

# jTEP

## JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

P-ISSN No. 2407-0475 E-ISSN No. 2338-8439

Vol. 10, No. 1, April 2022



Publikasi Resmi  
**Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia**  
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)  
bekerjasama dengan  
**Departemen Teknik Mesin dan Biosistem - FATETA**  
Institut Pertanian Bogor



## DAFTAR ISI

### *Technical Paper*

1

**Limbah Padat Kelapa Sawit sebagai Alternatif Energi Pembangkit Listrik di Barat Selatan Aceh**  
*Palm Oil Solid Waste as an Alternative Energy Source of Electricity generation in The Southwest of Aceh*  
Agustiar, Tajuddin Bantacut, Bambang Pramudya

11

**Pengaruh Proses Torefaksi terhadap Kualitas Serbuk Kayu**  
*The Torrefaction Effect on The Sawdust Quality*  
Ismail, Erlanda Augupta Pane, I Gede Eka Lesmana, Rovida Camalia Hartantrie, Deni Rifki.

21

**Penerapan Metode Ekstraksi Microwave Untuk Meningkatkan Rendemen dan Mutu Oleoresin Lada Putih (*Piper nigrum L*)**  
*Application of Microwave-Assisted Extraction Method to Improve Yield and Quality of White Pepper (*Piper nigrum L*) Oleoresin.*  
Annisa Purnamasari Damanik, Edy Hartulistiyoso\*, Rokhani Hasbullah.

29

**Pengaruh Waktu Pemanasan, Jenis dan Konsentrasi Plasticizer Terhadap Karakteristik Edible Film K-karagenan**  
*The Effect of Heating Time, Type and Plasticizer Concentration on Characteristics of Edible Film K-carrageenan*  
Desi Juliani\*, Nugraha Edhi Suyatma, Fahim Muchammad Taqi.

41

**Pemanfaatan Water Power Generator di Saluran Irigasi Tersier untuk Penanganan Hama Padi**  
*Utilization of Water Power Generator in The Tertiary Irrigation Canal for Paddy's Pest Handling*  
Lilis Dwi Saputri, Elsa Wulandari, Febri Nur Azra, Afik Hardanto\*.

49

**Sistem Monitoring dan Kontrol Iklim Mikro pada Plant Factory Berbasis Internet of Things**  
*Microclimate Monitoring and Control System in a Plant Factory Using the Internet of Things*  
Ardiansyah\*, Ikhsan Nur Rahmaan, Eni Sumarni, Afik Hardanto.

59

**Portable/Handheld NIR sebagai Teknologi Evaluasi Mutu Bahan Pertanian secara Non-Destruktif**  
*Portable/Handheld NIR as a Non-Destructive Technology for Quality Evaluation of Agricultural Materials*  
Widyaningrum\*, Y Aris Purwanto, Slamet Widodo, Supijatno, Evi Savitri Iriani.

69

**Detection of Chilling Injury Symptoms of Salak Pondoh Fruit during Cold Storage with Near Infrared Spectroscopy (NIRS)**  
Sutrisno Suro Mardjan\* and Jerry Indriantoro.

77

**Studi Penentuan Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Bedadung Kabupaten Jember Menggunakan Program Qual2Kw**  
*Determination of Total Pollution Load Capacity at the Bedadung River, Jember Regency Using Qual2Kw Program*  
Elida Novita, Rodzika Diah Mauvi, Hendra Andianata Pradana\*.

85

**Analisis Orifice pada Reaktor Biodiesel Sistem Kavitasi Hidrodinamik dengan Computational Fluid Dynamics**  
*Orifice Analysis in Biodiesel Reactor with Hydrodynamic Cavitation System using Computational Fluid Dynamics*  
Yayan Heryana\*, Dyah Wulandani, Supriyanto.

---

#### Penerbit:

Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor d/a Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680.  
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,  
E-mail: jtep@ipb.ac.id atau jurnaltep@yahoo.com. Website: <http://web.ipb.ac.id/~jtep>.



Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP) terakreditasi berdasarkan SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset dan Teknologi Nomor I/E/KPT/2015 tanggal 21 September 2015. Selain itu, JTEP juga telah terdaftar pada Crossref dan telah memiliki Digital Object Identifier (DOI) dan telah terindeks pada ISJD, IPI, Google Scholar dan DOAJ. JTEP terbit tiga kali setahun yaitu bulan April, Agustus dan Desember, Jurnal berkala ilmiah ini berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota **PERTETA** tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain meliputi teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya pertanian, lingkungan dan bangunan pertanian, energi alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika pertanian, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi pertanian. Makalah dikelompokkan dalam **invited paper** yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, **review** perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, **technical paper** hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta **research methodology** berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Penulisan naskah harus mengikuti panduan penulisan seperti tercantum pada website dan naskah dikirim secara elektronik (*online submission*) melalui <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>.

**Penanggungjawab:**

Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB  
Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia

**Dewan Redaksi:**

Ketua : Yohanes Aris Purwanto (Scopus ID: 6506369700, IPB University)  
Anggota : Abdul Hamid Adom (Scopus ID: 6506600412, University Malaysia Perlis)  
(*editorial board*) Addy Wahyudie (Scopus ID: 35306119500, United Arab Emirates University)  
Budi Indra Setiawan (Scopus ID: 55574122266, IPB University)  
Balasuriya M.S. Jinendra (Scopus ID: 30467710700, University of Ruhuna)  
Bambang Purwantana (Scopus ID: 6506901423, Universitas Gadjah Mada)  
Bambang Susilo (Scopus ID: 54418036400, Universitas Brawijaya)  
Daniel Saputera (Scopus ID: 6507392012, Universitas Sriwijaya)  
Han Shuqing (Scopus ID: 55039915600, China Agricultural University)  
Hiroshi Shimizu (Scopus ID: 7404366016, Kyoto University)  
I Made Anom Sutrisna Wijaya (Scopus ID: 56530783200, Universitas Udayana)  
Agus Arif Munawar (Scopus ID: 56515099300, Universitas Syahkuala)  
Armansyah H. Tambunan (Scopus ID: 57196349366, IPB University)  
Kudang Boro Seminar (Scopus ID: 54897890200, IPB University)  
M. Rahman (Scopus ID: 7404134933, Bangladesh Agricultural University)  
Machmud Achmad (Scopus ID: 57191342583, Universitas Hasanuddin)  
Muhammad Makky (Scopus ID: 55630259900, Universitas Andalas)  
Muhammad Yulianto (Scopus ID: 54407688300, IPB University & Waseda University)  
Nanik Purwanti (Scopus ID: 23101232200, IPB University & Teagasc Food Research Center Irelandia)  
Pastor P. Garcia (Scopus ID: 57188872339, Visayas State University)  
Rosnah Shamsudin (Scopus ID: 6507783529, Universitas Putra Malaysia)  
Salengke (Scopus ID: 6507093353, Universitas Hasanuddin)  
Sate Sampattagul (Scopus ID: 7801640861, Chiang Mai University)  
Subramaniam Sathivel (Scopus ID: 6602242315, Louisiana State University)  
Shinichiro Kuroki (Scopus ID: 57052393500, Kobe University)  
Siswoyo Soekarno (Scopus ID: 57200222075, Universitas Jember)  
Tetsuya Araki (Scopus ID: 55628028600, The University of Tokyo)  
Tusan Park (Scopus ID: 57202780408, Kyungpook National University)

---

**Redaksi Pelaksana:**

Ketua : Usman Ahmad (Scopus ID: 55947981500, IPB University)  
Sekretaris : Lenny Saulia (Scopus ID: 16744818700, IPB University)  
Bendahara : Dyah Wulandani (Scopus ID: 1883926600, IPB University)  
Anggota : Satyanto Krido Saptomo (Scopus ID: 6507219391, IPB University)  
Slamet Widodo (Scopus ID: 22636442900, IPB University)  
Liyantono (Scopus ID: 54906200300, IPB University)  
Leopold Oscar Nelwan (Scopus ID: 56088768900, IPB University)  
I Wayan Astika (Scopus ID: 43461110500, IPB University)  
I Dewa Made Subrata (Scopus ID: 55977057500, IPB University)  
Administrasi : Khania Tria Tifani (IPB University)

**Penerbit:** Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor bekerjasama dengan Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA).

**Alamat:** Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem,  
Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680.  
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,  
E-mail: [jtep@apps.ipb.ac.id](mailto:jtep@apps.ipb.ac.id)  
Website: <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>

**Rekening:** BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

**Percetakan:** PT. Binakerta Makmur Saputra, Jakarta

---

## Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bebestari yang telah menelaah naskah pada penerbitan Vol. 10, No. 1 April 2022. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Dr.Eng. Obie Farobie, S.Si, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University), Lilis Sucahyo, S.TP, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University), Dr.Agr.Sc., Diding Suhandy, S.TP., M.Agr (Universitas Negeri Lampung), Yusuf Hendrawan, STP, M.App.Life Sc., PhD (Universitas Brawijaya), Dr.Ir. I Ketut Budaraga, M.Si (Universitas Ekasakti), Ir. Sri Endah Agustina, MS (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University), Asri Widyasanti, S.TP., M.Eng (Universitas Padjadjaran), Dr.Ir. Christina Winarti, MA (Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca Panen Pertanian), Dr.Ir. I Dewa Made Subrata, M. Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University), Dr. Supriyanto, S.TP, M.Kom (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University), Bayu Dwi Apri Nugroho, S.T.P., M.Agr., Ph.D (Universitas Gadjah Mada), Ansita Gupitakingkin Pradipta, ST, M.Eng (Universitas Gadjah Mada), Dr. Andasuryani, S.TP, M.Si (Universitas Andalas), Dr.Ir. Lady Lengkey, M.Si (Universitas Sam Ratulangi), Dr.Ir. I Wayan Budiastara, M. Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University), Prof.Dr.Ir. Usman Ahmad, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University).

---



*Technical Paper*

## **Sistem Monitoring dan Kontrol Iklim Mikro pada *Plant Factory* Berbasis *Internet of Things***

### *Microclimate Monitoring and Control System in a Plant Factory Using the Internet of Things*

**Ardiansyah\***, Program Studi Teknik Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Indonesia  
Email: [ardi.plj@gmail.com](mailto:ardi.plj@gmail.com), [ard@unsoed.ac.id](mailto:ard@unsoed.ac.id)

**Ikhsan Nur Rahmaan**, Program Studi Teknik Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Indonesia

**Eni Sumarni**, Program Studi Teknik Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Indonesia

**Afik Hardanto**, Program Studi Teknik Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Indonesia

#### **Abstract**

Every year, Indonesia's population grows, resulting in the conversion of agricultural land into residential neighborhoods. The production of Indonesian agricultural crops suffers as a result. One answer to this challenge is to build a plant factory. A plant factory is a regulated setting where plants are grown. To obtain perfect microclimate conditions for plants, it is vital to monitor and control the microclimate at the plant factory. Microclimate data can be monitored online via the internet of things, allowing you to access the most up-to-date information faster. The goal of this research is to develop a microcontroller-based internet of things microclimate monitoring and control system, as well as to evaluate the control system's performance in maintaining appropriate microclimate conditions. The research was conducted in four stages: design of the control system scheme, design of the software, design of the hardware, and data analysis. The obtained microclimate data were examined by comparing the real data to the set point. The results showed that the average temperature in running 1 was approximately 26.58°C and the average humidity was around 76.22%, while the setpoint was at 27°C and 75%. The average temperature in running 2 was approximately 25.82°C and the average humidity was around 61.58 %, while the setpoint was at 26°C and 60%.

**Keywords:** *Microclimate Monitoring System, Microclimate Control, Plant Factory, Internet of Things, Microcontroller*

#### **Abstrak**

Jumlah penduduk Indonesia tiap tahun mengalami peningkatan, yang mengakibatkan terjadinya alih fungsi lahan pertanian menjadi pemukiman penduduk. Hal ini menyebabkan produktivitas tanaman pertanian Indonesia mengalami penurunan. Salah satu solusi dari permasalahan tersebut adalah dengan menggunakan *plant factory*. *Plant factory* merupakan cara menumbuhkan tanaman dalam lingkungan yang terkendali. Pada *plant factory* perlu dilakukan monitoring dan kontrol iklim mikro untuk mencapai kondisi iklim mikro yang ideal bagi tanaman. Data iklim mikro dapat dimonitoring secara *online* dengan memanfaatkan *internet of things*, sehingga mendapatkan data iklim mikro terbaru dengan lebih cepat (*realtime*). Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem monitoring dan kontrol iklim mikro berbasis *internet of things* menggunakan mikrokontroler, serta menganalisis kinerja sistem kontrol dalam mempertahankan kondisi iklim mikro yang optimal. Penelitian dilakukan dalam empat tahap, yaitu perancangan skema sistem kontrol, perancangan perangkat lunak, perancangan perangkat keras, serta tahap analisis data. Data iklim mikro yang diperoleh dianalisis dengan membandingkan data aktual dengan *set point*. Hasil penelitian menunjukkan pada *running 1* didapat suhu rata-rata sekitar 26.58°C dan kelembapan rata-rata sekitar 76.22% sedangkan *setpoint* berada di angka 27°C dan 75%. Pada *running 2* didapat suhu rata-rata sekitar 25.82°C dan kelembapan rata-rata sekitar 61.58% sedangkan *setpoint* berada di 26°C dan 60 %.

**Kata Kunci:** *Sistem Monitoring Iklim Mikro, Kontrol Iklim Mikro, Plant Factory, Internet of Things, Mikrokontroler*

*Diterima: 09 November 2021; Disetujui: 214 Januari 2022*

## Latar Belakang

Jumlah penduduk Indonesia tiap tahun mengalami peningkatan. Pada data tahun 2019, jumlah penduduk Indonesia mencapai 268.074 juta jiwa (Badan Pusat Statistik, 2020a). Peningkatan jumlah penduduk tersebut membuat lahan pertanian semakin berkurang karena terjadinya alih fungsi lahan pertanian. Selain luas lahan yang semakin menurun, produktivitas tanaman pertanian khususnya sayuran pada tahun 2019 juga mengalami penurunan. Menurut data dari Badan Pusat Statistik (2020b) nilai produktivitas 22 jenis sayuran pada tahun 2015 mencapai 12.78 Ton/Ha, pada 2016 nilai produktivitas naik menjadi 14.36 Ton/Ha (kenaikan 10.97%), pada tahun 2017 mencapai 16.53 Ton/Ha (kenaikan 13.13%), pada tahun 2018 naik menjadi 17.97 Ton/Ha (kenaikan 8.02%), tetapi pada tahun 2019 mengalami penurunan menjadi 16.69 Ton/Ha (penurunan 7.68%).

Berdasarkan permasalahan yang terjadi, perlu dilakukan penelitian dan pengembangan teknologi pertanian. Teknologi yang dapat dipakai yaitu teknologi *plant factory*. *Plant factory* merupakan cara menumbuhkan tanaman di dalam ruangan dengan lingkungan terkendali sehingga tanaman di dalam tidak terpengaruh ketidakstabilan lingkungan luar (Wakahara & Mikami, 2011). *Plant factory* terdiri dari enam komponen utama, yaitu struktur tak tembus cahaya yang terisolasi secara termal, empat hingga dua puluh tingkatan yang dilengkapi dengan lapisan kultur hidroponik dan perangkat lampu *fluorescent* dan LED, *air conditioner* dengan kipas angin, perangkat suplai CO<sub>2</sub>, unit suplai larutan nutrisi dengan pompa air, dan unit kontrol lingkungan (Kozai, 2007; Lakhari *et al.*, 2018). Teknologi *plant factory* dapat menghasilkan produk yang berkualitas baik, hal ini disebabkan oleh lingkungan tumbuh yang dibuat optimal untuk tanaman (Nagase *et al.*, 2016). Lingkungan tumbuh tersebut mengacu dari beberapa faktor-faktor pertumbuhan tanaman, antara lain cahaya, suhu, kelembaban, air, dan nutrisi (Kwon *et al.*, 2014).

Tanaman dapat tumbuh dengan baik pada suhu dan kelembaban udara tertentu. Penurunan suhu secara tiba-tiba dapat menghambat pertumbuhan tanaman (Samadi, 2007). Suhu yang terlalu dingin dapat mengakibatkan kematian sel pada tanaman, sedangkan pada suhu yang terlalu panas dapat mematikan tanaman, hal itu disebabkan karena adanya koagulasi protein. Apabila terjadi penurunan nilai kelembaban udara secara terus-menerus dapat mengakibatkan gejala elektrostatis berupa loncatan listrik statis antara dua objek (Satwiko, 2009). Tingkat kelembaban udara sangat dipengaruhi oleh temperatur, oleh karena itu kelembaban udara relatif rendah pada keadaan temperatur tinggi, sedangkan kelembaban udara relatif tinggi pada keadaan temperatur rendah (Apriliani, 2006). Berdasarkan penjelasan diatas maka suhu dan kelembaban

udara perlu dikendalikan agar pertumbuhan tanaman optimal. Pengendalian ini dapat dilakukan dengan menggunakan sistem kontrol.

*Plant factory* perlu dilakukan pengembangan dengan menambahkan sistem monitoring data iklim mikro dengan memanfaatkan *Internet of Things* (IoT) sehingga dapat memeriksa kondisi lingkungan tumbuh tanaman dimanapun secara *realtime*. *Internet of Things* merupakan salah satu infrastruktur global yang memungkinkan untuk menghubungkan antara suatu objek dengan objek lainnya baik itu berupa fisik maupun virtual berdasarkan teknologi pertukaran informasi (Budioko, 2016). Pemantauan dan pengendalian berbasis IoT dapat dilakukan di berbagai perangkat, salah satunya Android. Menurut Safaat (2011) Android merupakan sebuah sistem operasi berbasis linux yang mencakup sistem operasi, *middleware*, dan aplikasi. Sebagai sistem operasi, Android dapat melakukan banyak hal, seperti menerima informasi lalu menampilkan informasi tersebut, mengolah data dari peralatan elektronik lalu mengendalikannya, dan lain-lain. Data atau informasi tersebut dapat dikirim melalui perantara internet dengan memanfaatkan *server*. Dengan demikian, Android menyediakan platform terbuka bagi para *developer* untuk membuat aplikasi mereka sendiri. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem monitoring dan kontrol iklim mikro berbasis *internet of things* menggunakan mikrokontroler, serta menganalisis kinerja sistem kontrol dalam mempertahankan kondisi iklim mikro yang optimal.

Penggunaan IoT untuk berbagai bidang banyak sekali diterapkan. Penggunaan IoT dalam greenhouse juga sering diterapkan (Tong dan Wu, 2020). Namun pengendalian dengan logika fuzzy yang dikombinasikan dengan teknologi IoT belum dilakukan. Sebagian besar pengendalian yang dilakukan dalam *plant factory* menggunakan kendali on-off. Penelitian ini akan memaparkan satu teknologi yang mudah, murah, dan handal sebagai alternatif untuk mengembangkan pertanian perkotaan pada skala kecil maupun besar.

## Bahan dan Metode

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu satu unit *plant factory* ukuran panjang 90 cm, lebar 70 cm dan tinggi 200 cm; Arduino Mega 2560, Arduino Uno, Nodemcu ESP8266 V3 Amica, modul *micro SD*, *micro SD card* 32GB, LCD 20x4 i2c, empat unit sensor DHT22, empat unit modul sensor LDR, modul RTC DS3231, dua unit *humidifier*, empat unit kipas 220V AC, dua unit AC *dimmer* (2-channel), dua unit *heater* AC 220V, *breadboard*, kabel jumper, *breadboard power supply*, catu daya 12V, catu daya 24V, kabel USB FTDI, dua unit *thermohygrometer*, *luxmeter*, dua *box* elektronik, tiga unit *relay*



(2-channel), *smartphone* Android, router Wifi, kabel *micro* USB, kabel LAN, saklar, kabel, *micro SD card adapter*, serta laptop. Kemudian bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah Fritzing versi 0.9.4 untuk Windows versi 64bit, Arduino IDE versi 1.8.13, Arduino *Boards* versi 1.8.3, ESP8266 *Boards* versi 2.5.1, Google Firebase, Kodular io, Adobe Photoshop CS 6, Matlab 2013, dan Microsoft Excel 2019.

### Prosedur Penelitian

#### 1. Perancangan sistem kontrol

Diagram pada Gambar 1 merupakan sistem kontrol tertutup (*close loop*), karena sistem ini keluarannya berpengaruh terhadap aksi kontrol. Sistem kontrol ini tersusun atas beberapa bagian, yaitu:

##### a. Input

Komponen yang digunakan dalam perangkat input adalah sensor DHT22 dan sensor LDR. Sensor DHT22 digunakan untuk memperoleh data suhu dan kelembapan udara, sedangkan sensor LDR berfungsi untuk membaca intensitas cahaya.

##### b. Proses

Nilai suhu udara, kelembapan udara, dan intensitas cahaya dari sensor dicatat oleh Arduino Mega 2560, yang kemudian diolah sesuai dengan program yang telah dibuat (Algoritma *fuzzy logic*). Arduino akan mengirimkan data yang sudah diolah ke perangkat penyimpanan, Nodemcu ESP8266, dan Arduino Uno. Nodemcu ESP8266 berfungsi untuk mengirim data ke Firebase dan mengontrol kedua Arduino, sedangkan Arduino Uno digunakan untuk mengontrol aktuator.

##### c. Output

Komponen yang terdapat pada bagian ini terdiri dari beberapa aktuator, yaitu kipas, *heater*, dan *humidifier*. Aktuator ini yang berfungsi untuk

menjalankan perintah dari Arduino Mega 2560 agar dapat menciptakan kondisi iklim mikro yang ideal. *Heater* digunakan untuk memanaskan udara dalam *plant factory*, sedangkan *humidifier* digunakan untuk menjaga kelembapan udara. Kipas berfungsi sebagai *blower* untuk meratakan udara panas dan uap air dalam *plant factory*.

Data keluaran yang dihasilkan berupa data suhu udara, kelembapan udara, dan intensitas cahaya. Data ini disimpan dalam *micro SD card* berkapasitas 32GB yang dihubungkan melalui *micro SD module* yang kemudian terhubung pada Arduino Mega 2560. Data ini disimpan dalam bentuk *file* CSV, data tersebut dapat dipindah ke laptop melalui *micro SD card adapter*.

##### d. Realtime Database

Data yang terdapat pada Nodemcu ESP8266 akan dikirim ke Firebase melalui jaringan internet. Di dalam Firebase ini terjadi pertukaran data dengan aplikasi Android, sehingga aplikasi Android tersebut akan menerima data terbaru dari Firebase.

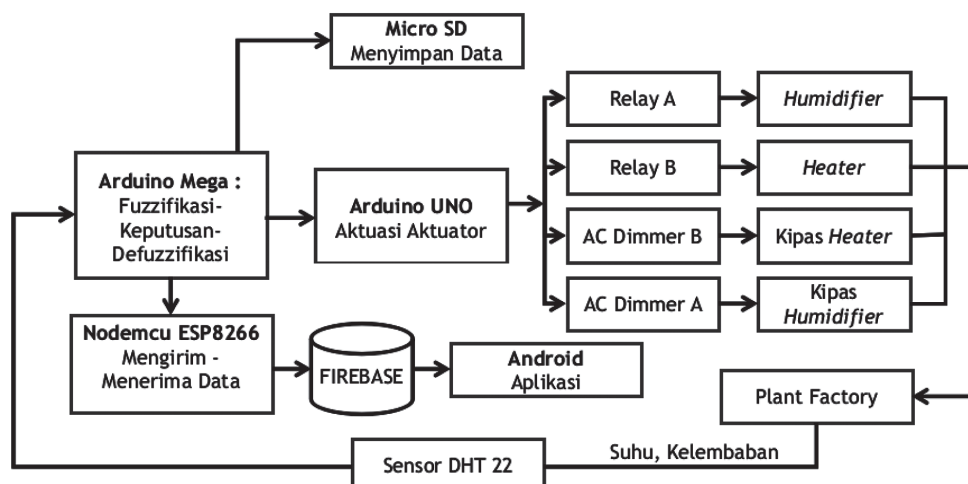
##### e. Aplikasi Android

Data yang terdapat pada Firebase *realtime database* akan diterima oleh aplikasi Android jika terhubung dengan jaringan internet. Aplikasi ini dapat memantau data suhu udara, kelembapan udara, dan intensitas cahaya serta dapat menghidupkan atau mematikan fungsi dari aktuator.

#### 2. Perancangan perangkat lunak (*software*)

Perancangan perangkat lunak dibuat menggunakan *software* Arduino IDE versi 1.8.13 for Windows 64-bit, Matlab 2013, dan Kodular. Prosedur program ini adalah sebagai berikut :

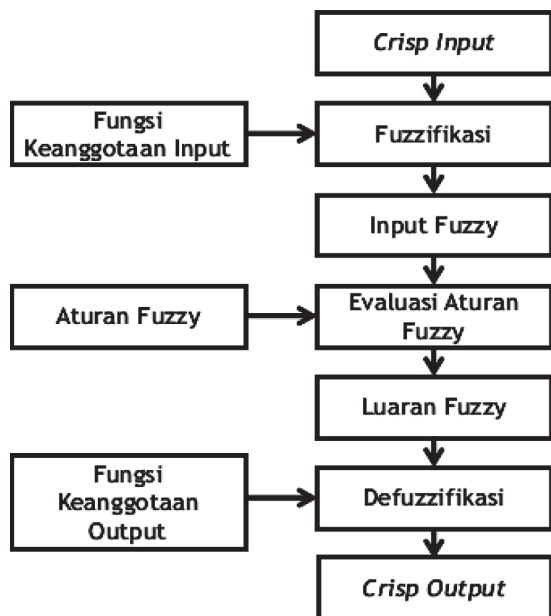
- Menginisiasi komponen yang ada pada sistem.
- Mengambil data *set point* yang sudah ditentukan.
- Mengamati suhu udara, kelembapan udara, dan intensitas cahaya.



Gambar 1. Diagram blok sistem kontrol.

- d. Melakukan pengolahan data menggunakan algoritma *fuzzy*.
- e. Melakukan perintah pada aktuator (kipas, *heater*, dan *humidifier*).
- f. Menyimpan data dalam bentuk *file* CSV dalam *micro SD card*.
- g. Mengirimkan data ke *Firebase Realtime Database*.
- h. Mengambil data dari *Firebase Realtime Database* lalu mengirimkannya ke aplikasi android
- i. Menampilkan data di aplikasi Android dan mengontrol fungsi aktuator.

Sebelum melakukan perintah pada aktuator, mikrokontroler akan melakukan proses algoritma *fuzzy* untuk mengambil keputusan. Algoritma *fuzzy* terdiri dari tiga tahap, tahapan tersebut disajikan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Tahapan dalam logika fuzzy.

3. Perancangan perangkat keras (*hardware*)

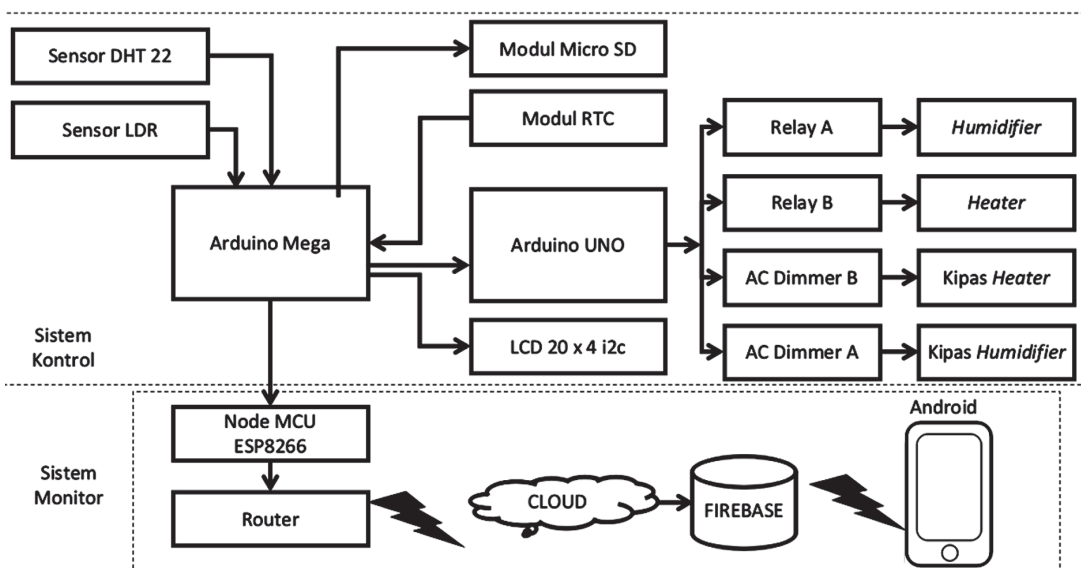
Perancangan perangkat keras dilakukan dengan menggabungkan setiap komponen untuk membuat suatu sistem yang akan dibuat. Setiap komponen akan terhubung ke *Arduino Mega 2560* melalui pin *Digital*, *Analog* serta pin rx dan tx. Perancangan perangkat keras sistem kontrol mengikuti diagram sistem pada Gambar 3.

4. Variabel dan Pengukuran

Variabel yang akan diukur yaitu suhu udara, kelembapan udara, dan intensitas cahaya di dalam ruang tanam *plant factory*. Variabel suhu dan kelembapan dilakukan proses monitoring data secara *realtime* dan dilakukan proses data *logging* serta dilakukan sistem kontrol dengan menggunakan aktuator berupa kipas, *heater* dan *humidifier*. Variabel intensitas cahaya hanya dilakukan proses monitoring saja, tidak dilakukan proses pengontrolan. *Set point* yang digunakan pada penelitian ini yaitu untuk suhu udara 25°C dan 27°C, sedangkan untuk kelembapan udara nilainya sebesar 65% dan 75%. Pengujian dilakukan dengan tanaman. Kombinasi I menggunakan suhu dan kelembapan masing-masing 27°C dan 75%. Kombinasi II menggunakan suhu dan kelembapan masing-masing 26°C dan 60%.

5. Analisis Data

Data yang diperoleh dalam bentuk *file* CSV dari program, selanjutnya disajikan dalam bentuk grafik. Data yang dimonitoring berupa data suhu udara, kelembapan udara, dan intensitas cahaya. Langkah awal dilakukan kalibrasi sensor terlebih dahulu menggunakan alat ukur *thermohygrometer* dan *lux meter* (Gambar 4), lalu persamaan kalibrasi tersebut dimasukkan ke dalam kode program sehingga data yang diperoleh sudah terkalibrasi. Setelah didapat data, maka dilakukan analisis sistem akuisisi data dan sistem kontrol untuk mengetahui keberhasilan



Gambar 3. Skema perangkat keras.

program yang telah dibuat. Analisis yang digunakan yaitu analisis deskriptif. Analisis sistem ini dilakukan dengan mengamati nilai minimum, maksimum dan rata-rata dari data yang diambil, sedangkan untuk analisis sistem kontrol dilakukan dengan melihat osilasi yang terbentuk dari data aktual suhu dan kelembapan udara terhadap *set point* yang telah ditentukan pada program kontrol.

sensor LDR, dan sensor DHT22 masing-masing 4 unit; modul microsd, dan LCD 20x4 i2c. Hasil rangkaian Arduino Mega terdapat pada Gambar 6 dan pemasangan pin dapat dilihat pada Tabel 1.

2. Rangkaian Arduino Uno

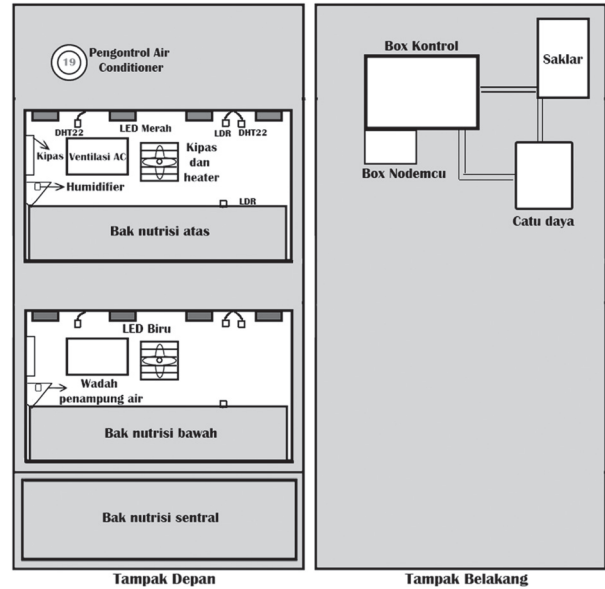
Rangkaian Arduino Uno terdiri dari 2 unit AC Dimmer dan 2 unit relay 2 channel. Aktuator

Hasil dan Pembahasan

Perancangan Perangkat Keras

Skematik plant-factory dan peletakkan sensor-sensor dan aktuator dapat dilihat pada Gambar 5. Sistem monitoring dan kontrol iklim mikro dirancang untuk memperoleh data aktual secara *realtime* dan mengendalikan iklim mikro yang ada di dalam *plant factory*. Kemudian dari data suhu dan kelembapan udara tersebut digunakan untuk melakukan proses kontrol algoritma logika *fuzzy*. Hasil keluaran *fuzzy* tersebut digunakan untuk mengontrol aktuator kipas, *heater* dan *humidifier* yang terdapat pada ruang tanam *plant factory*.

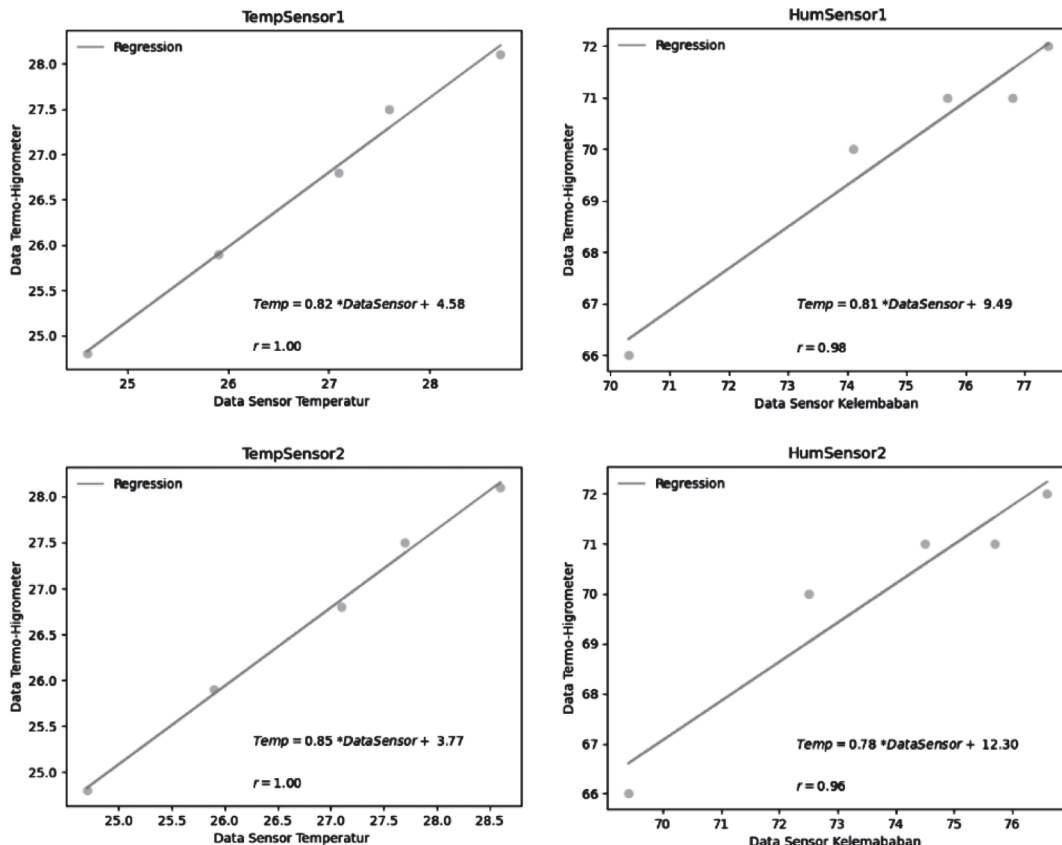
Sistem ini terdiri dari beberapa tiga rangkaian mikrokontroler, yaitu; Arduino Mega 2560 (Gambar 6), Arduino Uno (Gambar 7), dan Nodemcu V3 ESP8266 Amica (Gambar 8).



Gambar 5. Skematik Plant-Factory dan peletakkan sensor/aktuator.

1. Rangkaian Arduino Mega 2560

Rangkaian Arduino Mega 2560 terdiri dari



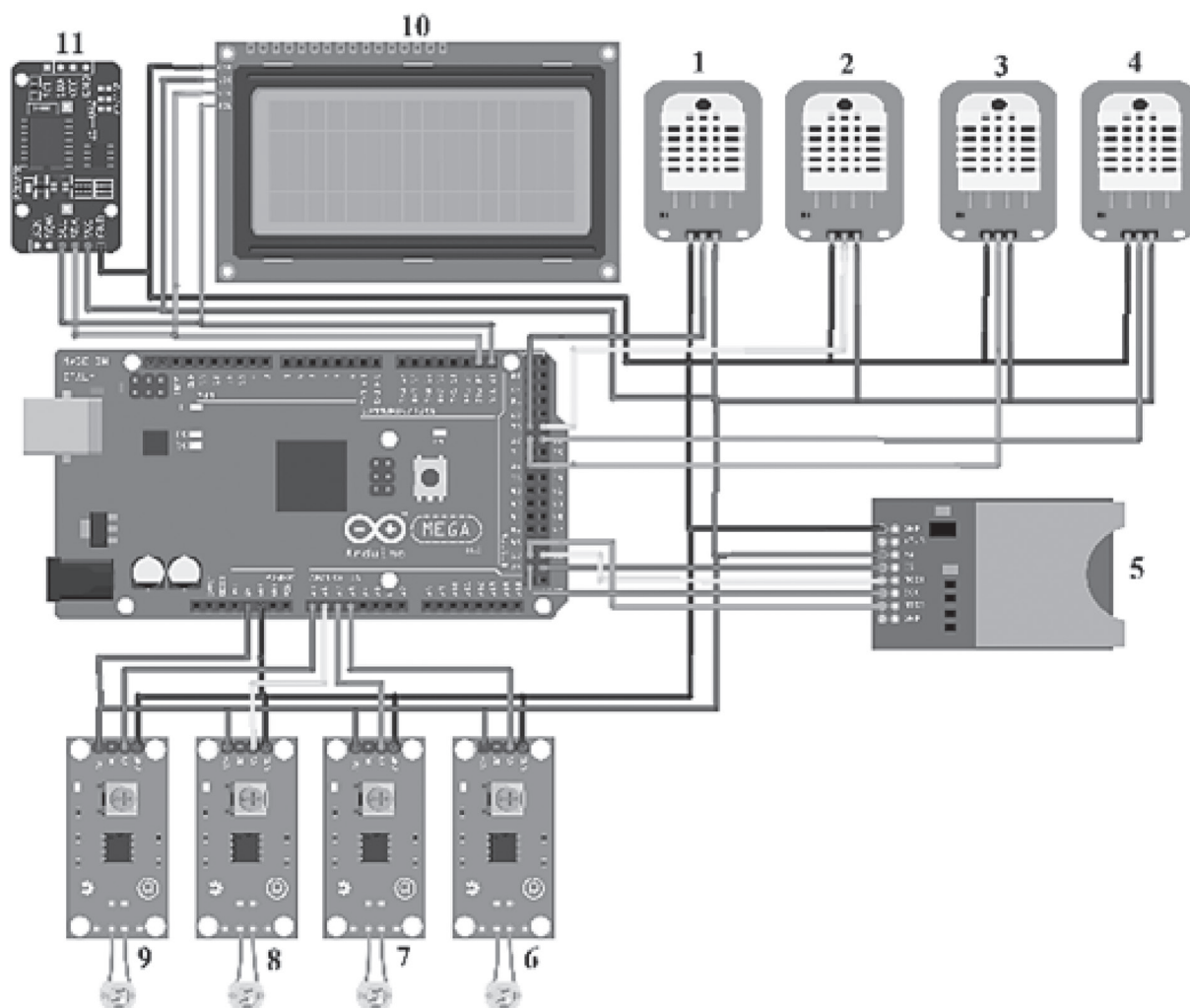
Gambar 4. Kalibrasi sensor suhu dan kelembapan.

Tabel 1. Pemasangan pin pada Arduino Mega

No	Nama	Pin pada Arduino Mega	Pin modul
1	Sensor DHT22	5V,30,GND	VCC,OUT,GND
2	Sensor DHT22	5V,31,GND	VCC,OUT,GND
3	Sensor DHT22	5V,32,GND	VCC,OUT,GND
4	Sensor DHT22	5V,33,GND	VCC,OUT,GND
5	Modul Microsd	GND,5V,50,51,52,53	GND,VCC,MISO,MOSI,SCK,CS
6	Sensor LDR	5V,A0,GND	VCC,A0,GND
7	Sensor LDR	5V,A1,GND	VCC,A0,GND
8	Sensor LDR	5V,A2,GND	VCC,A0,GND
9	Sensor LDR	5V,A3,GND	VCC,A0,GND
10	LCD 20x4 I2c	5,SDA,SCL,GND	VCC,SDA,SCL,GND
11	RTC DS3231	GND,5V,SDA,SCL	GND,VCC,SDA,SCL

Tabel 2. Pemasangan pin pada Arduino Uno

No	Nama	Pin pada Arduino Mega	Pin modul
1	Relay 2-channel	5V,7,8,GND	VCC,IN1,IN2,GND
2	Relay 2-channel	5V,9,10,GND	VCC,IN1,IN2,GND
3	AC dimmer 2-channel	5V,2,3,4,GND	VCC,ZERO,IN1,IN2,GND
4	AC dimmer 2-channel	5V,2,5,6,GND	VCC,ZERO,IN1,IN2,GND

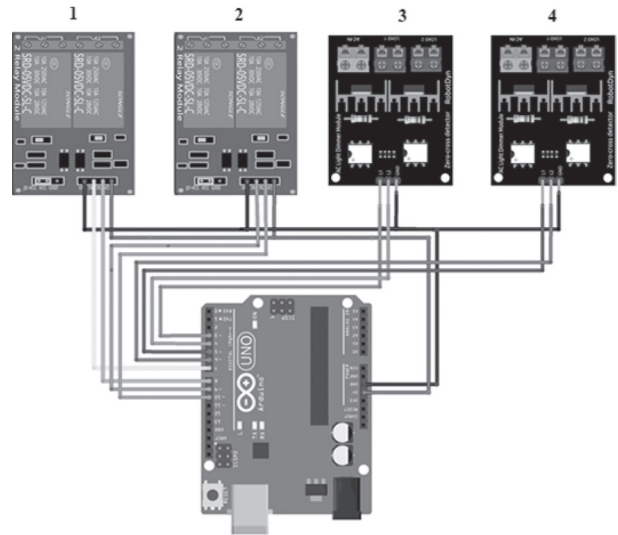


Gambar 6. Desain rangkaian Arduino Mega 2560

terhubung ke Arduino Uno melalui relay dan AC *Dimmer*. Hasil desain pemasangan pin rangkaian Arduino Uno disajikan dalam Gambar 7 dan Tabel 2.

3. Rangkaian Komunikasi Serial

Pada Nodemcu ESP8266 tidak ada aktuator atau sensor yang terhubung. Namun hanya ada rangkaian komunikasi serial yang dihubungkan dengan *bidirectional level shifter*. *Bidirectional level shifter* ini berguna untuk merubah sinyal dari Arduino Mega 2560 sehingga dapat dibaca oleh Nodemcu ESP8266. Serial komunikasi ini disusun secara terbalik sehingga pin Tx pengirim akan terhubung ke pin Rx penerima. Pin 5V dari Arduino Mega terhubung ke Hv modul, sedangkan 3,3V dari nodemcu terhubung ke Lv modul. Hasil rangkaian pemasangan pin komunikasi serial terdapat pada Gambar 8.



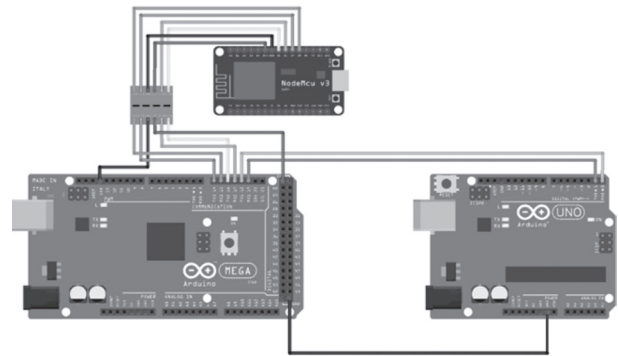
Gambar 7. Desain rangkaian Arduino Uno.

Perancangan Perangkat Lunak

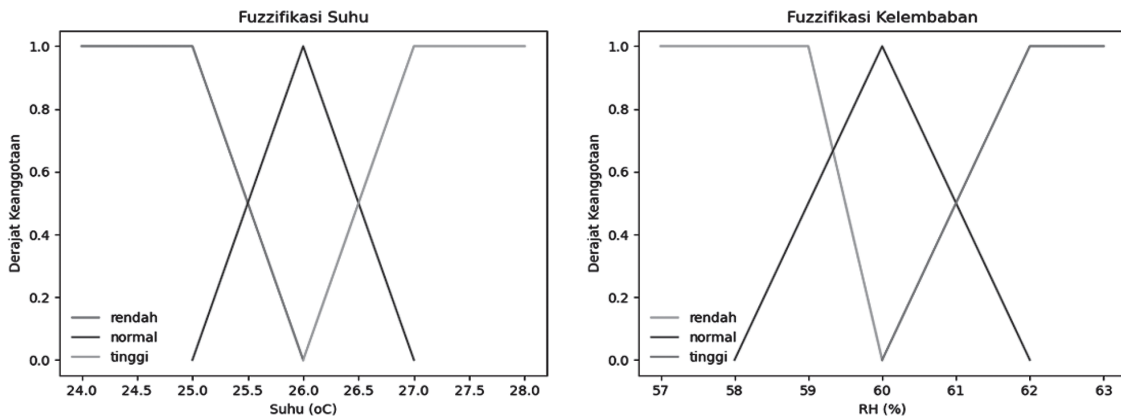
Perancangan perangkat lunak terbagi menjadi 2 bagian, yaitu pembuatan algoritma logika *fuzzy*, dan pembuatan sistem kontrol. Pembuatan logika *fuzzy* dilakukan dengan menggunakan aplikasi Matlab 2013. Penjelasan perancangan perangkat lunak pada penelitian adalah sebagai berikut.

1. Perancangan logika *fuzzy*

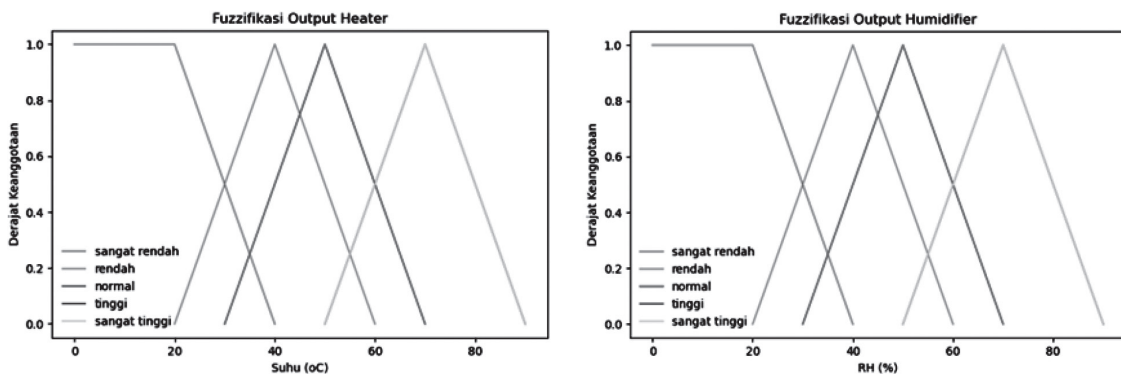
Pembuatan logika *fuzzy* dimulai dengan menentukan himpunan *fuzzy input* (Gambar 9),



Gambar 8. Desain rangkaian komunikasi serial.



Gambar 9. Fuzzifikasi Input.



Gambar 10. Fuzzifikasi Output.

himpunan *fuzzy output* (Gambar 10), dan *fuzzy rules* pada aplikasi Matlab 2013. Pada penelitian ini terdapat fuzzifikasi untuk 2 *input* dan 2 *output*. Terdapat 9 *rules fuzzy* seperti pada Gambar 11.

2. Perancangan sistem monitoring dan kontrol

Pemrograman sistem kontrol dilakukan pada Arduino Mega 2560, Arduino UNO, dan Nodemcu ESP8266. Arduino Mega 2560 pada penelitian ini adalah sistem yang digunakan untuk membaca sensor, memproses algoritma *fuzzy*, dan menyimpan data iklim mikro ke *micro SD*. Pembacaan sensor, pengiriman data, dan pengontrolan aktuator dilakukan setiap 2-3 detik, sedangkan penyimpanan data dilakukan setiap 10 menit sekali. Mekanisme kerja sistem monitoring dan kontrol keseluruhan terdapat pada Gambar 12.

Arduino Uno, dalam hal ini, adalah sistem yang digunakan untuk mengontrol aktuator. Pengontrolan tersebut didasarkan pada data yang diterima dari Arduino Mega 2560 melalui serial pin dengan memanfaatkan ArduinoJson.

Pada penelitian ini sistem kontrol pada Nodemcu ESP8266 merupakan sistem kontrol yang hanya mengirimkan dan menerima data Firebase *realtime database*. Data yang akan dikirim diperoleh dari Arduino Mega 2560 dengan *library* ArduinoJson menggunakan serial komunikasi. Kemudian data yang diterima dari Firebase juga akan dikirim dengan ArduinoJson ke Arduino Mega 2560 (Gambar

12). Data yang diambil dari Firebase adalah data lengkap yang mencakup aksi pengontrolan (on atau off). Data ini dikirim kembali ke Arduino Mega 2560 untuk disimpan.

Pembuatan Firebase dan Aplikasi Android

Firestore *realtime database* merupakan produk yang saat ini dimiliki oleh Google. Pemrograman aplikasi dilakukan dengan *apps developer* berupa blok-blok program pada website kodular (<https://creator.kodular.io/>). Pembuatan Firebase terdapat pada Gambar 13 dan pembuatan aplikasi Android pada Gambar 14.

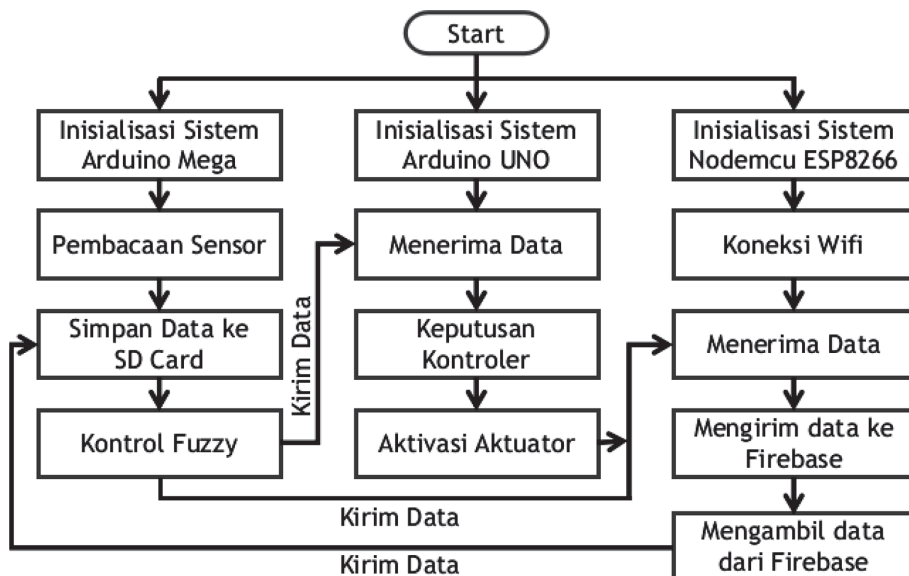
Pada layar awal aplikasi, pengguna akan diarahkan untuk masuk dengan mengisi pengguna dan kata sandi. Opsi untuk masuk menggunakan sidik jari juga tertera. Setelah masuk, akan ditampilkan info mengenai plant factory yang terhubung dengan aplikasi tersebut, kemudian data-data sensor yang mengukur kondisi lingkungan plant factory

Analisis Sistem Akuisisi Data dan Sistem Kontrol

Akuisisi data suhu udara, kelembapan udara, dan intensitas cahaya diperoleh dari pembacaan sensor DHT22 dan sensor LDR yang kemudian dicatat dan disimpan dalam bentuk *file* CSV setiap 10 menit sekali. Data yang direkam adalah data sistem plant factory yang menjadi luaran sistem kontrol. Suhu

1. If (Suhu is rendah1) and (Kelembapan is rendah2) then (Heater is sangatteringgi1)(Humidifier is sangatteringgi2) (1)
2. If (Suhu is rendah1) and (Kelembapan is normal2) then (Heater is sangatteringgi1)(Humidifier is normal2) (1)
3. If (Suhu is rendah1) and (Kelembapan is tinggi2) then (Heater is tinggi1)(Humidifier is rendah2) (1)
4. If (Suhu is normal1) and (Kelembapan is rendah2) then (Heater is normal1)(Humidifier is tinggi2) (1)
5. If (Suhu is normal1) and (Kelembapan is normal2) then (Heater is normal1)(Humidifier is normal2) (1)
6. If (Suhu is normal1) and (Kelembapan is tinggi2) then (Heater is normal1)(Humidifier is rendah2) (1)
7. If (Suhu is tinggi1) and (Kelembapan is rendah2) then (Heater is rendah1)(Humidifier is tinggi2) (1)
8. If (Suhu is tinggi1) and (Kelembapan is normal2) then (Heater is sangatterendah1)(Humidifier is rendah2) (1)
9. If (Suhu is tinggi1) and (Kelembapan is tinggi2) then (Heater is sangatterendah1)(Humidifier is sangatterendah2) (1)

Gambar 11. Fuzzy rules.



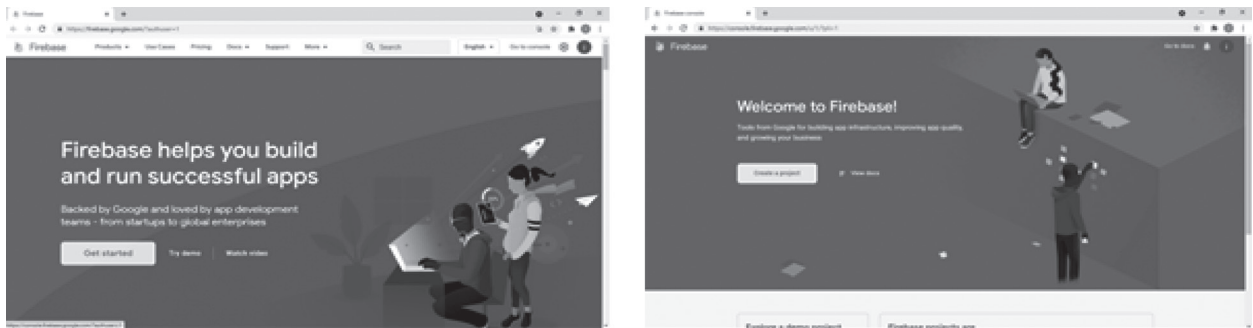
Gambar 12. Mekanisme kerja sistem monitoring dan kontrol.

dan kelembaban merupakan respon dari aktuasi *heater*, pendingin, dan *humidifier*. Sistem kontrol berbasis algoritma logika *fuzzy*, dimana aktuator akan bekerja sesuai dengan nilai defuzzifikasi yang berdasarkan pada aturan yang telah ditetapkan pada program. Pengujian sistem dilakukan dengan menganalisis suhu dan kelembaban udara aktual terhadap *set point* yang telah ditentukan. Grafik akuisisi data dan pada penelitian ini disajikan pada Gambar 15 dan Gambar 16

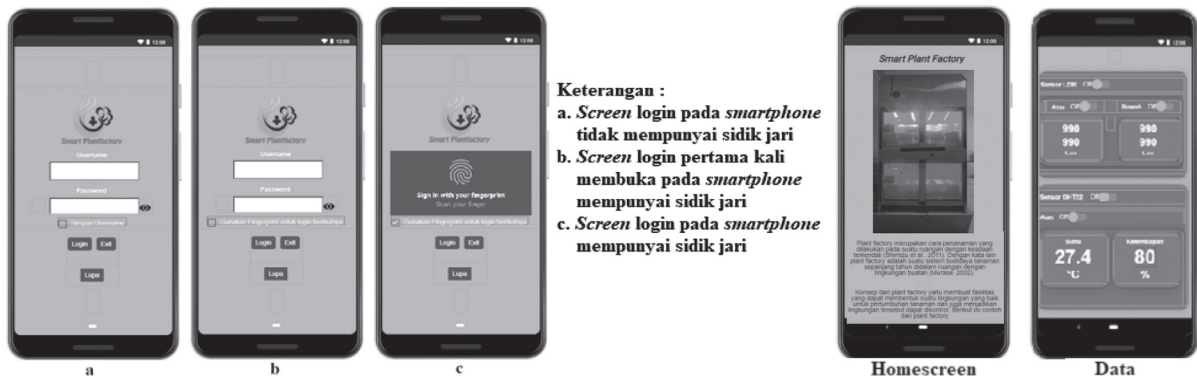
Pencahayaan dilakukan menggunakan LED. Sebanyak 48 LED masing-masing memiliki daya 1 watt, sehingga total menjadi 48 Watt. Pada pengambilan data ke-1070 hingga 1360 dan 3628 hingga 3770 akuisisi dan kontrol terhenti karena listrik mati. .

Pada *running 1 plant factory* rak atas dan rak bawah *set point* diatur pada 27°C dan kelembaban

75%, sedangkan pada *running 2 set point* diatur pada 26°C dan kelembaban 60% untuk rak atas dan rak bawah. Pada *running 1* dan *running 2* grafik suhu udara rak atas dan bawah cenderung sedikit berada dibawah *set point*. Hal ini terjadi akibat kurangnya udara panas yang dihasilkan oleh *heater* dan kipas. Hal lain yang berpengaruh terhadap nilai data suhu udara yaitu *plant factory* yang digunakan masih terpengaruh oleh lingkungan di luar *plant factory*. Sedangkan grafik kelembaban udara rak atas dan rak bawah cenderung berada diatas *set point*. Namun masih terdapat beberapa data kelembaban udara jauh diatas *set point*, hal ini terjadi ketika *air conditioner* berhenti bekerja yang berakibat pada naiknya kelembaban udara. Kendala pada penelitian ini yaitu belum ada sistem kontrol untuk menurunkan nilai kelembaban udara yang tinggi.

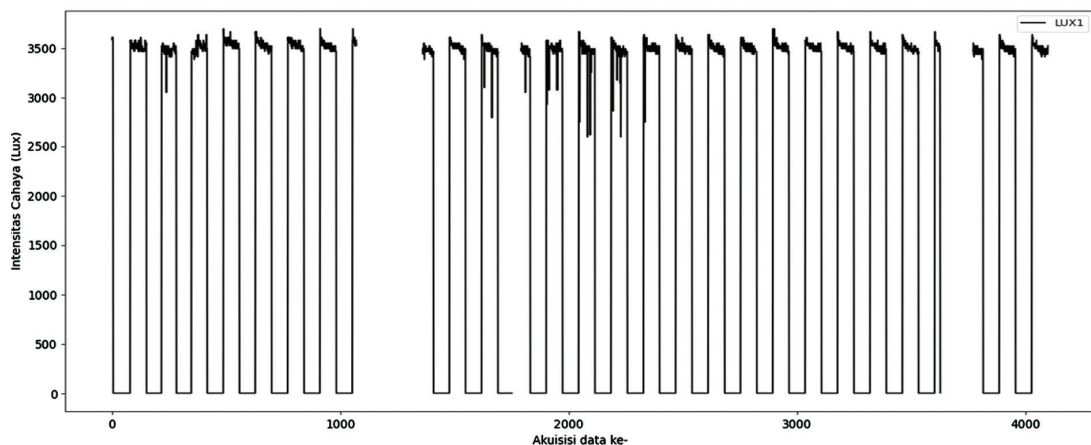


Gambar 13. Tampilan Firebase.

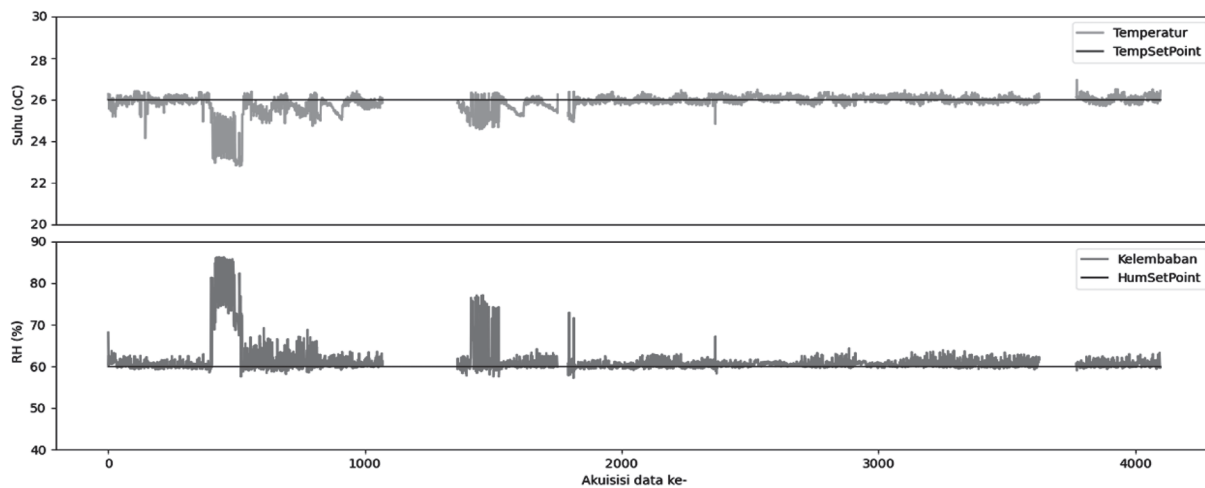


**Keterangan :**  
 a. *Screen login pada smartphone tidak mempunyai sidik jari*  
 b. *Screen login pertama kali membuka pada smartphone mempunyai sidik jari*  
 c. *Screen login pada smartphone mempunyai sidik jari*

Gambar 14. Tampilan aplikasi.



Gambar 15. Sampel grafik akuisisi data intensitas cahaya.



Gambar 16. Sampel grafik akuisisi data dan pengendalian suhu dan kelembaban.

### Simpulan

1. Pembuatan sistem monitoring data dan kontrol iklim mikro berbasis *internet of things* menggunakan mikrokontroler sudah berhasil dilakukan, dan penggunaan Android dapat diaplikasikan untuk mengontrol dan memonitor iklim mikro di dalam *plant factory*.
2. Dengan pengendalian fuzzy, secara umum suhu dan kelembaban dapat dipertahankan dengan osilasi minor sekitar 0.5 oC untuk suhu. Pada kelembaban terdapat osilasi minor sebesar 5% - 10%. Pada kondisi terjadi gangguan-gangguan, pada akuisisi data ke-500 dan 1360, osilasi bisa meningkat tajam, baik pada suhu maupun kelembaban.
3. Masih perlu dilakukan perbaikan lebih lanjut agar dihasilkan sistem kontrol dan monitoring data iklim mikro (suhu dan kelembapan udara) yang baik. Perbaikan terutama pada peningkatan daya aktuator, yaitu *heater* dan kipas. Perlu diterapkan sistem dehumidifikasi untuk mengurangi kelembaban udara

### Daftar Pustaka

- Apriliani, B. 2006. Analisa temperatur udara dalam single-span greenhouse, Kebun Percobaan Cikabayan, IPB dengan menggunakan atap ganda (*Double layer*). *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Badan Pusat Statistik. 2020. *Statistik Indonesia 2020*. Subdirektorat Publikasi dan Kompilasi Statistik, Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- Departemen Pertanian RI 2020. *Produksi Sayuran di Indonesia Tahun 2015 - 2019*. Subdirektorat Statistik Hortikultura, Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- Budioko, T. 2016. Sistem Monitoring Suhu Jarak Jauh Berbasis Internet Of Things Menggunakan Protokol MQTT. *Seminar Riset Teknologi Informasi (SRITI) tahun 2016*.
- Djuniadi, S.A., & S.P. Feddy. 2011. Sistem Akuisisi Data Berbasis Telemetri. *Jurnal Sains dan Teknologi (Saintekno)*, 9(1): 79-88. Universitas Negeri Semarang. <https://doi.org/10.15294/saintekno.v9i1.5528>
- Kozai, T. 2007. Plant Factory in Japan - Current Situation and Perspectives. *Chronica Horticulturae*, 53 (2) : 8-11.
- Kwon, S.Y., S.H. Ryu, & J.H. Lim. 2014. Design and implementation of an integrated management system in a plant factory to save energy. *Cluster Computing*, 17(3), 727-740. <https://doi.org/10.1007/s10586-013-0295-2>
- Lakhiar, I.A., G. Jianmin, T.N. Syed, F.A. Chandio, N.A. Buttar, W.A. Qureshi. 2018. Monitoring and Control Systems in Agriculture Using Intelligent Sensor Techniques: A Review of the Aeroponic System. *Journal of Sensors*, 2018 (e8672769): 1-18. <https://doi.org/10.1155/2018/8672769>
- Nagase, K., T. Shiraki, & H. Iwasaki. 2016. Plant Factory Solution with Instrumentation and Control Technology. *Instrumentation and Control Solutions in the New Age of the IoT*, 62(3): 160-164.
- Samadi, B. 2007. *Budidaya Cabai Merah Secara Komersial*. Yayasan Pustaka Nusantara, Yogyakarta.
- Safaat, N. 2011. *Pemrograman Aplikasi Mobile Smartphone dan Tablet PC Berbasis Android*. Informatika : Bandung
- Satwiko, P. 2009. *Fisika Bangunan*. Andi, Yogyakarta.
- Tong, X., & Z. Wu. 2020. An IoT-Based Sharing Plant Factory System for Nature Connectedness Improvement in Built Environment. *Sustainability*, 12, 3965. <https://doi.org/10.3390/su12103965>
- Wakahara, T & S. Mikami. 2011. Adaptive Nutrient Water Supply Control of Plant Factory System by Reinforcement Learning. *Journal of Advanced Computational Intelligence 2011*, 15:831-832.