

Smart Agricultural System in Greenhouse based on Internet of Things for Lettuce (*Lactuca sativa* L.)

Grey M. Bonde, Daniel P. M. Ludong, Meicsy E. I. Najooan

Dept. of Electrical Engineering, Sam Ratulangi University Manado, Kampus Bahu St., 95115, Indonesia

greybonde@gmail.com ; Daniel.ludong@unsrat.ac.id ; meicsynajooan@unsart.ac.id

Received: 27 November 2020; accepted: 12 January 2021; published: 22 January 2021

Abstract — Indonesian Agricultural sistem for vegetable still using a conventional method. However, conventional method is having a problem, which is weather. Indonesia's weather condition is going uncertain because the global warming effect. Uncertain weather cause plant's growth agitated. Greenhouse is one of the human's innovation to keep and increase plant growth. This research using IoT based smart system in greenhouse. Greenhouse was built to create new environment to separated from the outside environment. Sensors are applied to monitor the environment. In greenhouse, writer applied actuator to maintain the environment at the optimal condition. The condition inside greenhouse can be seen in website. The main purpose of this research are to design, build, and control the IoT-based greenhouse for best condition of lettuce's growing climate. This research using experimental method on development project. The micro-climate range that the researcher using for this research are at 22-30 Celcius degree for the temperature, 90% for the humidity, and 100 LDR's scale for the light intensity. By applying IoT based smart system inside greenhouse, plant growth can be seen clearly in the website. The condition of the environment can maintain at the optimal contition for the plant growth, with the manual or automatical control. With this device, the plant growth can maintain at the best condition and it will produce plant that grow at the best condition

Key words - *Greenhouse;Internet of Things;sensors;enviroment.*

Abstrak — Sistem pertanian tanaman sayuran di Indonesia masih dibudidayakan di lahan terbuka. Namun, budidaya sayuran pada lahan terbuka menghadapi banyak masalah, salah satunya yaitu cuaca. Cuaca yang tidak menentu mengakibatkan adanya kesulitan untuk pertumbuhan tanaman sayuran yang optimum. Greenhouse adalah wujud inovasi manusia untuk menjaga dan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Sistem pertanian cerdas berbasis IoT diterapkan dalam penelitian ini. Sensor-sensor pemantau parameter-parameter pertumbuhan tanaman dipasang untuk memonitor keadaan ekosistem yang ada di dalam greenhouse. Keadaan lingkungan di dalam greenhouse dapat dipantau secara keseluruhan di dalam halaman *website*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang, membangun, dan mengendalikan *greenhouse* dan sistem kontrol berbasis IoT yang optimal untuk pertumbuhan tanaman selada. Metode yang digunakan adalah dengan menggunakan metode eksperimental dalam bentuk

pengembangan yang berkelanjutan. Pertumbuhan tanaman selada dalam sistem cerdas berbasis IoT memiliki range suhu sebesar 22-30 derajat Celsius, dan kelembaban dengan batas 90%. Untuk intensitas cahaya yang dibutuhkan, maka sistem mengatur jumlah intensitas cahaya yang diterima oleh *greenhouse* harus lebih dari 100 skala LDR Penerapan sistem cerdas berbasis IoT di dalam *greenhouse* menghasilkan pertumbuhan tanaman dapat dikendalikan secara otomatis sesuai kebutuhan dari tanaman. Keadaan lingkungan di dalam *greenhouse* dapat diamati secara daring (*online*) melalui halaman *website*. Aktuator sebagai pengendali keadaan lingkungan di dalam *greenhouse* dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan informasi yang diperoleh dari sensor. Sistem ini juga di rancang untuk dapat dikendalikan secara manual melalui tampilan *website* dimana pengendalian ini berdasarkan pengamatan langsung dari informasi sensor yang diperoleh. Dengan adanya alat ini, pertumbuhan tanaman terpantau dan menghasilkan tanaman dalam keadaan pertumbuhan yang terkendali.

Kata kunci — *Greenhouse;Internet of Things; sensor; lingkungan.*

I. PENDAHULUAN

Faktor-faktor untuk pertumbuhan tanaman selada yang ada di dalam *greenhouse* masih sangat sulit untuk dikontrol. Faktor yang dimaksud antara lain suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya. Penelitian ini memiliki tujuan untuk membangun, mengamati, bahkan mengontrol keadaan lingkungan di dalam *greenhouse* untuk pertumbuhan tanaman Selada keriting yang optimal dengan menggunakan sistem berbasis IoT (*Internet of Things*). Diharapkan dengan menggunakan metode ini, keadaan lingkungan dalam *greenhouse* dapat terkontrol dan memberikan nilai optimal untuk pertumbuhan tanaman selada.

IoT (*Internet of Things*) adalah sebuah teknologi yang memungkinkan kita untuk menghubungkan mesin, peralatan, dan benda fisik lainnya dengan sensor jaringan dan aktuator untuk memperoleh data dan mengelola kinerjanya sendiri, sehingga memungkinkan mesin untuk berkolaborasi dan bahkan bertindak berdasarkan informasi baru yang diperoleh secara independen [5].

Greenhouse didefinisikan sebagai suatu bangunan yang memiliki struktur atap atau dinding yang bersifat tembus

cahaya, memungkinkan cahaya yang dibutuhkan tanaman bisa masuk ke dalam bangunan akan tetapi tanaman tetap dapat terhindar dari kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan seperti curah hujan yang deras, tiupan angin yang kencang atau keadaan suhu yang terlalu tinggi yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman

Metode penanaman dalam *greenhouse* memiliki banyak tipe, salah satunya adalah *Nutrient Film Technique* (NFT). NFT adalah metode budidaya yang akar tanamannya berada di lapisan air dangkal tersirkulasi yang mengandung nutrisi sesuai kebutuhan tanaman [1].

II. METODE PENELITIAN

A. Rancang Bangun Greenhouse dan Sistem Hidroponik

Greenhouse dibuat dengan menggunakan plastic UV, baja ringan, dan atap plastik PVC bergelombang dengan ukuran *greenhouse* Panjang 2m, lebar 2m, serta tinggi 3m. *Greenhouse* dibuat dengan tipe *greenhouse sub-tropical* dan memiliki jenis atap *full-monitor*. Pada bagian atap, terdapat 4 ventilasi dengan Panjang masing-masing 80cm dan lebar 40 cm. Lampu LED ditempatkan di atas sistem hidroponik untuk memaksimalkan pemberian intensitas cahaya pada tanaman. Jarak antara tanaman dengan lampu 60 cm.

Sistem hidroponik NFT akan dibuat dengan menggunakan pipa PVC dengan ukuran 3 inci, pipa PVC dengan ukuran 0.5 inci, pompa air dengan kapasitas tolakan 1.5m, netpot dengan tinggi 7cm, ember penampung air nutrisi dengan kapasitas 25L. Jarak antar lubang sebesar 10 cm. pipa PVC sebesar 3 inci dipotong hingga memiliki panjang sebesar 1 m. setelah itu siapkan pompa yang akan disambungkan dengan pipa, untuk membuat air bisa mengalir dalam pipa hingga membentuk lapisan air dengan ketebalan 2 cm

B. Rancang Bangun Sistem IoT

Penggunaan dan penempatan komponen-komponen sistem IoT berdasarkan hasil rancang bangun sistem IoT yang direncanakan dan digambar dalam bentuk skema. Alat-alat yang dipakai untuk kebutuhan sistem IoT ini adalah raspberry, lampu, pompa untuk hidroponik, pompa untuk pendinginan *greenhouse*, dan tangki air. Digunakan 3 komputer mini (*raspberry pi*) yang diletakan di atas meja dimana sensor-sensor terhubung. Pompa hidroponik diletakan di dalam ember dan memiliki fungsi memompa air nutrisi untuk tanaman hidroponik. Pompa pendingin diletakan di luar *greenhouse* dan dekat dengan tangki penampung air pendingin, yang memiliki fungsi untuk menjadi alat yang dapat menurunkan suhu di dalam *greenhouse*.

Sensor dikalibrasi berdasarkan fungsi dari setiap sensor. Sensor-sensor yang dikalibrasi adalah sensor HC-SR04 dan sensor DHT11. Sensor HC-SR04 dikalibrasi dengan bantuan penggaris, sedangkan DHT11 dikalibrasi dengan menggunakan alat pengukur suhu, *thermometer* dan aplikasi pengukur kelembaban yang terdapat di *handphone* dengan nama aplikasi Hygrometer.

Sensor yang digunakan adalah DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembaban. Sensor LDR digunakan untuk mengukur intensitas cahaya. Sensor kelembaban diatur sesuai dengan tingkat kelembaban optimum pada pertumbuhan tanaman selada keriting, yaitu dengan kelembaban diantara 70%-90%. Sensor DHT11 juga diatur untuk mengukur suhu ruangan, dengan membuat Batasan suhu sebesar 30 derajat Celsius. Sensor intensitas cahaya diatur sesuai dengan tingkat intensitas cahaya optimum pada pertumbuhan tanaman selada keriting. Sensor LDR diletakan pada meja tempat diletakannya hidroponik. Sedangkan HC-SR04 diletakkan di meja dengan jarak 61cm dari dasar ember penampung cairan hidroponik. Untuk sensor pengukur suhu lingkungan, ditempatkan di bagian luar dari *greenhouse*.

Data yang diambil dari sensor kemudian dikirimkan ke dalam *database*. Data dari *database* kemudian akan ditampilkan di dalam *website*. Data yang ditampilkan di dalam *website* merupakan data yang telah diolah. Bentuk pengolahan data berupa memasukkan rumus untuk menampilkan data yang diinginkan. Pengolahan data dilakukan terhadap data hasil bacaan dari sensor HC-SR04, dimana data yang dihasilkan oleh sensor merupakan data tinggi air. Data dari sensor HC-SR04 yang dimasukkan di dalam *database* tersebut kemudian diolah untuk menghasilkan data yang diinginkan, dalam hal ini volume. Untuk menampilkan data volume, maka data tinggi air dimasukkan rumus untuk menghitung volume, dan hasil dari operasi rumus yang ditampilkan di dalam *website*.

C. Penyemaian Selada dan Pindahkan Tanaman

Tanaman selada disemai selama 14 hari. Cara penyemaian tanaman yaitu dengan merendam benih tanaman selada di air hangat, lalu dipindahkan ke rockwool. Benih kemudian dialirkan air untuk membantu proses penyemaian. Setelah 14 hari, tanaman dipindahkan ke dalam sistem hidroponik untuk proses penelitian.

D. Proses Pengontrolan

Tanaman yang telah dipindahkan ke dalam sistem hidroponik kemudian diamati pertumbuhannya dalam *website*. proses pengontrolan terjadi ketika adanya penyimpangan dalam *greenhouse* dalam proses pertumbuhan tanaman.

E. Analisis Pertumbuhan Tanaman

Tanaman yang telah berusia matang dan siap dipanen kemudian dipanen. Setelah proses panen, tanaman selada dikaji pertumbuhannya. Proses pengkjian dari tanaman selada dilakukan dengan alat-alat seperti timbangan digital, penggaris, dan *colorgrab*.

Dengan menggunakan analisis dari pertumbuhan tanaman, maka diharapkan dapat membantu proses pengukuran tanaman selada.



Gambar 1. Greenhouse



Gambar 2. Sistem hidroponik NFT

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Greenhouse dan Sistem Hidroponik NFT.

Greenhouse dibangun dengan ukuran 2m x 2m x 3m. lampu dipasang di dalam greenhouse dengan jarak 60cm di atas tanaman. Sistem hidroponik yang digunakan adalah siste hidroponik jenis NFT (*Nutrient Film Technique*) dengan tinggi panjang pipa 1m dan tinggi hidroponik 80cm. Jenis pipa yang digunakan adalah pipa PVC sebesar 3 inci. jarak antar lobang adalah 15cm. Larutan air yang ada di dalam sistem hidroponik

memiliki kejenuhan sebesar 800ppm. gambar berikut adalah sistem hidroponik NFT yang dipakai

B. Penyemaian Tanaman

Pada proses penyemaian, tanaman selada keriting disemai dari bibit selada selama 28 hari. Setelah 28 hari, hasil semaian lalu disortir. Semaian yang dipilih adalah yang memiliki kualitas yang baik, yaitu warna daun cerah serta berbatang kuat. Hasil semaian yang telah disortir kemudian akan dipindahkan di dalam hidroponik. Untuk jenis bibit yang dipakai, yakni selada air jenis *grand rapid*.

TABEL I. DATA KALIBRASI ANTARA SENSOR DHT11 DENGAN ALAT PENGUKUR SUHU DAN KELEMBABAN.

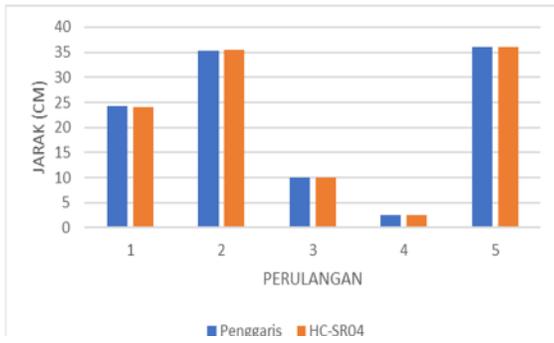
WAKTU	TEMPERATUR	KELEMBABAN	(DHT11) TEMP	(DHT11) HUM
12:33	32.31	68.99	32	69
12:38	31.43	71.03	31	71
12:43	31.01	70.98	31	71
12:48	30.09	70.21	30	70
12:53	30.35	69.48	30	69
12:58	30.21	69.73	30	70
13:03	31.39	69.84	31	70
13:08	31.42	69.95	31	70
13:13	30.11	69.54	30	70
13:18	28.93	69.46	29	69
13:23	28.96	69.74	29	70
13:28	29.43	69.83	29	70
13:33	30.98	71.06	31	71
13:38	31.12	71.31	31	71
13:43	29.14	71.17	29	71
13:48	29.38	70.5	29	70

C. Kabibrasi Sensor-sensor

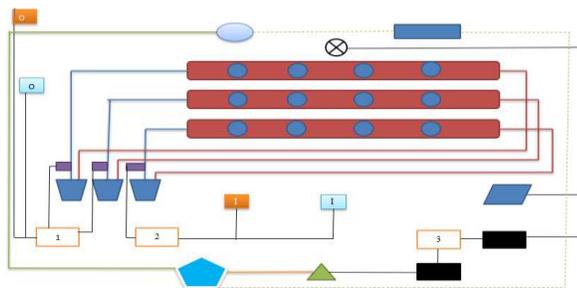
Sensor LDR tidak melalui proses kalibrasi. Untuk data yang ditampilkan di dalam website merupakan nilai hasil bacaan yang dibaca oleh sensor LDR. Langkah-langkah yang dipakai oleh sensor dalam proses pengiriman data adalah sensor membaca situasi lingkungan dalam dan luar *greenhouse*. Hasil bacaan dari sensor kemudian dikirimkan langsung ke *database*. Dari *database* tersebut kemudian langsung diambil dan kemudian dikirim ke *webserver* dan langsung ditampilkan di dalam *website*.

Tabel I. adalah data dari proses kalibrasi sensor DHT11. Proses kalibrasi dari sensor DHT11 menggunakan sensor DHT11, thermometer, dan aplikasi Hygrometer. Thermometer digunakan untuk mengukur nilai suhu ruangan, dan Hygrometer digunakan untuk mengukur kelembaban ruangan. Cara dari proses kalibrasi adalah dengan meletakkan sensor DHT11, thermometer, dan aplikasi Hygrometer secara berdampingan, sehingga alat-alat tersebut membaca suhu dan kelembaban di keadaan lingkungan yang sama. Dapat dilihat bahwa tingkat kesalahan dari sensor bernilai 5%. Berdasarkan data dari tabel, dapat dinyatakan bahwa penggunaan DHT11 dapat memberikan nilai yang akurat dalam pengukuran suhu dan kelembaban ruangan.

Pengukuran dengan menggunakan data diatas diharapkan mampu menghasilkan nilai yang tepat dilihat dari tingkat kesalahan yang tergolong rendah. Nilai kesalahan yang tidak lebih dari 5% mengakibatkan proses pengambilan data dengan sensor dapat dijalankan.



Gambar 3. Hasil kalibrasi sensor HC-SR04 dengan penggaris



Gambar 4. Skema komponen smart greenhouse

Diagram yang terdapat pada Gambar 3 merupakan diagram proses kalibrasi dari sensor HC-SR04. Proses kalibrasi menggunakan alat bantu penggaris. Tingkat kesalahan dari sensor tergolong rendah, yakni 3% Dengan melihat diagram diatas maka dapat dikatakan bahwa sensor HC-SR04 dapat menunjukkan nilai yang akurat.

D. Kabibrasi Sensor-sensor

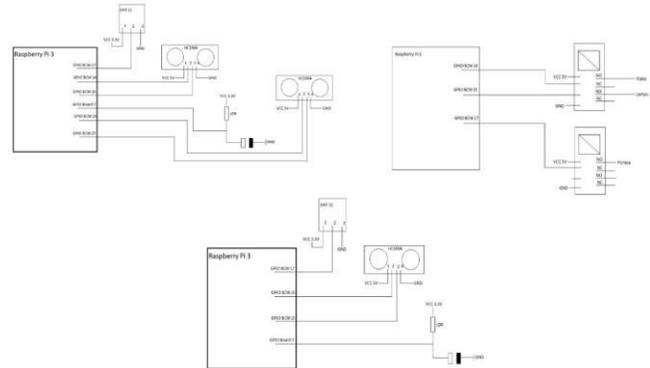
Gambar 4 adalah peta sensor yang dipasang di dalam greenhouse. Terdapat 2 sensor DHT11 dan sensor LDR yang menyatakan bahwa sensor tersebut dipasang di tempat yang berbeda. Sensor DHT11 dan sensor LDR dengan tanda (o) dipasang di luar dari greenhouse. Sedangkan sensor DHT11 dan sensor LDR dengan tanda (i) dipasang di dalam greenhouse. Gambar 5 merupakan gambaran lebih detail dari raspberry pi

Dari gambar tersebut, dapat dilihat bahwa setiap raspberry memiliki tugas yang berbeda, dengan kode pin yang berbeda. Hal ini dibuat untuk mempermudah proses pembuatan sistem agar sistem dapat menerima hasil bacaan sensor dengan teratur.

Dapat dilihat pada raspberry yang pertama, sensor – sensor yang menjadi komponen di dalamnya adalah sensor DHT11, sensor HC-SR04, dan sensor LDR. Raspberry Pi ini menjadi tempat pengumpulan data dari sensor-sensor untuk pembacaan suhu, intensitas cahaya, dan kelembaban yang ada di luar greenhouse. Raspberry Pi yang kedua memiliki komponn-komponen sensor DHT11, sensor LDR, dan 2 buah sensor HC-SR04.



Gambar 6. Proses Pemantauan Website



Gambar 5. Skema rangkaian sistem IoT

Raspberry ini memiliki fungsi untuk mengumpulkan data suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya di dalam greenhouse. Sedangkan raspberry pi yang ketiga memiliki komponen yaitu 3 buah relay. Relay ini memiliki fungsi sebagai aktuator dari alat pengendaliann suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya di dalam greenhouseRekomendasi lainnya

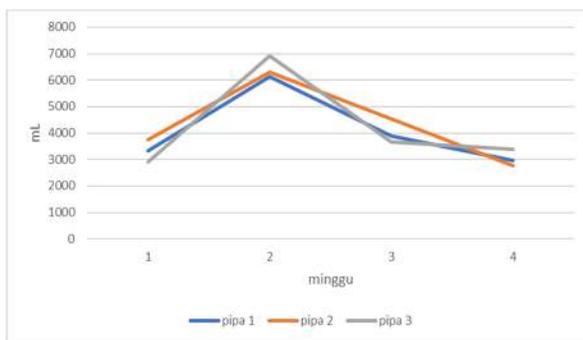
Pengamatan pertumbuhan tanaman dilakukan dengan dua cara. Cara yang pertama, yaitu dengan pengamatan secara langsung ke dalam greenhouse dan pengamatan kedua dilakukan secara tidak langsung melalui website. Pengamatan secara tidak langsung dilakukan dengan mengakses www.smartwarem.com/smartgreen.

Dengan mengkombinasikan dua jenis pengamatan, maka proses pertumbuhan tanaman dapat terkontrol dengan baik

Tabel II merupakan hasil panen dari selada yang ditanaman di dalam smart greenhouse berbasis IoT. Tanaman yang dikaji adalah tanaman yang berumur 28 HSS. Tanaman dipanen dari dalam sistem, lalu dikaji berdasarkan kebutuhan. Hasil kajian dapat dilihat di Tabel II, dimana tabel tersebut merupakan rata-rata dari jumlah sampel yang dipanen di dalam greenhouse. Berat tanaman hasil panen dalam smart greenhouse cenderung lebih besar daripada yang tidak menggunakan sistem IoT, yaitu 52.25g. berat tanaman konsumsi hasil panen selada dala Sistem IoT cenderung sama dengan yang tidak menggunakan sistem IoT, yaitu berkisar 35g. Panjang akar tanaman dalam Sistem IoT lebih pendek dari tanaman tanpa sistem IoT, yaitu 10.7cm. Jumlah helai daun antara tanaman dalam sistem IoT dan tanpa sistem IoT cenderung sama, yaitu 5 helai. Sedangkan untuk lebar daun, tanaman dalam sistem IoT cenderung lebih lebar, yaitu 10.16cm.

TABEL II. TABEL KAJIAN TANAMAN SELADA. DATA TERSEBUT DIDAPAT DARI RATA-RATA HASIL PANEN GREENHOUSE PADA PIPA 1, PIPA 2, DAN PIPA 3

No	Parameter	Pipa 1	Pipa 2	Pipa 3	Average	Tanaman Selada
1	Berat Tanaman (g)	56.65	42.93	57.18	52.25	50
2	Berat Tanaman konsumsi (g)	37.69	27.73	39.71	35.04	35
3	Panjang Akar (cm)	11.6	9.15	11.52	10.7	12
4	Jumlah Daun (helai)	5.75	4.5	6.25	5.5	5
5	Lebar Daun (cm)	11	8.75	10.75	10.16	8
6	Umur Tanaman (HSS)	28	28	28	28	28
7	Warna Daun	Hijau muda				

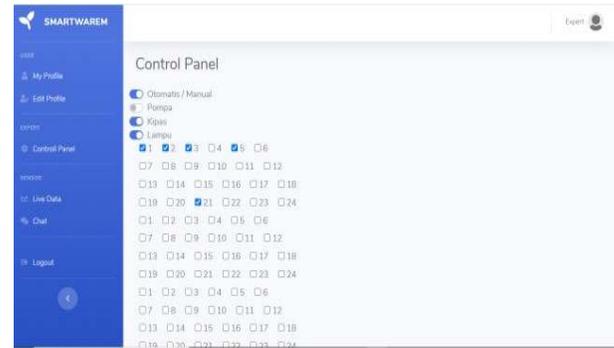


Gambar 5. Grafik kebutuhan air tanaman selada

E. Analisis Hasil Pertumbuhan

Tabel II merupakan hasil panen dari selada yang ditanam di dalam *smart greenhouse* berbasis IoT. Tanaman yang dikaji adalah tanaman yang berumur 28 HSS. Tanaman dipanen dari dalam sistem, lalu dikaji berdasarkan kebutuhan. Hasil kajian dapat dilihat di Tabel II, dimana tabel tersebut merupakan rata-rata dari jumlah sampel yang dipanen di dalam *greenhouse*. Berat tanaman hasil panen dalam *smart greenhouse* cenderung lebih besar daripada yang tidak menggunakan sistem IoT, yaitu 52.25g. berat tanaman konsumsi hasil panen selada dala Sistem IoT cenderung sama dengan yang tidak menggunakan sistem IoT, yaitu berkisar 35g. Panjang akar tanaman dalam Sistem IoT lebih pendek dari tanaman tanpa sistem IoT, yaitu 10.7cm. Jumlah helai daun antara tanaman dalam sistem IoT dan tanpa sistem IoT cenderung sama, yaitu 5 helai. Sedangkan untuk lebar daun, tanaman dalam sistem IoT cenderung lebih lebar, yaitu 10.16cm.

Dalam pertumbuhan tanaman selada, tanaman menyerap air dari dalam sistem hidroponik. Penyerapan air oleh tanaman dilakukan untuk membantu asupan nutrisi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Selada diamati selama 4 minggu. Gambar 5 adalah gambar hasil kebutuhan air tanaman pada 3 pipa sebagai ulangan. Dapat dilihat bahwa adanya peningkatan kebutuhan air



GAMBAR 6. TAMPILAN PENGONTROLAN OLEH PAKAR.

tanaman sampai minggu ketiga. Minggu pertama terjadi penyerapan air oleh tanaman sebesar 3320mL pada pipa 1, 3744mL untuk pipa 2, dan 2896mL untuk pipa 3. Pada minggu 2, penyerapan air oleh tanaman mencapai puncaknya, yaitu sebesar 6146mL pada pipa 1, 6287mL di pipa 2, dan 6923mL pada pipa 3. Tabel detail perhitungan untuk grafik terdapat di lembar lampiran. Minggu ketiga tanaman sudah memasuki umur panen, sehingga kebutuhan air tanaman sudah menurun yaitu sebesar 3885mL untuk pipa 1, 4521mL pada pipa 2, dan pipa 3 sebesar 3673mL. Mengikuti minggu ke 3, minggu ke 4 adalah umur panen yang tepat untuk tanaman selada, sehingga kebutuhan air tanaman semakin berkurang. Pipa 1 menyerap air sebesar 2967mL, pipa 2 sebesar 2755mL, dan pipa 3 sebesar 3391mL.

Dengan menerapkan sistem IoT, parameter-parameter yang diamati di dalam *greenhouse* dapat terlihat dengan mudah, serta dapat diakses dimanapun. Berdasarkan Gambar 4, dapat dilihat bahwa pemantauan parameter-parameter pengendalian dalam *greenhouse* dapat dilihat di dalam sebuah halaman di *website*. *Website* dengan URL www.smartwarem.com/smartgreen. Setelah membuat akun, maka *user* dapat memasuki halaman dengan data-data hasil pengambilan dari sensor di dalam *greenhouse*.

Dalam IoT juga tidak hanya terbatas di pemantauan, namun juga dapat melakukan pengontrolan Ketika terjadi penyimpangan. Pengontrolan tersebut dapat dilakukan dengan campur tangan manusia dan tanpa campur tangan manusia. Dalam penelitian ini, pengontrolan terbagi menjadi 2, yaitu pengontrolan secara manual dan pengontrolan dengan IoT

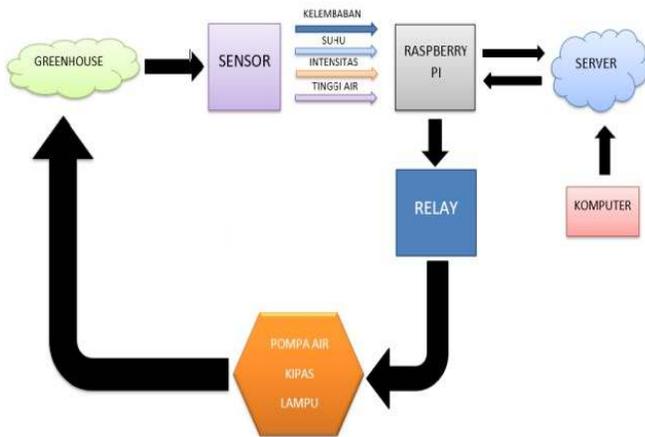
Gambar 6 merupakan tampilan dari bentuk pengontrolan secara manual. Pengontrolan oleh pakar yang dimaksud disini adalah keadaan dimana pakar memasukkan data baru yang akan menjadi acuan dari sistem untuk bekerja. Setelah pakar memasukkan data yang baru, maka sistem akan bekerja dengan memakai data baru sebagai acuan untuk dijalankan.

Cara yang berikutnya adalah dengan pengontrolan dengan IoT. Pengontrolan dengan IoT juga terbagi menjadi 2, yaitu dengan data *default* dan data waktu. Data *default* disini berarti sistem bekerja sesuai dengan data awal yang telah ditetapkan. Sedangkan data waktu memiliki maksud yaitu sistem bekerja berdasarkan waktu secara langsung. Cara kerja dari sistem IoT dapat dilihat di Gambar 7.

Cara kerja dari Sistem IoT ini yaitu computer memasukkan data yang menjadi acuan kerja dari sistem ke dalam internet. Mikro komputer mengecek data yang dimasukkan komputer ke dalam internet, lalu data tersebut akan diproses. Setelah diproses, nilai dikirim ke adalah aktuator lalu terjadilah penyesuaian lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan dari tanaman. Tanaman memberikan respon dan dideteksi oleh sensor. Sensor mengirimkan data ke mikro computer, lalu mikro computer menyimpan data tersebut di internet. Kecerdasan yang terdapat di sistem ini adalah ketika aktuator dapat bekerja secara mandiri untuk menyesuaikan lingkungan di dalam greenhouse untuk tanaman selada. Dengan adanya penyesuaian keadaan lingkungan dari tanaman selada, maka pertumbuhan dari tanaman selada akan mencapai titik pertumbuhan yang optimum. Pengontrolan dengan menggunakan data waktu memiliki arti yaitu keadaan dimana proses pengontrolan terjadi saat data waktu sudah terpenuhi. Ketika waktu telah tercapai, maka sistem secara otomatis akan langsung menyesuaikan dengan waktu.

Sistem cerdas dari IoT dalam penelitian ini juga dirancang memiliki tingkatan. Tingkatan memiliki maksud yaitu dimana suatu data lebih diprioritaskan dibandingkan data yang lain. Dari penjelasan tentang cara kerja dari sistem IoT ini, maka tingkatan data yang diprioritaskan disini adalah sistem pengendalian oleh pakar. Sistem pengendalian oleh pakar diprioritaskan dengan maksud agar pengontrolan tanaman selada dapat dilaksanakan secara efektif agar pertumbuhan dari tanaman selada dapat berlangsung secara optimum.

Gambar 8 adalah alur prioritas yang akan dijalankan oleh sistem. Sistem akan mengecek terlebih dahulu pada bagian pengendalian oleh pakar. Ketika tidak ada data baru dari pengendalian oleh pakar, maka sistem akan lanjut mengecek di data acuan dari sistem. Ketika data acuan dari sistem terpenuhi, maka sistem akan terus berjalan. Ketika data acuan dari sistem tidak terpenuhi, maka sistem akan lanjut mengecek ke dalam data waktu.



Gambar 7. Diagram kerja IoT

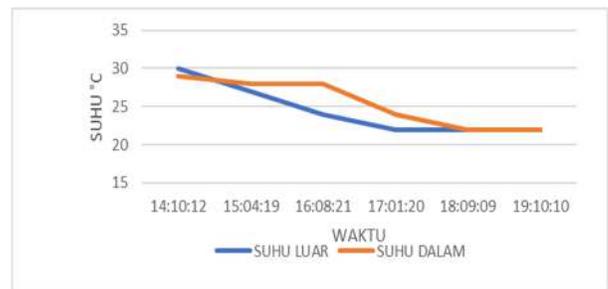
Dalam *website smartgreen*, terdapat 3 jenis akun yang berbeda. Akun – akun tersebut adalah akun untuk admin, akun untuk pakar, dan akun untuk pengguna. Jenis akun ini dibuat berbeda agar pengontrolan hanya dapat dilakukan oleh pakar yang memiliki ilmu untuk memaksimalkan pertumbuhan tanaman. Perbedaan dari akun tersebut terdapat pada adanya pilihan *control panel* untuk admin dan pakar.

Data yang didapatkan dari sistem kecerdasan IoT ini disimpan dalam sebuah *database*, dan data tersebut kemudian diolah lalu ditampilkan dalam *website*. Data yang tersimpan mencakup suhu dalam dan suhu luar *greenhouse*, kelembaban dalam dan kelembaban luar *greenhouse*, intensitas cahaya dalam dan intensitas cahaya luar *greenhouse*, serta jumlah kebutuhan air yang dikonsumsi oleh tanaman selada kering.

Gambar 9. adalah grafik suhu yang berada di dalam maupun di luar *greenhouse*. Data ini merupakan hasil bacaan dari sensor DHT11 yang telah diolah dalam bentuk grafik. Data ini merupakan contoh data yang diambil pada 23 Juni 2020. Pada bagian (a), dapat dilihat pada jam 11:00, peningkatan suhu di dalam *greenhouse* lebih lambat daripada peningkatan suhu di luar *greenhouse*, yaitu 29 derajat untuk di dalam, dan di luar 30 derajat. Hal ini disebabkan karena pompa air akan bekerja ketika sudah melewati batas suhu yang telah ditentukan oleh sistem, sehingga suhu dalam *greenhouse* berada di bawah suhu luar *greenhouse*. Pompa air pembuat hujan dikendalikan oleh sistem sehingga suhu dapat terkontrol dan bisa menyesuaikan dengan suhu yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman selada yang optimum.



Gambar 8. Alur prioritas.

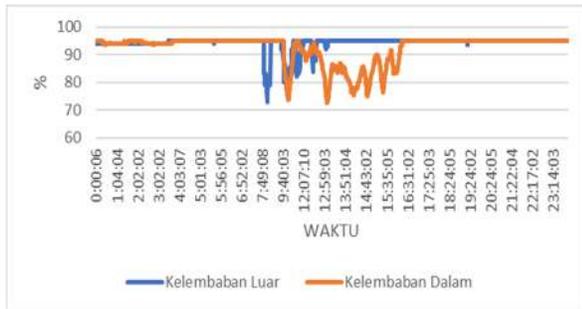


(a)



(b)

Gambar 9. Grafik suhu dalam *greenhouse*



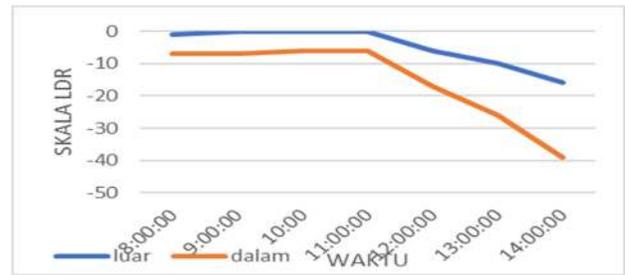
Gambar 10. Grafik kelembaban dalam *greenhouse*

Sedangkan pada bagian (b), dilihat bahwa penurunan suhu dalam relative lebih lambat daripada penurunan suhu di luar. Hal ini disebabkan karena *greenhouse* juga memiliki fungsi untuk menjaga iklim mikro yang diciptakan di dalamnya.

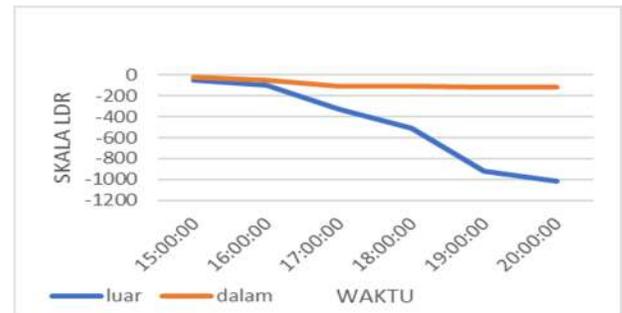
Gambar 10 adalah grafik kelembaban yang berada di luar maupun di dalam *greenhouse*. Grafik tersebut merupakan hasil dari olahan data yang diambil oleh sensor DHT11. Data tersebut merupakan salah satu contoh data yang diambil pada 23 Juni 2020. Dapat dilihat dari grafik tersebut bahwa kelembaban dari lingkungan di dalam maupun luar *greenhouse* masih cenderung sama. Hal ini disebabkan oleh cuaca pada saat melakukan pengambilan data berada dalam kondisi yang tidak stabil. Namun terdapat perbedaan pada waktu tertentu yang disebabkan oleh kenaikan suhu dalam *greenhouse*. Suhu yang semakin besar cenderung membuat kelembaban di dalam *greenhouse* menjadi menurun.

Grafik intensitas cahaya yang ditunjukkan pada Gambar 11 adalah grafik intensitas cahaya yang berada di luar maupun di dalam *greenhouse*. Data didapatkan dari hasil bacaan sensor LDR pada 22 Juni 2020. Grafik menunjukkan jumlah intensitas cahaya yang ditangkap oleh sensor LDR dalam rentang waktu jam 8:00 hingga jam 14:00. dapat dilihat bahwa pada siang hari, LDR luar cenderung menunjukkan nilai mendekati angka 0, sedangkan LDR dalam menjauhi angka 0, ini menunjukkan bahwa jumlah intensitas cahaya yang ada di dalam *greenhouse* lebih kecil dibandingkan dengan jumlah intensitas cahaya di luar *greenhouse*. Hal ini disebabkan oleh adanya atap pada *greenhouse* yang membuat cahaya mengalami penurunan intensitas yang diterima.

Pada malam hari, dapat dilihat mulai jam 17:00 intensitas cahaya yang diterima oleh sensor LDR dalam cenderung konsisten, sedangkan intensitas cahaya yang ditangkap oleh sensor LDR luar turun. Hal ini disebabkan karena pada jam 17:00, lampu sudah aktif karena sensor LDR sudah membaca bahwa jumlah intensitas cahaya yang ada di dalam *greenhouse* sudah kurang. Sedangkan jumlah intensitas cahaya yang ditangkap oleh sensor LDR luar semakin menurun, dikarenakan hari sudah semakin malam dan jumlah intensitas cahaya yang ditangkap oleh sensor semakin kecil.



(a)



(b)

Gambar 11. Grafik intensitas cahaya dalam *greenhouse*

Pada malam hari, dapat dilihat mulai jam 17:00 intensitas cahaya yang diterima oleh sensor LDR dalam cenderung konsisten, sedangkan intensitas cahaya yang ditangkap oleh sensor LDR luar turun. Hal ini disebabkan karena pada jam 17:00, lampu sudah aktif karena sensor LDR sudah membaca bahwa jumlah intensitas cahaya yang ada di dalam *greenhouse* sudah kurang. Sedangkan jumlah intensitas cahaya yang ditangkap oleh sensor LDR luar semakin menurun, dikarenakan hari sudah semakin malam dan jumlah intensitas cahaya yang ditangkap oleh sensor semakin kecil.

Nilai tersebut kemudian akan diolah saat sudah dimasukan ke dalam sistem. Sistem bekerja sesuai dengan perintah yang telah diatur. Aturan-aturan yang diberikan ke dalam sistem antara lain tentang nilai intensitas yang dapat diterima oleh tanaman, tingkat kelembaban yang dibutuhkan oleh tanaman agar pertumbuhannya tetap berada pada titik optimal. Begitu pula dengan suhu ruangan, diatur sedemikian rupa mengikuti kebutuhan tanaman agar pertumbuhan tanaman berada pada titik yang optimal. Data-data tersebut dikumpulkan dari hasil penelitian sebelumnya, tentang sifat-sifat dari tanaman tersebut, sehingga penulis dapat menentukan titik letak suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya yang tepat untuk pertumbuhan tanaman yang optimal.

Nilai tinggi air yang dikonfersi ke dalam bentuk volume juga perlu diperhatikan, agar tanaman tetap mendapatkan jumlah air yang cukup untuk pertumbuhan yang baik.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa sistem pertanian cerdas berbasis IoT (*Internet of Things*) yang dibangun dalam greenhouse berhasil mengamati, bahkan mengontrol suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya di dalam *greenhouse*. Data lingkungan yang terdapat di dalam *greenhouse* dapat diakses di website dengan URL www.smartwarem.com/smartgreen. Pertumbuhan tanaman selada dalam sistem cerdas berbasis IoT memiliki range suhu sebesar 22-30 derajat Celsius, dan kelembaban dengan batas 90%. Untuk intensitas cahaya yang dibutuhkan, maka sistem mengatur jumlah intensitas cahaya yang diterima oleh *greenhouse* harus lebih dari 100 skala LDR.

Saran dari penelitian ini sebaiknya ditambahkan jumlah peralatan sensor dalam *greenhouse* dan menambah parameter yang melibatkan tanaman agar pertumbuhan tanaman selada di dalam *greenhouse* dapat berada pada pertumbuhan optimal.



GREY MART BONDE. Penulis dilahirkan di Manado pada tanggal 23 Maret 1999 sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara dengan Ayah bernama Markus Gobind Bonde dan ibu bernama Ariantji Mariam Magdalena Pontoh. Pada tahun 2010 penulis lulus dari SD Kr. Eben Haezar 02 Manado. Kemudian Penulis melanjutkan ke SMP Kr. Eben Haezar 02 Manado dan

lulus pada tahun 2013. Pada tahun yang sama Penulis melanjutkan ke SMAS Dian Harapan Manado dan lulus pada tahun 2016. Pada tahun 2016, Penulis diterima di Universitas Sam Ratulangi melalui jalur SBMPTN di Fakultas Pertanian Jurusan Teknologi Pertanian Program Studi Teknik Pertanian dengan NIM 16031106007

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chadirin, Y. 2007. Diktat Kuliah Teknologi Greenhouse dan Hidroponik. Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- [2] Lim, W., H. Torres & C. Oppus. 2014. judul *An Agricultural Telemetry System Implemented Using an Arduino-Android Interface*. The Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. Phillipines.
- [3] Lin, K.H., M.Y. Huang, W.D. Huang dan M.H. Hsueh. 2012. *The effects of red, blue, and white light-emitting diodes on the growth, development, and edible quality of hydroponically grown lettuce (Lactuca sativa L. var. capitata)*. Journal Scientia Horticulturae. 150: 86-91
- [4] Lingga dan Lanny. 2010. Cerdas Memilih Sayuran. PT. Agromedia Pustaka. Jakarta
- [5] Ménard, A. 2017. How can we recognize the real power of the Internet of Things. Retrieved from <https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/howcan-we-recognize-the-real-power-of-the-internet-of-things> (diakses tanggal 30 Oktober 2019 pukul 18.39 WITA)
- [6] Mondal, A. M. dan Z. Rehena. 2018. *IoT Based Intelligent Agriculture Field Monitoring System*. Narula Institute of Technology, Agarpara.
- [7] Morrow, R.C. 2008. *LED Lighting in Horticulture*. Journal HortScience. 48(7): 1947-1950.
- [8] Rowe, Jerwis, dkk. 2014. *Tropical Greenhouse Growers Manual For The Caribbean. The Caribbean Agricultural Research and Development Institute (CARDI)*. UWI Campus.
- [9] Susila, A. D. 2013. Sistem Hidroponik. Departemen Agonomi dan Hortikultura. Fakultas Pertanian. Modul. IPB. Bogor. 20 hal.
- [10] Sutopo, L. 2004. Teknologi Benih. Jakarta. 87 hal.
- [11] Nelson, P.V. 1981. *Greenhouse Operation and Management*. Reston Publishing Company, Inc. Virginia
- [12] Rukmana. 1994. Bertanam Selada. Kanisius. Yogyakarta.
- [13] Zulkarnain. 2005. Pertumbuhan dan hasil selada pada berbagai kerapatan jagung (*Zea mays*) dalam pola tumpang sari. Jurnal Penelitian Ilmu Pertanian.