

Purwarupa Perangkat Microclimate Adjuster Berkemampuan Remote Monitoring di Fasilitas Riset PRITA

I Nyoman Kusuma Wardana¹, I Kadek Arta Wiguna², I Putu Widia Prasetia³, I Komang Agus Ady Aryanto⁴

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali, Bali

^{2,3}Program Studi Teknologi Informasi, Universitas Pendidikan Nasional, Bali

⁴Program Studi Teknologi Informasi, Institut Teknologi dan Bisnis STIKOM Bali, Bali

ABSTRACT (10 PT)

We have tried to build a microclimate adjuster prototype equipped with remote monitoring capabilities to control microclimate conditions in the PRITA greenhouse. The prototype is designed in a simple workflow system by using only a sensor capable of sensing temperature and relative humidity of the air. On the actuator part, two relays with an optoisolator shield are used, whereas on the controller part, a controller chip with IEEE 802.11 connectivity is used so that it can be integrated directly into a conventional local network infrastructure. In the software section, a simple linear control technique is used based on sensor input and the ambient temperature setpoint to control the microclimate conditions of the greenhouse. In addition to the control function, the device is also embedded with the Internet of Things feature, so that the device management process can be carried out remotely and data recording can be done. Based on the results of the prototype field testing, it is known that the system designs work properly and shows good results.

Keywords: greenhouse, microclimate adjuster, controlled environment agriculture, internet of things

ABSTRAK (10 PT)

Penulis mencoba untuk membangun purwarupa microclimate adjuster yang dilengkapi dengan kemampuan remote monitoring untuk melakukan pengendalian kondisi microclimate di rumah kaca PRITA. Purwarupa didesain sederhana, hanya menggunakan sebuah sensor yang mampu melakukan penginderaan suhu dan kelembapan relatif udara. Kemudian, pada bagian aktuator disematkan dua buah relai yang dilengkapi dengan pelindung opto-isolator. Pada bagian kontroler digunakan chip kontroler konektivitas IEEE 802.11 sehingga dapat terintegrasi secara langsung ke infrastruktur jaringan lokal konvensional. Pada bagian perangkat lunak, digunakan teknik kontrol linier sederhana berdasarkan masukan sensor dan set point suhu lingkungan untuk mengendalikan kondisi microclimate rumah kaca. Selain fungsi kontrol, perangkat juga disematkan fitur Internet of Things, sehingga proses manajemen perangkat dapat dilakukan secara remote dan dapat dilakukan perekaman data. Berdasarkan hasil pengujian purwarupa, diketahui desain sistem bekerja sebagaimana mestinya dan menunjukkan hasil yang bagus.

Kata kunci: green house, microclimate adjuster, controlled environment agriculture, internet of things.

Info Artikel

Diterima Redaksi : 03-12-2020

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Selesai Revisi : 09-12-2020

Diterbitkan Online : 31-12-2020



Penulis Korespondensi:

I Nyoman Kusuma Wardana

Jurusan Teknik Elektro,

Politeknik Negeri Bali,

Uluwatu St No.45, Jimbaran, South Kuta, Badung Regency, Bali 80361

Email: kusumawardana@pnb.ac.id

1. PENDAHULUAN (10 PT)

Program Studi Teknologi Informasi di bawah Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Pendidikan Nasional membangun fasilitas riset PRITA (*precision agriculture laboratory*) untuk tujuan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang pertanian presisi. Sebagai Program Studi yang secara geografis berada di wilayah Bali Nusra, dinilai penting untuk mengembangkan keilmuan di bidang pertanian khususnya pertanian presisi untuk menghadapi perubahan iklim [1]. Sebagaimana studi yang dilakukan oleh [2], pada masa pandemi COVID-19, sektor ekonomi utama di Bali yang ditopang oleh pariwisata tercatat anjlok hingga diperlukan alternatif lain seperti sektor pertanian berbasis adat. Secara nasional, studi yang dilakukan oleh [3] memperlihatkan hanya sektor pertanian yang masih dapat bertahan dan mendapatkan perhatian khusus dari Presiden Republik Indonesia. Dibalik fenomena tersebut, justru salah satu masalah terbesar pada bidang pertanian di Indonesia adalah tingkat serapan teknologinya yang tergolong masih rendah [4]. Sedangkan menurut studi internasional yang dilakukan oleh [5], pemanfaatan teknologi khususnya teknologi informasi pada bidang pertanian dapat membantu meningkatkan hasil dan efisiensi proses bertani secara signifikan.

Salah satu teknologi dalam bidang pertanian adalah pertanian presisi. Teknik ini berupaya menggunakan teknologi baru untuk meningkatkan hasil panen dan profitabilitas. Sekaligus, menurunkan tingkat input tradisional yang dibutuhkan untuk bercocok tanam (lahan, air, pupuk, herbisida, dan insektisida) [6]. Dengan kata lain, petani yang memanfaatkan pertanian presisi menggunakan lebih sedikit untuk menanam lebih banyak. Fasilitas riset PRITA mengembangkan teknologi tepat guna yang berkaitan dengan keperluan untuk pertanian presisi. Mulai dari *growing system* yang memanfaatkan teknologi hidroponik dan aeroponic dengan *fragmented media bed* dan *vertical farming system*, hingga instrumen kontrol dan monitoring seperti *micro-climate adjuster* (MCA) untuk melakukan penyesuaian kondisi lingkungan di rumah kaca. Pada penelitian ini, peneliti berfokus pada pengembangan instrumen MCA yang ditempatkan di PRITA.

Kondisi *micro-climate* di rumah kaca yang ideal bagi tanaman bergantung pada beberapa faktor. Menurut [7], terdapat tiga faktor utama terkait kondisi *micro-climate* ideal yaitu fase pertumbuhan, varietas, dan kondisi lingkungan. Fase pertumbuhan antara fase pembibitan, vegetatif, dan generatif memiliki kondisi *micro-climate* yang berbeda. Begitu pula dengan jenis varietas tanaman dan kondisi lingkungan. Kondisi pada siang hari dan malam hari memiliki rentang suhu ideal yang berbeda pula. Menurut [6], rentang kondisi suhu ideal bagi tanaman seperti tomat pada malam hari dan siang hari secara umum berkisar antara 18.5 hingga 21°C dan 21 hingga 29.5°C. Selain suhu, kelembapan udara (rH) dan intensitas cahaya juga penting untuk dikendalikan. Menurut [8], apabila kondisi kelembapan terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat menyebabkan masalah seperti pertumbuhan jamur dan memperparah infeksi penyakit. Intensitas cahaya khususnya pada fase pembibitan apabila tidak mencukupi dapat menyebabkan masalah dalam pertumbuhan tanaman [9]. Dengan demikian dapat diketahui bahwa untuk mendapatkan hasil yang optimal, aspek lingkungan terkait dengan fase hidup tanaman harus diatur dengan baik. Proses pengaturan tersebut tentunya dapat dipermudah dengan bantuan teknologi informasi yang melibatkan instrumentasi, penginderaan dan kontrol.

Beberapa penelitian telah dilakukan berkaitan dengan instrumen MCA. [10] mengembangkan projek rumah kaca domestik yang dilengkapi dengan dua pengendali otomatis yang terdiri dari pemantau gangguan seperti binatang dan pengendali waktu irigasi. Algoritma yang digunakan adalah berbasis *loop* atau *feedback measurement* yang menggunakan set point dan data sensor cuaca sebagai acuan untuk menentukan kapan harus melakukan penyiraman. Berkaitan dengan sistem kontrol, [11] dalam karyanya mengimplementasikan *Fuzzy Logic Controller* untuk memprediksi dan mengendalikan kondisi iklim di dalam rumah kaca untuk menyesuaikan pengaruh cuaca pada kualitas produk dan produksi. Hasilnya menyatakan bahwa FLC cukup efektif untuk dapat mengendalikan perlengkapan pengendali yang ada di rumah kaca. Berkaitan dengan faktor biaya, [12] peneliti membangun platform tertanam berbiaya rendah untuk kontrol dan remote monitoring lingkungan rumah kaca. Meski menawarkan arsitektur berbiaya rendah, tingkat kompleksitas dan keperluan sistem atau *dependency*-nya cukup banyak sehingga untuk penerapan di lingkungan rumah kaca sederhana menjadi kurang *cost-effective*.

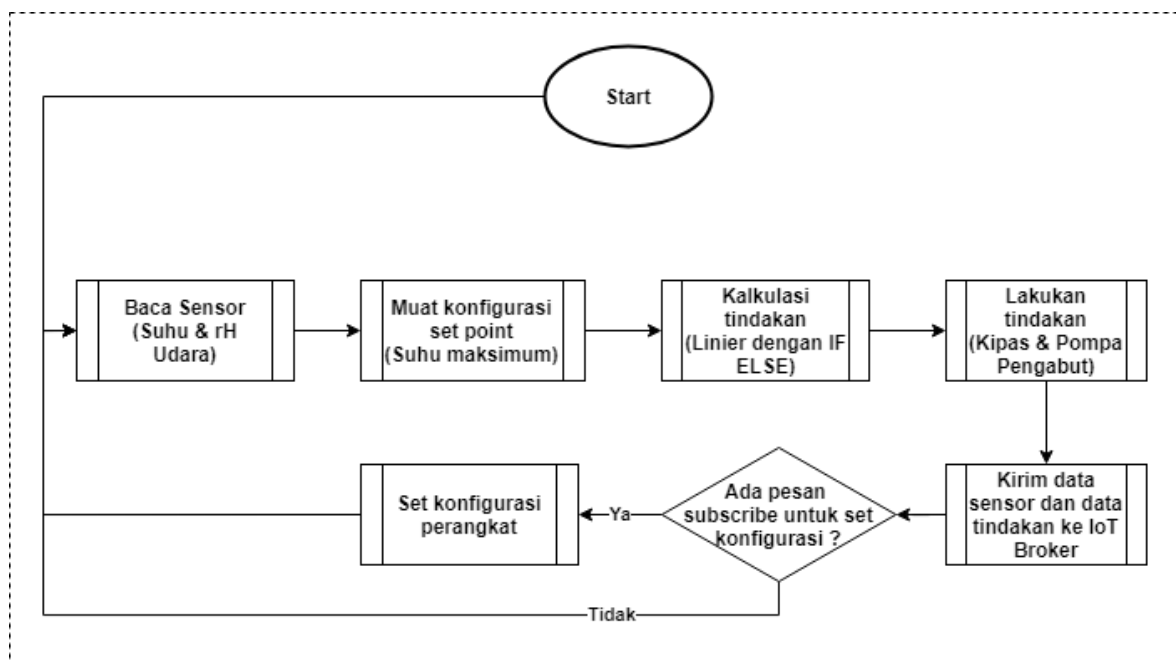
Berdasarkan penelitian sebelumnya dan pertimbangan keperluan di fasilitas riset PRITA, peneliti mencoba untuk membangun instrumen MCA yang dilengkapi dengan kemampuan untuk melakukan penginderaan kondisi suhu dan kelembapan udara. Purwarupa MCA yang dibangun juga didesain agar memiliki kemampuan *Internet of Things* untuk memungkinkan dilakukan remote monitoring. Sebagai *proof-of-concept*, sebuah purwarupa dibangun dan diujikan di fasilitas riset PRITA. Beberapa pengujian dan validasi dilakukan untuk mengetahui bagaimana performa sistem bekerja. Mulai dari pencatatan data

lingkungan, metode kontrol dan respon sistem, hingga log sistem berkaitan dengan penggunaan memori untuk mengetahui keandalan sistem.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Cara Kerja Sistem

Sensor suhu dan kelembapan udara memberikan data lingkungan ke unit *controller*. Selanjutnya, dengan menggunakan teknik kontrol linier *closed loop*, *controller* memberikan perintah ke aktuator berupa relay yang terhubung ke kipas pendingin dan pompa pengabut. Pada penelitian ini, teknik kontrol linier yang digunakan masih menggunakan pengkondisian dengan pernyataan *if else* sederhana, yang bekerja dengan cara membandingkan kondisi lingkungan berupa data sensor dengan kondisi set point yang diset pada sistem sebagai batasan kapan aktuator harus menyala. Ketika perangkat purwarupa dinyalakan, maka secara langsung proses pengendalian kondisi lingkungan dimulai. Selain melakukan proses pengendalian, perangkat juga melakukan pencatatan data lingkungan dan data tindakan ke Internet melalui protokol MQTT. Melalui koneksi *Internet of Things*, pengguna dapat berinteraksi dengan perangkat untuk melakukan konfigurasi seperti informasi koneksi, informasi perangkat, dan *set point*. Pada Gambar 1, ditampilkan bagan alur bagaimana sistem bekerja.



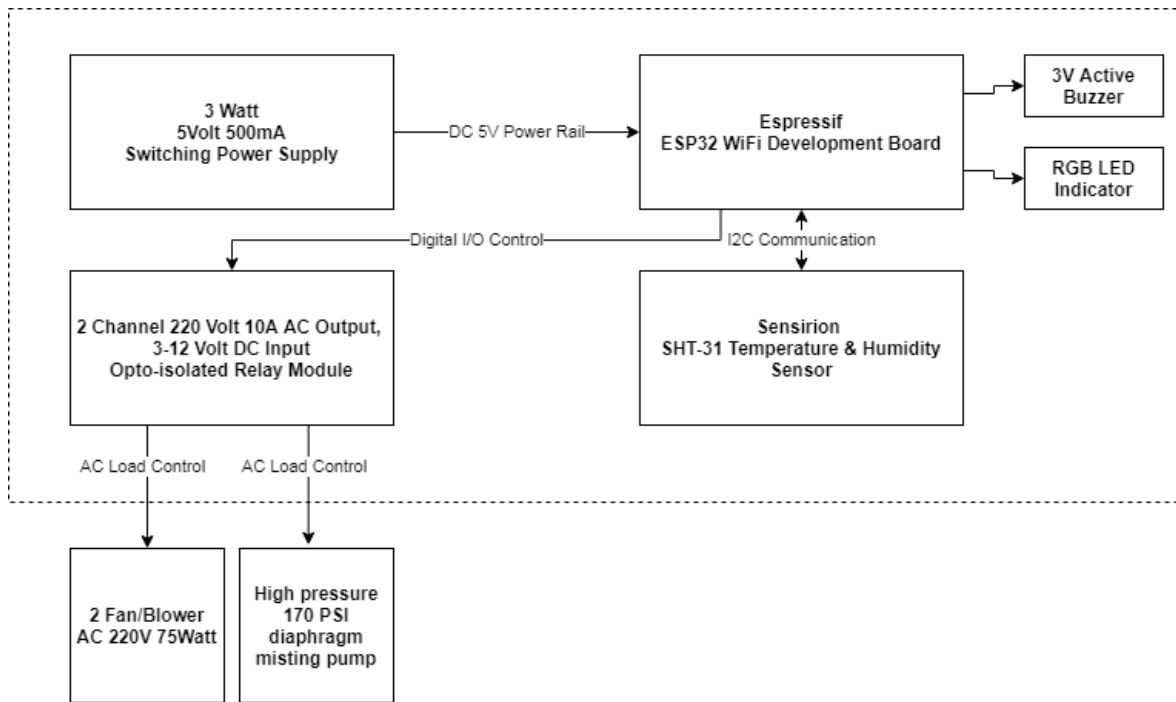
Gambar 1. Bagan Alur Kerja Sistem

2.2. Desain Perangkat Keras

Desain perangkat keras purwarupa yang dibangun pada penelitian ini terdiri dari empat blok utama, yaitu blok *controller* unit yang dilengkapi dengan *transceiver* berstandar IEEE 802.11, blok sensor yang terdiri dari sensor lingkungan untuk temperatur dan kelembapan udara, blok aktuator yang terdiri dari relay, LED RGB indikator, dan *piezoelectric buzzer*, dan blok catu daya berupa *switching power supply* unit untuk mengkonversi tegangan AC 220 volt ke DC 5 volt. Gambar 2 menampilkan detail blok utama penyusun perangkat keras purwarupa. Dengan menggunakan *mini power supply* yang didapat dari vendor HI-LINK (HLK-PM01) dengan dimensi ukuran 34x20x15 mm maka keseluruhan komponen elektronik dapat dimuat ke *enclosure box* berukuran 10x15x8 cm.

Pada bagian sensor, digunakan modul sensor suhu dan kelembapan udara dari vendor Sensirion (SHT-31D). Sensor ini memiliki interface yang mendukung protokol I2C, sehingga dapat menghemat penggunaan pin pada kontroler. Untuk ketelitian, SHT-31 memiliki rentang $\pm 2\%$ untuk *relative humidity* dan suhu $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ untuk penggunaan pada kondisi umum. Sensor ini memiliki waktu respon yang cepat, sehingga dapat digunakan untuk mendapatkan data lingkungan dalam hitungan detik bahkan kurang. Pada bagian kontroler, digunakan WiFi Development board dari vendor Espressif (ESP32). ESP32 memiliki fitur yang

mumpuni untuk tujuan yang diperlukan pada purwarupa ini. Seperti misalnya konektivitas 802.11 / WiFi terintegrasi yang dilengkapi dengan fitur hemat energi (*deep sleep*). Selain itu, ESP32 dilengkapi dengan memori flash internal sebesar 4 MB dan 520KB RAM sehingga dimungkinkan untuk menjalankan aplikasi berbasis TCP/IP untuk keperluan IoT.



Gambar 2. Blok Utama Penyusun Perangkat Keras

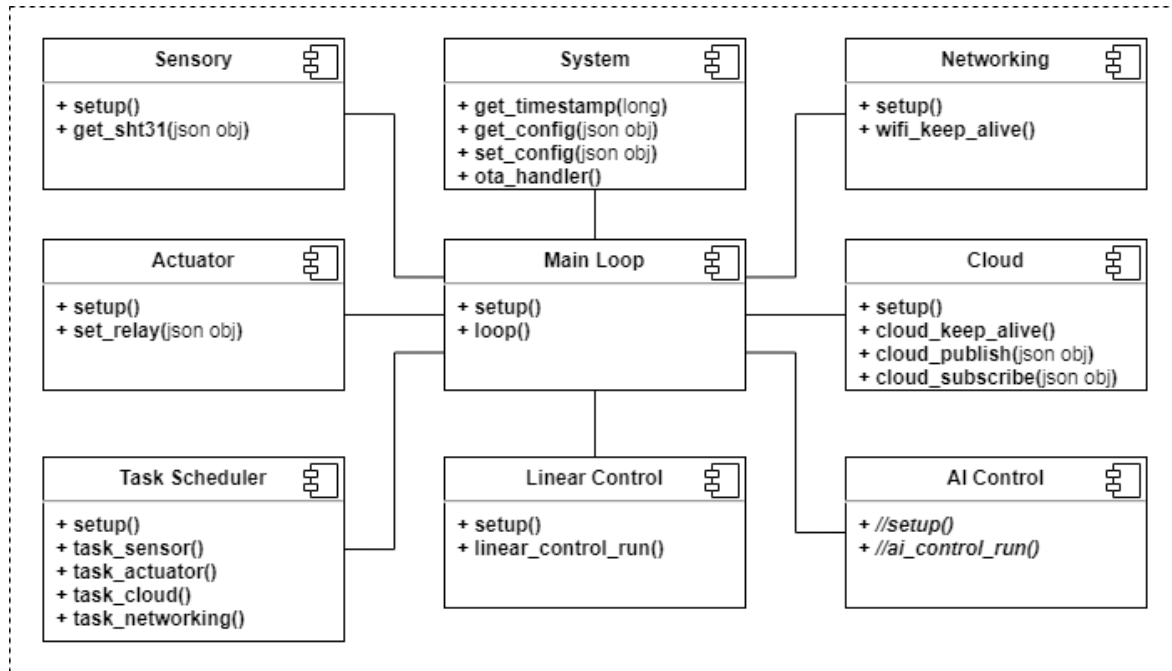
Pada bagian aktuator, disematkan modul relai yang dilengkapi dengan opto-isolator. Dengan demikian, ketika terjadi lonjakan beban atau interferensi gelombang elektromagnetik yang disebabkan oleh beban besar yang terhubung ke unit kontroler, efek lonjakan tersebut tidak mempengaruhi unit kontroler. Modul relai ini berada di dalam *enclosure* yang sama dengan kontroler, dan untuk terhubung ke beban berupa kipas dan pompa pengabut, digunakan stop kontak yang dapat langsung digunakan untuk mencolokkan kabel power kedua beban tersebut ke unit kontroler. Sebagai indikator dan alarm, sebuah buzzer dan LED RGB juga ditambahkan untuk mengetahui secara fisik status sistem seperti kegagalan sensor, kegagalan koneksi, dan lainnya. Lampu LED berwarna merah jika terjadi masalah sensor atau koneksi, dan hijau apabila terkoneksi dan tidak ada masalah.

2.3. Desain Perangkat Lunak

Perangkat lunak firmware dibangun menggunakan bahasa C-like Arduino, dan diprogram menggunakan Arduino IDE. Platform Arduino menyediakan sumber daya untuk mempercepat proses pembangunan purwarupa, terdiri dari perangkat lunak (Arduino IDE) dan perangkat keras berupa *development board* yang kebanyakan berbasis mikrokontroler AVR dan STM32. Selain dukungan perangkat lunak dan perangkat keras, platform Arduino memiliki dukungan dari komunitas yang besar, sehingga terdapat banyak perangkat keras dan perangkat lunak pihak ketiga yang dapat digunakan sebagai modul atau pustaka pembantu dalam proses pengembangan purwarupa. Desain umum dari perangkat lunak yang digunakan pada purwarupa ini, diperlihatkan pada Gambar 3. Terdapat delapan modul aktif yang terdiri dari Main Loop, Sensory, Actuator, Task Scheduler, System, Networking, Cloud, dan Linear Control.

Seluruh modul berujung ke modul Main Loop yang merupakan modul utama untuk eksekusi program. Pada saat perangkat dinyalakan, instruksi yang ada pada metode setup pada modul Main Loop akan menjalankan sekuen setup lain yang ada pada masing-masing modul. Selanjutnya, metode loop pada modul main akan mengeksekusi setiap task yang ada pada modul Task Scheduler. Setiap task, itu terkait dengan tugas-tugas berulang yang ada pada modul lain, seperti misalnya modul Networking dan Cloud yang memiliki tugas untuk memastikan koneksi WiFi dan IoT tetap terhubung. Pada modul actuator terdapat

task_actuator() yang bertugas untuk melakukan tindakan kapan harus mematikan dan menyalakan beban. Kondisi yang dijadikan acuan oleh *task_actuator()* diatur dan dikendalikan oleh modul Linear Control berdasarkan masukan yang didapat dari modul *Sensory* dan modul *System* (data sekarang dan data set point). Modul Linear Control melakukan pengendalian kondisi menggunakan metode pengkondisian sederhana dengan IF ELSE sebagaimana yang dipaparkan pada bagian cara kerja sistem. Kemudian terdapat pula modul yang belum aktif yaitu AI Control yang digunakan untuk pengembangan sistem kontrol tingkat lanjut berbasis AI.



Gambar 3. Desain Perangkat Lunak

Untuk mempermudah proses pemrograman ulang, maka digunakan teknik *over-the-air* OTA Update. Metode OTA Update ini menggunakan dua cara, pertama untuk jaringan lokal dimana perangkat terhubung dengan jaringan LAN melalui WiFi maka dapat dimungkinkan untuk mengirim file firmware baru ke perangkat tanpa harus menggunakan kabel. Cara kedua, apabila perangkat telah dilepas ke lapangan, dan tidak dimungkinkan oleh programmer berada di satu jaringan lokal dengan perangkat, maka dapat menggunakan OTA Update melalui protokol HTTP. Programmer dapat mengirimkan perintah update ke perangkat melalui MQTT Subscribe dan perangkat akan mulai mengunduh file *firmware* terbaru dari Internet melalui HTTP.

2.4. Teknik Pengujian dan Validasi Data

Teknik pengujian yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menerapkan secara langsung desain yang ditawarkan menjadi sebuah purwarupa. Selanjutnya, purwarupa ditempatkan selama satu hari di lapangan (rumah kaca PRITA) dan selanjutnya dilakukan pengamatan performa sistem dan setiap fitur yang dimiliki apakah berjalan sesuai dengan mestinya. Pada Tabel 1, terlihat parameter dan kondisi yang dipantau pada saat pengujian dan validasi data dilakukan. Dengan catatan, perangkat telah terprogram dan terhubung dengan semua komponen baik perangkat keras maupun perangkat lunak, termasuk telah tersambung ke jaringan WiFi dan terkoneksi ke IoT Broker dari vendor Cloud MQTT secara *trial*. Koneksi antara perangkat ke IoT Broker menggunakan protokol MQTT non enkripsi.

Tabel 1. Kondisi, Parameter, dan Validasi Penujian Purwarupa

No.	Parameter	Kondisi	Validasi
1	<i>Free Heap</i> dalam byte	Perangkat disetel agar mengirimkan data sisa memori ke IoT Broker setiap satu menit sekali.	Memastikan tidak ada kebocoran memori yang dapat menyebabkan kesalahan yang tidak dapat diprediksi. Pengujian dianggap

			berhasil apabila sisa memori tidak kurang dari 10% saat perangkat dijalankan selama lebih dari satu jam.
2	Data Sensor (Suhu dalam Celcius, Kelembaban dalam %)	Perangkat disetel agar mengirimkan data lingkungan setiap satu menit sekali ke IoT Broker.	Memastikan data sensor dapat terekam dan di monitor dari jarak jauh. Pengujian dianggap berhasil apabila data sensor dapat terkirim ke IoT Broker dalam format JSON dan nilai sensor tidak mengalami error.
3	Data Tindakan (beban menyala / padam) dalam boolean	Perangkat disetel agar mengirimkan data tindakan dan status beban setiap satu menit sekali ke IoT Broker Set point yang digunakan adalah set point nilai suhu di atas 35 C maka kipas akan menyala dan pompa akan menyala dengan interval 60 detik.	Memastikan data tindakan actuator seperti beban menyala dan beban padam dapat terkirim ke IoT Broker dan dapat dipantau dari jarak jauh. Ini juga memastikan bahwa sistem kontrol berjalan dengan sebagaimana mestinya. Pengujian dianggap berhasil apabila data tindakan telah terkirim ke IoT Broker dan pola beban menyala dan beban padam telah sesuai dengan set point.
4	Subscribe Konfigurasi dalam JSON	Pengguna mengirimkan instruksi untuk merubah konfigurasi ke perangkat melalui IoT Broker dalam format JSON	Memastikan perangkat dapat dikonfigurasi dari jarak jauh, seperti merubah kondisi set point dan informasi perangkat. Pengujian dianggap berhasil apabila pesan konfigurasi yang dikirim melalui IoT Broker diterima oleh perangkat dan berhasil disimpan di flash memori perangkat.
5.	OTA Update (Lokal dan Internet) dalam JSON. Untuk file hosting menggunakan file hosting <i>trial</i> .	Pengguna mengirimkannya instruksi OTA Update ke perangkat, pertama melalui jaringan lokal dan kedua melalui HTTP via Internet.	Memastikan proses <i>update/upgrade firmware</i> dari jarak jauh dapat berjalan sebagaimana mestinya. Pengujian dianggap berhasil apabila perangkat berhasil terprogram ulang baik melalui jaringan lokal maupun dari Internet.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Purwarupa Perangkat

Purwarupa perangkat terpasang di rumah kaca PRITA berukuran 6x4 meter, pada rumah kaca PRITA telah terinstal sistem pendingin berupa *blower fan* dan semprotan pengabut. Pada Gambar 4, di sisi kiri terlihat instalasi rumah kaca PRITA yang juga berisikan tanaman buah dan sayur berupa melon golden dan pakcoy. Pada bagian atas terlihat dua fan pendingin terpasang yang hembusannya menjangkau kedua sisi ruangan. Terdapat pula instalasi *misting nozzle* dengan selang berwarna hitam untuk menyemprotkan air murni dalam bentuk kabut untuk mendinginkan dan mengatur kelembaban udara. Pada sisi kanan, terlihat perangkat purwarupa MCA terpasang beserta pompa pengabut. Ada dua stop kontak yang menjuntai keluar dari unit kontroler, satu untuk kipas pendingin dan satunya lagi untuk pompa. Untuk sensor SHT-31, ditempatkan di sisi kiri unit dan terhubung melalui kabel RJ45 ke unit kontroler. Berdasarkan observasi dan pengujian integrasi perangkat keras, tidak ditemukan kendala dan perangkat dapat bekerja sebagaimana mestinya.

.



Gambar 4. Rumah Kaca PRITA dan Instalasi Purwarupa

3.2 Hasil Pengujian Purwarupa

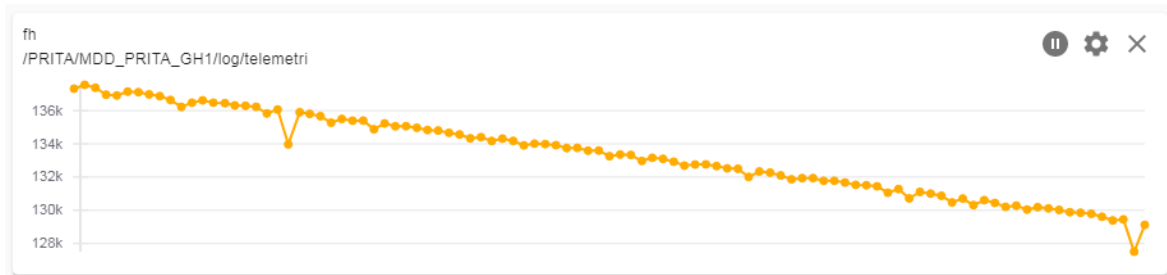
Setelah dilakukan pengujian sesuai dengan yang dipaparkan pada bagian pengujian dan validasi purwarupa, dapat diketahui perangkat dapat mengirimkan data lingkungan ke IoT Broker. Sebagaimana terlihat pada Gambar 5, perangkat mempublikasikan data lingkungan ke topik `/PRITA.MDD_PRITA_GH1/log/telemetry`. Terdapat empat grafik, pada grafik kiri atas menampilkan data suhu lingkungan, grafik kanan atas menampilkan data kelembaban udara, grafik kiri bawah menampilkan log tindakan pompa, dan grafik di kanan bawah menampilkan log tindakan kipas pendingin. Data yang didapatkan pada grafik dibawah merupakan data lingkungan dalam durasi satu hari pencatatan. Seperti terlihat pada awal grafik suhu, data suhu tercatat di bawah 28 derajat celcius dan kelembaban relatif berada di kisaran 90%. Ini merupakan kondisi pada pagi hari saat matahari belum begitu terik. Kemudian masuk ke waktu siang hari, pada saat sinar matahari mulai memanasi ruangan rumah kaca, suhunya meningkat hingga melebihi 34 derajat celcius.

Mengingat lokasi rumah kaca berada di area dataran rendah, maka kondisi di dalam rumah kaca cenderung cukup panas. Pada pengujian ini, set point untuk sistem pendingin menyala pada level 35 derajat celcius, dan respon sistem menunjukkan respon yang baik seperti terlihat pada grafik tindakan pompa dan tindakan kipas, ketika suhu melonjak melebihi 35 derajat celcius, pompa dan kipas menyala untuk mulai mendinginkan. Tindakan ini tercatat dengan perubahan nilai relai menjadi 0 yang artinya beban menyala. Segera setelah sistem pendingin menyala, maka kondisi pun turun dengan cukup cepat, yaitu kurang dari lima menit suhu sudah berada kembali di kisaran 30 derajat celcius. Dengan demikian, sampai disini dapat diketahui bahwa sistem sudah dapat merespon perubahan kondisi lingkungan dan tindakan yang diperlukan dalam proses pengendalian kondisi telah dapat dieksekusi dengan baik.



Gambar 5. Grafik Data Kondisi Lingkungan dan Log Tindakan

Untuk pengujian performa sistem, seperti terlihat pada Gambar 6, penggunaan memori berhasil dikirim ke IoT Broker. Dalam satu hari pengujian, terlihat trend penggunaan memori turun hingga ke kisaran tersisa 120 KB. Penurunan ini dinilai wajar karena tidak terdapat fitur *garbage collector* pada perangkat yang memiliki sumber daya terbatas. Apabila penurunan jumlah memori bebas terlalu cepat dan cenderung tajam maka perlu diwaspadai terdapat kebocoran memori. Terjadinya masalah dengan memori juga dapat diketahui dari pola perangkat melakukan *soft reset*, namun pada pengujian ini tidak ditemukan log tentang terjadinya *soft reset* yang menyebabkan perangkat melakukan restart karena terjadi kegagalan untuk mengalokasikan memori.



Gambar 6. Grafik Free Heap atau Sisa Memori dalam Waktu Satu Hari

Pada pengujian konfigurasi dan OTA Update, perangkat berhasil menjalankan masing-masing *routine* dengan baik dan dengan satu catatan. Ketika pengguna mengirimkan data konfigurasi dalam format JSON ke perangkat melalui IoT Broker, perangkat berhasil merespon dan data konfigurasi berhasil disimpan. Satu catatan, OTA Update melalui HTTP berhasil dieksekusi apabila kondisi memori bebas berada di atas 130 KB, sedangkan apabila memori bebas dibawah itu maka proses OTA Update akan gagal dan perangkat akan melakukan *soft reset* dan kembali ke versi saat ini. Untuk OTA Update melalui jaringan lokal tidak ditemukan masalah apapun.

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini peneliti mencoba untuk membangun sebuah purwarupa perangkat microclimate adjuster di fasilitas riset PRITA. Purwarupa yang dibuat didesain agar dapat dipantau dan dioperasikan dari jarak jauh menggunakan teknologi Internet of Things. Berdasarkan hasil implementasi desain dan hasil pengujian purwarupa melalui pembuatan dan pemasangan purwarupa di lapangan secara langsung didapatkan hasil yang baik. Purwarupa diketahui berjalan sebagaimana mestinya, dengan fitur monitoring kondisi lingkungan yang telah berhasil terkirim ke IoT Broker. Fitur kontrol linier perangkat juga efektif dalam menurunkan suhu ruangan rumah kaca. Untuk pengembangan lebih lanjut, fitur kontrol linier perangkat dapat di improvisasi dengan menggunakan teknik kontrol yang lebih baik agar transisi perubahan suhu dan kelembaban menjadi lebih halus, misalnya seperti penggunaan kontrol PID. Kemudian, pada sisi infrastruktur dapat dikaji agar terdapat arsitektur *serverless* untuk menangani fitur remote monitoring dan data logging secara terintegrasi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti menyampaikan ucapan terimakasih kepada Bapak Rektor beserta jajaran pengampu kepentingan di Fakultas Teknik dan Informatika khususnya Program studi Teknologi Informasi Universitas Pendidikan Nasional atas bantuan yang diberikan untuk membangun Undiknas Precision Agriculture Laboratory (PRITA) Research Facility. Sehingga, dimungkinkan untuk peneliti melakukan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang pertanian presisi.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Sudarma, I Made. As-syakur, Abd Rahman. (2018). The Impact Of Climate Change on The Agricultural Sector in Bali Province. SOCA: Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian, [S.l.], p. 87-98, dec. 2018. ISSN 2615-6628.
- [2] Suarsana, Komang. (2020). Ketahanan Pangan Berbasis Adat (Tantangan Penanganan Covid-19 Di Bali). "Percepatan Penanganan COVID-19 Berbasis Adat di Indonesia" Denpasar, 26 Juni 2020.
- [3] Basundoro, Alfin Febrian., Sulaeman, Fadil Haidar. (2020). Meninjau Pengembangan Food Estate Sebagai Strategi Ketahanan Nasional Pada Era Pandemi Covid-19. Jurnal Kajian Lemhannas RI. Vol 8 No 2 (2020).
- [4] Andriaty, Ety., Setyorini, Endang. (2012). Ketersediaan Sumber Informasi Teknologi Pertanian Di Beberapa Kabupaten Di Jawa. Jurnal Perpustakaan Pertanian. Vol. 21 No. 1 April 2012: 30-35.

- [5] Abas, M.Amir., Dahlui, Maznah. (2015). "Development of Greenhouse Autonomous Control System for Home Agriculture Project" Int'l Conf. on Advanced Mechatronics, Intelligent Manufacture, and Industrial Automation 2015 (ICAMIMIA 2015).
- [6] Shamshiri, Redmond Ramin., Jones, James W., Thorp, Kelly R., Ahmad, Desa., Man, Hasfalina Che., Taheri, Sima. (2018). "Review of optimum temperature, humidity, and vapour pressure deficit for microclimate evaluation and control in greenhouse cultivation of tomato: a review". *Int. Agrophys.*, 32, 287-302. doi: 10.1515/intag-2017-0005.
- [7] Adinegara, Dirgha Ahdiansyah Surya., Hidayati , Rini., Perdinan. (2017). Kelembaban Iklim Mikro Persemaian dan Produksi Berbagai Varietas Melon (Cucumis melo L.) Unggul Baru di PKHT Tajur II. *Agromet.* 31-42, 2017.
- [8] Suzuki, M., Umeda, H., Matsuo, S., Kawasaki, Y., Ahn, D., Hamamoto, H., & Iwasaki, Y. (2015). Effects of relative humidity and nutrient supply on growth and nutrient uptake in greenhouse tomato production. *Scientia Horticulturae*, 187, 44–49. doi:10.1016/j.scienta.2015.02.035.
- [9] Yan, Z., He, D., Niu, G., & Zhai, H. (2019). Evaluation of growth and quality of hydroponic lettuce at harvest as affected by the light intensity, photoperiod and light quality at seedling stage. *Scientia Horticulturae*, 248, 138–144. doi:10.1016/j.scienta.2019.01.002.
- [10] Abas, M. A., & Dahlui, M. (2015). Development of greenhouse autonomous control system for Home Agriculture project. 2015 International Conference on Advanced Mechatronics, Intelligent Manufacture, and Industrial Automation (ICAMIMIA). doi:10.1109/icamimia.2015.7507993.
- [11] Ben Ali, R., Aridhi, E., Abbas, M., & Mami, A. (2016). Fuzzy logic controller of temperature and humidity inside an agricultural greenhouse. 2016 7th International Renewable Energy Congress (IREC). doi:10.1109/irec.2016.7478929.
- [12] Sumalan, R. L., Stroia, N., Moga, D., Muresan, V., Lodin, A., Vintila, T., & Popescu, C. A. (2020). A Cost-Effective Embedded Platform for Greenhouse Environment Control and Remote Monitoring. *Agronomy*, 10(7), 936. doi:10.3390/agronomy10070936.