

Pemantauan Kangkung di Dalam *Showcase* Hidroponik Cerdas Menggunakan Teknologi *Internet of Things*

Kemahyanto Exaudi¹, Aditya PP Prasetyo², Sarmayanta Sembiring³, Komang Mita Sari⁴
^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya Palembang, Indonesia
email: kemahyanto@ilkom.unsri.ac.id

Abstrak— Bercocok tanam menggunakan teknik hidroponik memberikan kontribusi baru bagi dunia pertanian terutama dalam penggunaan media air dan tidak membutuhkan lahan yang luas. Teknik ini telah banyak di implementasi sebagian masyarakat umum selain petani untuk budidaya sayuran segar di lingkungan rumahnya. Dengan menerapkan teknologi *Internet of Things* pada sistem hidroponik, pertumbuhan sayuran yang dibudidaya dapat dengan mudah di pantau dari jarak jauh menggunakan perangkat *smartphone*. Tujuan dari penelitian ini adalah membangun sistem pemantauan budidaya hidroponik yang diimplementasikan pada purwarupa *smart showcase* cerdas dan digunakan khusus didalam ruangan. Sistem pemantauan yang dirancang berbasis *webserver* dan menggunakan *platform IoT Thingsboard* untuk visualisasi parameter berbasis grafik. Teknik mengumpulkan data secara online menggunakan *google spreadsheet*. *Thingsboard* sebagai *user interface* untuk memvisualisasikan parameter yang dipantau dalam bentuk grafik. Parameter yang dipantau adalah suhu, kelembapan didalam dan luar *showcase* dan kontrol lampu *grow light* sebagai pengganti intensitas cahaya matahari. Penelitian ini telah berhasil membuktikan bahwa pertumbuhan sayuran didalam *showcase* hidroponik cerdas dapat dipantau dari jarak jauh secara *realtime*. Pemantauan dilakukan selama ± 18 jam/hari dengan waktu pengambilan data selama 7 hari. Dalam proses pengambilan data terdapat *error data 3.25%* yang disebabkan koneksi internet terputus pada waktu yang berbeda-beda. Namun ini tidak menyebabkan kegagalan yang signifikan terhadap proses monitoring. Hal ini dibuktikan dengan 8 batang kangkung yang di uji, terdapat 4 batang yang mengalami gagal tumbuh mulai dari hari ke 4 dan 4 batang lainnya tumbuh dengan sempurna.

Kata Kunci— *Internet of Things, showcase cerdas, Hidroponik, Thingsboard, Webserver*

I. PENDAHULUAN

Banyak orang yang tidak menyadari bahwa kesibukan yang dilakukan memberikan efek negatif terhadap kesehatan. Sedikitnya ruang terbuka membuat banyak orang mengalami gangguan pernafasan dan tanpa disadari lahan terbuka sudah mulai ditutupi bangunan yang bertingkat. Akan tetapi keadaan yang seperti itu tidak menghentikan kebiasaan orang dikota untuk tetap beraktifitas demi kelaberrlangsungan kehidupan ekonomi. Pertambahan penduduk yang sangat pesat akhirnya ini mengakibatkan pengalihan lahan pertanian menjadi permukiman penduduk. Banyak sekali lahan pertanian yang di alih fungsikan menjadi perumahan sehingga mengakibatkan pengurangan lahan pertanian untuk bertanam dan terjadinya kelangkaan bahan pangan dan bahkan terjadinya kelangkaan ekosistem. Selain sebagai sumber pangan atau makan, fungsi lain dari tanaman juga sebagai sumber oksigen dan menyerap karbon dioksida yang dapat membahayakan makhluk hidup

[1]. Mengingat pentingnya peran tanaman bagi kelangsungan semua makhluk hidup, maka diperlukan inovasi-inovasi baru untuk pengembangan dalam bidang pertanian dengan memanfaatkan teknologi.

Mengingat sekarang sudah hidup pada era 4.0 yang dimana hampir semua kegiatan dilakukan secara digitalisasi dan komputerisasi. Pengembangan yang mungkin dilakukan seperti memanfaatkan teknologi *Internet of Things* dalam sektor pertanian untuk mengatasi permasalahan lahan pertanian menggunakan teknik penanaman hidroponik yang digabungkan dengan perangkat *IoT (Internet of Things)* [2].

Umumnya metode hidroponik dilakukan dengan menggunakan media air, dimana kondisi air yang perlu diperhatikan adalah volume air, oksigen, nutrisi dan juga tingkat keasaman (*pH*) [3] [4]. Selain hal yang disebutkan tadi, suhu dan kelembapan lingkungan juga harus terjaga dan sesuai dengan tanaman yang ditanam [5]. Pengontrolan nutrisi, suhu air, volume air nutrisi, suhu lingkungan, *pH* dan kelembapan pada metode hidroponik dapat dilakukan manual atau konvensional [6]. Sistem Pemantauan berbasis *IoT* pada penelitian ini dilakukan dengan cara memantau suhu, kelembapan, pertumbuhan kangkung dan melakukan pengaturan pada intensitas cahaya secara *realtime* berbasis website.

II. KAJIAN LITERATUR

Penelitian ini mengadopsi beberapa penelitian yang telah dilakukan sebagai literatur untuk menjadi landasan dalam bahasan penelitian ini. Adapun beberapa literatur yang digunakan adalah sebagai berikut:

Jumiyatun, dkk, dalam penelitiannya yang berjudul Rancang Bangun Sistem Kendali Penanaman Tumbuhan Hortikultura Di Dalam Ruang Tertutup menjelaskan bahwa alat yang dirancang dapat digunakan untuk mempercepat pertumbuhan tanaman hortikultura di dalam ruangan tertutup tanpa pengaruh cahaya matahari [7]. Sebagai pengganti cahaya matahari dapat menggunakan lampu *grow light* yang memiliki ultraviolet [8] untuk membantu tanaman dalam melakukan proses fotosintesis. Sedangkan untuk mendeteksi suhu dan kelembapan ruangan menggunakan sensor. Namun penelitian ini masih menggunakan media tanah sehingga membutuhkan ruangan kosong. Penggunaan *grow light* menjadi referensi terhadap penelitian ini untuk diimplementasikan kedalam *smart showcase* hidroponik didalam ruangan.

Rahmad dan Maulia, dalam penelitiannya Monitoring Tanaman Hidroponik Berbasis *Iot* Menggunakan *Nodemcu ESP8266* [9]. Penelitian ini melakukan Monitoring Tanaman

Hidroponik menggunakan Nodemcu ESP8226. Proses monitoring dilakukan menggunakan aplikasi android, website, dan database sehingga mempermudah proses monitoring tanaman. Metode Fuzzy digunakan untuk menentukan waktu yang tepat untuk melakukan penyiraman tanaman dan juga penambahan air pada penampungan tanaman hidroponik. Hasil pembacaan sensor tersebut untuk menentukan waktu yang tepat dalam melakukan penyiraman tanaman. Namun proses fotosintesis masih menggunakan sinar matahari karena hidroponik di implementasikan di luar ruangan. Penggunaan Nodemcu esp dan website sebagai media pantau menjadi referensi untuk penelitian ini dalam menampung data sensor yang di kirim secara real time.

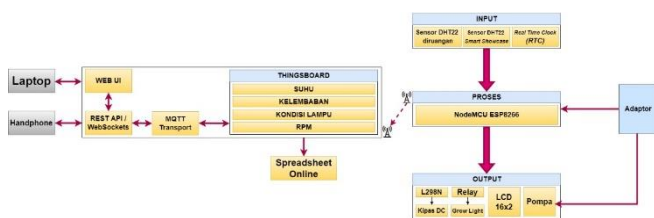
Penelitian yang dilakukan Muhammad Faris adalah melakukan Monitoring Hidroponik menggunakan tanaman Pakcoy [10]. Penelitian ini membahas mengenai solusi untuk menghemat waktu dan mobilitas yang mudah adalah dengan memanfaatkan teknologi Internet Of Things yang menggunakan aplikasi Blynk sehingga dapat dimonitoring serta dikontrol secara online mulai dari On/Off Grow Light Plant dan juga Kipas DC. Selain itu juga dapat dimonitoring melalui website Thingspeak.com untuk data yang lebih spesifik dengan tampilan berupa grafik dengan menggunakan smartphone. Namun penelitian ini tidak melakukan penyimpanan data sensor suhu dan kelembapan. Pemilihan blynk sebagai monitoring menjadi referensi penelitian ini untuk menampung data sensor secara realtime menggunakan spreadsheet google dan memvisualisasikan parameter yang dimonitoring kedalam website berbasis IoT.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang diterapkan pada penelitian ini terbagi menjadi 2 bagian utama, yaitu mendisain sistem smart showcase hidroponik dan sistem monitoring menggunakan platform thingsboard.

A. Konsep Perancangan Smart Showcase

Secara keseluruhan sistem monitoring smart showcase yang di disain pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

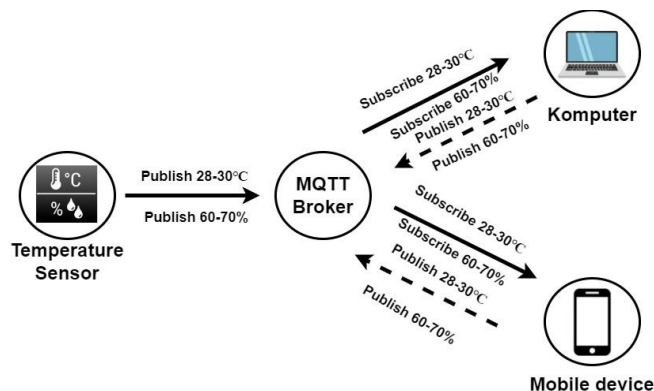


Gambar 1. Diagram Blok sistem smart showcase hidroponik

Proses kerja yang ditunjukkan Gambar 1 terdiri dari 3 (tiga) tahapan, yaitu input, proses, dan output. Pada tahap input sensor DHT-22 mengukur suhu dan kelembapan di dalam dan diluar smart showcase. Kemudian pada tahap proses mikrokontroler NodeMCU 8266 mengolah data tersebut menggunakan pengkondisian yang sudah disesuaikan dengan batasan suhu yang telah dihitung rata-rata sebelumnya sehingga pada tahap output Sistem yang berupa kendali hidup kipas sesuai kecepatannya dengan L29D Motor Driver. Selain itu, grow light plant juga di hidupkan otomatis sesuai dengan jam terbit dan tenggelamnya matahari dengan menggunakan RTC sebagai pengatur kondisi jam pada alat.

B. Konsep Perancangan Sistem Monitoring

Penelitian ini menggunakan platform thingsboard sebagai sistem monitoring berbasis website dan rekaman data sensor menggunakan spreadsheet online. Protokol yang diterapkan dalam komunikasi sensor dengan modul esp8266 adalah MQTT (Message Queuing Telemetry Transport). Gambar 2 menunjukkan komunikasi data sensor ke pengguna high-level.

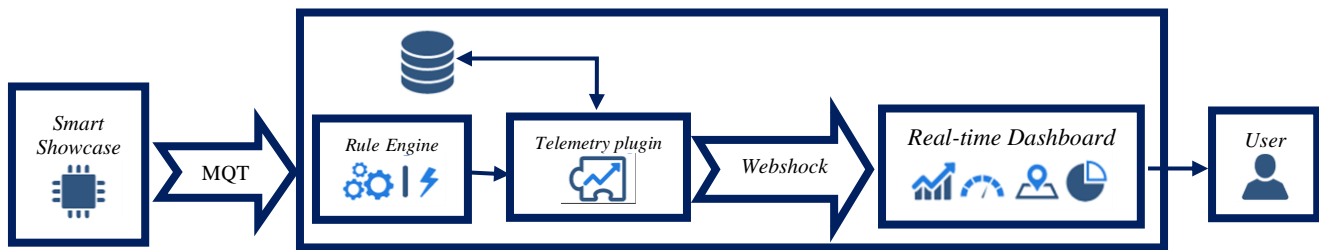


Gambar 2. Komunikasi data sensor server Thingsboard menggunakan protokol MQTT

Sistem kerja yang ditunjukkan pada Gambar 2 dimulai dengan mem-publish data yang telah diproses sebelumnya oleh mikrokontroler NodeMCU ESP8266 kemudian diteruskan (Publish) oleh MQTT kepada (Subscribe) yang diinginkan yang mana pada penelitian ini menggunakan platform thingsboard dan Spreadsheets sehingga kedua Subscribe tersebut dapat menampilkan data yang telah didapat. Perancangan arsitektur thingsboard difungsikan untuk melakukan pendistribusian data sensor antar node. Setiap node sensor memiliki identitas yang identik sehingga dapat melayani request antar perangkat sehingga dapat mengatasi kesalahan dalam menerima data sensor ke server. Gambar 3. Menunjukkan arsitektur thingsboard sistem monitoring smart showcase.

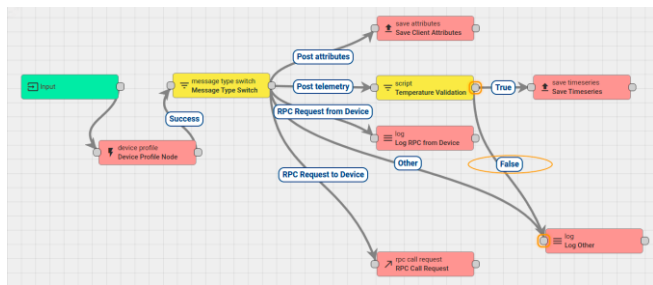
Penyediaan perangkat pada penelitian ini, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 hanya pada satu zona yaitu pada showcase hidroponik yang terdiri dari sensor Suhu dan kelembapan. Protokol yang digunakan untuk komunikasi data adalah MQTT. Secara umum ada 3 bagian utama pada MQTT yaitu pertama publisher berfungsi untuk mengirimkan data suhu dan kelembapan ke MQTT broker dengan nilai yang sudah ditentukan seperti pada Gambar 2. Yang kedua MQTT broker yang bertugas sebagai perantara antara publisher dengan subscriber. Keunggulan protokol ini adalah data dari publisher hanya dikirimkan ke perangkat yang sudah melakukan subscribe atau dengan kata lain bahwa protokol ini tidak melakukan pengiriman data secara broadcast ke semua perangkat yang terhubung sehingga dampaknya dapat mengurangi efisiensi konsumsi daya pada node sensor. Yang ketiga subscriber yang berfungsi untuk mengumpulkan data dari publisher untuk disimpan di database. Kemudian di lakukan analisis untuk di visualisasikan sebagai data monitoring kepada end-user.

Framework sistem pemantau showcase ini diatur dalam rule engine yang mana berfungsi untuk mengatur data sensor yang masuk melalui REST API platform. Data yang masuk kemudian difilter sesuai dengan parameter yang digunakan pada penelitian ini yaitu suhu dan kelembapan.



Gambar 3. Arsitektur platform ThingsBoard Sistem Pemantau Smart Showcase

Parameter tersebut kemudian diteruskan ke perangkat yang terhubung berdasarkan siklus aturan yang telah dibuat. Pada bagian ini *rule chains*, diatur sedemikian rupa sehingga inputan data yang disimpan hanya suhu dan kelembapan. Selain itu dialihkan sebagai data *log*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Framework Rule chains suhu dan kelembapan

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan sistem monitoring berbasis website menggunakan *platform thingsboard*. Data sensor yang berhasil di visualisasikan kedalam bentuk grafik berupa data suhu dan kelembapan. Prototipe yang diuji adalah *smart showcase* hidroponik yang diletakkan didalam ruangan. Gambar 5 merupakan prototipe *smart showcase* hidroponik.



Gambar 5. Prototipe *Smart showcase* hidroponik khusus didalam ruangan.

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kondisi suhu dan kelembapan didalam dan luar *smart showcase*. Penelitian ini juga menggunakan lampu *grow light* yang telah dikondisikan hidup dan matinya selama 10 jam sebagai pengganti intensitas cahaya matahari untuk tanaman melakukan fotosintesis. Dan juga terdapat kipas DC yang digunakan untuk sirkulasi udara didalam *showcase*. Semua pengujian tersebut di monitoring menggunakan *platform thingboard* dan pengumpulan data sensor menggunakan *Spreadsheet* online.

- *Data Hasil Monitoring*

Kegiatan monitoring pada penelitian ini dilakukan secara *real time* selama 7 hari. Pengambilan data dilakukan setiap 1 jam sekali melalui *spreadsheet* online yang kemudian disimpan ke database. Hasil monitoring pada hari ke-7 dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 6.

Dapat dilihat pada gambar 6 (a) dan gambar 4.16 (c) bahwa grafik sensor suhu pada sensor DHT22 di *smart showcase* melalui *platform thingsboard* dan grafik pada excel. Pada pukul 06:00 sampai pukul 08:00 grafik suhu didalam *smart showcase* cenderung mendatar yang berarti suhu *smart showcase* tersebut dalam kondisi normal, pada pukul 08:01 sampai pukul 10:30 suhu *smart showcase* cenderung turun yang menandakan bahwa suhu didalam *smart showcase* tersebut dalam kondisi dingin, dan pada pukul 10:31 sampai pukul 14:00 suhu diruangan cenderung naik kembali yang menandakan bahwa suhu tersebut dalam kondisi panas, dan pada pukul 14:01 sampai pukul 00:00 suhu diruangan cenderung naik kembali yang menandakan bahwa suhu tersebut dalam kondisi dingin. Hal ini dapat dilihat pada grafik suhu yang naik dan turun, untuk grafik turun menandakan suhu dingin didalam *smart showcase*, untuk grafik naik menandakan suhu panas didalam *smart showcase* dan untuk grafik lurus menandakan suhu normal didalam *smart showcase*. Sedangkan, pada gambar 4.16 (b) dan gambar 4.16 (d) merupakan grafik kelembapan pada sensor DHT22 didalam *smart showcase* melalui web *thingsboard* dan grafik pada excel. Kelembapan udara merupakan satuan yang digunakan untuk menyatakan uap air yang ada di udara, dimana jika kandungan uap air tinggi berarti menandakan bahwa udara dalam kondisi lembab.

Grafik kelembapan didalam *smart showcase* pada gambar 4.16 (b) dan gambar 4.16 (d) menjelaskan bahwa pada pukul 06:00 sampai pukul 09:30 cenderung lurus yang menandakan bahwa kelembapan udara dalam kondisi normal dan pada pukul 10:00 sampai pukul 00:00 cenderung naik yang menandakan bahwa kelembapan udara dalam kondisi lembap. Hal ini dapat dilihat pada grafik kelembapan yang naik dan turun, untuk grafik turun menandakan kelembapan udara dalam kondisi kering dan untuk grafik naik menandakan kelembapan udara dalam kondisi lembap didalam *smart showcase*.

- *Data Monitoring Kangkung*

Jika dilihat pada gambar 4.24 grafik pertumbuhan tanaman kangkung, terlihat jelas bahwa kangkung yang berada di dalam *smart showcase* pertumbuhan tinggi batangnya sangat signifikan dibandingkan dengan pertumbuhan tanaman kangkung diluar *smart showcase*.

TABEL I. DATA PENGUJIAN SUHU DAN KELEMBAPAN MELALUI SPREADSHEET PADA HARI KETUJUH

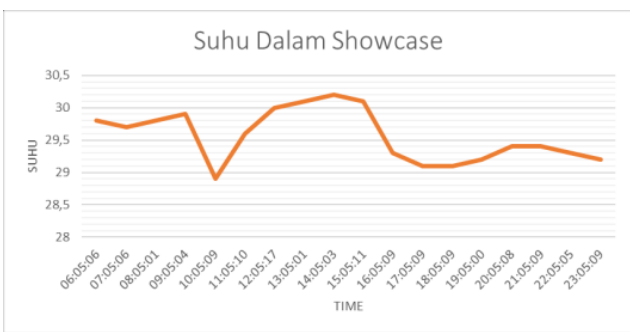
| Data Ke | DHT22 Luar | | DHT22 Showcase | | Alat Ukur ATC-1 | | Error (%) | | Date | Time |
|---------|------------|-----------|----------------|-----------|-----------------|-----------|-----------|-----------|------------|----------|
| | RH (%) | Temp (°C) | RH (%) | Temp (°C) | RH (%) | Temp (°C) | RH (%) | Temp (°C) | | |
| 1 | 89,9 | 28,2 | 81,6 | 29,8 | 82 | 29,7 | 0,48 | 0,33 | 22/07/2022 | 06:05:06 |
| 2 | 90,7 | 27,9 | 81,8 | 29,7 | 82 | 29,7 | 0,24 | - | 22/07/2022 | 07:05:06 |
| 3 | 90,3 | 28,2 | 81,9 | 29,8 | 82 | 29,6 | 0,12 | 0,67 | 22/07/2022 | 08:05:01 |
| 4 | 89,3 | 28,4 | 81,5 | 29,9 | 82 | 29,7 | 0,60 | 0,67 | 22/07/2022 | 09:05:04 |
| 5 | 84 | 27,6 | 79,1 | 28,9 | 79 | 28,9 | 0,12 | - | 22/07/2022 | 10:05:09 |
| 6 | 86 | 28,4 | 79,6 | 29,6 | 79 | 29,4 | 0,75 | 0,68 | 22/07/2022 | 11:05:10 |
| 7 | 86,2 | 28,9 | 79 | 30 | 79 | 29,9 | 0 | 0,33 | 22/07/2022 | 12:05:17 |
| 8 | 87,3 | 28,9 | 79,7 | 30,1 | 80 | 30,1 | 0,37 | - | 22/07/2022 | 13:05:01 |
| 9 | 86,5 | 28,8 | 79,1 | 30,2 | 79 | 30,2 | 0,12 | - | 22/07/2022 | 14:05:03 |
| 10 | 86,5 | 28,6 | 79,1 | 30,1 | 79 | 30,1 | 0,12 | - | 22/07/2022 | 15:05:11 |
| 11 | 84,8 | 28,5 | 80,3 | 29,3 | 80 | 29,2 | 0,37 | 0,34 | 22/07/2022 | 16:05:09 |
| 12 | 84,6 | 28,4 | 80,5 | 29,1 | 80 | 29,1 | 0,62 | - | 22/07/2022 | 17:05:09 |
| 13 | 86,3 | 28,4 | 80,6 | 29,1 | 80 | 29,1 | 0,75 | - | 22/07/2022 | 18:05:09 |
| 14 | 86,2 | 28,4 | 82,9 | 29,2 | 82 | 29 | 1,09 | 1,37 | 22/07/2022 | 19:05:00 |
| 15 | 85,7 | 28,4 | 83,9 | 29,4 | 83 | 29 | 1,08 | 1,37 | 22/07/2022 | 20:05:08 |
| 16 | 87,1 | 28,3 | 84,6 | 29,4 | 84 | 29 | 0,71 | 1,03 | 22/07/2022 | 21:05:09 |
| 17 | 87,9 | 28,3 | 85,3 | 29,3 | 85 | 29 | 0,35 | 0,68 | 22/07/2022 | 22:05:05 |
| 18 | 88,2 | 28,2 | 86,8 | 29,2 | 86 | 29 | 0,93 | 0,68 | 22/07/2022 | 23:05:09 |



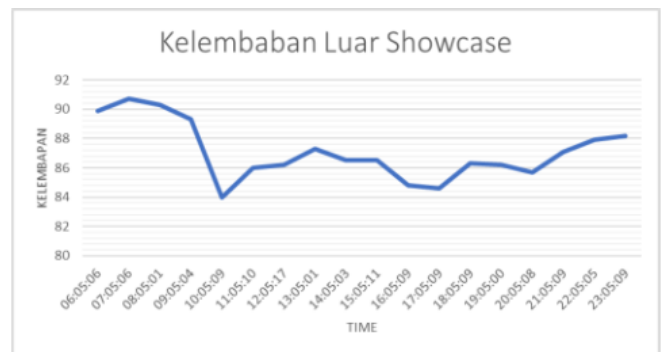
(a)



(b)



(c)

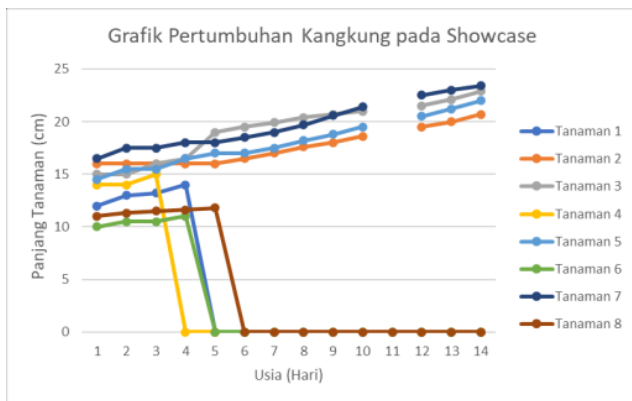


(d)

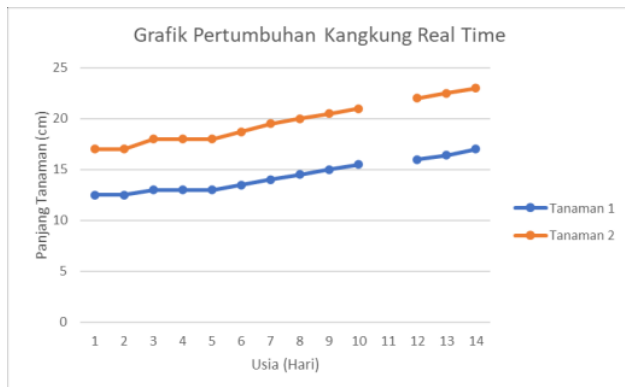
Gambar 6. Grafik IoT Suhu dan Kelembapan didalam Smart Showcase hari ketujuh pada Thingsboard ; (a) Grafik Sensor Suhu, (b) Grafik Sensor Kelembapan, (c) Grafik Sensor Suhu spreadsheet, (d) Grafik Sensor Kelembapan spreadsheet.

Grafik kelembapan didalam smart showcase pada gambar 4.16 (b) dan gambar 4.16 (d) menjelaskan bahwa pada pukul 06:00 sampai pukul 09:30 cenderung lurus yang menandakan bahwa kelembapan udara dalam kondisi normal dan pada pukul 10:00 sampai pukul 00:00 cenderung naik yang menandakan bahwa kelembapan udara dalam kondisi lembap. Hal ini dapat dilihat pada grafik kelembapan yang naik dan turun, untuk grafik turun menandakan kelembapan udara dalam kondisi kering dan untuk grafik naik

menandakan kelembapan udara dalam kondisi lembap didalam smart showcase. Pada kantung yang ada didalam smart showcase hanya tersisa 4 batang kantung, 4 batang sisanya mati yaitu tanaman 1, tanaman 4, tanaman 6, dan tanaman 8. Sedangkan pada tanaman kantung diluar smart showcase tumbuhnya sangat lambat, hal ini terjadi karena tumbuhan di luar showcase tidak mendapatkan cahaya sehingga tidak terjadi proses fotosintesis.



(a)



(b)

Gambar 7. Grafik Pertumbuhan Tinggi Kangkung; (a) Pertumbuhan Kangkung didalam Showcase, (b) Pertumbuhan Kangkung diluar Showcase

Selanjutnya, merupakan kangkung yang telah siap panen. Pada saat penanaman kangkung usia dua minggu diluar *smart showcase* lalu dimasukkan kedalam *smart showcase* selama dua minggu sehingga total usia tanaman kangkung yang siap panen berusia 4 minggu.

V. KESIMPULAN

Sistem monitoring yang dibangun telah berhasil digunakan melakukan monitoring suhu dan kelembapan dari nilai sensor DHT dan Lampu *Grow light* berfungsi dengan baik menyinari sayuran kangkung didalam *smart showcase* hidroponik selama 18 jam/hari. Berdasarkan data hasil monitoring yang dilakukan selama 7 hari terdapat data *lost* sebesar 3,25% yang disebabkan koneksi wifi terputus. Sedangkan untuk visualisasi data sensor ke dalam Platform *thingsboard* berhasil dilakukan dengan 5 *widget* grafik yaitu, suhu luar dan dalam *showcase*, kelembapan luar dan dalam *showcase* serta indikator waktu on dan off *grow light*. Sedangkan untuk hasil monitoring terhadap pertumbuhan

kangkung yang di ujicoba berhasil dilakukan berdasarkan panjang batang kangkung yang dimulai dari ± 10 cm menjadi ± 24 cm selama 14 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Denanta Bayuguna Perteka, I. N. Piarsa, and K. S. Wibawa, "Sistem Kontrol dan Monitoring Tanaman Hidroponik Aeroponik Berbasis Internet of Things," *J. Ilm. Merpati (Menara Penelit. Akad. Teknol. Informatika)*, vol. 8, no. 3, Oct. 2020.
- [2] S. Khan, A. Purohit, and N. Vadsaria, "Hydroponics: current and future state of the art in farming," *J. Plant Nutr.*, vol. 44, no. 10, pp. 1515–1538, 2020.
- [3] N. Setyo Wibowo, Muknizah Aziziah, I Gede Wiryawan, and Eva Rosdiana, "Desain Sistem Informasi Monitoring Nutrisi Tanaman Hidroponik Kangkung Dengan Menggunakan Metode Regresi Linear," *J. Ilm. Inov.*, vol. 22, no. 1, pp. 51–58, 2022.
- [4] A. Wijaya and M. Rivai, "Monitoring dan Kontrol Sistem irigasi Berbasis IoT Menggunakan Banana PI," *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 2, 2018.
- [5] F. Dhawi, "The Role of Plant Growth-Promoting Microorganisms (PGPMs) and Their Feasibility in Hydroponics and Vertical Farming," 2023.
- [6] G. Kaur, P. Upadhyaya, and P. Chawla, "Comparative analysis of IoT-based controlled environment and uncontrolled environment plant growth monitoring system for hydroponic indoor vertical farm ☆," *Environ. Res.*, vol. 222, no. January, p. 115313, 2023.
- [7] J. Jumiyatun, A. Amir, R. Ndobe, and S. Supriyadi, "Rancang Bangun Sistem Kendali Penanaman Tumbuhan Hortikultura Di Dalam Ruangan Tertutup," *J. Ecotipe (Electronic, Control. Telecommun. Information, Power Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 82–89, 2019.
- [8] W. Atmadja, I. Alexander, S. Dewanto, A. Cahya Nugraha, and S. Gokparulian, "Indoor Hydroponic System Using IoT-Based LED," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 998, no. 1, 2022.
- [9] R. Doni and M. Rahman, "Sistem Monitoring Tanaman Hidroponik Berbasis Iot (Internet of Thing) Menggunakan Nodemcu ESP8266," *J. Sains Komput. Informatika*, vol. 42, no. 2, pp. 516–522, 2020.
- [10] M. Faris, "Sistem Monitoring Smart Showcase Hidroponik Untuk Tanaman Pakcoy Dengan Memanfaatkan Teknologi IoT," Universitas Sriwijaya, 2021.