

Pemantauan dan Pengendalian Kondisi Lingkungan Greenhouse Tanaman Paprika dengan Teknologi ZigBee

Helmy Fitriawan, Ida bagus Made Dwipakresna, Sri Ratna Sulistyanti, Agus Trisanto
Jurusan Teknik Elektro – Fakultas Teknik
Universitas Lampung
Jl. Sumantri Brojonegoro, No. 1, Bandar Lampung, 35145
 helmy.fitriawan@eng.unila.ac.id

Abstrak— Budidaya tanaman didalam *greenhouse* masih memiliki kendala dalam hal pengendalian kondisi lingkungan, seperti suhu dan kelembaban, yang dilakukan secara manual. Oleh sebab itu dibutuhkan suatu sistem pemantauan dan pengendalian parameter tersebut secara otomatis dan dapat dipantau secara jarak jauh. Makalah ini memaparkan rancang bangun sistem pemantauan dan pengendalian kondisi lingkungan *greenhouse* untuk budidaya tanaman paprika menggunakan jaringan sensor nirkabel berbasis ZigBee. Sistem yang dikembangkan terdiri dari dua subsistem yaitu nodal sensor yang terpasang di *greenhouse* dan nodal koordinator sebagai tempat pemantauan dan pengendalian. Nodal sensor berfungsi untuk mengirim data suhu, kelembaban dan kadar air tanah menuju nodal koordinator. Nodal koordinator menerima data dan meneruskannya ke komputer untuk ditampilkan menggunakan *software* LabView. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem secara fungsional bekerja baik. Pengiriman data berjalan dengan baik, hal ini dapat dilihat dari data *logger* di nodal sensor sama dengan data yang diterima di komputer.

Kata Kunci—*Sensor, Pemantauan dan Pengendalian, ZigBee, Greenhouse*

I. PENDAHULUAN

Pertanian memegang peranan penting bagi pertumbuhan ekonomi suatu negara. Indonesia adalah negara yang berorientasi pertanian atau yang biasa disebut negara agraris. Sekitar 27,65% dari penduduknya atau sekitar 33,36 juta orang bekerja di sektor bidang pertanian [1]. Tetapi sayangnya, sebagian besar petani masih menggunakan metode tradisional didalam teknik pertaniannya yang mengakibatkan masih rendahnya hasil panen pertanian atau perkebunannya. Sehingga dibutuhkan penggunaan teknologi otomasi modern di sektor pertanian untuk meningkatkan hasil panen.

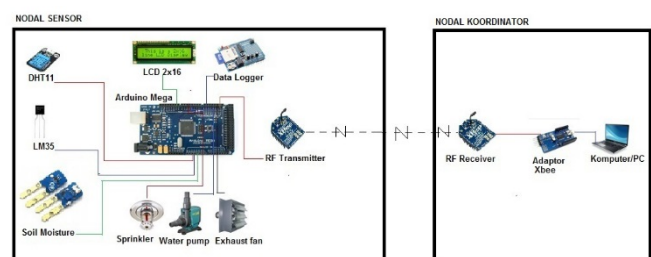
Budidaya pertanian tanaman sayur di Indoensia sendiri sebagian besar dilakukan pada lahan terbuka, yang mempunyai beberapa tantangan yaitu keterbatasan lahan, cuaca dan keterbatasan air. Salah satu jenis tanaman sayur yang dikembangkan adalah paprika (*capsicum anuum L.*). Paprika merupakan tanaman sayur sejenis cabai yang memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi [2]. Tanaman paprika tumbuh dan berkembang dengan baik pada suhu 24°C - 30°C pada siang hari dan 9°C - 12°C pada malam hari. Sehingga, untuk mendapatkan kondisi tersebut paprika dapat dibudidayakan didalam *greenhouse* dengan lingkungan cuaca yang dapat dikendalikan. *Greenhouse* atau rumah kaca merupakan tempat dengan struktur dinding dan atap terbuat dari bahan transparan, seperti plastik atau kaca, dengan iklim yang dapat dikendalikan untuk tanaman tumbuh dan

berkembang. Pemantauan dan pengendalian kondisi lingkungan didalam *greenhouse* seperti suhu dan kelembaban masih dilakukan secara manual. Hal ini kurang efektif dikarenakan adanya potensi kesalahan manusia, dan adakalanya membutuhkan lebih dari satu orang pekerja. Sehingga untuk itu, dibutuhkan suatu sistem pemantauan dan pengendalian parameter tersebut secara otomatis dan dapat dipantau secara jarak jauh. Teknologi jaringan sensor nirkabel (JSN) dengan ZigBee dapat digunakan untuk pemantauan dan pengendalian parameter kondisi lingkungan didalam *greenhouse* secara otomatis dan jarak jauh. ZigBee adalah standar teknologi komunikasi nirkabel yang dikelola oleh sebuah konsorsium yaitu ZigBee Alliance [3]. ZigBee dikembangkan berbasiskan pada lapisan fisik dan MAC standar IEEE 802.15.4 [4]. ZigBee bekerja pada frekuensi 2,4 GHz dengan kecepatan transfer data maksimum 250 kbps dan jarak paling jauh sekitar 100m sehingga sangat sesuai untuk aplikasi yang membutuhkan komunikasi nirkabel jarak pendek dengan kecepatan rendah [5].

Makalah ini memaparkan pengembangan dan implementasi sistem tersebut menggunakan sensor, mikrokontroler Arduino, serta modul komunikasi ZigBee. Sistem yang dikendalikan dapat mengendalikan parameter lingkungan dalam *greenhouse* seperti suhu, kelembaban, dan kadar air tanah, yang dibutuhkan tanaman paprika untuk tumbuh dengan baik.

II. ARSITEKTUR SISTEM

Sistem pemantauan dan pengendalian yang dikembangkan terdiri dari dua subsistem yaitu nodal sensor yang terpasang di *greenhouse* dan nodal koordinator sebagai tempat pemantauan dan pengendalian parameter lingkungan *greenhouse*, seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur sistem yang dikembangkan, terdiri dari nodal sensor yang dipasang di *greenhouse* dan nodal koordinator yang berada di lokasi pemantauan atau pengendalian.

Node sensor bertugas untuk mengukur parameter lingkungan *greenhouse* yaitu suhu, kelembaban dan kadar air

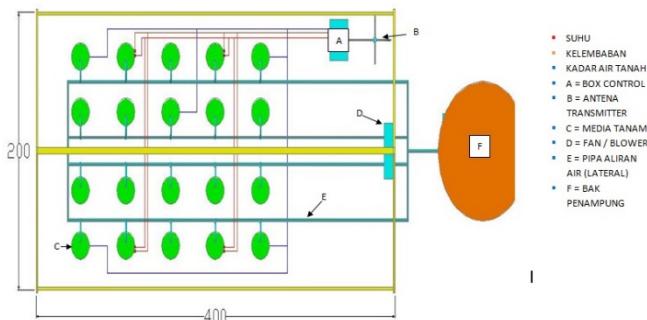
tanah melalui sensor-sensor yang dimilikinya. Sensor LM35 merupakan sensor pembacaan suhu yang memiliki sensitivitas linier antara suhu dan tegangan sebesar 10 mV/°C dan beroperasi pada rentang -55°C s.d. 25°C [6]. Sementara untuk mengukur kelembaban, digunakan sensor DHT11 yang mampu mengukur kelembaban lingkungan dalam range 20% – 95% RH dengan akurasi kelembaban ± 5% [7]. Kemudian sensor *soil moisture* merupakan sensor kelembaban tanah yang bekerja dengan prinsip membaca jumlah kadar air di dalam tanah.

Data hasil pengukuran kemudian diolah dengan mikrokontroler pada Arduino Mega. Arduino Mega adalah *board* mikrokontroler berbasis ATmega2560. Arduino merupakan platform perangkat keras sederhana bersifat terbuka (*open source*) untuk mikrokontroler *single-board* dengan dukungan *embedded I/O* dan bahasa pemrograman standar. Arduino Mega ini mempunyai 70 *input/output*, dimana 11 diantaranya digunakan untuk *output PWM* dan 16 diantaranya sebagai *input analog*. Arduino ini juga dilengkapi 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, koneksi *power* dan tombol *reset*. Sistem juga dilengkapi dengan LCD 16x2 sebagai alat bantu penampil hasil pembacaan sensor. Sementara untuk penyimpanan data hasil pengukuran secara terus-menerus digunakan *data logger* 4 GB.

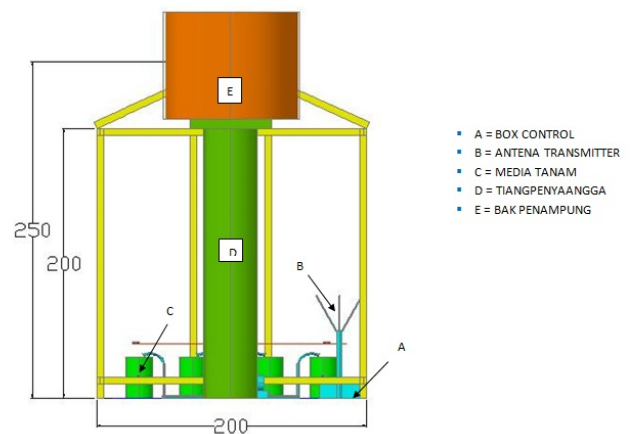
Sistem ini menggunakan pompa air, kipas *blower*, dan sprinkler sebagai aktuator yang mengendalikan parameter lingkungan di dalam *greenhouse*. Pompa air digunakan untuk mengalirkan air ke tanaman di *greenhouse* dengan sistem irigasi tetes. Kipas *blower* merupakan perangkat mekanis yang digunakan untuk membuat aliran gas kontinu seperti udara. Kipas digunakan untuk mengatur temperatur udara di dalam ruangan *greenhouse*. Sementara splinkler digunakan untuk mengendalikan kelembaban udara ruangan di dalam *greenhouse*. Sementara untuk komunikasi antara sistem yang terpasang di *greenhouse* dan tempat pemantauan, digunakan Xbee Series 2 yang menggunakan protocol komunikasi ZigBee [8]. Xbee Series 2 dapat berkomunikasi secara *full duplex*.

III. IMPLEMENTASI SISTEM

Gambar 2 memperlihatkan penampang atas implementasi sistem pemantauan dan pengendalian kondisi lingkungan tanaman paprika di *greenhouse* yang berukuran 200m x 400m. Sementara penampang depan dari sistem tersebut diperlihatkan pada Gambar 3. Media tanam (C) untuk tanaman paprika yaitu beberapa pot yang dihubungkan dengan pipa aliran air (E) yang berfungsi sebagai saluran air untuk pengirigasian dengan sistem tetes. Air dari bak penampungan (F) dipompa menggunakan pompa air.



Gambar 2. Diagram penampang atas implementasi sistem pengendalian kondisi lingkungan di *greenhouse*.



Gambar 3. Arsitektur sistem yang dikembangkan, terdiri dari nodal sensor yang dipasang di *greenhouse* dan nodal koordinator yang berada di lokasi pemantauan atau pengendalian.

Sensor soil moisture dipasang di beberapa titik pada media tanam sebagai parameter untuk mengukur kadar air tanah. Nilai kadar air tanah yang ingin dicapai adalah diatas 30%. Apabila kadar air tanah didalam media tanam tersebut dibawah dari ketentuan parameter yang telah ditentukan maka pompa air akan aktif secara otomatis, mengalirkan air ke media tanam. Sensor DHT11 dan LM35 dipasang di beberapa titik pada media tanam, tujuannya yaitu untuk mengetahui kelembaban udara dan temperatur di dalam ruangan. Suhu di dalam ruangan dijaga dibawah 30°C sementara kelembaban dijaga diatas 60% dengan cara mengendalikan hidup atau matinya kipas (D) dan sprinkler. Semua pengendalian dan pemantauan tersebut dilakukan dengan mikrokontroler Arduino Mega yang berada di *box control* (A). Nilai parameter suhu, kelembaban dan kadar air tanah yang ingin dicapai dapat dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh dengan menggunakan teknologi ZigBee (B). Sistem pemantauan kondisi lingkungan didalam *greenhouse* dilengkapi dengan *data logger* yang berfungsi untuk menyimpan data kondisi lingkungan didalam *greenhouse*. Tujuan dipasang *data logger* tersebut yaitu sebagai perbandingan data didalam *greenhouse* dengan data yang dipantau dari jarak jauh menggunakan ZigBee.

IV. PENGUJIAN SISTEM

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kinerja antar sub sistem dan sistem secara keseluruhan serta tujuan sistem yang dikembangkan sesuai dengan perancangan sistem. Pengujian meliputi pengujian aktuator terhadap nilai sensor, pengujian ketepatan pengiriman data dan kebenaran data terkirim terhadap akuisisi data *logger*, pengujian waktu pengiriman RF *transmitter* terhubung dengan RF *receiver*.

TABEL I
HASIL PENGUJIAN AKTUATOR TERHADAP PEMBACAAN SENSOR

No	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Kadar Air (%)	Status Aktuator		
				Kipas	Pompa	Sprinkler
1	29,006	77,667	30,288	off	off	off
2	28,908	70,667	28,438	off	on	off
3	29,104	70,667	31,256	off	off	off
4	29,202	70,667	30,726	off	off	off
5	29,494	70,000	30,286	off	off	off
6	29,592	70,000	29,934	off	on	off
7	28,810	58,000	32,842	off	off	on
8	28,516	57,667	32,842	off	off	on
9	31,840	57,333	33,370	on	off	on
10	31,352	58,000	34,602	on	off	on

Tabel I memperlihatkan bahwa aktuator dapat merespon dengan baik terhadap perubahan pembacaan sensor terhadap perubahan kondisi lingkungan. Dari hasil pengujian terlihat bahwa kipas akan hidup/On apabila suhu ruangan telah

mencapai 30⁰C atau lebih. Sementara pompa air akan hidup/On apabila kadar air tanah mencapai kurang dari 30%, dan sprinkler akan hidup/On apabila kelembaban udara kurang dari 60%.

TABEL II
Hasil pengujian Pada Pembacaan Nodal Sensor

Waktu	Akusisi Data Nodal Sensor												
	Suhu1	Suhu2	Suhu3	Suhu4	Suhu5	Rh1	Rh2	Rh3	KA1	KA2	KA3	KA4	KA5
13:22:22	31.89	37.7	32.2	31.2	32.6	29	31	81	21.41	31.08	16.64	23.96	54.82
13:23:24	32.87	38.6	32.7	31.7	33.09	29	31	61	23.61	30.64	17.96	24.84	52.62
13:24:27	34.34	39.6	32.7	31.7	33.09	29	31	65	24.49	31.08	19.28	23.52	54.38
13:25:30	32.87	40.1	32.7	32.2	33.09	29	31	65	24.93	31.52	20.16	24.40	54.38
13:26:33	31.89	40.1	32.2	32.2	33.58	29	31	65	24.93	31.52	17.96	24.40	54.38
13:27:36	33.85	40.1	32.2	32.2	33.09	29	31	64	24.93	31.08	16.20	24.40	54.38
13:28:39	34.34	40.6	32.2	31.7	33.58	29	31	63	24.93	31.52	20.16	25.29	55.26
13:29:42	33.85	41.1	33.2	32.2	33.58	28	31	64	24.49	31.08	15.76	24.40	54.82
13:30:44	32.87	40.1	32.7	32.2	33.58	28	31	64	24.93	31.52	19.28	24.40	55.26
13:31:47	32.87	39.1	32.7	32.2	33.58	28	31	64	24.49	31.52	16.2	23.96	55.26

TABEL III
Hasil pengujian Pada Pembacaan di Komputer Pemantauan

Waktu	Akusisi Data di Komputer												
	Suhu1	Suhu2	Suhu3	Suhu4	Suhu5	Rh1	Rh2	Rh3	KA1	KA2	KA3	KA4	KA5
1:22:43PM	31.89	37.7	32.2	31.2	32.6	29	31	81	21.41	31.08	16.64	23.96	54.82
1:23:46PM	32.87	38.6	32.7	31.7	33.09	29	31	61	23.61	30.64	17.96	24.84	52.62
1:24:48PM	34.34	39.6	32.7	31.7	33.09	29	31	65	24.49	31.08	19.28	23.52	54.38
1:25:51PM	32.87	40.1	32.7	32.2	33.09	29	31	65	24.93	31.52	20.16	24.40	54.38
1:26:53PM	31.89	40.1	32.2	32.2	33.58	29	31	65	24.93	31.52	17.96	24.40	54.38
1:27:56PM	33.85	40.1	32.2	32.2	33.09	29	31	64	24.93	31.08	16.20	24.40	54.38
1:28:59PM	34.34	40.6	32.2	31.7	33.58	29	31	63	24.93	31.52	20.16	25.29	55.26
1:30:01PM	33.85	41.1	33.2	32.2	33.58	28	31	64	24.49	31.08	15.76	24.40	54.82
1:31:04PM	32.87	40.1	32.7	32.2	33.58	28	31	64	24.93	31.52	19.28	24.40	55.26
1:32:06PM	32.87	39.1	32.7	32.2	33.58	28	31	64	24.49	31.52	16.20	23.96	55.26

Tabel II dan III memperlihatkan hasil data pembacaan sensor sebanyak 10 (sepuluh) kali yang kemudian tersimpan di data *logger* dan data yang diterima di komputer pemantauan. Suhu1, Suhu2, Suhu3, Suhu4, dan Suhu5 merupakan hasil pengukuran suhu, dalam ⁰C, di 5 (lima) titik pembacaan di media tanam yang berbeda. Sementara Rh1, Rh2, dan Rh3 adalah hasil pengukuran kelembaban, dalam %, di 3 (tiga) titik yang berbeda. Sementara KA1, KA2, KA3, KA4, dan KA5, merupakan nilai kadar air tanah, dalam %, yang didapat dari 5 (lima) pembacaan di media tanam yang berbeda. Dari perbandingan data hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan baik data yang terbaca oleh sensor untuk disimpan di data *logger* serta data yang diterima oleh komputer di sisi pemantauan.

TABEL IV
Hasil pengujian Waktu Pengiriman Data Menggunakan ZigBee

No	Waktu Kirim	Waktu Terima	Selisi Waktu (Detik)	Status
1	13:22:22	1:22:43 PM	21	Data Terkirim
2	13:23:24	1:23:46 PM	22	Data Terkirim
3	13:24:27	1:24:48 PM	21	Data Terkirim
4	13:25:30	1:25:51 PM	20	Data Terkirim
5	13:26:33	1:26:53 PM	20	Data Terkirim
6	13:27:36	1:27:56 PM	17	Data Terkirim
7	13:28:39	1:28:59 PM	20	Data Terkirim
8	13:29:42	1:30:01 PM	19	Data Terkirim
9	13:30:44	1:31:04 PM	20	Data Terkirim
10	13:31:47	1:32:06 PM	19	Data Terkirim

Tabel IV memperlihatkan hasil pengujian waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan data pembacaan dari nodal sensor di *greenhouse* ke komputer pemantauan untuk 10 kali pengujian pengiriman. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengiriman data membutuhkan waktu rata-rata 19,9 detik.

V. KESIMPULAN

Sistem pemantauan dan pengendalian kondisi lingkungan *greenhouse* untuk budidaya tanaman paprika telah dikembangkan dengan menggunakan beberapa sensor, *Arduino board*, aktuator dan modul ZigBee. Dari hasil pengujian sistem dapat dilihat bahwa aktuator dapat merespon dengan baik terhadap perubahan pembacaan sensor terhadap perubahan kondisi lingkungan. Kemudian hasil pengujian juga menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan baik data yang terbaca oleh sensor untuk disimpan di data *logger* serta data yang diterima oleh komputer di sisi pemantauan. Sementara hasil pengujian pengiriman data menunjukkan bahwa data dikirimkan rata-rata 19,9 detik dari nodal sensor ke komputer pemantauan.

REFERENSI

- [1] Survei Angkatan Kerja Nasional (Sakernas), BPS, Agustus 2017.
- [2] T. K. Moekasan, L. Prabaningrum, dan N. Gunadi, *Budidaya Paprika di Dalam Rumah Kaca*, Bandung Barat: Balai Penelitian dan Sayuran, 2008.

- [3] ZigBee Alliance. *ZigBee Specification*. 2012. [Online]. Available: <http://www.zigbee.org>.
- [4] C. Ergen, Sinem, "ZigBee/IEEE 802.15.4 Summary," Electrical Engineering and Computer Science, Univ. of California, Berkeley, 2004.
- [5] H. Fitriawan, M. Susanto, A. S. Arifin, D. Mause, and A. Trisanto, "Zigbee Based Wireless Networks and Performance Analysis in Various Environments", in proc. *15th Intl. Conf. QIR: Intl. Symp. Elec. And Com. Eng. (QIR2017)*, 2017, p. 272.
- [6] LM35DZ Datasheet. [online]. <http://www.itisravenna.gov.it/sheet/lm35dz.pdf>, 2014.
- [7] Aosong. "DHT Product Manual", 2014.
- [8] Digi International Inc. "XBee/XBee-Pro ZB RF Modules Product Manual". [online]. <http://www.digi.com>, 2014.