

# Implementasi Otomasi Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Mikrokomputer untuk Pemantauan Iklim Mikro Rumah Kaca

## *Implementation of Internet of Things (IoT)-Based Automation Using Microcomputers for Greenhouse Microclimate Monitorin*

Nurpilihan Bafdal<sup>1</sup>, Irfan Ardiansah<sup>2</sup>

<sup>[1]</sup>Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Industri Pertanian Universitas Padjadjaran, Bandung, Indonesia

<sup>[2]</sup>Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Industri Pertanian Universitas Padjadjaran, Bandung, Indonesia

Email: nurpilihanbafdal@yahoo.com, irfan@unpad.ac.id

### **Abstract**

*The Internet of Things (IoT) is currently influencing many facets of human life. Smart agriculture is one system that can use the Internet of Things to improve production efficiency and consistency across agriculture, improve crop quality, and reduce negative environmental impacts. The architecture of an IoT-based microclimate monitoring system tailored for use with the Unpad ALG greenhouse is shown in this paper. The suggested system design can collect microclimate data using the SHT11 and GUVVA-S12SD microclimate sensors and store it in a database on a Raspberry Pi with a cloud computing back-end idea. The Raspberry Pi is also used to process and analyze data in order to set up mist-based greenhouse cooling systems. The collected data is delivered to a web-based front-end node, which users can access from their own device. The results reveal that when the temperature rises beyond the predetermined threshold of 30°C or the humidity falls below 80%, the system can activate the mist-based cooling system. With a temperature difference of 6.25 degrees Celsius lower and humidity of 28.06 percent greater, the system is able to perform better than before it was introduced. The automation system's performance can be increased by 15.22%, however it will decline as the light intensity rises.*

**Keywords:** *greenhouse, internet of things, micro-climate, misting system, raspberry pi*

### **1. PENDAHULUAN**

Ketahanan pangan di Indonesia telah menjadi isu yang perlu mendapat perhatian sehubungan dengan berubahnya tata guna lahan dari pertanian menjadi industri sehingga menimbulkan kekhawatiran akan krisis pangan akibat laju pertumbuhan penduduk. Rata-rata kepemilikan lahan petani Indonesia hanya sebesar 0.25 hektar per keluarga tani. Produktivitas pertanian memang selalu mengalami permasalahan seperti lingkungan tumbuh yang tidak sesuai; inefisiensi skala produksi usaha tani; keterbatasan kualitas sumberdaya manusia dalam mengelola lahan serta pola budidaya pertanian yang sulit diubah, karena sudah melekat dari tahun ketahun dan sulit untuk diubah [1], [2].

Petani selalu mempertahankan pola tanam secara konvensional; yaitu sebuah pola yang berorientasi pada hasil produksi dengan mengabaikan teknik-teknik terbaru pada bidang pertanian yang dapat melakukan

perencanaan, pemantauan dan pengelolaan secara tepat pada lahan pertanian mereka [3]. Era disrupsi teknologi berdampak juga pada bidang pertanian dan menuntut penggunaan sistem pertanian yang lebih cerdas untuk memenuhi kebutuhan pangan yang semakin tinggi [4].

Penduduk Indonesia yang telah mencapai lebih dari 250 juta dengan lahan pertanian yang terbatas karena beralih fungsinya sebagian besar ke sektor industri real estate, perubahan cuaca dan peningkatan dampak lingkungan akibat adanya sistem intensifikasi pertanian, maka seyogyanya menerapkan teknologi yang memiliki dampak besar untuk lebih berkembang dibandingkan dengan sistem konvensional [5], [6].

Rumah kaca cerdas berbasis Internet of Things (IoT) merupakan salah satu alternatif yang akan memungkinkan agar petani dapat mengelola lahan mereka lebih efektif dan efisien sehingga pada

gilirannya akan meningkatkan kinerja dan produktivitas secara berkelanjutan [7].

### 1.1. Rumah Kaca Cerdas

Smart greenhouse atau sering disebut rumah kaca cerdas atau rumah kaca presisi adalah suatu bangunan yang telah dilengkapi dengan teknologi modern dengan tujuan meningkatkan kuantitas dan kualitas produk pertanian [5]. Di negara maju seperti Eropa pertanian cerdas ini dengan menerapkan tiga jenis teknologi yang saling berhubungan yaitu sistem informasi manajemen; pertanian presisi dan otomatisasi [8]. Castrignanò et al., (2020) menyatakan bahwa:

Sistem Informasi yang dimaksud adalah suatu sistem yang mengumpulkan, memproses, menyimpan dan menyebarkan data dalam bentuk yang diperlukan untuk melaksanakan operasi dan fungsi lahan. Pertanian presisi adalah manajemen variabilitas spasial dan temporal untuk meningkatkan pengembalian ekonomi setelah penggunaan input dan mengurangi dampak lingkungan. Automasi pertanian adalah proses penerapan robotika, kontrol otomatis dan teknik kecerdasan buatan pada semua tingkat produksi pertanian.

Negara berkembang umumnya memiliki petani yang telah biasa menggunakan rumah kaca pintar berbasis IoT khususnya memastikan pemantauan kondisi lingkungan iklim mikro; sistem pengairan yang tepat dan efisien; kondisi tanah dan membantu waktu pemanenan [10]. Teknologi yang digunakan adalah sistem teknologi yang memanfaatkan dengan jejaring sensor serta terkoneksi dengan internet dan teknologi ini dikenal dengan Internet of Things (IoT). Sistem ini dikenal dengan smart farming atau pertanian cerdas, bila sistem ini dilakukan pada rumah kaca maka disebut smart greenhouse [5].

Petani telah menyadari manfaat suatu bangunan rumah kaca terutama rumah kaca cerdas terutama bila mereka ingin mengembangkan usaha taninya ke arah industri; karena rumah kaca tidak semata hanya berfungsi untuk melindungi tanaman dari hama dan penyakit; lingkungan iklim mikro yang tidak menguntungkan tanaman, tetapi fungsi dari rumah kaca cerdas lebih merupakan media untuk menstimulasikan tanaman dengan berbagai rekayasa di dalam rumah kaca seperti mengatur suhu, kelembaban; penyinaran sinar matahari serta mengendalikan kebutuhan air dan nutrisi tanaman [11], [12].



Gambar 1. Rumah Kaca Cerdas

Sumber: [12]

Rumah kaca cerdas mempunyai keuntungan selain mendapatkan data dan mengontrol lingkungan iklim mikro di dalam rumah kaca juga akan memungkinkan

pihak petani untuk mengurangi biaya pertanian dan mengoptimalkan keuntungan [13].

Indonesia belum sepenuhnya menerapkan rumah kaca cerdas; karena masih ada beberapa kendala bagi

petani untuk mengadopsi teknologi ini; selain belum tersosialisasi secara gencar dan menyeluruh, juga penguasaan informasi teknologi seperti IoT belum dikuasai para petani. Untuk mengatasi hal ini kesabaran dan sosialisasi yang terus menerus untuk mengadopsi teknologi ini untuk para petani secara berkesinambungan baik berkelompok ataupun mandiri dengan penuh kesabaran dan ketekunan dari para penyuluh [14], [15].

Manfaat yang signifikan dari rumah kaca cerdas adalah meningkatnya penerapan teknologi pada sistem pertanian moderen karena akan mengurangi tenaga kerja karena telah digantikan oleh mesin atau teknologi; meningkatkan produksi; dan para petani lebih mudah mengakses teknologi yang ada, namun petani dituntut lebih mampu beradaptasi dalam haal penggunaan teknologi yang sudah mulai berkembang sangat pesat ini [14], [16].

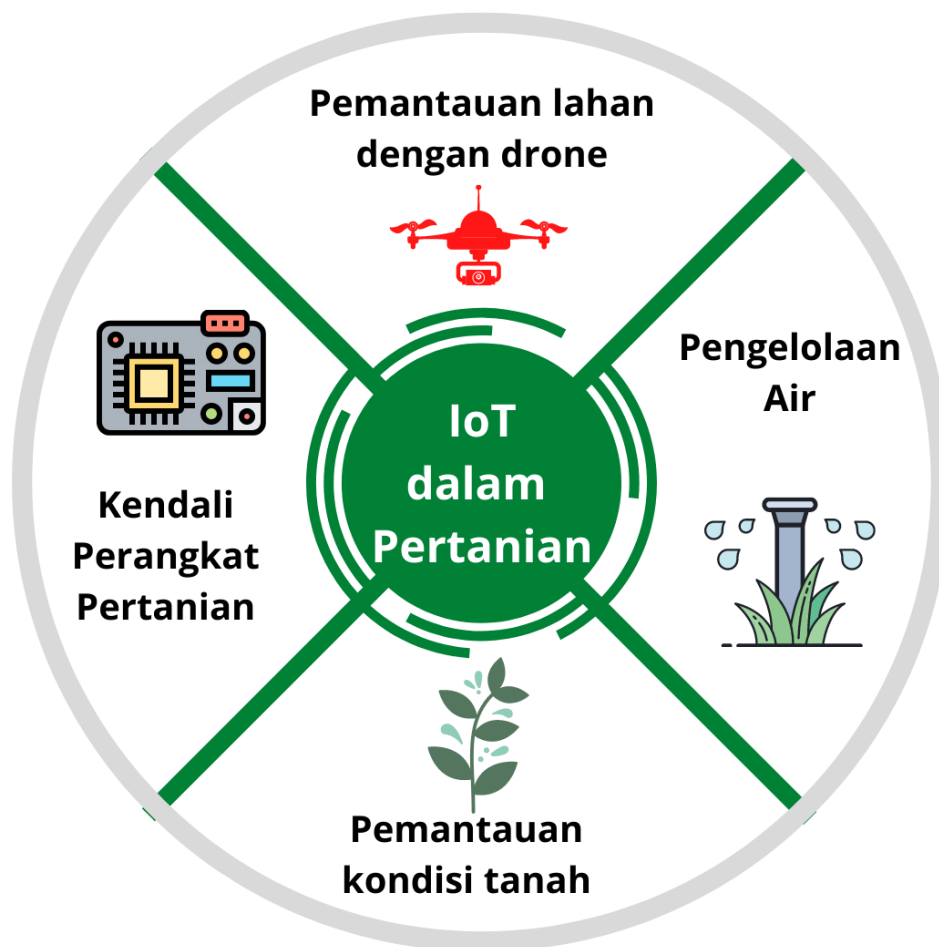
### 1.2. Internet Of Things (IoT)

Pertanyaan yang selalu dikemukakan oleh masyarakat tani khususnya di Indonesia adalah "Apakah perlu sektor pertanian mengenal dan memanfaatkan Internet of Things?". Food Agriculture Organisation (FAO) merekomendasikan bahwa sektor pertanian masa depan perlu dikelola dengan menggunakan teknologi informasi untuk memperoleh optimasi hasil pertanian dengan menggunakan peralatan yang disesuaikan maupun peralatan modern secara berkesinambungan agar terbaik baik jumlah mutu dan keuntungan optimal sampai maksimal. Revolusi hijau yang berkembang pada negara berkembang agar menerapkan teknologi berbasis Internet of Things mulai dari teknologi pra-panen, panen dan pasca-panen [17].

Salah satu teknologi informasi yang yang dapat membantu para petani dalam mengelola lahan pertanian adalah Internet of Thing (IoT). Internet of Thing adalah sebuah platform; atau perangkat yang dapat menjadi solusi untuk meningkatkan efektivitas manusia [18]. Cara konvensional digantikan dengan rumah kaca cerdas berbasis IoT dengan melengkapinya menggunakan instrumen yang mendukung penerapan IoT dan mampu terhubung dengan internet baik menggunakan kabel atau nirkabel. Teknologi IoT ini memiliki peran penting terlebih bagi negara seperti Indonesia yang warganya sebagian besar masih mengandalkan mata pencaharian sebagai petani [12], [19].

Teknologi internet of thing sangat memudahkan pekerjaan petani bila dapat direalisasikan, karena sangat memudahkan pekerjaan petani [8]. Hidayat, (2017) berpendapat bahwa IoT merupakan sistem yang menggunakan teknologi menggunakan sensor untuk memproses data yang didapat dari sensor sehingga menjadi informasi. Penerapan IoT pada sektor pertanian dengan penerapan rumah kaca cerdas mampu mengubah sistem pertanian modern menjadi semakin efektif dan efisien sehingga menjadi solusi bagi masalah keterbatasan lahan pertanian serta perubahan iklim global sehingga krisis pangan dapat diatasi [21].

Gambar di bawah ini memperlihatkan aplikasi IoT khususnya di bidang pertanian, seluruh aplikasi yang tercantum pada gambar sangat mungkin untuk diterapkan di Indonesia karena kondisi geografis Indonesia yang terdiri atas berbagai pulau, sehingga dengan menggunakan pertanian cerdas berbasis IoT dapat mempermudah pemantauan dan pengendalian lahan pertanian atau rumah kaca.



Gambar 2. Aplikasi IoT Dalam Bidang Pertanian  
Sumber: [17]

### 1.3. Aplikasi Rumah Kaca Cerdas Berbasis IoT

Rumah kaca cerdas berbasis IoT menyebabkan pengelolaan budidaya pertanian lebih terkendali dan akurat. Contoh paling signifikan adalah sensor kebutuhan air tanaman dan nutrisi secara tepat, pengendalian mikro iklim sesuai dengan kebutuhan tanaman; pH; kelembaban udara; penyinaran matahari hingga estimasi panen [11]. Aplikasi IoT pada rumah kaca cerdas memungkinkan para petani memantau tanaman di rumah kaca dari mana saja tanpa harus setiap saat datang ke rumah kaca dengan bantuan sensor dan pengamatan yang diperlukan (suhu, kelembaban; penyinaran sinar matahari dan otomasi irigasi), sehingga mengurangi tenaga kerja yang dibutuhkan [22].

Penerapan IoT dalam rumah kaca cerdas dapat menangani pencatatan data pertumbuhan tanaman, manajemen data secara digital serta pengambilan keputusan dalam proses pra-panen maupun proses

panen. Pengumpulan data, pengolahan data dan pengambilan keputusan menggunakan IoT akan mampu merencanakan waktu tanam, memperkecil resiko kegagalan produksi dan mampu memprediksi luaran pertanian serta mampu merencanakan hasil pertanian secara lebih presisi. Data yang akurat akan menghasilkan biaya pengelolaan sarana pertanian akan lebih efisien karena dengan menggunakan IoT para petani dapat mengendalikan sistem irigasi yang hemat air dan pemberian nutrisi yang sesuai dengan kebutuhan tanaman [8], [23].

Setiap tanaman membutuhkan keadaan iklim mikro yang berbeda, sebagai contoh tanaman tomat yang ditanam di dalam rumah kaca membutuhkan suhu antara 18 oC hingga maksimal 24 oC, namun ketika musim kemarau tiba suhu di dalam rumah kaca mencapai maksimal 36 oC, sebagai dampaknya adalah fisiologi tanaman akan terganggu dan sangat mengganggu pertumbuhan tanaman [24]. Dampak ini ditunjukkan dengan pertumbuhan daun tidak optimal

(daun keriting); evapotranspirasi meningkat yang menyebabkan kebutuhan air (consumptive use) meningkat, dan bila dilakukan fertisasi maka kebutuhan nutrisi juga meningkat [1], [6]. Perubahan yang cukup dinamis dalam rumah kaca mengharuskan para petani menerapkan sistem berbasis IoT yang dapat berperan sebagai perangkat pemantauan data iklim mikro dengan menggunakan perangkat mikrokontroler Arduino UNO dan mikrokomputer Raspberry Pi dan mengintegrasikannya dengan sistem pendingin ruangan berbasis kabut yang terkoneksi dengan relay dan pengaturan dilakukan berdasarkan perubahan iklim mikro yang dideteksi menggunakan sensor SHT11, dan sensor GUVAS12SD, kedua sensor ini mampu mendeteksi perubahan suhu, kelembaban dan intensitas cahaya. Data hasil monitoring iklim mikro kemudian dikirimkan ke cloud server untuk disimpan pada basis data dan diolah untuk menghasilkan keputusan aktif atau tidaknya sistem otomatisasi berdasarkan batasan yang sudah ditetapkan sebelumnya dalam sistem, selain itu data hasil pemantauan dapat diakses melalui situs web yang terintegrasi pada Raspberry Pi [11].

## 2. BAHAN DAN METODE

### 2.1. Instrumen Penelitian

Penelitian ini menggunakan instrumen berupa perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) untuk membangun perangkat sistem pemantauan iklim mikro, perangkat keras yang digunakan adalah mikrokomputer Raspberry Pi 3 versi B+ yang digunakan untuk mengatur kondisi iklim mikro dalam rumah kaca menggunakan sistem pendinginan berbasis kabut, menyimpan data pemantauan iklim mikro dan menampilkan informasi iklim mikro berbasis web. Sensor iklim mikro SHT11 digunakan untuk mendeteksi perubahan suhu dan kelembaban relatif udara dalam rumah kaca, sensor ini bertipe digital sehingga nilai yang diakuisisi sudah dalam satuan derajat Celsius.

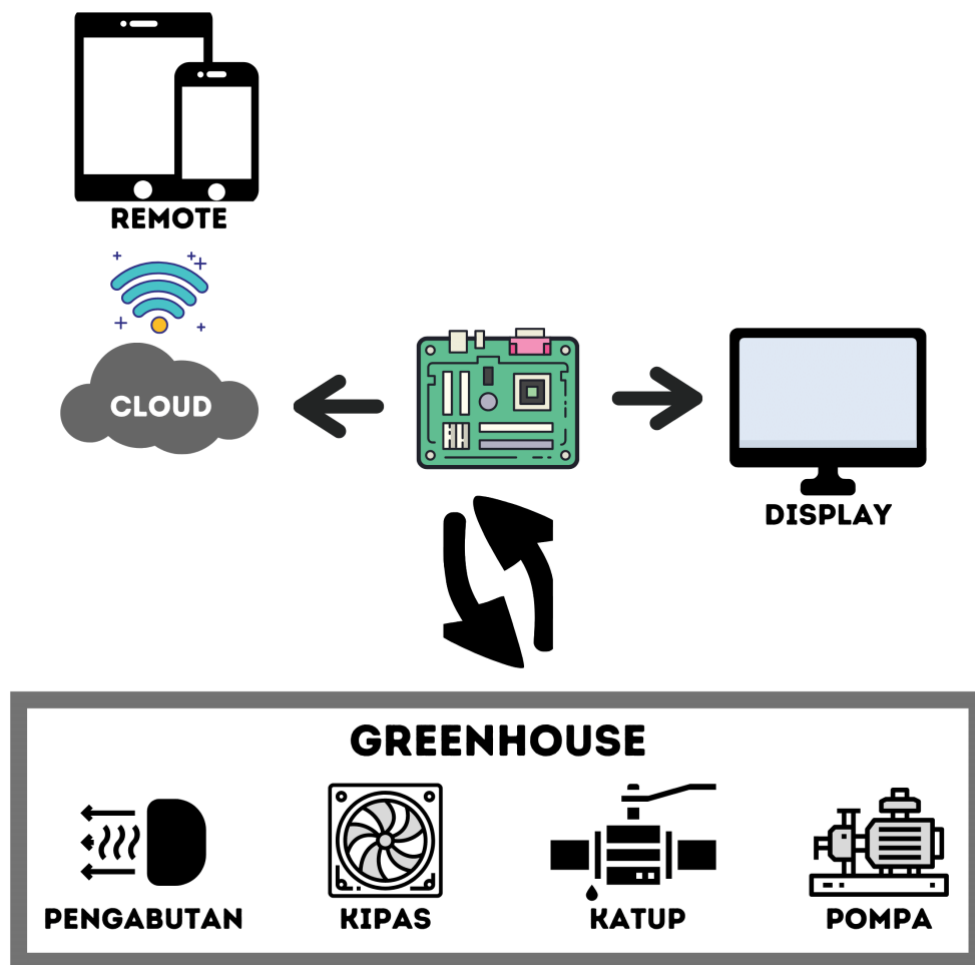
Sensor GUVAS12D, digunakan untuk mendeteksi perubahan indeks intensitas cahaya matahari pada rumah kaca, sensor ini bertipe analog. Untuk membuat

sistem pengabutan digunakan emitter untuk menyemprotkan air ke dalam rumah kaca, ukuran partikel air yang disemprotkan adalah 3 mikron, selain itu untuk mendorong air dari sumber air ke dalam rumah kaca digunakan pompa air bertekanan rendah. Untuk mematikan dan menyalakan pompa digunakan relay yang terhubung dengan Raspberry Pi, bila kondisi iklim mikro dalam rumah kaca berada diluar ambang batas yang ditetapkan maka Raspberry Pi akan memicu relay dan menyalakan pompa, sebaliknya bila kondisi iklim mikro berada dalam ambang batas maka Raspberry Pi akan memicu relay untuk mematikan pompa.

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah sistem operasi Raspbian untuk menjalankan Raspberry Pi. Bahasa pemrograman Python 3 digunakan untuk mengakuisisi data iklim mikro dari sensor dan menyimpan data iklim mikro dalam basis data MariaDB. Basis data MariaDB ini adalah sebuah sistem penyimpanan data yang mendukung aksesibilitas melalui Python 3 dan PHP, sedangkan PHP sendiri adalah sebuah bahasa pemrograman yang digunakan untuk membangun situs web berdasarkan data yang tersimpan dalam basis Data MariaDB. Aplikasi Putty dan WinSCP digunakan sebagai jembatan untuk menghubungkan laptop berbasis Windows dengan Raspberry Pi yang berbasis Linux.

### 2.2. Perancangan Perangkat

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode rekayasa rancang bangun dalam pembuatan sistem otomatisasi, metode rekayasa rancang bangun menurut [25] adalah suatu rangkaian kegiatan yang terdiri dari perencanaan, perancangan, pembangunan, dan penerapan yang di dalam penerapannya akan menghasilkan modifikasi baru dalam bentuk proses ataupun produk. Metode ini akan membuat pembuatan alat otomatisasi menjadi terstruktur dan fokus pada setiap tahapannya. Penggunaan metode ini juga dapat diperkuat oleh penelitian Surakusumah (2009) mengenai "Rancang Bangun Pengisi Botol Otomatis", pada penelitian ini menyimpulkan bahwa sistem dapat mengontrol volume air yang diisi dengan presisi.



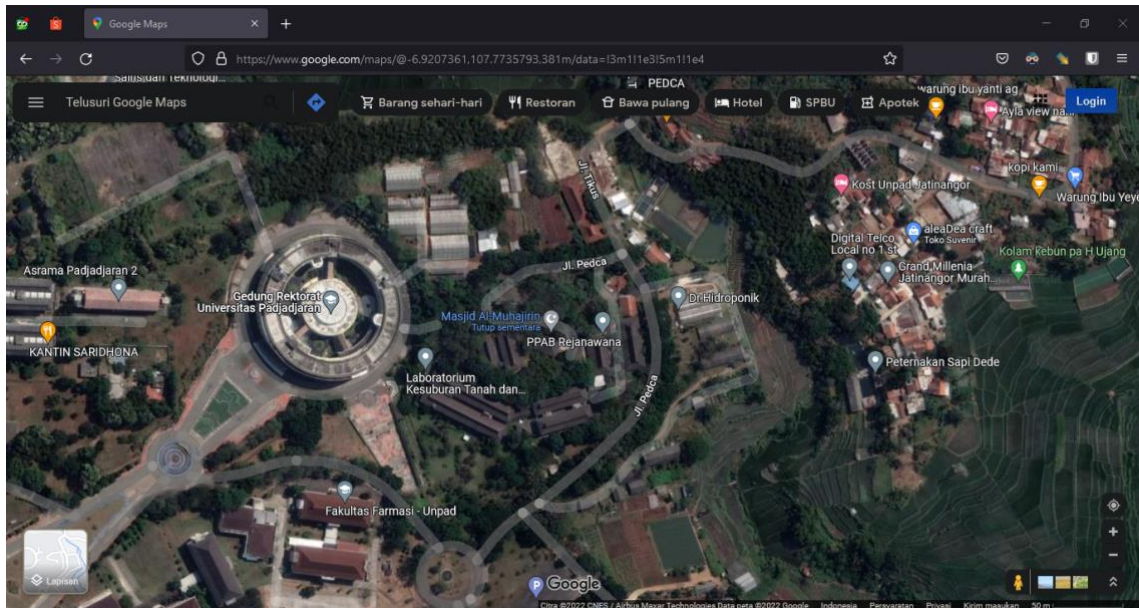
Gambar 3. Skema Sistem Pemantauan Iklim Mikro dalam Rumah Kaca ALG Unpad\

Gambar 3 menunjukkan skema perancangan yang diusulkan dimana dalam rumah kaca diintegrasikan sistem pendinginan berbasis kabut yang terintegrasi dengan pompa air bertekanan rendah untuk mendorong air pada emitter yang akan menyemburkan partikel air berukuran 3 mikron. Pada pompa dipasangkan relay yang juga terhubung pada Raspberry Pi, bila data iklim mikro menunjukkan nilai yang berada di luar ambang batas yang telah ditetapkan maka Raspberry Pi akan memicu relay untuk menyalakan pompa.

Server berbasis awan digunakan untuk menyimpan data iklim mikro yang kemudian dapat dipantau oleh pengguna secara jarak jauh melalui gawai yang dimiliki seperti telepon pintar, komputer jinjing atau komputer desktop.

### 2.3. Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan dalam Rumah Kaca ALG Unpad yang berlokasi di Pedca Utara Universitas Padjadjaran dengan koordinat: 6°55'13.9"S 107°46'27.5"E seperti terlihat pada gambar di bawah ini:



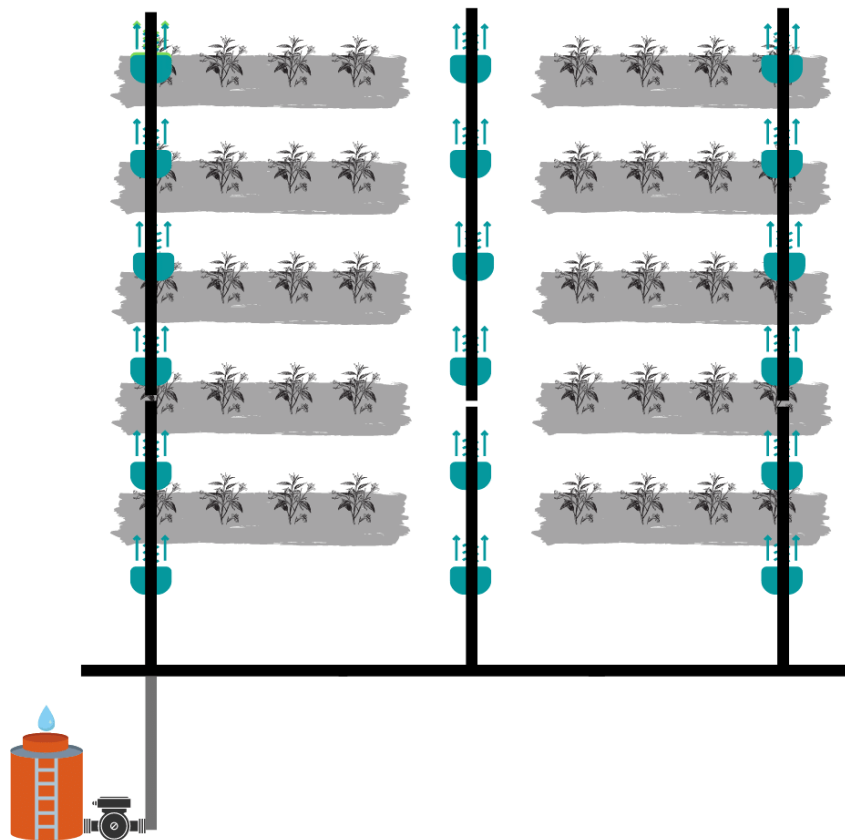
Gambar 4. Lokasi Rumah Kaca ALG Unpad

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode Rancang Bangun untuk merancang dan membangun perangkat yang dilakukan selama 3 (tiga) bulan, dan menguji perangkat sistem pemantauan dalam rumah kaca ALG Unpad selama 25 (dua puluh lima) hari dengan proses akuisisi data iklim mikro dilakukan setiap 1 (satu) menit. Data yang tersimpan dalam basis data. Data yang disimpan dalam basis data kemudian dapat diunduh dalam format Comma

Separated Values (CSV), untuk memudahkan pengolahan data dalam aplikasi spreadsheet, kemudian dianalisa secara statistik dan digambarkan dalam bentuk chart.

#### 2.4. Pelaksanaan Penelitian

Perangkat otomatis yang telah dibangun kemudian diintegrasikan pada rumah kaca ALG Unpad seperti terlihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 1. Desain Instalasi Sistem Pemantauan Iklim Mikro dalam Rumah Kaca

Pipa sistem pengabutan dirancang dalam bentuk trisula dengan jumlah titik katup pengabutan sebanyak 18 (delapan belas) unit supaya sebaran kabut dapat mencapai seluruh titik dalam rumah kaca saat terjadi kondisi yang tidak ideal. Perangkat dijalankan mulai pukul 06.00 – 18.00 setiap harinya, semua data sensor langsung dicatatkan setiap menitnya ke dalam database.

Data tersebut kemudian diproses dan ditampilkan dalam bentuk tabel dalam situs web yang dapat diakses melalui internet dengan menggunakan layanan yang diberikan oleh DynDNS. Parameter suhu dan kelembaban relatif diatur melalui halaman admin yang langsung terupdate pada sistem.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pendataan iklim mikro rumah kaca dengan sistem otomatis dilakukan setiap satu menit per harinya, data-data tersebut akan disimpan pada database dan ditampilkan melalui situs web seperti yang ditampilkan pada Gambar 7, data yang dapat disimpan pada database dapat berjumlah ribuan, sebagai acuan, data yang disimpan database selama 25 hari adalah 278.880, jika dirata-ratakan data yang dapat disimpan perharinya mencapai  $\pm 11.115$ , dengan data sebanyak itu sudah sangat cukup untuk menggambarkan kondisi iklim mikro rumah kaca setiap harinya secara akurat dan pendataan tersebut dilakukan secara otomatis oleh sistem.

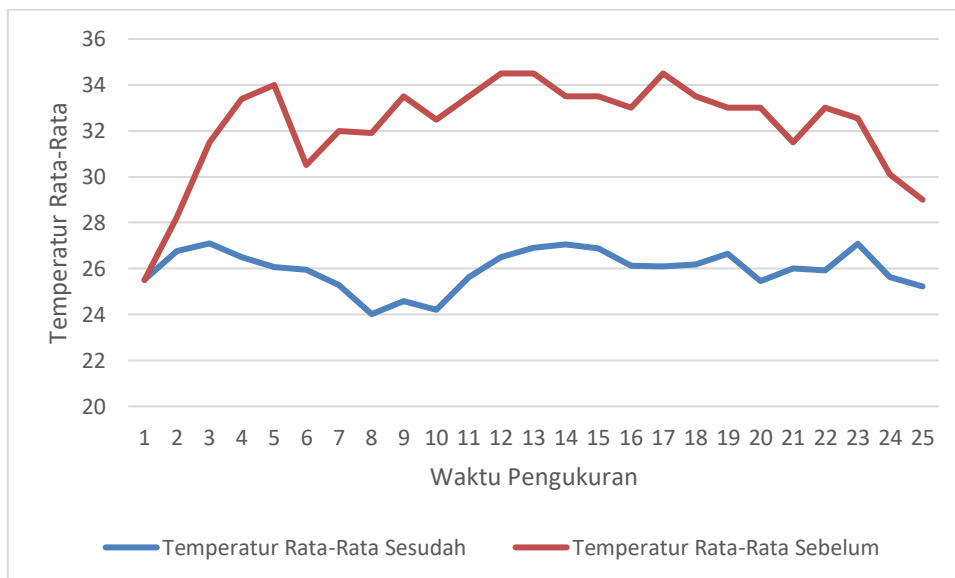


IKLIM GREENHOUSE					
No	Tanggal/Waktu	Temperatur	Kelembaban	UV Index	Status
1	04-03-2020/10:41:05	35.03	50.59	12	Non Aktif
2	04-03-2020/10:41:05	35.03	50.59	12	Aktif
3	04-03-2020/10:14:30	35.24	50.74	12	Non Aktif
4	04-03-2020/10:14:30	35.24	50.74	12	Aktif
5	04-03-2020/09:48:41	33.67	58.59	12	Non Aktif
6	04-03-2020/09:48:41	33.67	58.59	12	Aktif
7	04-03-2020/09:25:59	32.93	59.72	12	Non Aktif
8	04-03-2020/09:25:59	32.93	59.72	12	Aktif
9	04-03-2020/09:08:51	31.54	62.55	12	Non Aktif
10	04-03-2020/09:08:51	31.54	62.55	12	Aktif

Gambar 2. Informasi yang Ditampilkan dalam Situs Web

Perbandingan kondisi iklim mikro yang dilakukan terhadap sistem otomasi dan sistem sebelumnya adalah temperatur dan kelembaban rata-rata, temperatur maksimum serta kelembaban minimum iklim mikro rumah kaca selama 25 hari pada jam 06.00 – 18.00, perbandingan intensitas cahaya tidak bisa

dilakukan karena kedua sistem mengukur dua hal yang berbeda, sistem otomasi mengukur indeks uv matahari sedangkan sistem sebelumnya mengukur intensitas cahaya matahari.



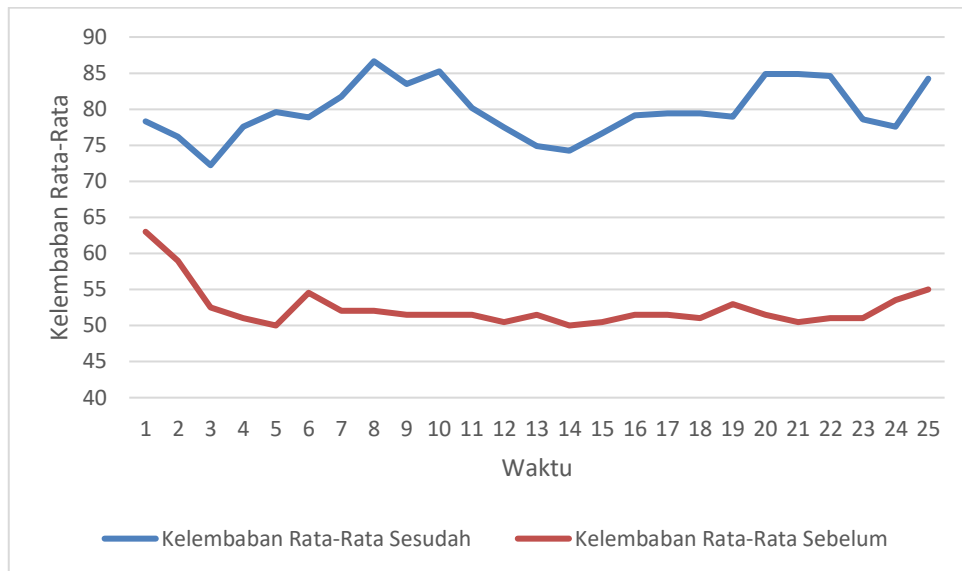
Gambar 3. Hasil Pengukuran Temperatur Rata-Rata dalam Rumah Kaca

Data pada grafik perbandingan temperatur rumah kaca ini menunjukkan bahwa sistem otomasi dapat bekerja lebih baik dibandingkan sistem sebelumnya yang belum menggunakan sistem pendinginan, dibuktikan dengan selisih temperatur rata-rata perharinya yang mencapai 6,25°C selain itu dengan menggunakan sistem otomasi juga membuat rata-rata temperatur rumah kaca perharinya berada dibawah

temperatur maksimum yang ingin dijaga pada rumah kaca (30°C) yaitu 25,97°C lebih kecil 4,03°C, jika dibandingkan dengan sistem sebelumnya, temperatur rata-rata rumah kaca perharinya melebihi temperatur maksimum yang ingin dijaga pada rumah kaca (30°C) yaitu 32,23°C lebih besar 2,23°C. Temperatur maksimum rumah kaca perharinya yang dihasilkan setelah menggunakan sistem otomasi juga memiliki

hasil yang lebih baik jika dibandingkan dengan sistem sebelumnya, dibuktikan dengan selisih rata-rata temperatur maksimum perharinya yang mencapai 2,68°C. Jika dihitung nilai persentase peningkatan

kinerja sistem otomasi terhadap sistem sebelumnya dalam menjaga temperatur rumah kaca, maka didapatkan nilai 19,42% pada temperatur rata-rata dan 6,65% pada temperatur maksimum.



Gambar 4. Hasil Pengukuran Kelembaban Rata-Rata dalam Rumah Kaca

Data pada grafik perbandingan kelembaban rumah kaca ini menunjukkan bahwa sistem otomasi juga dapat bekerja lebih baik dibandingkan sistem sebelumnya, dibuktikan dengan selisih kelembaban rata-rata perharinya yang mencapai 28,06%, selain itu dengan menggunakan sistem otomasi juga membuat rata-rata kelembaban rumah kaca sangat mendekati kelembaban minimum rumah kaca yang ingin dijaga pada rumah kaca (80%) yaitu 79,79% hanya lebih kecil 0,31%, jika dibandingkan dengan sistem sebelumnya, kelembaban rata-rata rumah kaca perharinya sangat jauh dari kelembaban minimum yang ingin dijaga pada rumah kaca (80%) yaitu 51,73%, selisih nilainya mencapai 28,27%. Namun, kelembaban minimum rumah kaca perharinya dari kedua sistem sama-sama memiliki nilai yang sangat jauh dari kelembaban minimum rumah kaca yang ingin dijaga (80%) yaitu hanya mencapai  $\pm 21\%$ , selisihnya nilainya mencapai 59%, meskipun demikian rata-rata kelembaban minimum setelah penggunaan sistem otomasi masih lebih baik 0,72% dibandingkan dengan sistem sebelumnya. Jika dihitung nilai persentase peningkatan kinerja sistem otomasi terhadap sistem sebelumnya dalam menjaga kelembaban rumah kaca, maka didapatkan nilai 54,24% pada kelembaban rata-rata dan 3,42% pada kelembaban minimum.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang bisa ditarik dari penelitian ini adalah pendataan kondisi iklim mikro rumah kaca dapat dilakukan dengan lebih efektif dan akurat menggunakan sistem otomasi. Sistem otomasi dapat menjaga dan mengatur iklim mikro rumah kaca agar sesuai dengan kondisi optimum tanaman secara efektif setiap harinya namun akan terjadi penurunan kinerja disaat intensitas cahaya matahari tinggi. Sistem pendinginan berbasis kabut dapat dihidupkan dengan otomatis ketika iklim mikro berada di luar ambang batas yang ditetapkan. Sebaiknya diberikan tambahan alat untuk mengatur jumlah intensitas cahaya matahari yang masuk, karena ketika indeks intensitas matahari terlalu tinggi, sistem pendinginan berbasis kabut tidak dapat menurunkan temperatur rumah kaca dengan baik.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih peneliti haturkan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat (DRPM) Universitas Padjadjaran yang telah mendanai penelitian skema Academic Leadership Grant (ALG) sehingga telaksananya penelitian ini dan kepada Jurnal

Teknologi Informasi Komputer dan Aplikasinya yang telah memfasilitasi publikasi artikel penelitian kami.

#### DAFTAR PUSTAK

- [1] N. Bafdal and S. Dwiratna, "Water harvesting system as an alternative appropriate technology to supply irrigation on red oval cherry tomato production," *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.*, vol. 8, no. 2, pp. 561–566, 2018, doi: 10.18517/ijaseit.8.2.5468.
- [2] H. P. Saliem and M. Ariani, "Ketahanan Pangan, Konsep, Pengukuran dan Strategi," *Forum Penelit. Agro Ekon.*, vol. 20, no. 1, p. 12, 2016, doi: 10.21082/fae.v20n1.2002.12-24.
- [3] I. Ardiansah, T. Pujianto, and G. A. Putri, "Analisis Perencanaan dan Pengendalian Persediaan Beras Pada Perum BULOG Divisi Regional Jawa Barat," *J. String*, vol. 2, no. 1, 2017.
- [4] L. Jespersen, M. Griffiths, T. Maclaurin, B. Chapman, and C. A. Wallace, "Measurement of food safety culture using survey and maturity profiling tools," *Food Control*, vol. 66, pp. 174–182, 2016, doi: 10.1016/j.foodcont.2016.01.030.
- [5] N. Bafdal and I. Ardiansah, "Application of Internet of Things in Smart Greenhouse Microclimate Management for Tomato Growth," *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol. Vol. 11 No. 2*, pp. 427–432, 2021, doi: 10.18517/ijaseit.11.2.13638.
- [6] D. R. Kendarto, A. Mulyawan, N. P. Sophia Dwiratna, N. Bafdal, and E. Suryadi, "Effectiveness of ceramics water filter pots with addition of silver nitrate to reduce of Escherichia coli contents," *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.*, vol. 9, no. 2, pp. 526–531, 2019, doi: 10.18517/ijaseit.9.2.7142.
- [7] I. Ardiansah, N. Bafdal, A. Bono, E. Suryadi, and R. Husnuzhan, "Impact Of Ventilations In Electronic Device Shield On Micro-climate Data Acquired In A Tropical Greenhouse," *INMATEH - Agric. Eng.*, vol. 63, no. 1, pp. 397–404, 2021, doi: 10.35633/INMATEH-63-40.
- [8] N. Gondchawar and R. S. Kawitkar, "IoT based Smart Agriculture," *Int. J. Adv. Res. Comput. Commun. Eng.*, vol. 5, no. 6, pp. 838–842, 2016, doi: 10.17148/IJARCCCE.2016.56188.
- [9] A. Castrignanò, G. Buttafuoco, R. Khosla, A. M. Mouazen, D. Moshou, and O. Naud, *Agricultural internet of things and decision support for precision smart farming*. 2020.
- [10] Z. Zaida, I. Ardiansah, and M. A. Rizky, "Rancang Bangun Alat Pengendali Suhu Dan Kelembaban Relatif Pada Rumah Kaca Dengan Informasi Berbasis Web," *J. Teknotan*, vol. 11, no. 1, Jul. 2017, doi: 10.24198/jt.vol11n1.2.
- [11] M. Hafiz, I. Ardiansah, N. Bafdal, A. Info, and M. Control, "Website Based Greenhouse Microclimate Control Automation System Design," *JOIN (Jurnal Online Inform.)*, vol. 5, no. 1, pp. 105–114, 2020, doi: 10.15575/join.v5i1.575.
- [12] H. Ping, J. Wang, Z. Ma, and Y. Du, "Mini-review of application of iot technology in monitoring agricultural products quality and safety," *Int. J. Agric. Biol. Eng.*, vol. 11, no. 5, pp. 35–45, 2018, doi: 10.25165/ijabe.v11i5.3092.
- [13] M. Paustian and L. Theuvsen, "Adoption of precision agriculture technologies by German crop farmers," *Precis. Agric.*, vol. 18, no. 5, pp. 701–716, 2017, doi: 10.1007/s11119-016-9482-5.
- [14] N. Bafdal, S. Dwiratna, and S. Sarah, "Impact of Rainfall Harvesting as a Fertigation Resources using Autopot on Quality of Melon (Cucumis melo L.)," in *International Conference on Food Agriculture and Natural Resources (FAN)*, 2019, vol. 194, no. FANRes 2019, pp. 254–257.
- [15] H. Sujadi and Y. Nurhidayat, "SMART GREENHOUSE MONITORING SYSTEM BASED ON INTERNET OF THINGS," *J. J-Ensitem*, vol. 06, no. 01, pp. 371–377, 2019.
- [16] N. K. Nawandar and V. R. Satpute, "IoT based low cost and intelligent module for smart irrigation system," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 162, no. May, pp. 979–990, 2019, doi: 10.1016/j.compag.2019.05.027.
- [17] I. Ardiansah, N. Bafdal, E. Suryadi, and A. Bono, "Greenhouse Monitoring and Automation Using Arduino: a Review on Precision Farming and Internet of Things (IoT)," *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.*, vol. 10, no. 2, 2020, doi: 10.18517/ijaseit.10.2.10249.
- [18] T. A. Zuraiyah, M. I. Suriansyah, and A. P. Akbar, "Smart Urban Farming Berbasis Internet Of Things (IoT)," *Inf. Manag. Educ. Prof.*, vol. 3, no. 2, pp. 139–150, 2019.
- [19] A. W. Burange and H. D. Misalkar, "Review of Internet of Things in development of smart cities with data management & privacy," 2015. doi: 10.1109/ICACEA.2015.7164693.
- [20] T. Hidayat, "Internet of Things Smart Agriculture on ZigBee: A Systematic Review," *J. Telekomun. dan Komput.*, vol. 8, no. 1, p. 75, 2017, doi: 10.22441/incomtech.v8i1.2146.
- [21] J. Jung, M. Maeda, A. Chang, M. Bhandari, A. Ashapure, and J. Landivar-Bowles, "The potential of remote sensing and artificial intelligence as tools to improve the resilience of agriculture production systems," *Curr. Opin. Biotechnol.*, vol. 70, pp. 15–22, 2021, doi: 10.1016/j.copbio.2020.09.003.
- [22] F. Carrión, J. M. Tarjuelo, P. Carrión, and M. A. Moreno, "Low-cost microirrigation system supplied by groundwater: An application to

- pepper and vineyard crops in Spain," *Agric. Water Manag.*, vol. 127, pp. 107–118, 2013, doi: 10.1016/j.agwat.2013.06.005.
- [23] C. M. Angelopoulos, G. Filios, S. Nikolettseas, and T. P. Raptis, "Keeping data at the edge of smart irrigation networks: A case study in strawberry greenhouses," *Comput. Networks*, vol. 167, p. 107039, 2020, doi: 10.1016/j.comnet.2019.107039.
- [24] N. Bafdal, S. Dwiratna, and D. R. Kendarto, "Differences Growing Media In Autopot Fertigation System And Its Response To Cherry Tomatoes Yield," *Indones. J. Appl. Sci.*, vol. 7, no. 3, pp. 63–68, 2018, doi: 10.24198/ijas.v7i3.14369.
- [25] W. K. Sugandi, T. Herwanto, and A. P. Yudi, "Rancang Bangun Mesin Pembersih dan Pengupas Kentang," *Agrikultura*, vol. 29, no. 2, p. 111, 2018, doi: 10.24198/agrikultura.v29i2.20850.
- [26] A. P. Surakusumah, "Universitas Indonesia Rancang Bangun Pengisi Botol Otomatis Depok," in *Skripsi Universitas Indonesia*, 2009, pp. 1–269.