis java. Data yang diperoleh akan dianalisis untuk mengetahui performansi dari sistem.

2. Landasan Teori

2.1 Bayam

Bayam (*Amaranthus* spp. L.) memiliki 60 genera, yang setiap jenisnya mempunyai daerah sebar yang sangat luas [2]. Di Indonesia tanaman bayam yang sering dibudidayakan adalah jenis *Amaranthus Tricolor* (bayam hijau, bayam merah dan bayam putih) dan *Amaranthus Hybridus* (bayam kakap). Sayuran ini memiliki berbagai macam vitamin dan mineral yakni vitamin A, vitamin C, fosfor, riboflavin, natrium, kalium, magnesium antioksidan esensial dan fitokimia yang melindungi tubuh terhadap berbagai penyakit [2]. Tanaman bayam sangat cocok dibudidayakan pada dataran dengan curah hujan yang cukup tinggi yakni lebih dari 1500mm/tahun serta dapat tumbuh baik jika pH tanah antara 6-7 [1].

Bayam termasuk jenis tanaman yang membutuhkan intensitas cahaya matahari yang cukup. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Simbolon dan Sutarno (1989) menjelaskan bahwa bayam yang ditanam pada naungan plastik putih dengan intensitas 8000-9000 lux memberikan hasil yang lebih baik dengan bayam yang ditanam tanpa naungan atau intensitas cahaya 42000-69000 lux [3]. Selain itu sistem pengairan terhadap bayam ini perlu diperhatikan karena bayam memiliki ketergantungan yang tinggi terhadap air. Namun perlu dijaga agar tanah tidak tergenang karena dapat menimbulkan pembusukkan terhadap akar. Tanaman bayam siap untuk dipanen pada umur 21-28 hari atau dengan ketinggian telah mencapai ketinggian sekitar 20 cm [2]. Jenis bayam cabut proses panen dilakukan dengan mencabut bayam sampai akar dan kemudian dibawa ke tahap pembersihan sebelum dikirim ke berbagai pasar.

2.2 WSN

Jaringan Sensor Nirkabel atau WSN merupakan teknologi jaringan tanpa kabel yang terdiri beberapa proses yakni proses *sensing* yang dilakukan oleh sensor dalam pengambil data suatu objek, proses komputasi dan komunikasi antar perangkat keras dengan tujuan memberikan informasi bagi administrator dalam mengukur, observasi dan memberikan reaksi untuk kejadian dan fenomena lingkungan tertentu [4]. Pada umumnya WSN terdiri dari beberapa perangkat yakni sensor, *embedded* processor, memori, pemancar dan penerima. Perangkat-perangkat ini biasa disebut sebagai node. Node sensor pada WSN adalah kumpulan dari *embedded hardware* dengan sumber daya terbatas [5]. Data yang diperoleh node sensor akan dikirim ke *gateway* dan dilanjutkan ke

server, sehingga *user* dapat mengetahui kondisi objek yang diamati dengan mengakses alamat dari server tertentu.

Teknologi WSN menawarkan berbagai macam keuntungan jika dibandingkan dengan sistem terdistribusi lainnya, misalnya penghematan terhadap penggunaan dan perawatan terhadap kabel dan dapat menjangkau lokasi yang sulit dijangkau oleh manusia. Jaringan WSN telah banyak diaplikasikan dalam berbagai bidang kegiatan seperti pemantauan kesehatan pasien, *home controlling*, industri/otomasi maupun keperluan militer.

2.3 Sensor Node

Sensor node adalah kumpulan dari *embedded hardware* dengan sumber daya terbatas. Berikut komponen-komponen penyusun sensor node diantaranya [5] :

- *Power unit* sebagai catu daya bagi komponen.
- *Sensing unit* adalah komponen yang digunakan sebagai alat untuk memperoleh data dari kondisi atau fenomena dari objek yang diamati. Misalnya cahaya, kelembaban, temperatur, dan sebagainya.
- *Computing unit* terdiri dari RAM, *flash* memori, processor, ADC (*analog to digital*) dan protokol komunikasi.
- *Communication unit* digunakan untuk melakukan pengiriman dan penerimaan data.

2.4 ZigBee

Spesifikasi ZigBee menggunakan standar komunikasi IEEE 802.15.4 dengan penambahan layer network dan keamanan serta layer aplikasi. Ada tiga kategori node dalam sistem ZigBee yaitu [6] :

1. Koordinator yang bertanggung jawab menginisialisasi dan memilih parameter jaringan sesuai *radio frequency channel*, id network dan pengaturan parameter operasional lainnya.
2. Router berfungsi sebagai penghubung antar node dalam pengiriman data.
3. *End device* bertanggung jawab mengakuisisi data menggunakan sensor terhadap objek yang diamati.

ZigBee memungkinkan dapat berkomunikasi dengan lebih 65000 node jaringan *star* [7]. Teknologi ini memiliki *transfer rate* 250kb/s, yang lebih rendah dibandingkan dengan *transfer rate* Bluetooth yaitu 1 Mb/s, sedangkan jarak kerja dari ZigBee lebih jauh dibandingkan Bluetooth.

2.5 OpenMTC

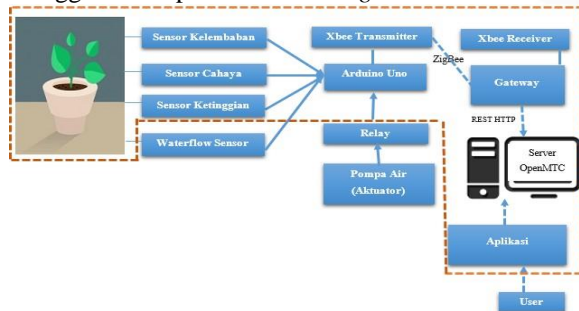
OpenMTC *platform* adalah sebuah prototipe pengimplementasian *middleware* M2M yang menyediakan standarisasi *platform* dalam

pelayanan M2M. OpenMTC merupakan hasil pengembangan dari kerjasama antara Franhouver FOKUS dengan *Technische Universität Berlin* (TUB). Fitur yang tersedia pada OpenMTC mengacu pada standar ETSI. OpenMTC memiliki dua layer pelayanan yakni *Gateway Service Capability Layer* (GSCL) dan *Network Service Capability layer* (NSCL) yang dijelaskan oleh ETSI *Technical Committee M2M* [8]. Kegunaan dari penggunaan *platform* pada M2M adalah untuk mengefisienkan koneksi ke beberapa perangkat dan menghubungkannya ke servis.

3. Perancangan Sistem

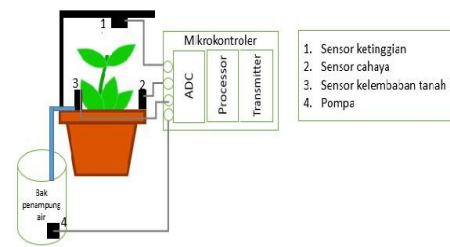
3.1 Gambaran Umum Sistem

Sistem yang dibangun merupakan prototipe sistem *monitoring* tanaman dengan memanfaatkan komunikasi M2M. Sistem ini dibangun menggunakan beberapa sensor untuk mengakuisisi data kondisi tanaman terlihat pada Gambar 3.1. Hasil yang diperoleh, diproses oleh mikrokontroler dan dikirim ke *gateway* menggunakan jaringan ZigBee. *Gateway* yang merupakan node koordinator pada sistem ini akan meneruskan data yang diterima ke server menggunakan *platform* OpenMTC. Pada proses pengiriman data ke server, *gateway* terlebih dahulu membangun jaringan komunikasi dengan GSCL OpenMTC yang menjadi pintu gerbang dari server M2M. Setelah itu proses pengiriman data dilakukan menggunakan aplikasi yang dibangun menggunakan bahasa pemrograman java. Data yang terdapat pada server dapat diakses oleh *user* menggunakan aplikasi *monitoring*.



Gambar 3. 1 Rancangan Sistem

Pada proses pembangunan, sistem dikelompokkan menjadi tiga bagian yakni *device node*, *gateway* dan aplikasi *user*. *Device node* berfungsi untuk mengakuisisi data kondisi tanaman yang terdiri dari *soil moisture* [9], sensor *ambient light* V2 [10] dan HC-SR04 [11], mikrokontroler dan Xbee *transmitter*.



Gambar 3. 2 Rancangan sensor node

Sensor ketinggian yang digunakan adalah HC-SR04. Sensor ini mengukur tinggi tanaman dengan menghitung lama dari gelombang ultrasonik yang dipantulkan hingga diterima oleh *receiver* sensor. Pada perancangan sistem, sensor ketinggian diletakkan pada media penyangga yang terlihat pada Gambar 3.2 dan mengukur tinggi berdasarkan jarak dari penampang daun dengan media taman. Sedangkan untuk sensor cahaya diletakkan di atas pot dan sensor kelembaban dimasukkan ke dalam tanah.

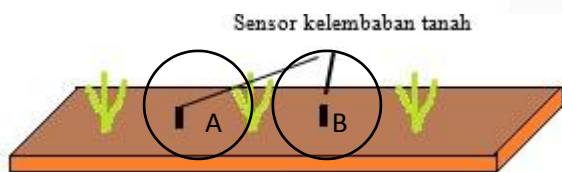
Tanaman yang digunakan pada sistem adalah tanaman bayam merah yang ditanam pada pot berukuran 40x15x10 cm dengan jumlah tanaman sebanyak tiga tanaman yang diambil dari percobaan yang dilakukan diluar pengerjaan Tugas Akhir ini.

Proses pembenihan tanaman dilakukan diluar ruangan dengan cara menanam benih (*spinach seeds*) tanaman pada tanah pot dan halaman rumah serta proses penyiraman dilakukan dengan konvensional. Proses pembenihan ini dilakukan di beberapa tempat yakni tempat dengan kondisi pencahayaan teduh dan tempat yang hanya mendapat pantulan cahaya matahari langsung dari tembok berwarna terang. Hasil percobaan diperoleh bahwa tanaman yang terkena pantulan cahaya matahari dari tembok, memiliki pertumbuhan (tinggi) yang lebih cepat dibandingkan dengan tanaman pada kondisi teduh. Sehingga disimpulkan bahwa pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari.

Pada tanaman yang telah ditanam sebelumnya, diambil beberapa sampel dengan ukuran tinggi kira-kira 10 cm untuk diamati pada sistem yang dibangun. Pengamatan tersebut menggunakan sensor cahaya dan sensor tinggi untuk mengetahui pertumbuhan dari tanaman dengan penerangan menggunakan lampu LED. Hasil yang diperoleh bahwa tanaman dapat tumbuh, namun hasil pertumbuhan yang didapat kurang baik karena panas cahaya dari lampu LED membuat kondisi tanaman menjadi layu. Sehingga diperlukan penyiraman otomatis untuk membuat tanaman menjadi segar kembali. Kondisi penyiraman ini

dilihat dari keadaan tanah kering atau basah. Sehingga untuk membangun penyiraman otomatis digunakan beberapa sensor *soil moisture* guna mengakuisisi kelembaban dari tanah.

Pada sistem yang dibangun, tanaman diberi jarak 3-4 inci [12] yang bertujuan untuk menghindari persaingan unsur hara yang ada dalam tanah. Sensor kelembaban tanah yang digunakan pada sistem sebanyak dua buah, yang diletakkan diantara masing-masing tanaman agar dapat mengakuisisi kelembaban tanah pada zona A dan B, terlihat pada Gambar 3.3. Pada percobaan penempatan sensor dimana sensor diletakkan pada zona A dan zona B, kemudian penyiraman dilakukan hanya disekitar zona A dan diperoleh bahwa kelembaban tanah pada zona A lebih besar dibandingkan dengan zona B. Berdasarkan percobaan tersebut diketahui bahwa sensor hanya mengukur kelembaban tanah disekitar penempatan sensor tersebut, sehingga pada sistem ini digunakan dua buah sensor kelembaban tanah agar dapat mengukur kelembaban tanah diantara tanaman (tiga buah tanaman), dan hasil pengukuran tersebut akan mempengaruhi kinerja dari aktuator penyiraman. Pada lahan yang lebih luas diperlukan jumlah sensor *soil moisture* lebih banyak, dalam mengakuisisi data kelembaban tanah.

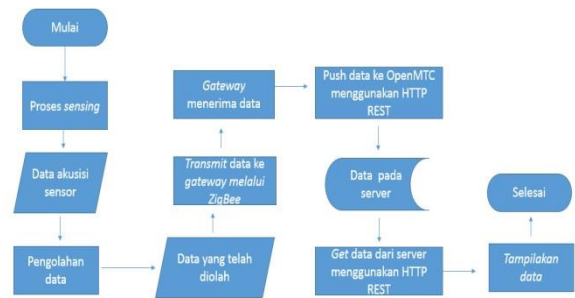


Gambar Error! No text of specified style in document..1 Penempatan sensor kelembaban tanah

3.2 Arsitektur Sistem

3.2.1 Flowchart Sistem

Pada proses *sensing*, data yang diambil berupa data kelembaban tanah, intensitas cahaya, tinggi tanaman terlihat pada Gambar 3.4. Data kelembaban tanah terlebih dahulu diolah menggunakan mikrokontroler dengan menerapkan sistem untuk menentukan status kelembaban dari tanah. Semua data yang diperoleh, ditransmisikan menggunakan XBee *transmitter* ke *gateway* menggunakan jaringan Zigbee. *Gateway* yang juga terhubung dengan Xbee *receiver* akan menerima data kemudian meneruskan ke server menggunakan protokol HTTP REST. Data yang ada pada server OpenMTC akan ditampilkan secara periodik menggunakan aplikasi *monitoring* yang telah dibuat.



Gambar 3. 4 Flowchar sistem

3.2.2 Sistem Fuzzy

Logika fuzzy adalah metode yang dapat digunakan untuk proses pengambilan keputusan berdasarkan aturan (*rule*) untuk memecahkan masalah yang sukar dimodelkan. Nilai yang diperoleh dari sensor kelembaban tanah diolah menggunakan logika fuzzy pada arduino uno untuk menentukan status kelembaban tanah dan aksi yang dilakukan pada pompa. Aturan yang digunakan oleh sistem pada Gambar 3.5 berdasarkan penelitian selanjutnya [13]. Berikut aturan logika fuzzy sistem:

	Cahaya	Gelap	Redup	Terang
Kelembaban				
Kering	Siram	Siram	Siram	Siram
Lembab	Siram	Siram	Siram	Siram
Basah	Tidak Siram	Tidak Siram	Tidak Siram	Siram

Gambar 3. 5Tabel Fuzzy

3.3 Skenario Pengujian

Pada bagian ini akan dijelaskan skenario yang digunakan dalam melakukan pengujian sistem.

3.1.1 Skenario Pengujian Hasil Akuisisi Sensor Cahaya dan Tinggi

Skenario Pengujian bertujuan untuk mengetahui nilai selisih dari sensor *Ambient Light V2* dan HC-SR04.

1. Pengujian sensor *Ambient Light V2* bertujuan untuk melakukan validasi serta pengukuran selisih dari intensitas cahaya yang diperoleh menggunakan sensor *ambient light V2* dan LX-101A atau luxmeter sebagai alat acuan dalam satuan lux. Sensor dan luxmeter diletakkan pada posisi berdampingan dalam ruangan tertutup dan sumber cahaya diletakkan dengan jarak 30 cm dari sensor dan luxmeter. Penyinaran dilakukan menggunakan lampu. Pengujian dilakukan dengan menyalakan lampu selama 10 menit menggunakan satuan lux.
2. Pengujian sensor tinggi tanaman dilakukan dengan mengukur tinggi tanaman berdasarkan jarak dari luas penampang daun dengan media

taman menggunakan penggaris dan sensor HC-SR04 dalam satuan cm. Penempatan sensor diletakkan pada ketinggian 28 cm dengan pengambilan data selama 5 menit. Pengujian dilakukan pada beberapa tanaman dengan ukuran penampang daun $\pm 3 \times 3 \text{ cm}^2$ dan $\pm 5 \times 5 \text{ cm}^2$. Hasil yang didapat akan dibandingkan untuk mengetahui rata-rata selisih yang diperoleh dari sistem dalam mengukur tinggi tanaman

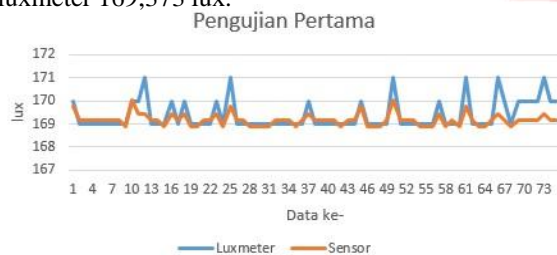
3.1.2 Skenario Pengujian Sistem

Pada skenario pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sistem secara keseluruhan dapat bekerja. Indikator keberhasilan dilihat dari aksi aktuator dapat bekerja berdasarkan hasil pengolahan akuisisi data yang dilakukan oleh sensor. Pengujian ini dilakukan selama 2 menit, dengan meletakkan sensor pada posisi yang telah ditentukan untuk mengakuisisi data dan mengamati aksi yang dilakukan aktuator sesuai dengan hasil pengolahan data.

4. Pengujian dan Analisis

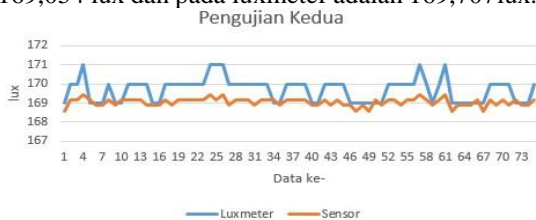
4.1 Analisis Skenario Pengujian Sensor Cahaya

Berdasarkan pengujian diperoleh rata-rata intensitas cahaya menggunakan sensor pada pengujian pertama adalah 169,178 lux sedangkan luxmeter 169,373 lux.



Gambar 4. 1 Grafik Hasil Pengujian Intensitas Cahaya Pertama

Pada pengujian kedua rata-rata intensitas cahaya yang diperoleh menggunakan sensor adalah 169,054 lux dan pada luxmeter adalah 169,707 lux.

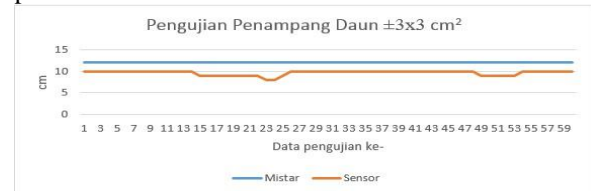


Gambar 4. 2 Grafik Hasil Pengujian Intensitas Cahaya Kedua

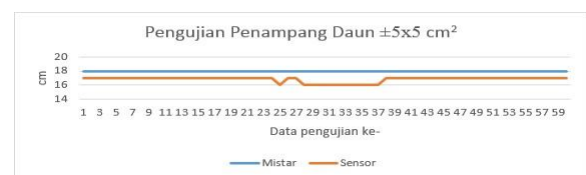
Sehingga diperoleh rata-rata selisih 0,195 lux pada pengujian pertama dan 0.653 lux pada pengujian kedua. Perubahan intensitas cahaya pada grafik pengujian 4.1 dan 4.2 memiliki nilai perbedaan yang tidak terlalu jauh yakni 0,458 lux. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor dapat bekerja dengan baik dalam mendeteksi intensitas cahaya.

4.2 Analisis Skenario Pengukuran Tinggi Tanaman

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, diperoleh hasil bahwa rata selisih pada pengujian penampang daun $\pm 3 \times 3$ adalah 2,3 cm sedangkan pada pengujian selanjutnya adalah 1,2 cm, dijelaskan pada Gambar 4.3 dan 4.4.



Gambar 4. 3 Pengujian pada penampang daun $\pm 3 \times 3 \text{ cm}^2$



Gambar 4. 4 Pengujian pada penampang daun $\pm 5 \times 5 \text{ cm}^2$

Pengujian pada ukuran daun yang lebih besar akan menghasilkan nilai selisih yang lebih kecil dari $\pm 2,3$ cm. Selisih tersebut diperoleh karena media tempat sensor diletakkan bergerak sehingga pembacaan sensor tidak stabil. Selain itu karena sensor yang digunakan memiliki *transmitter* dan *receiver* gelombang ultrasonik yang terpisah. Sehingga pembacaan tinggi dengan ukuran penampang daun lebih kecil dari jarak *transmitter* dan *receiver*, akan menghasilkan selisih yang lebih besar dibanding dengan ukuran penampang daun yang lebih besar. Namun secara keseluruhan, sensor HC-SR04 yang umumnya digunakan untuk mengukur jarak dengan bidang datar, luas dan diam, dapat diterapkan pada pengukuran tinggi tanaman dengan ukuran penampang daun yang lebih kecil.

4.3 Hasil Pengujian Sistem

Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 4.5. Data pada tabel adalah data yang diterima oleh server OpenMTC, kemudian ditampilkan melalui aplikasi *monitoring* tanaman. Berdasarkan hasil tabel, aktuator bekerja jika hasil pengolahan akuisisi data sensor memenuhi kondisi tanaman harus disiram yang ditunjukkan melalui status kelembaban tanah. Status kerja aktuator diperoleh berdasarkan pengolahan data rata-rata dari *soil* dan cahaya menggunakan logika fuzzy pada penelitian selanjutnya [13] dan ditampilkan dalam aplikasi dengan nama status pompa.

No.	Soil 1 (%)	Soil 2 (%)	Cahaya (lux)	Tinggi (cm)	Waterflow (L/ment)	Status Kelembaban	Status Pompa	Waktu Nyala	Aksi Pompa
1	31,38	33,53	2	25	3	Lembab	ON	95	Nyala
2	32,46	33,53	8	10	3	Lembab	ON	105	Nyala
3	35,56	34,41	12	10	3	Lembab	ON	115	Nyala
4	43,10	39,32	10	10	3	Lembab	ON	125	Nyala
5	47,63	43,53	15	10	3	Lembab	ON	135	Nyala
6	52,37	49,88	0	0	3	Basah	OFF	0	Mati
7	64,00	61,00	37	24	0	Basah	OFF	0	Mati
8	64,00	61,00	27	26	0	Basah	OFF	0	Mati
9	62,81	61,78	29	10	0	Basah	OFF	0	Mati
10	61,88	60,31	0	10	0	Basah	OFF	0	Mati
11	61,88	60,31	0	26	0	Basah	OFF	0	Mati
12	61,88	60,31	0	24	0	Basah	OFF	0	Mati

Gambar 4. 5 Hasil pengujian sistem keseluruhan

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis pengujian prototipe sistem *monitoring* tanaman dapat ditarik kesimpulan :

1. Prototipe sistem *monitoring* tanaman dapat melakukan proses akuisisi data, penyiraman tanaman dan menampilkan informasi mengenai kondisi tanaman pada aplikasi menggunakan *platform* OpenMTC dan standar jaringan ZigBee.
2. Pada skenario pengujian cahaya dan tinggi tanaman diperoleh bahwa:
 - Hasil pengukuran menggunakan sensor cahaya menunjukkan pola yang sama dengan alat acuan dengan selisih $\pm 0,652$ lux.
 - Sensor HC-SR04 dapat diterapkan untuk mengukur tinggi tanaman berdasarkan ketinggian ukuran penampang daun dari permukaan media tanam.
 - Sistem secara keseluruhan, proses penyiram bekerja jika hasil pengolahan akuisisi data sensor memenuhi kondisi tanaman harus disiram yang ditunjukkan melalui status kelembaban tanah. Sedangkan status kerja aktuator ditunjukkan melalui status pompa pada aplikasi.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang diperoleh, diperlukan pengembangan yang lebih lanjut yaitu :

1. Penambahan sensor pH tanah untuk mendeteksi kondisi dari tanah, yang menjadi salah satu faktor yang perlu diperhatikan selama proses pembudidayaan.
2. Penggunaan sensor yang lebih sensitif pada proses mengakuisisi data.
3. Aplikasi *monitoring* tanaman dapat dikembangkan menjadi aplikasi *mobile*.

Daftar Pustaka

- [1] ObatPertanian, "Cara Menanam Bayam yang Baik dan Benar," Saturday, 28 Desember 2013.
- [2] A. W. W. Hadisoeganda, dalam *Bayam Sayuran Penyangga Petani di Indonesia*, Bandung, Balai Penelitian Tanaman Sayuran, 1996, p. 1.
- [3] S. Zaenal Arifin, "Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari dan Trikontanol Terhadap pertumbuhan dan Hasil Biji Bayam," vol. 1, no. 1, Januari-Juni 2007.
- [4] K. Sohraby, D. Minoli dan T. Znati, "Wireless Sensor Networks Technology, Protocols and Application," Wiley-Interscience, Canada, 2007.
- [5] J. F. Kazienko, I. R. Riberio, I. M. Moraes dan C. V. N. Albuquerque, "Practical Evaluation of a Secure Key-Distribution and Storage Schema for Wireless Sensor Networks using TinyOS," vol. 14, no. 1, 2011.
- [6] N. Ashok Somani dan Y. Patel, "ZigBee : A Low Power Wireless Technology For Industrial Applications," *Internation Journal of Control Theory and Computer Modelling (IJCTCM)*, vol. 2, no. 3, 2012.
- [7] S. L. Jin, S. Yu-Wei dan C. S. Chung, "A Comparative Study of Wireless Protocols: Bluetooth, UWB, Zigbee and Wi-Fi," *IEEE Industrial Electronics Society (IECON)*, pp. 5-8, Nov,2007.
- [8] A. Kaiserin, "OpenMTC Platform A Generic M2M Communication Platform," FOKUS, Berlin, Germany, 2012.
- [9] DFRObot, "Moisture Sensor(SKU:SEN0114)," 2012.
- [10] "DFRobot Ambient Light Sensor SKU:DF0026," DFROBOT, 3 September 2014. [Online]. Available: http://www.dfrobot.com/wiki/index.php/DFRobot_Ambient_Light_Sensor_SKU:DF0026. [Diakses 14 Mei 2015].
- [11] ElecFreaks, "Ultrasonic Ranging Module HC-SR04".

- [12] "Vegetable Gardening Life," [Online]. Available: <http://www.vegetablegardeninglife.com/how-to-grow-spinach.html>. [Diakses Juli 2015].
- [13] I. Y. Matsuri, "Prototipe Otomasi Pengendalian Kadar Air Berbais Logika Fuzzy," Universitas Telkom, Bandung, 2015.
- [14] Google.Inc, [Online]. Available: http://bibrairie.immateriel.fr/baw/9789264084667/images/e9789264084667_i0372.jpg. [Diakses 1 November 2014].

