

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN PROTOTYPE *SMART IOT GREENHOUSE* DENGAN PENGOLAHAN CITRA
MENGUNAKAN METODE *OTSU TRESHOLDING* PADA
BUDIDAYA TANAMAN SELADA
(*Lactuca Sativa. L*)**

Disusun dan diajukan oleh:

**MUH KHAERIL SYAM
D421 16 008**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**RANCANG BANGUN PROTOTYPE SMART IOT GREENHOUSE
DENGAN PENGOLAHAN CITRA MENGGUNAKAN METODE OTSU
TRESHOLDING PADA BUDIDAYA TANAMAN SELADA (LACTUCA
SATIVA. L)****Disusun dan diajukan oleh****MUH. KHAERIL SYAM****D42116008**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 16 Maret 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc.
Nip. 196404271989101002



Dr. Ir. Ingrid Nurtanio, MT
Nip. 196108131988112001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Ir. Indrabayu, S.T., M.T., M.Bus.Sys., IPM, ASEAN. Eng
Nip. 19750716 200212 1 004

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muh. Khaeril Syam

NIM : D42116008

Departemen : Teknik Informatika

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini karya tulisan saya berjudul:

RANCANG BANGUN PROTOTYPE SMART IOT GREENHOUSE
DENGAN PENGOLAHAN CITRA MENGGUNAKAN METODE OTSU
THRESHOLDING PADA BUDIDAYA TANAMAN SELADA
(*Lactuca Sativa. L*)

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilalihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 16 Maret 2023

Yang menyatakan,



Muh. Khaeril Syam

ABSTRAK

MUH KHAERIL SYAM. *Rancang Bangun Prototype Smart Iot Greenhouse dengan Pengolahan Citra Menggunakan Metode Otsu Thresholding pada Budidaya Tanaman Selada (Lactuca Sativa. L)* (dibimbing oleh Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc., dan Dr. Ir. Ingrid Nurtanio, M.T.,)

Budidaya tanaman selada (*Lactuca sativa L.*) merupakan salah satu jenis tanaman yang digemari masyarakat karena mudah dalam perawatannya dan memberikan hasil yang cepat. Namun, untuk memperoleh hasil yang optimal dibutuhkan kondisi lingkungan yang tepat seperti suhu, kelembapan, dan cahaya yang sesuai dengan kebutuhan tanaman. Pengembangan teknologi IoT dalam budidaya tanaman selada merupakan solusi yang tepat untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses budidaya tanaman selada. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat prototype *Smart IoT Greenhouse* yang dapat digunakan untuk budidaya tanaman selada (*Lactuca sativa L.*) dengan mengolah citra menggunakan metode Otsu thresholding. Prototype *Smart IoT Greenhouse* ini akan dilengkapi dengan sensor suhu, kelembapan, dan cahaya untuk mendeteksi kondisi lingkungan dalam *Greenhouse* dan kamera digunakan untuk memonitor perkembangan selada dari citra. Metode Otsu thresholding digunakan untuk mengolah citra dari kamera dan menentukan luas tanaman selada. Parameter yang digunakan untuk masukan yaitu suhu dan kelembapan udara dan kelembapan tanah. Pemilihan metode fuzzy mamdani dikarenakan jenis fuzzy ini memiliki struktur yang sederhana dan memiliki tingkat akurasi yang lebih baik. Dari hasil penelitian yang dilakukan, sistem berhasil berjalan dengan baik sesuai dengan rancangan penelitian dan memenuhi tujuan dari pembangunan *Smart Greenhouse*. Hasil dari pengolahan citra ini dikirim ke platform Telegram agar mudah dipantau oleh pengguna. Hasil pembacaan sensor pada penelitian diuji untuk mengetahui kinerja dari sensor dengan mencari nilai rata-rata error. Terdapat 2 parameter yang digunakan dalam penelitian yaitu suhu didapatkan error sebesar 1.24% dan kelembapan udara didapatkan error 1.84%.

Kata Kunci: *Smart Greenhouse*, Tanaman Selada, Logika Fuzzy, Otsu Thresholding, Segmentasi Citra, *Internet of Things*

ABSTRACT

MUH KHAERIL SYAM. *Design of Smart IoT Prototype with Image Processing Using the Otsu Thresholding Method in Lettuce Cultivation (Lactuca Sativa. L)* (supervised by Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc., dan Dr. Ir. Ingrid Nurtanio, M.T.,)

Lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivation is one type of plant that is favored by the public because it is easy to maintain and provides fast results. However, to obtain optimal results, the right environmental conditions such as temperature, humidity, and light are needed according to the needs of plants. The development of IoT technology in lettuce cultivation is the right solution to improve the efficiency and effectiveness of the lettuce cultivation process. This research aims to design and create a *Smart IoT Greenhouse* prototype that can be used for lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivation by processing images using the Otsu thresholding method. This *Smart IoT Greenhouse* prototype will be equipped with temperature, humidity, and light sensors to detect environmental conditions in the *Greenhouse* and a camera is used to monitor the development of lettuce from the image. Otsu thresholding method is used to process the image from the camera and determine the area of lettuce plants. The parameters used for input are air temperature and humidity and soil moisture. The selection of the mamdani fuzzy method is because this type of fuzzy has a simple structure and has a better level of accuracy. From the results of the research conducted, the system successfully runs well in accordance with the research design and fulfills the objectives of the *Smart Greenhouse* development. The results of this image processing are sent to the Telegram platform for easy monitoring by users. The results of sensor readings in the study were tested to determine the performance of the sensor by finding the average error value. There are 2 parameters used in the study, namely temperature obtained an error of 1.24% and air humidity obtained an error of 1.84%.

Keywords: *Smart Greenhouse*, Lettuce Plants, Fuzzy Logic, Otsu Thresholding, Image Segmentation, *Internet of Things*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
KATA PENGANTAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan.....	2
1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan.....	2
1.5 Ruang Lingkup/Asumsi perancangan	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Tanaman Selada	3
2.2 <i>Internet of Things</i>	9
2.3 <i>Greenhouse</i>	10
2.4 ESP32-Cam.....	13
2.5 Segmentasi Citra	15
2.6 <i>Google Cloud</i>	17
2.7 Logika Fuzzy.....	18
2.8 Masukan dan keluaran pada sistem.....	25
BAB III METODE PENELITIAN/PERANCANGAN	30
3.1 Lokasi Penelitian.....	30
3.2 Tahapan Penelitian.....	31
3.3 Instrumen Penelitian	32
3.4 Kriteria desain	33
3.5 Tahap Pembuatan Sistem	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Hasil Rancang Bangun Alat.....	44
4.2 Unjuk Kerja Sistem.....	46
4.3 Evaluasi Kinerja Alat dan Sistem	50
4.4 Skenario Pertanian Konvensional dan <i>Greenhouse</i>	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Tanaman selada tanpa <i>Greenhouse</i>	12
Gambar 2 Tanaman Selada dengan <i>Smart Greenhouse</i>	12
Gambar 3 Rangkaian Modul ESP32Cam.....	13
Gambar 4 Blok diagram ESP32cam	14
Gambar 5 Pin Layout ESP32cam.....	14
Gambar 6 ESP32CAM-MB	15
Gambar 7 Contoh citra hasil thresholding	16
Gambar 8 Histogram derajat keabuan.....	17
Gambar 9 Langkah Umum Pengembangan Model Fuzzy	20
Gambar 10 Flowchart Fuzzy Mamdani.....	21
Gambar 11 Perangkat NodeMCU	25
Gambar 12 Firebase Authentication.....	27
Gambar 13 Storage Firebase	28
Gambar 14 Perm. Tamangapa Royale Palace	30
Gambar 15 Lab CBS Gedung Elektro.....	30
Gambar 16 Alur Tahapan Penelitian.....	31
Gambar 17 Gambaran umum rangkaian input dan output sistem.....	33
Gambar 18 DFD Level 0 Rancangan sistem monitoring	34
Gambar 19 DFD Level 1 Proses 1	35
Gambar 20 DFD Level 1 Proses 2	35
Gambar 21 Flowchart Thingspeak.....	36
Gambar 22 Skematik deteksi Suhu dan Kelembapan	37
Gambar 23 Skematik aktuator kipas	37
Gambar 24 Skematik NodeMCU dengan Soil Moisture.....	38
Gambar 25 Skematik NodeMCU dan relay pompa	39
Gambar 26 Skematik NodeMCU dan Sensor Cahaya	40
Gambar 27 Anggota Fungsi Temperatur.....	40
Gambar 28 Anggota Fungsi Kelembapan	41
Gambar 29 Anggota Fungsi Durasi Kipas	42
Gambar 30 Hasil Pencarian @BotFather	43
Gambar 31 Pesan Bot berhasil dibuat	43
Gambar 32 Purwarupa <i>Greenhouse</i>	44
Gambar 33 Perangkat ESP32-Cam	44
Gambar 34 Aktuator Fan.....	45
Gambar 35 Perangkat Sensor DHT22.....	45
Gambar 36 Perangkat Capacitive Sensor	45
Gambar 37 Tampak Lampu UV pada Malam Hari.....	46
Gambar 38 Kontur pada tepi daun	50
Gambar 39 Grafik Hasil Pengujian Sensor Suhu	51
Gambar 40 Grafik Pengujian Sensor Kelembapan	52
Gambar 41 Visualisasi daerah defuzzifikasi	58
Gambar 42 Tanah Fermentasi/Humus.....	62
Gambar 43 Tanaman selada	63
Gambar 44 Tanaman tampak atas	63
Gambar 45 Tanaman selada remaja	64
Gambar 46 Tanaman tampak atas	64

DAFTAR TABEL

Tabel 1 <i>Wiring</i> DHT22 dan Nodemcu	36
Tabel 2 <i>Wiring</i> Nodemcu, relay dan kipas	37
Tabel 3 <i>Wiring</i> NodeMCU dengan Soil Moisture	38
Tabel 4 <i>Wiring</i> NodeMCU dan Relay Pompa	38
Tabel 5 <i>Wiring</i> NodeMCU, Sensor Cahaya, dan Relay lampu.....	39
Tabel 6 Rincian Keanggotaan Temperatur	40
Tabel 7 Rincian Keanggotaan Temperatur	41
Tabel 8 Inferensi Fuzzy.....	42
Tabel 9 Hasil Pembacaan Sensor Suhu dan Kelembapan Udara	46
Tabel 10 Hasil Pembacaan Sensor Kelembapan Tanah.....	47
Tabel 11 Hasil Pengambilan Citra	48
Tabel 12 Hasil Segmentasi.....	49
Tabel 13 Perbandingan Hasil Pembacaan Suhu.....	50
Tabel 14 Perbandingan Hasil Pembacaan Kelembapan Udara	52
Tabel 15 Output Fuzyy Mamdani	53
Tabel 16 Variabel pada Uji Skenario	59
Tabel 17 Perbandingan suhu dan kelembapan.....	59
Tabel 18 Perbandingan Kelembapan Tanah	60
Tabel 19 Perbandingan Ketersediaan Cahaya.....	60
Tabel 20 Hasil segmentasi	61

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
IoT	<i>Internet of Things</i>
°C	Suhu dalam Celcius
Cm	Sentimeter
Ph	Tingkat Keasaman
API	Application Programming Interface
HTTP	Hypertext Transfer – Transfer Protocol
M2M	Machine to Machine
USB	Universal Serial Bus
I/O	Input Output
USB TTL	Universal Serial Bus Transistor-Transistor Logic
UART	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter
SPI	Serial Peripheral Interface
PWM	Pulse Width Modulation
FOTA	Firmware Over-The-Air
GPIO	General Purpose Input/Output
Mhz	Miliherzt
GCP	<i>Google Cloud Platform</i>
μ	Mikro
α	Alfa
∫	Integral
LDR	Light Dependent Resistor
Baas	Backend-as-a-Service
SDK	Software Development Kit
Js	Javascript
Json	JavaScript Object Notation

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Source Code.....	66
-----------------------------	----

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke kehadirat Allah SWT karena atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Rancang Bangun Prototype *Smart Iot Greenhouse* dengan Pengolahan Citra Menggunakan Metode Otsu Tresholding pada Budidaya Tanaman Selada (*Lactuca sativa. L*)” sebagai salah satu persyaratan akademik untuk menyelesaikan program Strata-1 pada Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari bahwa dalam penyusunan dan penulisan laporan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai dengan masa penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua Bapak Duddin dan Almarhumah yang tercinta Ibu Hasbiah serta keluarga penulis yang selalu memberikan doa, dukungan semangat, dan motivasi, serta selalu sabar dalam mendidik penulis sejak kecil.
2. Bapak Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc., selaku pembimbing I yang senantiasa memberikan saran-saran serta bantuan selama proses pengambilan data hingga selesainya sistem ini dibuat; juga kepada Ibu Dr. Ir. Ingrid Nurtanio, M.T., selaku pembimbing II yang senantiasa menyediakan waktu, tenaga, pikiran, semangat, dan perhatian yang luar biasa dalam membimbing penulis menyusun tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Adnan, S.T., M.T. selaku Kepala Lab *Parrallel Computing and Internet of Things* dan Bapak Dr. Indrabayu S.T., M.T., M.Bus.Sys. selaku ketua Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Segenap Dosen dan Staf Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membantu dan memberikan banyak ilmu serta dukungan selama masa perkuliahan.
5. Teman-teman Teknik Informatika Angkatan 2016 (IGNITER16) selaku rekan belajar selama masa perkuliahan.

6. Sahabat-sahabat penulis: Eiril Sandi,S.Pd., Diki Siswanto,S.T., Muh Raedi Radifan,S.T., Tuti Amalia, S.T., Lutfi Qadri,S.T., Dandi Shoreandi, dan Muh. Agung Alif Hidayat, Ayu Lestari Ramadani, S.T., Cici Purnamasari, Putri Angriani, Andi Amelia Ramadanti, Ariska, S.P., Alfira Sudirman, S.Tr.P.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis menerima segala bentuk masukan, kritik, dan saran untuk kesempurnaan tugas akhir ini. Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Makassar, Maret 2023

Penulis

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertanian tanaman sayuran di Indonesia masih didominasi dengan pertanian lahan terbuka. Tetapi dengan sistem lahan terbuka seringkali banyak masalah yang dihadapi oleh petani, contoh kecilnya adalah cuaca yang tidak menentu, ataupun nutrisi yang tidak disalurkan secara merata. Seperti halnya dengan tanaman selada, selada merupakan tanaman yang sensitif dengan perubahan kondisi iklim sekitarnya. Suhu optimum bagi pertumbuhan selada ialah antara 20-27°C. dalam kondisi yang seperti ini selada akan mengalami pertumbuhan yang sempurna. Budidaya tanaman selada di lahan terbuka mengalami beberapa kendala terutama pada fase persemaian. Menurut (surtinah, 2018) di lapangan ditemukan bahwa perkecambahan benih selada tidak sampai 50%. Benih selada merupakan salah satu benih yang membutuhkan cahaya untuk perkecambahannya. Kendala umum yang sering dialami petani konvensional di Indonesia adalah kondisi lingkungan yang kurang mendukung seperti curah hujan yang tinggi (Sumarni & Rosliani, 2005). Pada musim hujan intensitas cahaya berkurang sehingga tanaman yang membutuhkan banyak cahaya dalam pertumbuhannya tidak dapat tumbuh dengan baik. Budidaya di dalam ruangan tertutup dengan menggunakan lampu sebagai sumber cahaya dapat dilakukan untuk menanggulangi masalah tersebut. Pertumbuhan maksimum tanaman dapat dibantu dengan penyinaran dengan panjang gelombang dan lama penyinaran dari lampu yang sesuai (Restiani dkk., 2015). Tetapi tidak menutup kemungkinan jika selada dibudidayakan dengan baik, pemberian nutrisi yang terkontrol dan perlindungan terhadap cuaca yang dapat berubah sewaktu-waktu sehingga petani dapat memperoleh tanaman selada dengan kualitas gizi yang baik dan dapat bernilai ekonomis tinggi. Sistem IoT *Greenhouse* merupakan suatu perwujudan yang dapat menangani masalah ataupun hambatan yang dapat dialami oleh petani tersebut. Sistem IoT *Greenhouse* dapat memberikan suatu lingkungan pertumbuhan yang lebih terkontrol, wujud dari inovasi IoT *Greenhouse* ini dapat membuat pertanian lebih terjaga dan meningkatkan mutu tanaman selada karena diberikan sensor-sensor pemantau dengan parameter-parameter yang telah disesuaikan untuk memonitor ekosistem yang ada pada pertanian *Greenhouse*. Keadaan dari lingkungan dari *Greenhouse* ini dapat dimonitor secara keseluruhan menggunakan interface aplikasi Telegram.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka identifikasi masalah yang ditemukan, yaitu:

1. Bagaimana *Smart iot Greenhouse* dapat mengatasi permasalahan cuaca, dan nutrisi pada lingkungan tanaman selada.
2. Bagaimana mengembangkan *Smart IoT Greenhouse* dengan menggunakan segmentasi citra dan sensor dalam memantau budidaya tanaman selada sebagai solusi dari pertanian konvensional?

1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan

Tujuan dari penelitian ini yaitu dapat merancang dan membangun sebuah purwarupa *Smart IoT* untuk pertanian *Greenhouse* pada budidaya tanaman selada dengan memanfaatkan segmentasi citra dan sensor untuk memantau lingkungan tanaman selada.

1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan

Manfaat dari penelitian ini yaitu dapat menghasilkan sebuah purwarupa *iot Greenhouse* yang dapat menggantikan pertanian konvensional.

1.5 Ruang Lingkup/Asumsi perancangan

1. Menggunakan purwarupa *Greenhouse* dengan ukuran 0,45 x 0,90 meter.
2. Menggunakan tanaman selada pada penelitian.
3. Menggunakan *platform* telegram untuk memantau dan mengontrol secara *real-time*.
4. Segmentasi citra menggunakan metode Otsu Threshold dengan bahasa pemrograman Python.
5. Citra disimpan pada Firebase Storage

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Selada

Tanaman selada dalam penggolongan taksonomi termasuk dalam famili Compositae. Adapun klasifikasinya adalah sebagai berikut:

Divisi : Spermathopyta

Sub Divisi : Angiospermae

Kelas : Dicotyledoneae

Family : Asteraceae

Ordo : Asterales

Genus : Lactuca

Spesies : Lactuca sativa L

Tipe perakaran tanaman selada adalah akar tunggang dengan cabang-cabang akar yang menyebar ke semua arah pada kedalaman antara 20-50 cm. Batang tanaman selada berbentuk pendek berbuku-buku, sebagai tempat kedudukan daun. Di daerah yang beriklim sedang (subtropis), tanaman selada mudah berbunga, bunga dari tanaman selada berwarna kuning, terletak pada rangkaian yang lebat dan tangkai bunganya dapat mencapai ketinggian 90 cm.

Daunnya berbentuk bulat panjang, sering berjumlah banyak dan biasanya berposisi duduk (sessile), tersusun berbentuk spiral dalam roset padat. Warna daunnya beragam mulai dari hijau muda hingga hijau tua. Daun tak berambut, mulus, berkeriput atau kusut berlipat, ukurannya bermacam-macam tergantung jenisnya. Selada dapat tumbuh di dataran tinggi maupun dataran rendah. Namun, hampir semua tanaman selada lebih baik diusahakan di dataran tinggi. Pada penanaman di dataran tinggi, selada cepat berbunga. Suhu optimum bagi pertumbuhannya adalah 25°C - 28°C (Dwipa, 2020). Tanaman ini umumnya ditanam pada penghujung musim penghujan, karena termasuk tanaman yang tidak tahan kehujanan. Pada musim kemarau tanaman ini memerlukan penyiraman yang cukup teratur. Selain tidak tahan terhadap hujan, tanaman selada juga tidak tahan terhadap sinar matahari yang terlalu panas. Selada tumbuh baik pada tanah yang subur dan banyak mengandung humus. Tanah yang banyak mengandung pasir dan lumpur baik sekali untuk pertumbuhannya. Meskipun demikian tanah jenis lain seperti lempung berdebu dan lempung berpasir juga dapat digunakan sebagai media tanam selada. Tingkat kemasaman tanah (Ph) yang ideal untuk pertumbuhan selada adalah berkisar antara 6,5-7. Pada tanah

yang terlalu asam, tanaman ini tidak dapat tumbuh karena keracunan Mg dan Fe (Evelyn dkk., 2018).

Sayuran ini mempunyai kandungan mineral yang cukup tinggi termasuk seperti fosfor, zat besi, kalsium, kalium, natrium, magnesium, vitamin A, B dan C sehingga selada mempunyai khasiat terbaik dalam menjaga keseimbangan cairan elektrolit tubuh manusia.

2.1.1 Media tanam Selada

Media tanam diartikan sebagai wadah atau tempat tinggal tanaman. Media tanam harus dapat mendukung pertumbuhan dan kehidupan tanaman. Oleh karena itu, idealnya suatu media tanam harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Dapat dijadikan sebagai tempat berpijak tanaman.
2. Memiliki kemampuan mengikat air dan menyuplai unsur hara yang dibutuhkan tanaman.
3. Mampu mengontrol kelebihan air (drainase) serta memiliki sirkulasi dan ketersediaan udara (aerasi) yang baik.
4. Dapat mempertahankan kelembapan di sekitar akar tanaman.
5. Tidak mudah lapuk atau rapuh.

Kualitas media tanam dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu air, udara, unsur hara, pemberian nutrisi, cahaya, suhu dan kelembapan.

1. Air dan Udara

Keberadaan air dan udara di dalam media tanam sangat diperlukan oleh tanaman. Namun, keberadaan kedua komponen tersebut dalam media tanam hanya bersifat komplemen. Artinya, jika media tanam banyak mengandung air maka kandungan udaranya sedikit. Sementara jika tanah menjadi kering maka hampir semua pori-pori tanah ditempati oleh 12 udara. Oleh karena itu, keberadaan air dalam media tanam belum tentu menjamin pertumbuhan tanaman menjadi baik. Jumlah air pada media tanam sebaiknya dalam keadaan seimbang. Jika berlebihan, media tanam tidak akan mengandung udara lagi.

2. Ada 2 keadaan tanah yang kita ketahui yaitu tanah basah dan kering, Tanah kering dan basah memiliki perbedaan yang cukup signifikan dalam hal sifat fisik, kimia, dan biologi. Beberapa perbedaan yang dapat diidentifikasi antara tanah kering dan basah adalah sebagai berikut:
 - Kandungan air: Tanah basah memiliki kandungan air yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanah kering. Kandungan air dalam tanah

dipengaruhi oleh iklim, topografi, dan jenis tanah. Tanah yang berada di wilayah dengan curah hujan yang tinggi dan permukaan tanah yang datar lebih cenderung basah, sementara tanah yang berada di wilayah dengan curah hujan yang rendah dan permukaan tanah yang miring lebih cenderung kering.

- **Tekstur tanah:** Tanah kering cenderung memiliki tekstur yang lebih kasar dan padat dibandingkan dengan tanah basah. Hal ini karena tanah kering cenderung mengalami pengeringan dan pemadatan yang lebih cepat dibandingkan dengan tanah basah.
- **Sifat kimia:** Tanah basah cenderung memiliki pH yang lebih rendah dibandingkan dengan tanah kering. Hal ini disebabkan oleh pengaruh kandungan air yang lebih tinggi dalam tanah basah, yang dapat menyebabkan pelepasan asam organik dan mineral dari tanah.
- **Kesuburan:** Tanah basah cenderung lebih subur dibandingkan dengan tanah kering karena kandungan bahan organik yang lebih tinggi dalam tanah basah. Kandungan bahan organik ini dapat berasal dari tanaman atau mikroorganisme yang hidup di dalam tanah.

Tanah kering dan tanah basah dapat memiliki perbedaan yang signifikan dalam sifat fisik, kimia dan biologi. Sebuah studi yang diterbitkan dalam jurnal *Soil Science Society of America Journal* pada tahun 2000 menyelidiki efek kelembaban tanah terhadap sifat tanah dan pertumbuhan tanaman. Studi ini menemukan bahwa tanah kering memiliki porositas, kerapatan curah, dan kapasitas menahan air yang lebih rendah daripada tanah basah. Para peneliti juga mengamati bahwa tanah kering memiliki suhu tanah yang lebih tinggi, yang dapat berdampak negatif terhadap pertumbuhan tanaman. Selain itu, studi ini menemukan bahwa tanah basah memiliki kadar bahan organik dan aktivitas mikroba yang lebih tinggi, yang dapat meningkatkan kesuburan tanah dan ketersediaan nutrisi bagi tanaman. Tanah basah juga memiliki tingkat oksigen yang lebih tinggi, yang sangat penting untuk respirasi akar dan penyerapan nutrisi. Secara keseluruhan, penelitian ini menyoroti pentingnya pengelolaan kelembaban tanah untuk pertumbuhan tanaman dan kesehatan tanah. Hal ini menunjukkan bahwa mempertahankan tingkat kelembaban tanah yang memadai dapat meningkatkan kesuburan tanah dan ketersediaan unsur

hara, yang dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman lebih baik dan hasil panen yang lebih tinggi (Hillel, D., & & Rosenzweig, R, 2000).

Kategori tanah kering dan basah biasanya didefinisikan berdasarkan kadar air atau kelembapan tanah. Berikut adalah beberapa contoh kategori tanah berdasarkan kelembapan (Zhang, Y., dkk., 2020) :

- Tanah kering (Soil moisture content <10%): Tanah kering memiliki kadar air yang sangat rendah, sehingga tidak mendukung pertumbuhan tanaman. Jenis tanah ini biasanya terdapat di daerah gurun atau padang pasir.
- Tanah setengah kering (Soil moisture content 10-20%): Tanah setengah kering memiliki kadar air yang sedikit lebih tinggi daripada tanah kering. Tanah ini biasanya masih tidak mendukung pertumbuhan tanaman yang optimal, tetapi masih dapat menumbuhkan beberapa jenis tanaman yang toleran terhadap kekeringan.
- Tanah normal (Soil moisture content 20-40%): Tanah normal memiliki kadar air yang cukup untuk mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal. Kategori tanah ini biasanya ditemukan di daerah yang cukup lembab.
- Tanah lembab (Soil moisture content 40-60%): Tanah lembab memiliki kadar air yang lebih tinggi daripada tanah normal, sehingga cocok untuk pertumbuhan tanaman yang membutuhkan air lebih banyak. Jenis tanah ini biasanya ditemukan di daerah tropis dan subtropis.
- Tanah basah (Soil moisture content >60%): Tanah basah memiliki kadar air yang sangat tinggi, sehingga hanya cocok untuk pertumbuhan tanaman yang membutuhkan air sangat banyak seperti tanaman air atau tanaman rawa. Jenis tanah ini biasanya ditemukan di daerah yang memiliki curah hujan yang tinggi atau di sekitar sungai dan danau.

3. Unsur Hara

Selain air, media tanam juga harus mampu menyediakan pasokan makanan bagi tanaman yang lebih dikenal dengan istilah unsur hara. Unsur hara merupakan faktor mutlak yang dibutuhkan oleh tanaman untuk melengkapi daur hidupnya, mulai dari fase vegetatif sampai generatif.

Unsur-unsur tersebut menjadi bagian dari pertumbuhan tanaman yang penting, karenanya disebut sebagai unsur hara esensial. Setiap tanaman membutuhkan paling sedikit 16 unsur hara agar pertumbuhannya normal. Dari ke-16 unsur hara tersebut, 3 diantaranya berasal dari udara, yakni karbon (C), Oksigen (O), dan Hidrogen (H). Sementara 13 unsur hara lainnya disediakan oleh tanah. Dengan demikian, media tanam setidaknya harus menyediakan 13 unsur hara tersebut.

4. Pemberian Nutrisi

Pupuk organik merupakan pupuk yang berasal dari tumbuhan mati, kotoran hewan dan limbah organik lainnya yang telah melalui proses rekayasa. Pupuk dapat berbentuk padat atau cair, dapat diperkaya dengan bahan mineral, atau mikroba yang bermanfaat untuk meningkatkan kandungan hara dan bahan organik serta memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah/air (Hartatik et al 2015). Pupuk organik cair adalah larutan dari hasil pembusukan bahan-bahan organik yang berasal dari sisa tanaman, kotoran hewan dan manusia yang kandungan unsur haranya lebih dari satu unsur. Kelebihan dari pupuk organik ini adalah mampu mengatasi defisiensi hara secara cepat, tidak bermasalah dalam pencucian hara, dan juga mampu menyediakan hara secara cepat. Selain itu, pupuk ini juga memiliki bahan pengikat sehingga larutan pupuk yang diberikan ke permukaan tanah/air bisa langsung dimanfaatkan oleh tanaman (Hadisuwito dalam Hanisar, 2015). Pada umur 10 Hari Setelah Tanam (HST) diberikan pupuk organik 15-15-15 dengan cara dilarutkan dalam air (5 g/l), kemudian disiramkan pada media tanam 100 ml per polibag, hal ini dilakukan sebagai starter untuk mempercepat pertumbuhan tanaman. Dari perlakuan yang diuji, laju pertumbuhan tinggi tanaman pada pengamatan 10, 15, 20 dan 25 HST, tanaman tertinggi diperoleh pada perlakuan B (tanah 75% tambah pupuk organik 25%), diikuti perlakuan C (tanah 50% tambah pupuk organik 50%), dan D (tanah 25% tambah pupuk organik 75%), sedangkan laju pertumbuhan tinggi tanaman terendah diperoleh pada perlakuan A (tanah 100 %/kontrol) (Edi, 2014). Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Mebang, 2016) didapatkan hasil Pengaruh pemberian POC Nasa terhadap pertumbuhan tanaman selada berbeda sangat nyata pada semua pengamatan yaitu tinggi tanaman umur 14 hari pada perlakuan pemberian POC Nasa 3 ml liter-1 air (n3) Pengaruh

pemberian pupuk kandang ayam terhadap pertumbuhan tanaman selada berbeda sangat nyata pada semua pengamatan. Pengaruh pemberian POC Nasa dan pupuk kandang ayam berbeda tidak nyata pada semua pengamatan yaitu tinggi tanaman umur 14 dan 21 hari setelah tanam, jumlah daun, berat basah, dan berat panen, kecuali pada tinggi tanaman umur 28 hari setelah tanam dan saat panen. Produksi segar tertinggi diperoleh pada perlakuan pemberian POC Nasa 3 ml liter⁻¹ air (n3) dan pupuk kandang ayam 225 g polybag⁻¹ atau setara 30 ton ha⁻¹(a3) yaitu tinggi tanaman umur 14 hari 4,93 cm, 21 hari 7,30 cm, 28 hari 8,92 cm, saat panen 25,73 cm, jumlah daun umur 21 hari 8,30 helai, saat panen 14,00 helai, dan berat basah 120,00 g.

5. Kelembapan

Media tanam yang baik adalah media yang mampu mempertahankan kelembapan di sekitar tanaman secara optimal. Kelembapan di sekitar media tanam yang tinggi akan memicu pertumbuhan jamur atau cendawan. Sebaliknya, kelembapan yang rendah akan menyebabkan media tanam menjadi kering. Tingkat kelembapan yang dibutuhkan setiap tanaman akan berbeda-beda, bergantung pada jenis tanaman dan habitat asal tanaman. Rata-rata kelembapan optimal yang sesuai bagi tanaman sekitar 40%.

6. Suhu

Suhu merupakan faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Suhu berkorelasi positif dengan sinar matahari. Tinggi-rendahnya suhu di sekitar tanaman sangat ditentukan oleh sinar matahari. Selain itu, suhu juga dipengaruhi oleh kerapatan tanaman dan distribusi cahaya dalam tajuk tanaman. Kisaran suhu yang optimal untuk pertumbuhan sebagian besar tanaman yaitu 5 - 35°C. Kisaran suhu optimal tersebut berbeda pada setiap tanaman, tergantung pada jenis tanamannya.

7. Cahaya

Seperti halnya suhu, cahaya juga menjadi faktor yang esensial bagi pertumbuhan tanaman. Secara langsung, cahaya berperan penting dalam beberapa proses fisiologis tanaman, terutama proses fotosintesis, respirasi, dan transpirasi. Tanpa cahaya yang cukup, pertumbuhan tanaman akan merana. Hal ini dicirikan dengan ukuran daun yang lebih kecil daripada ukuran pada umumnya. Kebutuhan intensitas cahaya bergantung pada jenis tanamannya. Berdasarkan kebutuhan akan cahaya, tanaman

dibedakan menjadi tiga jenis, yakni tanaman yang menyukai cahaya penuh, tanaman yang menyukai cahaya sedang, dan tanaman yang menyukai cahaya sedikit. Intensitas cahaya yang diterima harus merata ke seluruh bagian tanaman agar hasil akhir yang diperoleh dari proses fotosintesis bisa maksimal.

2.2 *Internet of Things*

Internet of Things (IoT) adalah sebuah konsep/skenario dimana suatu objek yang memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer.

"A Things" pada *Internet of Things* dapat didefinisikan sebagai subjek misalkan orang dengan monitor implant jantung, hewan peternakan dengan transponder biochip, sebuah mobil yang telah dilengkapi *built-in* sensor untuk memperingatkan pengemudi ketika tekanan ban rendah. Sejauh ini, IoT paling erat hubungannya dengan komunikasi *machine-to-machine* (M2M) di bidang manufaktur dan listrik, perminyakan, dan gas. Produk dibangun dengan kemampuan komunikasi M2M yang sering disebut dengan sistem cerdas atau "Smart". (contoh: *Smart* label, *Smart* meter, *Smart* grid sensor).

Dengan semakin berkembangnya infrastruktur internet, maka kita menuju babak berikutnya, di mana bukan hanya *Smartphone* atau komputer saja yang dapat terkoneksi dengan internet. Namun berbagai macam benda nyata akan terkoneksi dengan internet. Sebagai contohnya dapat berupa : mesin produksi, mobil, peralatan elektronik, peralatan yang dapat dikenakan manusia (*wearables*), dan termasuk benda nyata apa saja yang semuanya tersambung ke jaringan lokal dan global menggunakan sensor dan atau aktuator yang tertanam (Yudhanto, 2007).

Beragam macam dari implementasi IoT dapat ditemukan dalam kehidupan sehari-hari kita. Bahkan beberapa mungkin telah kita lakukan, hanya saja tidak terpikir bahwa itu adalah bagian dari IoT. Berikut ini adalah beberapa manfaat dalam beberapa bidang, yakni : sektor pembangunan, sektor energi, sektor rumah tangga, sektor pertanian dan lain-lain.

Teknologi *Internet of Things* (IoT) yang semakin berkembang, kini juga sudah merambah di sektor pertanian. Banyak manfaat IoT pertanian, salah satunya adalah pengumpulan data langsung pada bisnis pertanian yang lebih cepat, valid, dan akurat. Proses ini menjadi lebih cepat karena memotong kegiatan yang memakan waktu. Untuk itu, banyak industri pertanian saat ini yang menerapkan konsep IoT. Berikut 5 manfaat penerapan IoT di sektor pertanian seperti :

1. Maksimalisasi produk
2. Pemanfaatan sumber daya secara efektif
3. Pest control atau penanganan
4. Maksimalisasi operasi produk
5. Untuk memonitoring pertanian

2.3 Greenhouse

Greenhouse merupakan salah satu bangunan untuk tanaman yang dibangun untuk mempertahankan lingkungan tumbuh sehingga dapat menghasilkan tanaman yang berkualitas dan berdaya hasil yang tinggi (Aini & Azizah, 2018).

Penggunaan *Greenhouse* dalam budidaya tanaman merupakan salah satu cara untuk memberikan lingkungan yang lebih mendekati kondisi optimum bagi pertumbuhan tanaman. *Greenhouse* dikembangkan pertama kali dan umum digunakan di kawasan yang beriklim subtropika. Penggunaan *Greenhouse* terutama ditujukan untuk melindungi tanaman dari suhu udara yang terlalu rendah pada musim dingin.

Beberapa aspek yang harus menjadi pertimbangan untuk merancang dan membangun *Greenhouse* diantaranya (Aini & Azizah, 2018).

1. Lokasi

Lokasi pembangunan *Greenhouse* merupakan hal pertama yang harus diperhatikan supaya tanaman mendapatkan kondisi lingkungan optimal untuk pertumbuhannya.

2. Topografi

Greenhouse lebih efektif diterapkan didaerah dengan permukaan tanah yang rata, karena pertimbangan pembuatan *Greenhouse* yang lebih mudah dan murah didaerah topografi yang rata daripada daerah yang bergelombang yang tentunya akan mengalami kesulitan dalam proses pendirian bangunan.

3. Tata letak

Tata letak *Greenhouse* harus mempertimbangkan penerimaan cahaya matahari yang lebih merata. Hal yang sangat penting dari pembangunan *Greenhouse* adalah tanaman harus mendapatkan sinar matahari yang cukup dari pagi sampai sore.

4. Pemilihan jenis bangunan

Greenhouse yang berbentuk rumah, cocok diterapkan didaerah yang panas karena mempertimbangkan pertukaran udara dalam ruangan yang melalui lubang ventilasi.

5. Orientasi

Dalam merancang *Greenhouse* juga tergantung pada orientasi pengguna.

Iklim memiliki pengaruh penting terhadap kondisi fungsional *Greenhouse* dalam menciptakan kondisi yang optimal bagi budidaya tanaman. Parameter iklim di sekitar bangunan dapat memberikan pengaruh langsung terhadap kondisi lingkungan di dalam bangunan pada ruang terbatas yang berbeda dengan kondisi iklim di luar bangunan. Kondisi lingkungan di sekitar *Greenhouse* tersebut sangat mempengaruhi kondisi kenyamanan termal di dalam bangunan. Pengamatan iklim mikro pada bangunan *Greenhouse* umumnya meliputi intensitas cahaya, suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin, serta perpindahan kalor dan perpindahan massa yang terjadi di dalam bangunan. Hasil penelitian menunjukkan suhu di dalam *Greenhouse* dapat mencapai di atas 30°C yang menunjukkan bahwa kondisi tersebut tidak memenuhi syarat tumbuh optimal tanaman tomat cherry. Kondisi suhu di dalam bangunan yang terlalu tinggi tersebut membutuhkan pengendalian iklim mikro dengan cara pendinginan (Nafila dkk., 2018).

Suhu dan kelembaban udara di dalam *Greenhouse* cenderung semakin panas dan kering karena kurangnya sirkulasi udara yang baik. Oleh karena itu, penggunaan sistem pendinginan *Greenhouse* dapat membantu untuk mengatasi masalah ini. Terdapat banyak metode dan sistem untuk mendinginkan *Greenhouse*, salah satunya dengan menggunakan metode *misting*. Kabut yang dihasilkan oleh *mist maker*, yang kemudian ditiup masuk ke dalam *Greenhouse* menggunakan kipas pendingin dapat menurunkan suhu dan juga menaikkan kelembaban udara di dalam *Greenhouse*. Intensitas cahaya juga menjadi salah satu syarat agar tanaman selada mampu bertumbuh dengan baik, di mana pada daerah tropis, lamanya siang hari atau waktu penyinaran oleh matahari hanya mencapai 12 jam, sehingga penggunaan cahaya matahari untuk proses fotosintesis oleh tanaman selada masih kurang karena tanaman selada memerlukan waktu penyinaran berkisar 14 – 16 jam per hari. Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Murtianta dkk., 2022) di mana digunakan empat tanaman selada yang ditanam dengan menggunakan *Smart Indoor Greenhouse IoT* dan empat tanaman selada lainnya ditanam tanpa menggunakan *Smart Indoor Greenhouse IoT*. Hal tersebut bertujuan untuk perbandingan keberhasilan alat yang dirancang, apakah lebih efisien untuk digunakan atau tidak. Untuk empat tanaman selada yang ditanam tanpa menggunakan *Smart Indoor Greenhouse IoT* diberikan perlakuan yang sama dengan tanaman yang ditanam dengan menggunakan *Smart Indoor Greenhouse IoT* namun perlakuan yang dilakukan secara manual dan tanaman ditanam di luar ruangan yang bertujuan agar tanaman bisa mendapatkan sinar matahari.



Gambar 1 Tanaman selada tanpa *Greenhouse*

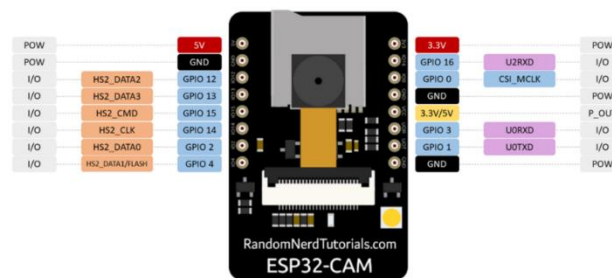


Gambar 2 Tanaman Selada dengan *Smart Greenhouse*

Gambar 1 merupakan hasil selada yang ditanam tanpa menggunakan alat, di mana banyak daun rata-rata tanaman berkisar 11-13 daun, namun daun yang dihasilkan kecil, memiliki batang dengan tinggi berkisar 25cm-28cm dan panjang akar berkisar 4cm-8cm. Sementara itu, Gambar 2 merupakan hasil selada yang menggunakan alat ini, di mana selada yang dihasilkan memiliki jumlah daun yang lebih banyak dan lebih lebar, jumlah daunnya berkisar 11-14 daun, tanaman juga memiliki tinggi 20cm-25cm dan panjang akar berkisar 6cm-10cm. Hasil selada dengan menggunakan alat ini juga memiliki tinggi tanaman yang lebih pendek namun memiliki akar yang lebih panjang dibandingkan hasil tanpa menggunakan alat ini.

2.4 ESP32-Cam

ESP32-CAM merupakan salah satu mikrokontroler yang memiliki fasilitas tambahan berupa bluetooth, wifi, kamera, bahkan sampai ke slot microSD. ESP32-CAM ini biasanya digunakan untuk project IoT (*Internet of Things*) yang membutuhkan fitur kamera. Modul ESP32CAM memiliki lebih sedikit pin I/O dibandingkan modul ESP32 produk sebelumnya, yaitu ESP32 Wroom. Hal ini dikarenakan sudah banyak pin yang digunakan secara internal untuk fungsi kamera dan fungsi slot kartu microSD. Selain itu, modul ESP32CAM juga tidak memiliki port USB khusus (mengirim program dari port USB komputer). Jadi untuk memprogram modul ini Anda harus menggunakan USB TTL atau kita dapat menambahkan modul tambahan berupa downloader khusus untuk ESP32-CAM.



Gambar 3 Rangkaian Modul ESP32Cam

Modul ESP32CAM memiliki 2 sisi dalam rangkaian modulnya. Di bagian atas terdapat modul kamera yang dapat dibongkar pasang dan ada microSD yang dapat diisi, serta flash sebagai lampu tambahan untuk kamera jika diperlukan. Di bagian belakang modul, terdapat antena internal, konektor untuk antena eksternal, pin male untuk I/O dan ESP32S sebagai otakny. Lebih jelasnya, kita dapat melihat spesifikasinya sebagai berikut:

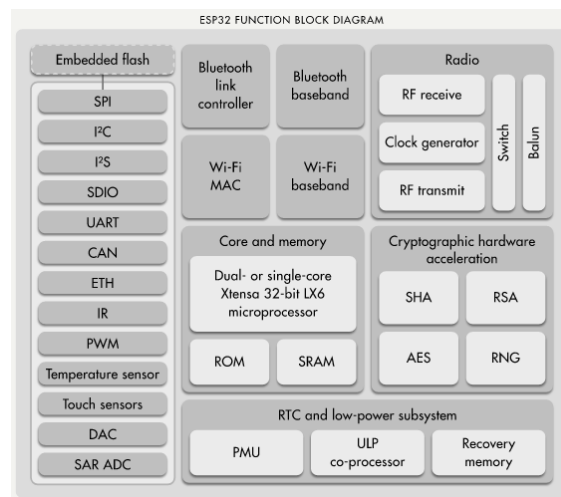
1. 802.11b/g/n Wi-Fi
2. Bluetooth 4.2 with BLE
3. UART, SPI, I2C and PWM interfaces
4. Clock speed up to 160 Mhz
5. Computing power up to 600 DMIPS
6. 520 KB SRAM plus 4 MB PSRAM
7. Supports WiFi Image Upload
8. Multiple Sleep modes
9. Firmware Over the Air (FOTA) upgrades possible

10. 9 GPIO ports

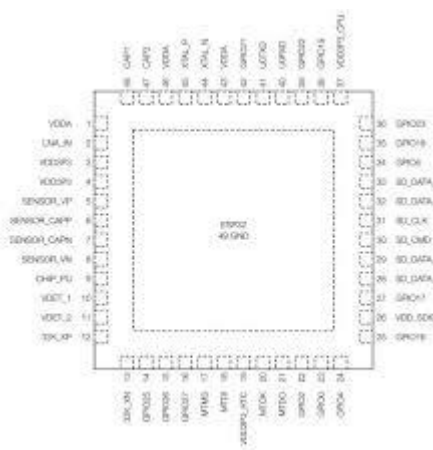
11. Built-in Flash LED

12. Kamera

Berikut blok diagram dari mikro controller ESP32- CAM, dapat diilustrasikan pada Gambar 4. Sedangkan pin layout dari mikro controller ESP32-CAM, dapat diilustrasikan pada Gambar 5.



Gambar 4 Blok diagram ESP32cam



menghubungkan kamera OV2640, slot untuk kartu memori dan chip ESP32. Gambar bisa disimpan di SD Card dalam format JPEG. Untuk menghubungkan modul ke komputer diperlukan adaptor dari URT ke USB. Pada kasus kali ini digunakan ESP32CAM-MB, ESP32-CAM merupakan USB TTL untuk menghubungkan ESP32CAM dengan komputer.



Gambar 6 ESP32CAM-MB

2.5 Segmentasi Citra

Segmentasi citra merupakan proses yang sangat penting di bidang visi komputer (computer vision). Proses segmentasi biasanya digunakan dalam klasifikasi gambar dan deteksi objek.

Segmentasi citra adalah metode memecah gambar digital menjadi beberapa sub kelompok yang disebut sebagai segmen. Biasanya proses pemecahan atau pengelompokan didasarkan pada karakteristik piksel dalam citra. Segmentasi citra dapat berupa pemisahan latar depan dari latar belakang atau pengelompokan wilayah piksel berdasarkan kesamaan warna atau bentuk.

Proses segmentasi citra membantu untuk mengurangi kompleksitas gambar ketika dilakukan pemrosesan lebih lanjut. Dengan memisahkannya menjadi segmen, maka analisis citra dapat menjadi lebih mudah, cepat, dan efisien.

Citra (image) merupakan istilah lain untuk gambar sebagai bentuk informasi visual yang memegang peranan penting dalam komponen multimedia. Pengolahan citra digital (Digital Image Processing) adalah sebuah disiplin ilmu yang mempelajari tentang teknik-teknik mengolah citra. Citra yang dimaksud disini adalah gambar diam (foto) maupun gambar bergerak (yang berasal dari webcam). Sedangkan digital disini mempunyai maksud bahwa pengolahan citra/gambar dilakukan secara digital menggunakan komputer (Pangaribuan, 2019).

Pengolahan citra digital adalah manipulasi dan interpretasi digital dari citra dengan bantuan komputer (Prabowo & Abdullah, 2018). Pengolahan citra bertujuan untuk:

1. Memperbaiki kualitas gambar, dilihat dari aspek *radiometric* dan aspek *geometric*. Aspek *radiometric* terdiri dari peningkatan kontras, restorasi citra, transformasi warna sedangkan aspek *geometric* terdiri dari rotasi, skala, translasi, transformasi *geometric*.
2. Melakukan proses penarikan informasi atau deskripsi objek atau pengenalan objek yang terkandung pada citra.
3. Melakukan pemulihan citra ciri (*feature images*) yang optimal untuk tujuan analisis.
4. Melakukan pemulihan citra ciri (*feature images*) yang optimal untuk tujuan analisis.

2.6.1 Otsu Tresholding

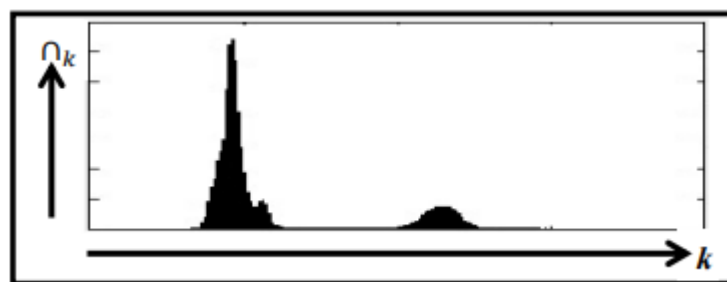
Thresholding merupakan teknik pemrosesan citra yang dapat mengubah citra ke derajat keabuan yang lebih rendah menggunakan satu atau lebih ambang batas. Ambang batas membagi intensitas piksel pada citra menjadi kelas-kelas terpisah, kemudian semua piksel dengan kelas yang sama akan diubah menjadi warna yang sama. Jika hanya ada satu ambang batas, maka intensitas piksel pada citra hanya akan terbagi menjadi dua kelas dan citra yang dihasilkan dari thresholding tersebut adalah citra biner (Panjaitan, 2019). Contoh dari citra hasil pemrosesan thresholding dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Contoh citra hasil thresholding

Metode otsu bertujuan untuk membagi histogram citra keabuan kedalam dua daerah yang berbeda secara otomatis tanpa adanya bantuan dari pengguna untuk memasukkan nilai ambang. Pendekatan yang dilakukan oleh metode otsu yaitu dengan analisis diskriminan yang menentukan suatu variabel sehingga dapat membedakan antara dua atau lebih kelompok yang muncul secara alami. Untuk memisahkan objek dengan latar belakang

analisis diskriminan akan memaksimumkan variabel tersebut (Putra, 2004). Untuk mendapatkan nilai threshold ada perhitungan yang harus dilakukan. Langkah awal yang harus dilakukan adalah membuat histogram. Histogram digunakan untuk mengetahui jumlah piksel untuk setiap tingkat keabuan. Histogram adalah grafik yang menunjukkan frekuensi kemunculan setiap nilai gradasi warna dapat dilihat pada gambar 2.6. Misalkan citra digital memiliki L derajat keabuan, yaitu dari nilai 0 sampai $L - 1$ (misalnya pada citra dengan kuantisasi derajat keabuan 8-bit, nilai derajat keabuan dari 0 sampai 255). Gambar 3 memperlihatkan contoh sebuah histogram citra, yang dalam hal ini k menyatakan derajat keabuan dan n_k menyatakan jumlah piksel yang memiliki nilai keabuan k .



Gambar 8 Histogram derajat keabuan

Histogram adalah alat bantu yang penting dalam proses segmentasi citra baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Kegunaan histogram antara lain untuk perbaikan kontras dengan teknik histogram *equalization* dan memilih nilai ambang untuk melakukan segmentasi objek (Sutoyo dkk., 2009).

2.6 Google Cloud

Google Cloud Platform (GCP) adalah kumpulan layanan komputasi awan yang ditawarkan oleh Google. GCP berjalan di atas infrastruktur yang sama yang digunakan oleh Google untuk produk internalnya, seperti Google Search, YouTube dan Gmail. Bersamaan dengan seperangkat alat manajemen, GCP menyediakan serangkaian layanan *cloud* modular termasuk komputasi, penyimpanan data, Analisis data dan pembelajaran mesin. Registrasi membutuhkan detail kartu kredit atau rekening bank.

2.6.1 Cloud Scheduler

Cloud Scheduler merupakan salah fitur yang digunakan dalam perancangan sistem ini. *Cloud Scheduler* adalah penjadwal tugas yang sepenuhnya terotomatisasi. Ini memungkinkan untuk menjadwalkan hampir semua pekerjaan, termasuk batch, big data, operasi infrastruktur *cloud*, dan banyak lagi. Dengan menggunakan fitur ini pekerjaan dapat

berjalan dengan otomatis, termasuk mencoba ulang jika terjadi kegagalan yang tinggi dan intervensi manual. *Cloud Scheduler* bahkan bertindak sebagai satu panel kaca, memungkinkan Anda mengelola semua tugas otomatis dari satu tempat. Beberapa kelebihan dari *Cloud Scheduler* yaitu :

1. Mengurangi beban kerja yang dijalankan secara manual
2. Operasi infrastruktur yang berjalan otomatis
3. Menjalankan pekerjaan secara terjadwal
4. Mengelola semua hal dalam satu tempat

2.6.2 Cloud Function

Google Cloud Functions adalah layanan komputasi berbasis peristiwa tanpa server dalam *Google Cloud Platform*. Pengembang dapat menggunakannya untuk membuat dan menerapkan fungsi pada program dalam *cloud* publik Google, tanpa harus menyediakan infrastruktur *cloud* yang mendasarinya seperti server, penyimpanan, dan sumber daya lainnya. *Google Cloud Functions* memungkinkan segmen kode kecil untuk melakukan tugas tertentu dan terbatas, yang biasanya terkait dengan memicu respons terhadap peristiwa dunia nyata dan yang digerakkan oleh perangkat lunak. Saat peristiwa memicu fungsi terkait, fungsi tersebut dimuat ke dalam lingkungan *cloud* yang disediakan dan dijalankan. Semua resource infrastruktur disediakan dan dipulihkan secara otomatis oleh *Google Cloud Platform (GCP)*. Setelah kode fungsi dijalankan, fungsi dan sumber daya yang terkait diberhentikan. Konsekuensinya, layanan *cloud function* diberi harga per fungsi, bukan berdasarkan sumber daya *cloud* yang digunakan. Fitur-fitur penting yang ada pada *cloud function* ini yaitu disederhanakannya proses pengembangan suatu program menjadi lebih baik dan lebih ditingkatkan, membayar hanya yang digunakan, dan menjaga keamanan program.

2.7 Logika Fuzzy

Fuzzy secara bahasa diartikan sebagai kabur atau samar samar. Suatu nilai dapat bernilai besar atau salah secara bersamaan. Dalam fuzzy dikenal derajat keanggotaan yang memiliki rentang nilai 0 (nol) hingga 1 (satu). Berbeda dengan himpunan tegas yang memiliki nilai 1 atau 0 (ya atau tidak) (Nasution, 2012).

Logika Fuzzy merupakan sesuatu logika yang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran (fuzzyness) antara benar atau salah. Dalam teori logika fuzzy suatu nilai bias bernilai benar atau salah secara bersama. Namun berapa besar keberadaan dan kesalahan suatu tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya. Logika fuzzy memiliki derajat

keanggotaan dalam rentang 0 hingga 1. Berbeda dengan logika digital yang hanya memiliki dua nilai 1 atau 0. Logika fuzzy digunakan untuk menterjemahkan suatu besaran yang diekspresikan menggunakan bahasa (linguistic), misalkan besaran kecepatan laju kendaraan yang diekspresikan dengan pelan, agak cepat, cepat, dan sangat cepat. Dan logika fuzzy menunjukkan sejauh mana suatu nilai itu benar dan sejauh mana suatu nilai itu salah. Tidak seperti logika klasik (crisp)/tegas, suatu nilai hanya mempunyai 2 kemungkinan yaitu merupakan suatu anggota himpunan atau tidak. Derajat keanggotaan 0 (nol) artinya nilai bukan merupakan anggota himpunan dan 1 (satu) berarti nilai tersebut adalah anggota himpunan.

Logika Fuzzy memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam dan putih, dan dalam bentuk linguistik, konsep tidak pasti seperti "sedikit", "lumayan" dan "sangat". Kelebihan dari teori logika fuzzy adalah kemampuan dalam proses penalaran secara bahasa (linguistic reasoning). Sehingga dalam perancangannya tidak memerlukan persamaan matematik dari objek yang akan dikendalikan.

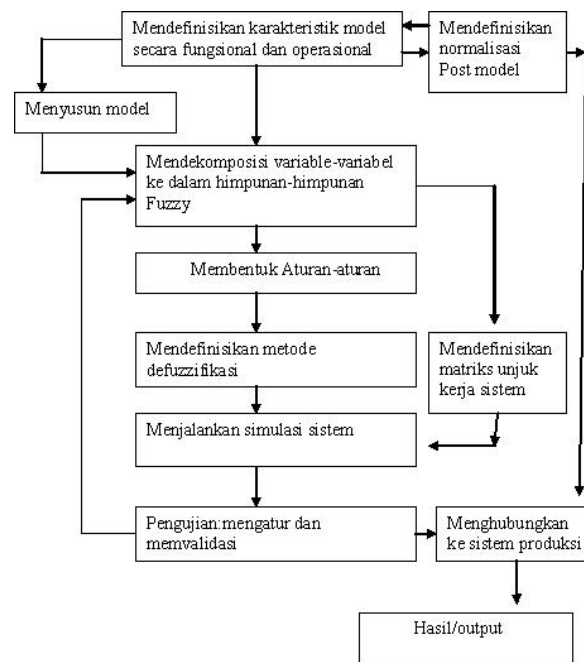
Logika Fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam ruang output. Untuk sistem yang sangat rumit, penggunaan logika fuzzy (fuzzy logic) adalah salah satu pemecahannya. Sistem tradisional dirancang untuk mengontrol keluaran tunggal yang berasal dari beberapa masukan yang tidak saling berhubungan. Karena ketidaktergantungan ini, penambahan masukan yang baru akan memperumit proses kontrol dan membutuhkan proses perhitungan kembali dari semua fungsi. Kebalikannya, penambahan masukan baru pada sistem fuzzy, yaitu sistem yang bekerja berdasarkan prinsip-prinsip logika fuzzy, hanya membutuhkan penambahan fungsi keanggotaan yang baru dan aturan-aturan yang berhubungan dengannya.

Secara umum, sistem fuzzy sangat cocok untuk penalaran pendekatan terutama untuk sistem yang menangani masalah-masalah yang sulit didefinisikan dengan menggunakan model matematis, misalkan, nilai masukan dan parameter sebuah sistem bersifat kurang akurat atau kurang jelas, sehingga sulit mendefinisikan model matematikanya. Sistem fuzzy mempunyai beberapa keuntungan bila dibandingkan dengan sistem tradisional, misalkan pada jumlah aturan yang dipergunakan. Pemrosesan awal sejumlah besar nilai menjadi sebuah nilai derajat keanggotaan pada sistem fuzzy mengurangi jumlah nilai menjadi sebuah nilai derajat keanggotaan pada sistem fuzzy mengurangi jumlah nilai yang harus dipergunakan pengontrol untuk membuat suatu keputusan. Keuntungan lainnya adalah sistem fuzzy mempunyai kemampuan penalaran yang mirip dengan kemampuan penalaran manusia. Hal ini disebabkan karena sistem fuzzy

mempunyai kemampuan untuk memberikan respon berdasarkan informasi yang bersifat kualitatif, tidak akurat, dan ambigu (Salman, 2010).

Menurut (Kusumadewi & Guswaludin, 2005), beberapa alasan penggunaan logika fuzzy adalah (1) logika fuzzy sangat fleksibel; (2) logika fuzzy memiliki toleransi; (3) konsep matematis yang mendasari penalaran fuzzy sangat sederhana dan mudah dimengerti; (4) logika fuzzy mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinear yang sangat kompleks; (5) logika fuzzy dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan; (6) logika fuzzy dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional; dan (7) logika fuzzy didasarkan pada bahasa alami.

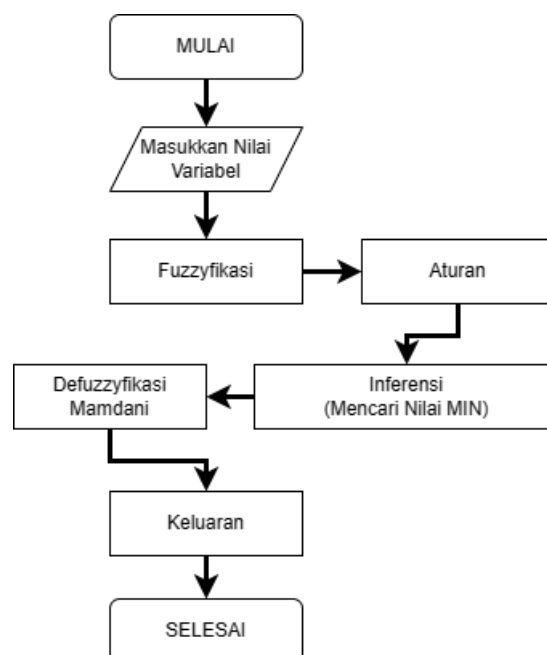
Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem fuzzy yaitu variabel fuzzy, himpunan fuzzy, semesta pembicaraan dan domain yang dapat dilihat pada gambar 2.9. Variabel Fuzzy merupakan variabel yang akan dibahas dalam sistem fuzzy misalnya umur, temperatur, permintaan, dsb. Himpunan Fuzzy merupakan suatu group yang mewakili suatu kondisi tertentu dalam variabel fuzzy misalnya variabel umur dibagi atas 3 himpunan fuzzy yaitu muda, parobaya, dan tua. Semesta Pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel fuzzy misalnya semesta pembicaraan variabel umur adalah 0 sampai 100. Domain adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam himpunan fuzzy misalnya domain umur muda 20 – 45, domain parobaya 25 – 65 dan domain tua 45 – 70.



Gambar 9 Langkah Umum Pengembangan Model Fuzzy

2.8.1 Metode Mamdani

Metode Fuzzy Mamdani merupakan salah satu bagian dari Fuzzy Inference System yang berguna untuk penarikan kesimpulan atau suatu keputusan terbaik dalam permasalahan yang tidak pasti. Metode Fuzzy Mamdani diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Metode Fuzzy Mamdani dalam prosesnya menggunakan kaedah-kaedah linguistik dan memiliki algoritma fuzzy yang dapat dianalisis secara matematika, sehingga lebih mudah dipahami. Proses pengambilan keputusan dengan menggunakan Metode Fuzzy Mamdani untuk memperoleh keputusan yang terbaik, dilakukan dengan melalui beberapa tahapan, yaitu pembentukan himpunan fuzzy; aplikasi fungsi implikasi; komposisi aturan; defuzzifikasi. Kelebihan pada Metode Fuzzy Mamdani adalah lebih spesifik, artinya dalam prosesnya Metode Fuzzy Mamdani lebih memperhatikan kondisi yang akan terjadi untuk setiap daerah fuzzynya, sehingga menghasilkan hasil keputusan yang lebih akurat. Selain itu juga, metode ini lebih cocok apabila input diterima dari manusia, sehingga lebih diterima oleh banyak pihak. Adapun kelemahan dari Metode Fuzzy Mamdani adalah metode ini hanya dapat digunakan untuk data dalam bentuk kuantitatif saja, tidak dapat dipergunakan untuk data yang berbentuk kualitatif. Metode Fuzzy Mamdani merupakan metode dalam penarikan kesimpulan yang paling mudah dimengerti oleh manusia, karena paling sesuai dengan naluri manusia. Sehingga dengan menggunakan Metode Fuzzy Mamdani akan menghasilkan keputusan terbaik untuk suatu permasalahan. Metode Fuzzy Mamdani dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu pembentukan himpunan fuzzy; aplikasi fungsi implikasi; komposisi aturan; defuzzifikasi. Adapun Flowchart dari proses fuzzy mamdani dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Flowchart Fuzzy Mamdani

1. Pembentukan Himpunan Fuzzy

Tahap pertama dari prosedur Metode Fuzzy Mamdani adalah pembentukan himpunan fuzzy atau dikenal pula dengan istilah fuzzifikasi. Fuzzifikasi merupakan proses yang dilakukan dengan mengtransformasi input himpunan tegas (crisp) ke dalam himpunan fuzzy (Ross, 2010). Hal ini dilakukan karena input yang digunakan awalnya adalah dalam bilangan tegas (real) dari suatu himpunan tegas (crisp). Himpunan fuzzy ini didasarkan pada tingkatan linguistiknya yang dikelompokkan dalam suatu variabel fuzzy. Sebagai ilustrasi, untuk variabel fuzzy berat badan mempunyai himpunan fuzzy sebagai berikut: kurus, sedang, dan gemuk. Pada setiap himpunan fuzzy tersebut ditentukan domain dan fungsi keanggotaan yang berikutnya digunakan untuk menentukan nilai keanggotaan setiap himpunan fuzzy berdasarkan variabel inputnya yang merupakan bilangan real, dimana nilai keanggotaan tersebut terletak pada interval $[0,1]$. Pada Metode Fuzzy Mamdani ini fungsi keanggotaan yang digunakan adalah fungsi keanggotaan trapesium, fungsi keanggotaan segitiga dan fungsi keanggotaan bahu kiri atau kanan. Hal ini dikarenakan pada fungsi keanggotaan trapesium terdapat dua titik dari himpunan fuzzy yang memiliki nilai keanggotaan satu. Apabila hanya terdapat satu titik dari himpunan fuzzy yang memiliki nilai keanggotaan satu, maka digunakan fungsi keanggotaan segitiga. Fungsi keanggotaan bahu kiri atau kanan digunakan untuk mengawali dan mengakhiri variabel suatu daerah fuzzy.

2. Aplikasi fungsi implikasi

Tahap kedua dari prosedur Metode Fuzzy Mamdani adalah penerapan fungsi implikasi. Fungsi implikasi merupakan struktur logika yang terdiri atas kumpulan premis dan satu konklusi. Fungsi implikasi berguna untuk mengetahui hubungan antara premis-premis dan konklusinya. Bentuk dari fungsi implikasi ini adalah dengan pernyataan IF is THEN is , dengan dan adalah skalar, serta A dan adalah himpunan fuzzy (Ade Lahsasna, 2010). Dalam istilah logika fuzzy, proposisi yang mengikuti IF disebut dengan antisenden, sedangkan proposisi yang mengikuti THEN disebut dengan konsekuen. Proposisi atau aturan fuzzy ini dapat diperluas dengan menggunakan penghubung fuzzy AND (interseksi). Secara umum aturan fuzzy memiliki bentuk,

$$IF (x_1 \text{ is } A_1) \text{ AND } (x_2 \text{ is } A_2) \text{ AND } \dots \text{ AND } (x_n \text{ is } A_n) \text{ THEN } y \text{ is } B$$

dimana, banyaknya n ditentukan berdasarkan jumlah dari variabel input fuzzy yang digunakan. Suatu proposisi ini digunakan untuk pembentukan keputusan

atau menghasilkan output dari proposisi yang telah ditentukan. Penentuan proposisi ini dibentuk berdasarkan kriteria-kriteria yang telah ditentukan dengan penilaian yang sesuai dengan objek, dan berdasarkan fakta yang diketahui. Setelah terbentuknya proposisi, selanjutnya adalah menentukan nilai keanggotaan berdasarkan aturan fuzzy yang telah dibentuk menggunakan fungsi implikasi Min. Pada fungsi implikasi Min, digunakan operator AND (interseksi), nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi dua himpunan atau lebih pada fungsi implikasi Min didefinisikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \alpha - \text{predikat} &= \mu_{A1}[x1] \cap \dots \cap \mu_{An}[xn] \\ &= \text{Min}(\mu_{A1}[x1] \dots \dots, \mu_{An}[xn]) \end{aligned} \quad (1)$$

Dimana, i adalah aturan fuzzy ke- i .

3. Komposisi aturan

Tahap ketiga dari prosedur Metode Fuzzy Mamdani adalah komposisi aturan. Pada tahap ketiga ini, suatu prosedur dengan tujuan untuk menentukan inferensi dari kumpulan dan korelasi antar aturan menggunakan Metode Max, dengan makna lain yaitu prosedur menggabungkan fungsi keanggotaan dari aturan aplikasi fungsi implikasi (Kusumadewi & Guswaludin, 2005) (Ade Lahsasna, 2010). Solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah fuzzy dan mengaplikasikannya ke dalam *output* (keputusan akhir) dengan menggunakan operator OR (union). Apabila semua proposisi telah dievaluasi, maka output akan berisi suatu himpunan fuzzy yang merefleksikan kontribusi dari setiap proposisi, proses penggabungan fungsi keanggotaan dengan menggunakan Metode Max dilakukan dengan menggunakan perumusan :

$$(x_i) = \max (\mu_{sf}(x_i), \mu_{kf}(x_i)) \quad (2)$$

dengan $\mu_{sf}(x_i)$ menyatakan nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke- i , $\mu_{kf}(x_i)$ menyatakan nilai keanggotaan konsekuensi fuzzy aturan ke- i .

4. Defuzzifikasi

Tahap terakhir dari prosedur Metode Fuzzy Mamdani adalah proses defuzzifikasi. Proses defuzzifikasi dipergunakan untuk menafsirkan nilai keanggotaan fuzzy menjadi keputusan tertentu atau bilangan real. Hal ini berarti

mengembalikan nilai besaran fuzzy menjadi nilai crisp (bilangan real), dan mengubah fuzzy output menjadi nilai crisp berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Proses defuzzifikasi ini perlu dilakukan, karena keputusan fuzzy atau output adalah tetap variabel linguistik dan variabel linguistik ini membutuhkan untuk dikonversi ke dalam variabel crisp. Input dari langkah defuzzifikasi adalah himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan fuzzy, sedangkan output, suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Oleh karena itu, apabila diketahui suatu himpunan fuzzy dalam suatu range tertentu, maka harus dapat diperoleh suatu nilai crisp (bilangan real) tertentu sebagai output atau hasil keputusannya. Metode yang dipergunakan dalam proses defuzzifikasi ini adalah defuzzifikasi dengan Metode Centroid (titik pusat). Metode ini memperhatikan kondisi setiap daerah fuzzynya, sehingga menghasilkan hasil yang lebih akurat (Salman, 2010). Metode centroid yaitu suatu metode dimana semua daerah fuzzy dari hasil komposisi aturan digabungkan dengan tujuan untuk membentuk hasil yang optimal dan mengambil titik pusat daerah fuzzy. Prosedur defuzzifikasi dengan menggunakan Metode Centroid, yaitu menentukan moment (integral dari masing-masing fungsi keanggotaan dari komposisi aturan), menentukan luas, dan menentukan titik pusat, proses dalam menentukan titik pusat daerah fuzzy dilakukan dengan menggunakan perumusan :

$$z^* = \frac{\int_z \mu(z)z dz}{\int_z \mu(z) dz} \quad (3)$$

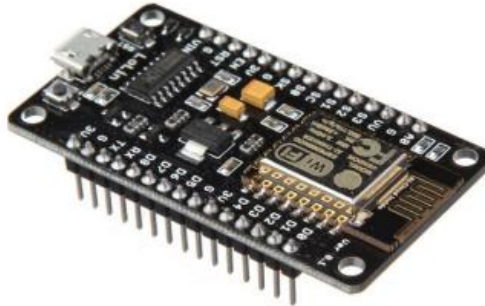
dengan z^* menyatakan nilai hasil defuzzifikasi/titik pusat daerah fuzzy, $\mu(z)$ menyatakan nilai keanggotaan, dan $\int \mu(z)z dz$ menyatakan momen untuk semua daerah hasil komposisi aturan.

Luas untuk setiap daerah hasil komposisi aturan dapat diperoleh dengan cara mencari luas berdasarkan bentuk dari masing-masing daerah hasil komposisi aturannya, atau dapat pula dengan menggunakan integral, yaitu $\int \mu(z)z dz$. Nilai dari z^* merupakan nilai hasil dari proses defuzzifikasi, nilai ini merupakan hasil dari keputusan akhir, dan disesuaikan dengan variabel linguistik dari himpunan fuzzy yang telah ditentukan pada proses awal, yaitu pembentukan himpunan fuzzy.

2.8 Masukan dan keluaran pada sistem

2.8.1 NodeMCU

NodeMCU adalah sebuah platform IoT yang bersifat *opensource*. Terdiri dari perangkat keras berupa System *On Chip* ESP8266 buatan *Esperessif System*.



Gambar 11 Perangkat NodeMCU

NodeMCU bisa dianalogikan sebagai board arduino yang terkoneksi dengan ESP8266 dilihat pada Gambar 11. NodeMCU telah mencakup ESP8266 ke dalam sebuah board yang sudah terintegrasi dengan berbagai fitur selayaknya mikrokontroler dan kapasitas akses terhadap wifi dan juga chip komunikasi yang berupa USB to serial. Sehingga dalam pemograman hanya dibutuhkan kabel data USB. Karena Sumber utama dari NodeMCU adalah ESP8266 khususnya seri ESP-12 yang termasuk ESP-12E. Maka fitur – fitur yang dimiliki oleh NodeMCU akan lebih kurang serupa dengan ESP-12. Beberapa fitur yang tersedia antara lain :

1. 10 port GPIO dari D0 – D10
2. Fungsionalitas PWM
3. Antarmuka I2C dan SPI
4. Antarmuka 1 Wire
5. ADC

2.8.2 Sensor Cahaya

Sensor cahaya yang digunakan adalah Modul Light Dependent Resistor. LDR merupakan suatu sensor yang apabila terkena cahaya maka tahanannya akan berubah. Biasanya LDR dibuat berdasarkan kenyataan bahwa film cadmium sulfide mempunyai tahanan yang besar kalau tidak terkena cahaya dan tahanannya akan menurun kalau permukaan film itu terkena cahaya.

Fotoresistor pada gambar adalah komponen elektronika yang resistansinya akan menurun jika ada perubahan intensitas cahaya yang mengenainya. Fotoresistor dibuat dari

semikonduktor beresistansi tinggi. Jika cahaya/foton dengan frekuensi yang cukup tinggi diserap oleh semikonduktor menyebabkan elektron dengan energi yang cukup untuk meloncat ke pita konduksi. Elektron bebas yang dihasilkan akan mengalirkan listrik, sehingga menurunkan resistansinya. Besar tahanan LDR/fotoresistor dalam kegelapan mencapai jutaan Ohm dan turun sampai beberapa ratus Ohm dalam keadaan terang. LDR dapat digunakan dalam suatu jaringan kerja pembagi potensial yang menyebabkan terjadinya perubahan tegangan kalau sinar yang datang berubah.

2.8.3 Sensor Kelembapan Tanah

Capacitive Soil Moisture Sensor adalah suatu alat yang dapat digunakan untuk mengukur kadar air atau kelembapan tanah. Pengaplikasian sensor ini biasa digunakan pada suatu tanaman, ada jenis tanaman yang tidak boleh terlalu lembab atau kering contohnya adalah jamur, sehingga kita membutuhkan adanya alat yang dapat mengukur kelembapan tanah. Ada 2 bagian yang berperan penting pada *Capacitive Soil Moisture Sensor* yaitu Penguji dan Modul.

Bagian Sensor untuk menguji berbentuk garpu dengan dua konduktor terbuka yang masuk ke tanah atau di tempat lain di mana kadar air akan diukur. Ia bertindak sebagai resistor variabel yang resistansinya bervariasi sesuai dengan kelembapan tanah.

2.8.4 Sensor Suhu dan Kelembapan Ruangan

DHT22 merupakan sensor yang dapat mengukur suhu dan juga kelembapan, sensor berikut ini mempunyai keluaran berwujud sinyal digital. Sensor DHT22 ini mempunyai pengaturan yang sangat akurat dengan bayaran suhu ruang pengaturan dengan nilai yang tersimpan yang ada di dalam memori OTP terpadu. Sensor DHT22 memiliki jangkauan pembacaan suhu dan kelembapan yang lumayan amat luas, Setidaknya sensor DHT22 juga mampu mendistribusikan sinyal keluaran via kabel dengan panjang hingga mencapai 20 meter sehingga sesuai dan dapat untuk ditempatkan walau berada di tempat jauh. Contoh yang sering digunakan sensor ini untuk membaca suhu dan kelembapan ruangan seperti kandang, kamar di rumah, gudang, dan lain-lain. Selain dapat membaca suhu dan kelembapan ruangan sensor ini juga dapat mengukur suhu dan kelembapan udara di luar ruangan. DHT22 dapat dilihat pada gambar 2.15

2.8.5 Firebase

Firebase adalah suatu layanan dari Google untuk memberikan kemudahan bahkan mempermudah para developer aplikasi dalam mengembangkan aplikasinya. Firebase alias

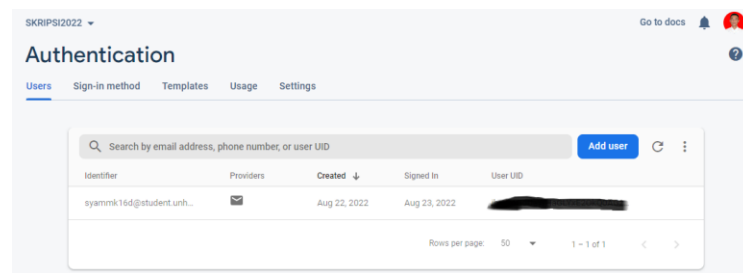
BaaS (Backend as a Service) merupakan solusi yang ditawarkan oleh Google untuk mempercepat pekerjaan developer.

Dengan menggunakan Firebase, apps developer bisa fokus dalam mengembangkan aplikasi tanpa memberikan effort yang besar untuk urusan backend.

Beberapa fitur dari firebase yang digunakan pada penelitian ini yaitu,

1. Firebase Authentication

Firebase Authentication adalah salah satu layanan back-end, fitur Android dan iOS, SDK yang mudah digunakan, dan tampilan interfaces yang siap pakai untuk mengautentikasi pengguna ke aplikasi yang kamu buat. Firebase Authentication mendukung autentikasi menggunakan nomor telepon, sandi, penyedia identitas gabungan populer seperti seperti Google, Facebook, dan sebagainya. Firebase Authentication pada sistem ini dapat dilihat pada Gambar 12 dibawah ini.



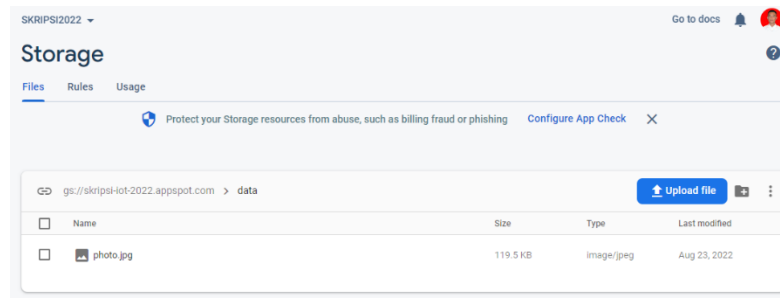
Gambar 12 Firebase Authentication

Firebase Authentication terintegrasi dengan fitur layanan Firebase lainnya. Sistem ini memanfaatkan berbagai jenis standar industri, seperti OAuth 2.0 dan OpenID Connect, yang memudahkan integrasi dengan backend khusus buatanmu.

2. Firebase Realtime Database

Firebase Realtime Database adalah database yang di-host melalui cloud. Data disimpan dan dieksekusi dalam bentuk JSON dan disinkronkan secara realtime ke setiap user yang terkoneksi. Hal ini berfungsi memudahkan kamu dalam mengelola suatu database dengan skala yang cukup besar. Ketika kamu membuat aplikasi lintas-platform/multiplatform menggunakan SDK Android, iOS, dan juga JS (JavaScript), semua pengguna akan berbagi sebuah instance Realtime Database dan menerima update-an data secara serentak dan otomatis.

Kemampuan lain dari Firebase Realtime *Database* adalah tetap responsif bahkan saat offline karena SDK Firebase Realtime *Database* menyimpan data langsung ke disk device atau memori lokal. Setelah perangkat terhubung kembali dengan internet, perangkat pengguna (user) akan menerima setiap perubahan yang terjadi. Contoh storage dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13 Storage Firebase

2.8.6 Thingspeak

ThingSpeak merupakan open source "*Internet of Things*" aplikasi dan API untuk menyimpan dan mengambil data dari hal-hal yang menggunakan HTTP melalui Internet atau melalui Local Area Network. Fitur dari Thingspeak :

1. Open API
2. Real-time data collection
3. Geolocation data
4. Data processing
5. Data visualizations
6. Device status messages
7. Plugins

Internet of Things (IoT) menyediakan akses ke berbagai perangkat embedded dan layanan web. ThingSpeak adalah platform IoT yang memungkinkan kita untuk mengumpulkan, menyimpan, menganalisis, memvisualisasikan, dan bertindak atas data dari sensor atau aktuator, seperti Arduino, Raspberry Pi, BeagleBone Hitam, dan perangkat keras lainnya. Misalnya, dengan ThingSpeak kita dapat membuat aplikasi sensor-logging, aplikasi pelacakan lokasi.

ThingSpeak berfungsi sebagai pengumpul data yang mengumpulkan data dari perangkat node dan juga memungkinkan data yang akan diambil ke dalam lingkungan perangkat lunak untuk analisis historis data. Unsur utama dari kegiatan ThingSpeak adalah saluran, yang berisi bidang data, bidang lokasi, dan bidang status. Setelah kita membuat saluran ThingSpeak, kita dapat menulis data ke saluran, proses dan melihat data dengan

kode MATLAB, dan bereaksi terhadap data dengan tweet dan alert lainnya. Ciri khas dari alur kerja ThingSpeak yaitu:

1. Buat Saluran dan mengumpulkan data
2. Menganalisis dan Visualisasikan data
3. UU data menggunakan salah satu dari beberapa Apps