

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *State of the Art*

Pada bagian ini peneliti mencantumkan berbagai hasil penelitian terdahulu terkait dengan penelitian yang hendak dilakukan, kemudian membuat ringkasannya. Berikut merupakan penelitian terdahulu yang masih terkait dengan tema yang penulis kaji.

Tabel 2.1 *State of the Art*

Penulis	Tahun	Judul	Metode	Hasil Penelitian
Rasna, Sitti Nur Alam	2022	Smart Farming Berbasis Iot pada Tanaman Cabai Untuk Pengendalian dan Monitoring Kelembaban Tanah Dengan Metode <i>Fuzzy</i> [14]	Metode <i>Fuzzy</i>	Dengan metode <i>fuzzy</i> , Secara keseluruhan sistem membutuhkan koneksi yang stabil untuk dapat mengirimkan dan menerima data dan Tidak ada perubahan yang signifikan antara tanaman cabai yang ditanam secara manual dan menggunakan sistem selama 10 hari, dan secara teori sistem ini mampu memberikan kelembaban tanah dan suhu udara yang dibutuhkan tanaman cabai.
I Kadek Dwi Antoro Oka, Bagus Putu Wahyu, Nirmala dan Made Adi Paramartha Putra	2022	Model IoT Berbasis <i>Fuzzy</i> Tsukamoto Untuk Penyemprotan Pestisida Otomatis Pada Tanaman Sayur Kubis[15]	Metode <i>fuzzy</i> tsukamoto	Hasil pengujian dapat bekerja dengan baik walaupun belum 100% tingkat sempurna. Untuk mendapatkan hasil kerja yang lebih presisi, rekomendasi masa mendatang berupa: penggunaan sensor yang lebih sensitif dan penambah beberapa membership function dan rule pada sistem <i>fuzzy</i> .

Tabel 2.1 *State of the Art* (Lanjutan)

Penulis	Tahun	Judul	Metode	Hasil Penelitian
Agus Ilham Palwa Samudra, Misbah	2020	Rancang Bangun Alat Penyiram Kecambah Otomatis Menggunakan Stm32f746g Discovery Dengan Metode <i>Fuzzy Logic</i> Control[16]	Metode <i>Fuzzy Logic</i> Control	Dengan Kontrol Logika <i>Fuzzy</i> Keadaan suhu dan kelembaban dapat. Dijaga pada < 30°C 63 % RH setelah proses penyiraman berhenti. Jika tanpa Kontrol Logika <i>Fuzzy</i> keadaan suhu dan kelembaban masih dibawah 30°C 63% RH. Waktu penyiraman saat tanpa menggunakan Kontrol Logika <i>Fuzzy</i> Membutuhkan waktu ± 4 menit mencapai batas minimum. Waktu penyiraman kecambah menggunakan control Logika <i>Fuzzy</i> membutuhkan waktu ± 5 menit mencapai batas minimum.
Rian Hermawan dan Gilang Handika Adji	2021	Sistem Penyiraman Tanaman Hias Otomatis Dengan Metode C4.5 Berbasis Iot (<i>Internet of Things</i>)[17]	Metode C4.5	Setelah melakukan penelitian ini penulis mendapatkan bahwa dengan adanya alat ini dapat mengurangi terjadinya tanaman hias yang layu/mati, dan juga dapat mempermudah untuk mengontrol tanaman. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode C4.5 yang mana metode ini digunakan untuk melakukan klasifikasi data dengan teknik pohon keputusan

Tabel 2.1 *State of the Art* (Lanjutan)

Penulis	Tahun	Judul	Metode	Hasil Penelitian
Fhizyel Nazareta, Fauziah, Gatot Soepriyono	2022	Smart Agriculture : Pengendalian Kelembapan Dan Suhu Pada Penyiraman Otomatis Tanaman Berbasis IoT[18]	Perbandingan keakuratan Algoritma <i>Fuzzy I</i> Nference	Rancang system dengan aturan <i>fuzzy inference</i> Tsukamoto memiliki akurasi yang Baik dari hasil pengukuran 100% data yang sesuai sedangkan aturan metode <i>fuzzy inference</i> mamdani mendapatkan data 45% yang sesuai dari minimal 20 detik dan penyiraman durasi Lama maksimal 30 detik. Hasil pengujian seluruh sistem yaitu hasil kuantitatif yaitu rata-rata durasi penyiraman yang dihasilkan metode tsukamoto 25 detik dan rata – rata yang dihasilkan pada metode mamdani 12 detik dan selisih presentase 51,94% dari pengukuran.
Budi Sugandi dan Jeki Armentaria	2021	Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Metode Logika <i>Fuzzy</i> [19]	Metode Logika <i>Fuzzy</i>	Sistem yang dikembangkan menghasilkan keluaran berupa durasi waktu penyiraman dalam empat kriteria yaitu sangat cepat, cepat, sedang dan lama. Hasil pengujian terhadap kondisi suhu menunjukkan error rata-rata sebesar 0.41%, sedangkan pengujian kelembaban menunjukkan error rata-rata sebesar 2.3%. Rata-rata durasi waktu penyiraman yang dihasilkan oleh sistem adalah 33.1 detik.

Tabel 2.1 *State of the Art* (Lanjutan)

Penulis	Tahun	Judul	Metode	Hasil Penelitian
Armanda Suryaningrat, Danny Kurnianto, Raditya Artha Rochmanto	2022	Sistem Monitoring Kelembaban Tanaman Cabai Rawit menggunakan Irigasi Tetes Gravitasi berbasis Internet Of Things (IoT)[20]	Menggunakan Irigasi Tetes Gravitasi	Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu menjaga kelembaban tanah pada nilai 60%-80% dengan volume air yang digunakan sebanyak 26,67 mililiter/menit..Selanjutnya hasil pengujian QoS untuk delay masuk pada kategori bagus dengan rata-rata 177,99 ms dan packet loss masuk kategori sangat bagus dengan nilai sebesar 0,02%
Astriana Rahma Putri, Suroso, Nasron	2019	Perancangan Alat Penyiram Tanaman Otomatis pada Miniatur <i>Greenhouse</i> Berbasis IOT[1]	Metode <i>fuzzy</i>	Pada alat penyiraman tanaman otomatis, IOT menghubungkan perangkat sensor dan pompa air untuk dapat dimonitor melalui jaringan internet. IOT dibangun dengan modul ESP8266 yang memungkinkan akses melalui internet. Perancangan hardware menggunakan mikrokontroler Arduino dengan <i>fuzzy</i> sebagai metode pengendalian. Data kemudian dikirim secara online ke situs open-source yang berfungsi sebagai web server. Web server digunakan sebagai pengontrolan dan monitoring data yang diakses melalui internet.

2.2 *Green House*

Greenhouse atau rumah tanaman merupakan struktur bangunan yang menyerupai rumah tertutup berfungsi sebagai wadah pertumbuhan tanaman yang sesuai dengan kebutuhan lingkungan tumbuh tanaman (Rizkiani et al., 2020) [21]. Rumah kaca atau *greenhouse* pada prinsipnya adalah sebuah bangunan yang terdiri atau terbuat dari bahan kaca atau plastik yang sangat tebal dan menutup diseluruh permukaan bangunan, baik atap maupun dindingnya. Didalamnya dilengkapi juga dengan peralatan pengatur *temperature* dan kelembaban udara serta distribusi air maupun pupuk. Bangunan ini tergolong bangunan yang unik dan cukup mahal, karena tidak semua tempat yang kita jumpai dapat ditemukan bangunan semacam ini.

Greenhouse biasanya hanya dimiliki oleh Perguruan Tinggi atau lembaga pendidikan, Balai Penelitian dan perusahaan yang bergerak dibidang bisnis perbenihan, bunga dan *fresh market* hortikultura. Namun di negara-negara pertanian yang sudah maju seperti USA, Australia, Jepang dan negara-negara Eropa sebagian besar tanaman hortikulturanya ditanam di rumah kaca. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *greenhouse* di mancanegara sudah umum dilakukan (A & Sumarni, 2020) [22]. Bahkan mungkin sudah berpuluh tahun sebelum negara kita mengadopsi teknologi tersebut.



Gambar 2.1 Green House

(Sumber : <https://kmc.tp.ugm.ac.id/kms/konsep-dan-manfaat-greenhouse/>)

Greenhouse yang digunakan di Indonesia sebagian besar digunakan untuk penelitian percobaan budidaya, percobaan pemupukan, percobaan ketahanan tanaman terhadap hama maupun penyakit, percobaan kultur jaringan, percobaan

persilangan atau pemuliaan, percobaan hidroponik dan percobaan penanaman tanaman diluar musim oleh para mahasiswa, para peneliti, para pengusaha dan praktisi disemua bidang pertanian. Sebenarnya ide awal untuk pembuatan bangunan *greenhouse* di Indonesia dilatarbelakangi oleh kegiatan penelitian yang dilakukan lembaga penelitian maupun dunia pendidikan. Adanya *greenhouse* yang mampu menciptakan iklim yang bisa membuat tanaman mampu berproduksi tanpa kenal musim ini ternyata juga mampu menghindarkan dari serangan hama dan penyakit yang tidak diujikan. Selain itu dengan adanya *Greenhouse* penyebaran hama dan penyakit yang diuji coba dapat dicegah. Hal ini berbeda dengan percobaan yang dilakukan di luar *greenhouse* dimana dalam waktu yang sangat singkat hama dan penyakit dapat cepat menyebar luas karena terbawa angin maupun serangga.

2.3 Tanaman Cabai

Cabai dengan nama latin *Capsicum annum L* adalah salah satu komoditas pertanian yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Pada cabai terdapat zat kapsaisin yang berfungsi sebagai stimulan dan mengakibatkan rasa terbakar di mulut jika dikonsumsi terlalu banyak. Selain itu, pada cabai juga terdapat zat kapsidin yang berkhasiat untuk mencegah terjadinya infeksi pada sistem pencernaan dan untuk membuat sekresi asam lambung menjadi lancar. Agar dapat tumbuh dan berkembang dengan optimal, tanaman cabai memerlukan kondisi lingkungan tertentu. Tabel 2.2 berikut merupakan kondisi lingkungan sebagai syarat tumbuh tanaman cabai

Tabel 2.2 Kondisi Lingkungan sebagai Syarat Tumbuh Tanaman Cabai

Parameter	Syarat Tumbuh Tanaman Cabai
Sinar matahari	Penyinaran secara penuh
Curah hujan	800-2000 mm/tahun
Suhu	21°C-28°C untuk siang hari dan 13°C-16°C untuk malam hari
Kelembapan	80%
Ketinggian tempat	Kurang dari 1400 m dpl
Tanah	pH 6-7

2.4 Penyiraman Tanaman

Penyiraman tanaman adalah salah satu pekerjaan yang monoton, rutin dan dilakukan secara konvensional yang biasanya memunculkan berbagai permasalahan. Salah satunya adalah tidak ada ukuran kuantitas air yang sama dalam tiap penyiraman yang akan mengakibatkan tanaman yang dirawat bisa mengalami kelebihan ataupun kekurangan air sehingga akhirnya mengalami pembusukan dan mati. Permasalahan akan lebih kompleks jika tanaman yang dirawat merupakan tanaman yang membutuhkan perawatan yang lebih spesifik dan intensif, karena dibutuhkan pola penyiraman yang spesifik dan intensif pula. Penyiraman tanaman yang hemat dan tepat waktu merupakan salah satu solusi. Sehingga akan membantu jika ada suatu sistem penyiraman otomatis yang dapat melakukan penyiraman secara merata sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 2.2 Penyiraman Tanaman

(Sumber : <https://www.republika.co.id/berita/oe21wr368/mahasiswa-buat-alat-penyiram-tanaman-otomatis>)

Penyiraman merupakan suatu hal yang tidak dapat dilepaskan didalam menjaga serta merawat tanaman agar tanaman tetap tumbuh dengan subur. Kebutuhan air yang cukup sangat mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Contohnya seperti tanaman cabai yang membutuhkan perhatian khusus karena jika tanaman ini tidak mendapatkan kondisi yang baik maka tanaman tidak dapat tumbuh dengan baik, bahkan akan berdampak fatal bagi tanaman tersebut. Penyiraman tanaman secara manual dapat mengganggu efisiensi waktu dan tenaga. Penyiraman pada tanaman dengan kelebihan atau kekurangan air dapat pula

mengurangi daya tahan maupun menyebabkan kematian pada tanaman itu sendiri. Sehingga berpotensi kerugian pada petani tanaman.

2.5 Pemupukan Tanaman

Pemupukan merupakan hal atau cara memberikan zat yang bertujuan untuk memelihara atau memperbaiki kesuburan tanah. Berdasarkan bahan bakunya, pupuk digolongkan menjadi dua, yaitu pupuk organik dan anorganik. Pupuk organik disebut pupuk alam karena seluruh atau sebagian besar pupuk ini berasal dari alam. Kotoran hewan, sisa (serasah) tanaman, limbah rumah tangga, dan batuan merupakan bahan dasar pupuk organik.



Gambar 2.3 Pemupukan Cair

(Sumber : <http://enero.co.id/pupuk-hayati-cair/>)

Kelebihan pupuk organik dibandingkan pupuk buatan (pupuk kimia) yaitu mampu memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah serta dapat mengurangi penggunaan bahan kimia pada produk pertanian (Sutedjo, 2008). Pupuk anorganik adalah pupuk non-alami yang diproduksi oleh industri sehingga dikenal juga dengan nama pupuk kimia atau pupuk buatan (Murbandono, 2003). Menurut Suwahyono (2011), pupuk anorganik tidak mampu memperbaiki kualitas tanah, berbeda dengan pupuk organik yang bisa berfungsi sebagai penyubur dan pembenah tanah. Djojosuwito.

2.6 *Water fogging and Cooling System*

Aplikasi sistem *water fogging* merupakan sistem pengabutan air melalui *mist nozzle* yang berfungsi untuk menjaga suhu sekaligus kelembaban udara dalam *mini screen house* yang hemat energi. *Nozzle* pada sistem pendinginan pengembunan

dipasang pada jaringan pipa yang kemudian didistribusikan ke beberapa titik di dalam *mini screen house* yang harus didinginkan. Jaringan pipa ini merupakan sistem distribusi dari sumber air dengan menggunakan pompa ke *nozzle*. Mekanisme kerja dari sistem pendinginan pengabutan ini diawali dengan mengalirkan air dari sumber air menggunakan pompa. Air tersebut dialirkan melewati pipa menuju *nozzle*. Pada *nozzle*, air yang ada akan diubah menjadi partikel yang sangat kecil karena diameter lubang keluaran *nozzle* yang kecil (berukuran 0,2 mm). Pengangkutan atau pemindahan fluida terjadi karena fluida menerima tekanan atau energi dari pompa untuk mengatasi hambatan aliran yang dialami fluida pada waktu mengalami pemindahan.

Desain *sistem water fogging* ini terdapat tiga sisi landas, yaitu landas bawah, tengah dan atas. Landas bawah adalah desain pemasangan *water fogging* yang diletakkan pada pipa yang disusun diatas tanah. Biasanya desain landas bawah digunakan untuk budidaya tanaman tumbuh pendek. Sedangkan landas tengah, didesain menggunakan penopang kayu atau besi sehingga *nozzle* utama berada diatasnya. Landas tengah diprioritaskan untuk jenis budidaya tanaman rapat dan luas. Sedangkan landas atas didesain dengan rangkaian yang membentuk pada atap *greenhouse*. Desain landas atas paling sering digunakan untuk tujuan *cooling system* ruang *greenhouse* dan jangkauan tanaman tinggi karena lebih mendistribusikan air secara merata dan optimal



Gambar 2.4 *Water Fogging and Cooling System*

(Sumber : <https://mushales.com>)

2.7 Fogging Set

Alat *fogger* berupa selang kecil hitam dengan panjang tertentu dan spesifikasi *noozle* pilihan adalah komponen paling penting pada sistem pengkautan ini. Bagian-bagiannya adalah *quick connector*, *thread faucet connector*, *single barb*, *tee*, *tubbing*, dan *adjustable misting noozle*. *Quick connector* adalah salah satu komponen dari perangkat *fogging set* yang berfungsi untuk mengkonesikan wiring pada *thread faucet connector*. *Adjustable misting noozle* adalah komponen yang memiliki fungsi untuk menyemburkan air yang dapat juga bertugas untuk potensio cipratan air pada *fogging set*, sedangkan 3 tee adalah komponen yang digunakan untuk menghubungkan selang dan *nozzle* dari satu sisi ke sisi lainnya. Selain itu dibutuhkan pula sebuah pompa DC sebagai penekan air untuk didistribusikan pada selang-selang *noozle*.



Gambar 2.5 *Fogging Set*

(Sumber : <https://mushales.com>)

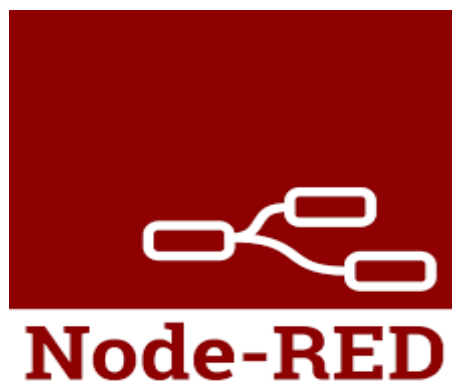
IoT (*Internet of Things*) pertama kali diperkenalkan oleh Kevin Ashton pada tahun 1999. Meski telah diperkenalkan sejak 19 tahun yang lalu, hingga kini belum ada sebuah konsensus global mengenai definisi IoT. Namun secara umum konsep IoT diartikan sebagai sebuah kemampuan untuk menghubungkan objek- objek cerdas dan memungkinkannya untuk berinteraksi dengan objek lain, lingkungan maupun dengan peralatan komputasi cerdas lainnya melalui jaringan internet

Dengan kata lain IoT merupakan suatu jaringan yang menghubungkan berbagai objek yang memiliki identitas pengenal serta alamat IP, sehingga dapat saling berkomunikasi dan bertukar informasi mengenai dirinya maupun lingkungan yang diinderanya. IoT dalam berbagai bentuknya telah mulai

diaplikasikan pada banyak aspek kehidupan manusia.

2.8 Node-Red

Node-RED adalah sebuah tool berbasis browser untuk membuat aplikasi *Internet of Things* (IoT) yang manalingkungan pemrograman visualnya mempermudah penggunanya untuk membuat aplikasi sebagai “*flow*”. Lanskap bahasa pemrograman sangatlah luas dan meliputi berbagai jenis gaya dan paradigma pemrograman. Bahasa imperatif berorientasi objek saat ini menguasai dunia pemrograman, namun begitu sebetulnya ada alternatif untuk pengembangan atau produksi software dan juga untuk membuat prototipe ide dengan cepat. Node-RED mengambil jalur alternatif tersebut untuk pengembangan *software*. Pertama, ia adalah Bahasa pemrograman visual. Daripada membuat aplikasi sebagai barisan kodingan, Node-RED fokus ke program sebagai *flow*.



Gambar 2.6 Aplikasi Node-Red

(Sumber : <https://ilyasakin.medium.com/node-red-is-bad-for-your-enterprise-grade-services-68d7215355f9>)

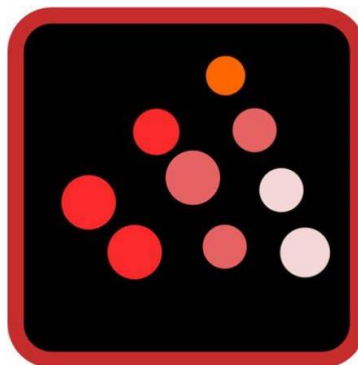
Node-RED menyediakan berbagai jenis node yang dapat membuat membuat developer langsung menjadi produktif, seperti:

1. Menampilkan *input* node dan *output* node yang mana mengizinkan subskripsi dan tanda terima dari topik MQ Telemetry Transport (MQTT) dan keluaran dari topik MQTT ke sebuah broker.
2. Mengembangkan layanan web melalui permintaan HTTP (beserta pembuatan balasan HTTP); dan TCP level rendah dah layanan User Datagram Protocol yang dapat membuat server, menerima *input*, dan menghasilkan *output*.

Membuat node dengan fungsi tersendiri (dalam JavaScript), menghasilkan pesan dengan pemicunya berbasis waktu, dan menunda pesan untuk menilai batas flow.

2.9 Scilab

Scilab adalah sebuah perangkat lunak yang dirancang dan dikembangkan untuk komputasi numerik serta untuk visualisasi data secara dua dimensi maupun tiga dimensi. Scilab juga merupakan sebuah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang berorientasi numerik. Scilab adalah suatu interpreter sehingga suatu kode program yang dibuat dapat dieksekusi secara langsung dan dilihat hasilnya tanpa harus melalui tahapan kompilasi. Scilab adalah sebuah *freeware* yang dapat digunakan secara gratis untuk keperluan pribadi maupun komersial. Scilab tersedia dalam berbagai macam sistem operasi utama, seperti Windows (XP, Vista, 7, 8), Linux, serta MacOS X.



Gambar 2.7 Logo Scilab

(Sumber : <https://github.com/ScilabOrg>)

2.10 Fuzzy Logic

Menurut Soleh (2013) *Fuzzy Logic* adalah metodologi sistem kontrol pemecahan masalah yang cocok untuk diimplementasikan pada sistem. Mulai dari sistem yang sederhana, sistem kecil, embedded system, jaringan PC, *multichannel* atau *workstation* berbasis akuisisi data dan sistem kontrol. Konsep *Fuzzy Logic* diperkenalkan oleh Prof. Lutfi Astor Zadeh pada 1962. Kelebihan *fuzzy logic* dapat

digunakan pada sebagian besar permasalahan yang terjadi di dunia nyata. Permasalahan di dunia nyata kebanyakan bukan biner dan bersifat non linier sehingga *fuzzy logic* cocok digunakan karena menggunakan nilai linguistik yang tidak linier. Beberapa alasan yang dapat diutarakan mengapa kita menggunakan *Fuzzy Logic* diantaranya adalah mudah dimengerti, memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat, mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinier yang sangat kompleks, dapat bekerja sama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional dan didasarkan pada bahasa alami. Kelebihan metode Mamdani dibandingkan metode sistem penalaran *fuzzy* lainnya yaitu bersifat intuitif, mencakup berbagai bidang dan sesuai dengan proses *input* informasi manusia.

Pemilihan metode seperti Mamdani, Sugeno, atau Tsukamoto tergantung pada kompleksitas masalah dan preferensi pengguna. Mamdani baik untuk mengatasi ketidakpastian dan kompleksitas dengan menggunakan aturan linguistik. Sugeno lebih cocok untuk model dengan keluaran numerik dan dapat menghasilkan solusi yang lebih tepat. Tsukamoto cocok untuk mengatasi variasi *input* dengan pendekatan yang lebih sederhana.

2.11.1 Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* adalah pengelompokan sesuatu berdasarkan variabel bahasa (linguistik variable) yang dinyatakan dengan fungsi keanggotaan (Saelan, 2009). Dalam logika *fuzzy* ada dua jenis himpunan, yaitu himpunan crisp (tegas) dan himpunan *fuzzy* (samar).

- a) Himpunan crisp (tegas) adalah himpunan yang menyatakan suatu obyek merupakan anggota dari satu himpunan dengan memiliki nilai keanggotaan (μ) = ya (1) atau tidak (0), oleh karena itu himpunan crisp disebut himpunan tegas.
- b) Himpunan *fuzzy* adalah himpunan yang menyatakan suatu obyek dapat menjadi anggota dari beberapa himpunan dengan nilai keanggotaan (μ) yang berbeda.

Menurut wulandari (2011) himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut yaitu:

- a) Linguistik, yaitu penamaan suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: LAMBAT, SEDANG, CEPAT.
- b) Numerik, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu

variabel, seperti: 40, 50, 60, dan sebagainya.

Hal – hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy* yaitu:

a) Variabel *Fuzzy*

Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang dibahas dalam suatu sistem *fuzzy* , variabel *fuzzy* terdiri dari beberapa himpunan *fuzzy* . Contoh: Variabel suhu, terbagi menjadi 5 himpunan *fuzzy* yaitu: dingin, sejuk, normal, hangat dan panas.

b) Himpunan *Fuzzy*

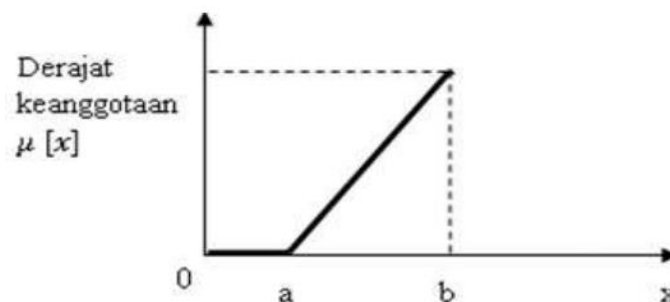
Himpunan *fuzzy* merupakan suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy* .

2.11.2 Fungsi Keanggotaan

Menurut wulandari (2011) Fungsi keanggotaan suatu himpunan *fuzzy* dapat ditentukan dengan fungsi linier, fungsi segitiga (triangel), trapesium (trapezoidal) atau Fungsi Gauss (Gaussian).

1. Fungsi Keanggotaan Linear

Pada fungsi linear, pemetaan *input* ke derajat keanggotannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Ada dua keadaan himpunan *fuzzy* linear, yaitu linear naik dan linear turun. Himpunan *fuzzy* linear naik, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak kekanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi. Seperti yang ditunjukkan Gambar 2.7

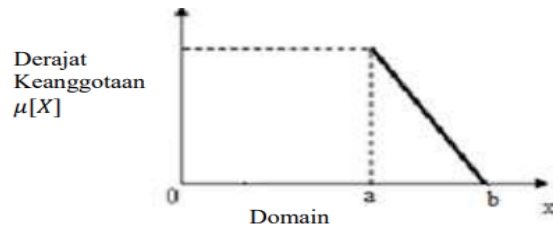


Gambar 2.8 Grafik fungsi keanggotaan linier (naik)

2. Fungsi Keanggotaan Garis Lurus

Himpunan *fuzzy* linear turun, garis lurus dimulai dari nilai domain dengan

derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah. Seperti yang ditunjukkan Gambar

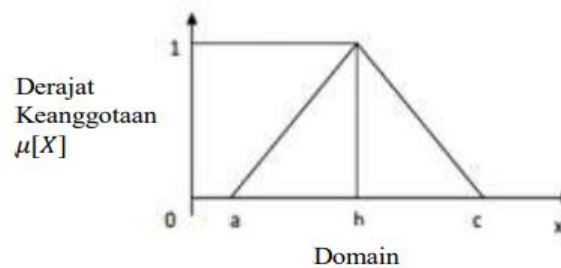


Gambar 2.9 Grafik fungsi keanggotaan linier (turun)

3. Fungsi Keanggotaan Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linier).

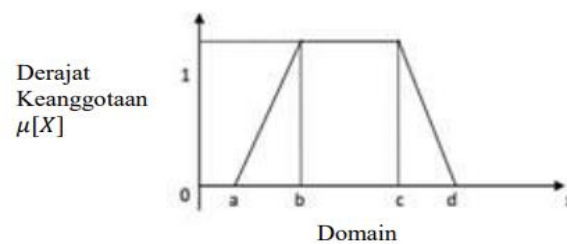
Bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 2.10 Grafik fungsi keanggotaan segitiga

4. Fungsi Keanggotaan Trapezium

Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Bentuk grafik sebagai berikut:

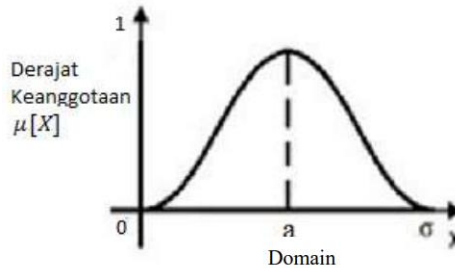


Gambar 2.11 Grafik fungsi keanggotaan trapesium

5. Fungsi keanggotaan Gaussian

Pada kurva yang memiliki representasi gaussian memiliki bentuk yang hampir sama dengan segitiga dengan permukaan yang tumpul. Biasanya kurva

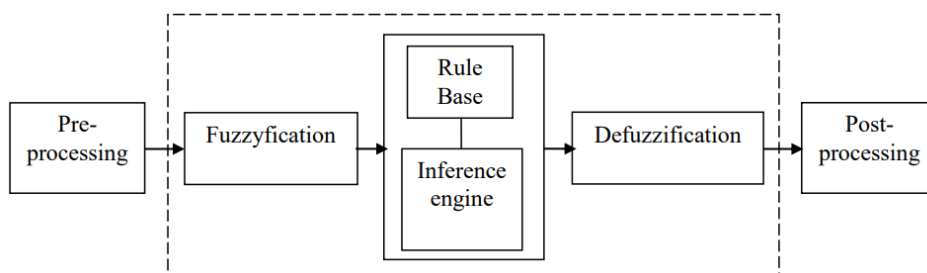
gaussian digunakan untuk mengolah data-data yang acak. Bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 2.12 Grafik fungsi keanggotaan trapesium

2.11.3 Sistem Berbasis Aturan *Fuzzy*

Pendekatan logika *fuzzy* diimplementasikan dalam tiga tahapan, yakni: fuzzifikasi, evaluasi rule (inferensi) dan defuzzifikasi.



Gambar 2.13 Tahapan sistem berbasis aturan *fuzzy*

1. *Fuzzy* fikasi

Fuzzy fikasi merupakan fase pertama dari perhitungan *fuzzy* yaitu mengubah masukan yang nilai kebenarannya bersifat pasti ke dalam bentuk *fuzzy input* yang berupa tingkat keanggotaan/tingkat kebenaran. Dengan demikian, tahap ini mengambil nilai-nilai crisp dan menentukan derajat di mana nilai-nilai tersebut menjadi anggota dari setiap himpunan *fuzzy* yang sesuai.

2. Inferensi

Inferensi adalah melakukan penalaran menggunakan *fuzzy input* dan *fuzzy rules* yang telah ditentukan sehingga menghasilkan *fuzzy output*. Secara sintaks, suatu *fuzzy rule* (aturan *fuzzy*) dituliskan sebagai berikut: *IF antecedent THEN*

consequent.

3. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah mengubah *fuzzy output* menjadi nilai tegas berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Sistem inferensi hanya dapat membaca nilai yang tegas, maka diperlukan suatu mekanisme untuk mengubah nilai *fuzzy output* itu menjadi nilai yang tegas. Itulah peranan defuzzifikasi yang memuat fungsi-fungsi penegasan dalam sistem, sehingga defuzzifikasi merupakan metode yang penting dalam pemodelan sistem *fuzzy*.

2.11.4 Metode Mamdani

Fuzzy Menurut Solikin (2011) Salah satu aplikasi logika *fuzzy* yang telah berkembang amat luas dewasa ini adalah sistem inferensi *fuzzy* (*Fuzzy Inference System / FIS*) yaitu kerangka komputasi yang didasarkan pada teori himpunan *fuzzy*, aturan *fuzzy* berbentuk *IF THEN* dan penalaran *fuzzy*. Misalnya penentuan produksi barang, sistem pendukung keputusan, sistem klasifikasi data, sistem pakar, sistem pengenalan pola, robotika dan sebagainya. Ada tiga metode dalam sistem inferensi *fuzzy* yang sering digunakan yaitu metode Tsukamoto, metode Mamdani dan metode Takagi Sugeno. Dalam penelitian ini akan dibahas penentuan kualitas kopi menggunakan metode Mamdani. Sistem ini berfungsi untuk mengambil keputusan melalui proses tertentu dengan mempergunakan aturan inferensi berdasarkan logika *fuzzy*. Metode Mamdani sering juga dikenal dengan Metode *Max-Min*. Metode ini dikenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan *output*, diperlukan 3 tahapan:

1. Pembentukan himpunan *fuzzy* Pada metode mamdani, baik variabel *input* maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.
2. Aplikasi fungsi implikasi (aturan) Pada metode mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min.
3. Komposisi Aturan Tidak seperti penalaran monoton, apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy* yaitu : *max*, *additive* dan *probabilistic OR*.

a. Metode Max (Maximum)

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maximum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy* dan mengaplikasikannya *output* dengan menggunakan operator *OR (union)*. Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka *output* akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi. Ada beberapa metode defuzzifikasi pada komposisi aturan mamdani, secara umum dapat dituliskan:

$$\mu_{sf}[xi] \leftarrow \max(\mu_{sf}[xi]\mu_{kf}[xi]) \dots (2.1)$$

Apabila digunakan fungsi implikasi *Min*, maka metode komposisi sering disebut dengan nama *Max-Min* atau *Min-Max* atau Mamdani.

b. Metode Additif (sum)

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan bounded-sum terhadap semua *output* daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan:

$$\mu_{sf}[xi] \leftarrow \min(1, \mu_{sf}[xi] + \mu_{kf}[xi]) \dots (2.2)$$

c. Metode Probalistik OR (probor)

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan produk terhadap semua *output* daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan :

$$\mu_{sf}[xi] \leftarrow (\mu_{sf}[xi] + \mu_{kf}[xi]) - (\mu_{sf}[xi] - \mu_{kf}[xi]) \dots (2.3)$$

4. Penegasan (defuzzifikasi)

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*. *Output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output*.

Ada beberapa metode defuzzikasi pada komposisi aturan mamdani, antara lain:

a. Metode Centroid (*Composite Moment*)

Pada metode ini solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (z^*) daerah *fuzzy*. Secara umum dirumuskan:

$$z^* = \frac{\int_z z \mu(z) dz}{\int_z \mu(z) dz} \text{ untuk variabel kontinu} \quad \dots (2.4)$$

$$z^* = \frac{\sum_{j=i}^n z j^\mu(z_j)}{\sum_{j=i}^n \mu(z_j)} \text{ untuk variabel diskrit} \quad \dots (2.5)$$

b. Metode Bisektor

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain *fuzzy* yang memiliki nilai keanggotaan separuh dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan:

$$z_p \text{ sedemikian sehingga } \int_{R_i}^p \mu(z) dz = \int_p^{R_n} \mu(z) dz \quad \dots (2.6)$$

c. Metode *Mean Of Maximum* (MOM)

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

d. Metode *Largest Of Maximum* (LOM)

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

e. Metode *Smalles Of Maximum* (SOM)

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

2.11 *Capacitive Soil Moisture*

Sensor kelembaban tanah kapasitif (*Capacitive Soil Moisture Sensor*) adalah sensor untuk mendeteksi kelembaban tanah, sensor ini dapat diintegrasikan dengan mikrokontroler seperti Arduino. Sensor kelembaban tanah ini umumnya dimanfaatkan pada pertanian untuk membuat sistem penyiraman otomatis atau untuk memantau kelembaban tanah tanaman secara offline maupun online.

Cara kerja sensor kelembaban tanah kapasitif adalah ketika sensor mendeteksi kondisi tanah dalam keadaan kering maka tegangan *output*nya akan meningkat, namun saat kondisi tanah terdeteksi basah maka tegangan *output* sensor

akan menurun. Tegangan *output* sensor ini dapat dipantau melalui serial monitor pada Arduino IDE dalam bentuk nilai analog 0 – 1023. Nilai analog ini digunakan sebagai parameter untuk mengukur kelembapan tanah. Modul sensor kelembapan tanah memiliki 3 pin yaitu VCC, GND, dan AOUT. Pin Aout inilah yang mengeluarkan tegangan analog yang menunjukkan nilai kelembapan tanah. Pin Aout ini kemudian dapat dihubungkan ke sistem mikrokontroler atau komputer melalui pin Analog Digital. Pada beberapa sistem processing yang tidak memiliki pin analog (seperti komputer), Anda akan membutuhkan modul ADC (Analog to Digital Converter) untuk mengubah tegangan analog *output* sensor menjadi nilai yang dapat dibaca komputer.

Tabel 2.3 Spesifikasi Sensor *Capacitive Soil Moisture*

No.	Nama	Spesifikasi
1.	Pin Out	VCC, GND, A _{OUT}
2.	Tegangan Masukan	3,3 ~ 5,5 VDC
3.	Tegangan Keluaran	0 ~ 3,0 VDC
4.	<i>Interface</i>	PH2.0 – 3P
5.	Ukuran	98mm × 23mm (3,86in × 0,905in)
6.	Berat	15 g

Sensor *soil moisture* merupakan sensor analog. Data yang diberikan berupa tegangan dengan rentang tertentu. Sensor ini merupakan sensor yang bersifat kapasitif. Nilai kapasitansi akan menentukan perubahan tegangan sebagai *input* pada mikrokontroler. Akuisisi data tegangan memerlukan pembagian tegangan. Pembagian tegangan memerlukan perbedaan impedansi. Impedansi memerlukan arus bolak-balik yang dapat dibuat dengan menggunakan rangkaian osilator pada sensor *soil moisture*. Karakter dari sensor ini bergantung jumlah *bit* pada mikrokontroler yang digunakan (Lee, 2013).



Gambar 2.14 Sensor *Capacitive Soil Moisture*

Sumber : <https://robokits.co.in/sensors/water-moisture/capacitive-soil-moisture-sensor-v1.2>)

Modul sensor kelembapan tanah kapasitif ini memiliki 3 pin yaitu VGC, GND, dan AOUT. Pin AOUT inilah yang mengeluarkan tegangan analog yang menunjukkan nilai kelembapan tanah. Pin AOUT ini kemudian dapat dihubungkan ke sistem mikrokontroler atau komputer melalui pin Analog Digital. Sensor kelembapan tanah ini umumnya dimanfaatkan pada pertanian untuk membuat sistem penyiraman otomatis.

ADC *Value* disini merupakan nilai analog yang didapat seperti diketahui nilainya berkisar dari 0 – 1023. Dalam penelitian ini, tanaman umumnya dapat diklasifikasikan untuk kebutuhan air menjadi tiga tingkatan sebagaimana dijelaskan dalam tabel 2.4. Tabel 2.4 merupakan tiga tingkatan kelembapan tanah di ADC dan nilai presentase untuk sensor kelembapan.

Tabel 2.4 Tiga Tingkat Kelembapan Tanah.

ADC	PERCENTAGE	SOIL CONDITION
614 ~ 1023	40 ~ 0	<i>Low</i>
307 ~ 613	70 ~ 41	<i>Medium</i>
0 ~ 306	100 ~ 71	<i>High</i>

Tabel 2.5 Nilai Kelembapan Tanah

No.	Kelembapan (RH)	Nilai ADC (Bit)
1.	0	1023
2.	10	921
3.	20	818
4.	30	716
5.	40	614
6.	50	511
7.	60	409
8.	70	307
9.	80	205
10	90	102
11.	100	0

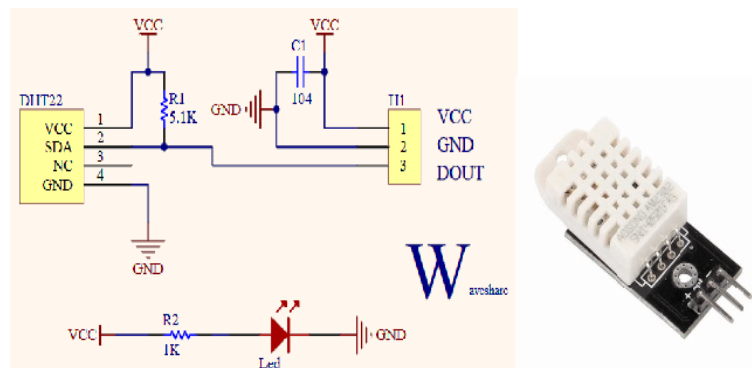
2.12 Sensor DHT 22

Sensor DHT22 merupakan alat yang digunakan untuk mendeteksi perubahan pada lingkungan, baik itu perubahan mekanis, panas, cahaya dan lain sebagainya. Sensor terdiri dari bagian pemancar dan bagian penerima. Dalam lingkup robotika, sensor memberikan kesamaan fungsi seperti indera pada manusia[6].

DHT-22 adalah chip tunggal kelembaban relatif dan multi sensor suhu yang terdiri dari modul yang dikalibrasi keluaran digital. Pada pengukuran suhu data yang dihasilkan 14 bit, sedangkan untuk kelembaban data yang dihasilkan 12 bit. Keluaran dari DHT-22 adalah digital sehingga untuk mengaksesnya diperlukan pemrograman dan tidak diperlukan pengkondisian sinyal atau (ADC).

DHT-22 terdiri dari komponen penginderaan kelembaban, sensor suhu NTC (atau termistor) dan IC di sisi belakang sensor. Untuk mengukur kelembaban mereka menggunakan komponen penginderaan kelembaban yang memiliki dua elektroda dengan substrat penahan kelembaban di antaranya. Jadi saat kelembaban berubah, konduktivitas substrat berubah atau resistansi antara elektroda ini berubah. Perubahan resistansi ini diukur dan diproses oleh IC yang membuatnya

siap dibaca oleh mikrokontroler. Sedangkan untuk mengukur suhu sensor ini menggunakan sensor suhu NTC atau thermistor. Termistor sebenarnya adalah resistor variabel yang mengubah resistansinya dengan perubahan suhu. Sensor ini dibuat dengan sintering bahan semikonduktif seperti keramik atau polimer untuk memberikan perubahan resistansi yang lebih besar hanya dengan perubahan suhu yang kecil.



Gambar 2.15 Sensor DHT22

(sumber : Budi Herdiana, Muhammad Habibi Barkatullah, 2018)

Tabel 2.6 Spesifikasi sensor suhu dan kelembaban DHT22

1	Tegangan <i>input</i>	3,3-6 VDC
2	Sistem komunikasi	Serial (single-wire two way)
3	Range suhu	-40°C - 80°C
4	Range kelembaban	0% - 100% RH
5	Akurasi	$\pm 2^{\circ}\text{C}$ (<i>temperature</i>) $\pm 5\%$ RH

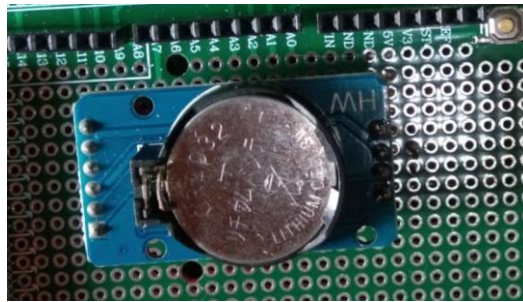
Sensor kelembaban umumnya tersusun menggunakan bahan keramik, semikonduktor, dan polimer. Sensor ini didasarkan pada perubahan konduktivitas atau permitivitas dielektrik dari bahan penginderaan higroskopis karena adsorpsi dan desorpsi molekul uap air ketika terkena lingkungan yang lembab. (Puspasari et al., 2020).

2.13 RTC (*Real Time Clock*)

RTC (*Real time clock*) adalah jam elektronik berupa chip yang dapat menghitung waktu (mulai detik hingga tahun) dengan akurat dan

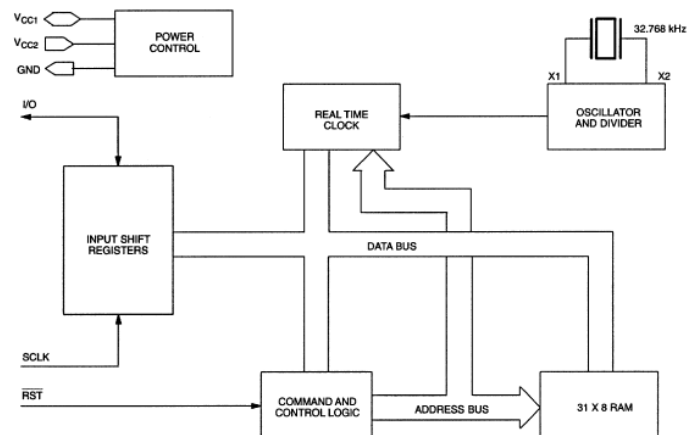
menjaga/menyimpan data dalam waktu tersebut secara *real time*. Karena jam tersebut bekerja *real time*, maka setelah proses hitung waktu dilakukan *output* datanya langsung disimpan atau dikirim ke *device* lain melalui sistem antarmuka. Fungsi pin dari komponen RTC DS1302 adalah sebagai berikut

1. Pin VCC (Nomer 8) berfungsi sebagai sumber *energy* listrik utama. Tegangan kerja dari komponen ini adalah 5Volt, dan ini sesuai dengan tegangan kerja dari mikrokontroler Arduino board.
2. Pin GND (Nomor 4) harus dihubungkan ground yang dimiliki oleh komponen module RTC dengan ground dari batre back-up.
3. SCL berfungsi sebagai saluran *clock* untuk komunikasi data antara mikrokontroler dengan RTC.
4. SDA berfungsi sebagai saluran data untuk komunikasi data antara mikrokontroler dengan RTC.
5. X1 dan X2 berfungsi untuk saluran *clock* yang bersumber dari Kristal eksternal.
6. Vbat berfungsi sebagai saluran *energy* listrik dari baterai eksternal.



Gambar 2.16 *Real Time Clock*

(Sumber : <https://proyekarduino/pengetahuan-dasar-rtc-ds1307/>)



Gambar 2.17 Diagram blok *Real time clock*

2.14 Sensor Ultrasonic

Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Cara kerja sensor ini didasarkan pada prinsip dari pantulan suatu gelombang suara sehingga dapat dipakai untuk menafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu. Disebut sebagai sensor ultrasonik karena sensor ini menggunakan gelombang ultrasonik (bunyi ultrasonik).

Gelombang ultrasonik adalah gelombang bunyi yang mempunyai frekuensi sangat tinggi yaitu 20.000 Hz. Bunyi ultrasonik tidak dapat didengar oleh telinga manusia. Bunyi ultrasonik dapat didengar oleh anjing, kucing, kelelawar, dan lumba-lumba. Bunyi ultrasonik bisa merambat melalui zat padat, cair dan gas. Reflektivitas bunyi ultrasonik di permukaan zat padat hampir sama dengan reflektivitas bunyi ultrasonik di permukaan zat cair. Akan tetapi, gelombang bunyi ultrasonik akan diserap oleh tekstil dan busa.



Gambar 2.18 Sensor Ultrasonik

(Sumber : <https://www.nn-digital.com/blog/2019/07/31/cara-kerja-sensor-hc-sr04-dan-contoh-program-dengan-arduino/>)

Di dalam penelitian ini penulis menggunakan sensor ultrasonik sebagai pendeteksi jarak yang berfungsi untuk mendeteksi kesediaan air pada tangki air untuk menyiram tanaman dan tangka pupuk cair untuk pemupukan tanaman, sehingga jika hasil deteksi sensor ultrasonik air di dalam tangki pada keadaan hampir habis maka secara otomatis muncul notifikasi pada perangkat yang terhubung sehingga ketersediaan air pada tangki dapat termonitor tanpa harus memantau langsung ke tangki.

Sensor ini dapat mengukur jarak antara 3 cm sampai 300 cm. Pulsa yang merepresentasikan jarak merupakan *output* dari sensor ini. Lebar pulsa yang dihasilkan modul sensor ultrasonik ini bervariasi dari 115 uS sampai 18,5 mS. Secara prinsip modul sensor ultrasonik ini terdiri dari sebuah chip pembangkit sinyal 40KHz, sebuah speaker ultrasonik dan sebuah mikropon ultrasonik. Speaker ultrasonik mengubah sinyal 40 KHz menjadi suara sementara mikropon ultrasonik berfungsi untuk mendeteksi pantulan suaranya.

Untuk spesifikasi sensor Ultrasonik dapat dilihat pada tabel 2.7

Tabel 2.7 Spesifikasi Sensor Ultrasonik

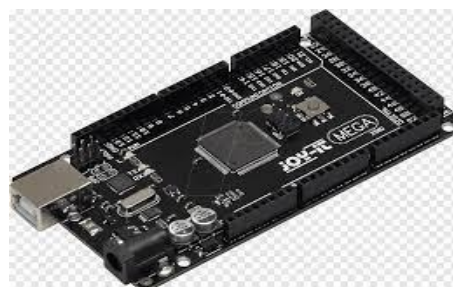
No.	Nama	Spesifikasi
1.	<i>Power Supply</i>	+5V DC
2.	<i>Quiescent Current</i>	2 mA
3.	<i>Working Current</i>	15 mA
4.	<i>Effectual Angle</i>	15
5.	<i>Ranging Distance</i>	2cm 400cm/1 13ft

6.	<i>Resolution</i>	0.3 cm
7.	<i>Measuring Angle</i>	30 degree
8.	<i>Dimension</i>	45mm x 20mm x 15mm

2.15 Arduino Mega 2560

Arduino adalah *board* berbasis mikrokontroler atau papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Mikrokontroler itu sendiri adalah chip atau IC (*integrated circuit*) yang bisa di program menggunakan komputer. Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca *input*, memproses *input* tersebut dan kemudian menghasilkan *output* sesuai yang diinginkan. Jadi mikrokontroler bertugas sebagai otak yang mengendalikan proses *input*, dan *output* sebuah rangkaian elektronik.

Pada gambar 2.22 merupakan jenis chip Arduino Mega tipe 2560, Arduino Mega 2560 adalah papan pengembangan mikrokontroller yang berbasis Arduino dengan menggunakan chip ATmega2560. *Board* ini memiliki pin I/O yang cukup banyak, sejumlah 54 buah digital I/O pin (15 pin diantaranya adalah PWM), 16 pin analog *input*, 4 pin UART (*serial port hardware*). Arduino Mega 2560 dilengkapi dengan sebuah *oscillator* 16 Mhz, sebuah port USB, *power jack* DC, ICSP *header*, dan tombol *reset*. *Board* ini sudah sangat lengkap, sudah memiliki segala sesuatu yang dibutuhkan untuk sebuah mikrokontroller. Berikut ini gambar 2.18 adalah arduino mega 2560.



Gambar 2.19 Arduino Mega 2560

(Sumber : <https://www.png wing.com/id/free-png-hvloc>)

Dengan penggunaan yang cukup sederhana, anda tinggal menghubungkan *power* dari USB ke PC anda atau melalui adaptor AC/DC ke *jack* DC.

Tabel 2.8 Spesifikasi Arduino Mega 2560

No.	Keterangan	Spesifikasi
1.	<i>Chip mikrokontroller</i>	ATmega 2560
2.	Tegangan operasi	5 V
3.	Tegangan <i>input</i> (via <i>jack</i> DC)	7 V – 12 V
4.	Tegangan <i>input</i> (limit, via <i>jac</i> DC)	6 V – 20 V
5.	Digital I/O pin	54, 6 diantaranya PWM <i>output</i>
6.	<i>Analog Input pin</i>	16 buah
7.	Arus DC per pin I/O	20 mA
8.	Arus DC pin 3.3V	50 Ma
9.	Memori Flash	256 KB, 8 KB
10.	SRAM	8 KB
11.	EEPROM	4 KB
12.	<i>Clock speed</i>	16 Mhz
13.	Dimensi	101.5 mm x 53.4 mm
14.	Berat	37 g

2.16 Multiplexer

Multiplexer adalah rangkaian digital yang tersusun dari gerbang logika berkecepatan tinggi. Dimana perangkat tersebut merupakan komponen yang terdiri dari jalur *input*, terminal pengendali, dan juga jalur *output*.

Mux juga dikenal dengan istilah data selector atau perangkat pemilih data. Hal tersebut dikarenakan *multiplexer* memang bekerja seperti pada saklar *rotary*.

Yaitu bertugas untuk memisahkan sinyal multiplex lalu kemudian memprosesnya dan menghubungkannya menjadi satu yaitu menuju jalur *output*.

Jadi, sinyal yang masuk pada *input*, baik yang terdiri dari sinyal analog ataupun digital berkecepatan rendah nantinya akan digabungkan. Setelah itu baru bisa dipilih hingga kemudian ditransmisikan sehingga menjadi kombinasi logika dengan kecepatan yang lebih tinggi. Untuk tahapan selanjutnya yakni dapat dialihkan menuju jalur *output* sesuai dengan logika awal.



Gambar 2.20 *multiplexer*

(Sumber : <https://madengineer.com/apa-itu-multiplexer/>)

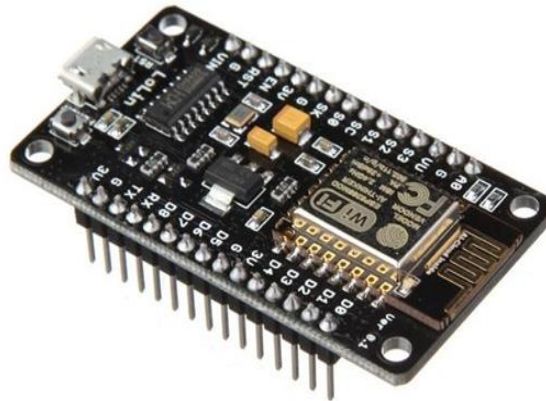
2.17 Catu Daya

Arduino Mega dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya *eksternal*. Tegangan dari baterai dapat dimasukkan ke dalam header pin GND dan Vin dari konektor *power*. Jika menggunakan lebih dari 12 Volt, regulator tegangan bisa panas dan merusak *board*. Rentang yang dianjurkan adalah 7-12 Volt. Pin catu daya adalah sebagai berikut :

- a. VIN. Tegangan *input* ke papan Arduino ketika menggunakan daya eksternal.
- b. 5V. Catu daya yang diatur digunakan untuk daya mikrokontroler dan komponen lain di papan tulis. Hal ini dapat datang baik dari VIN melalui regulator *onboard*, atau disediakan oleh USB atau suplai 5V yang lain.
- c. 3V3. Sebuah pasokan 3,3 volt yang dihasilkan oleh regulator *onboard* menarik arus maksimum adalah 50 mA.
- d. GND. *Ground* pins.

2.18 NodeMCU ESP8266

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



Gambar 2.21 Node MCU ESP8266

(Sumber : <https://raharja.ac.id/2021/11/16/mikrokontroler-esp32-2/>)

NodeMCU bisa dianalogikan sebagai board arduino yang terkoneksi dengan ESP8266. NodeMCU telah me-*package* ESP8266 ke dalam sebuah board yang sudah terintegrasi dengan berbagai feature selayaknya *mikrokontroler* dan kapasitas ases terhadap wifi dan juga *chip* komunikasi yang berupa USB to serial. Sehingga dalam pemrograman 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

Tabel 2.9 NodeMCU ESP8266

Mikrokontroler	ESP8266
Ukuran Board	57 mmx 30 mm
Tegangan <i>Input</i>	3.3 – 5V
GPIO	13 PIN
Kanal PWM	10 Kanal
10 bit ADC Pin	1 pin

Flash Memory	4 MB
Clock Speed	40/26/24 MHz
WiFi	IEEE 802.11 b/g/n
Frekuensi	2.4 GHz – 22.5Ghz
USB Port	Micro USB
Card Reader	Tidak Ada
USB to Serial Converter	CH340G

2.19 Relay

Relay ialah perangkat elektronik serba guna dengan fungsi sebagai pemutus sumber tegangan apabila ada konsleting atau kebakaran maupun ada kerusakan pada piranti elektronik sehingga piranti elektronik tersebut tidak rusak secara langsung. *Relay* adalah sebuah komponen atau perangkat saklar menjalankannya memakai listrik. *Relay* terdiri dari dua bagian utama yaitu coil dan kontak saklar atau mekanikal.



Gambar 2.22 *Relay*

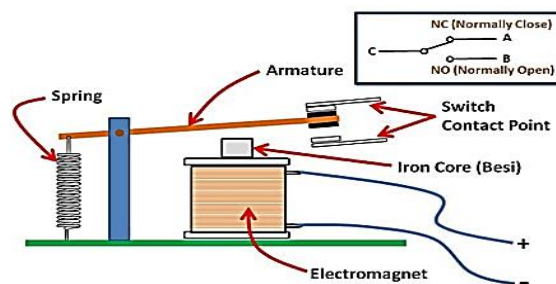
(Sumber : <https://www.zanoor.com/pengertian-relay/>)

Untuk Spesifikasi Modul *Relay* dapat dilihat pada **Tabel 2.10**

Tabel 2.10 Spesifikasi *Relay Module*

No.	Nama	Spesifikasi
1.	<i>Maximum load</i>	AC 250V/10A, DC 30V/10A
2.	<i>Trigger current</i>	5 mA
3.	<i>Working voltage</i>	5 Volt
4.	<i>Module size</i>	50 x 26 x 18.5 mm (LxWxH)

Pengertian *relay* dan fungsinya sebagai komponen terbagi menjadi 4, yaitu *elektromagnet* atau *coil*, *armature*, *switch contact point* (saklar), dan juga *spring*. Namun perlu diketahui jika *contact point relay* terdiri dari 2 bagian, yaitu *Normally Close* (NC). Ini merupakan kondisi awal ketika diaktifkan akan selalu berada di posisi *Close*. Bagian yang kedua adalah *Normally Open* (NO), dimana merupakan kondisi yang permulaan. Sebelum diaktifkan, maka akan berada di posisi *Open*.



Gambar 2.23 Struktur Sederhana *Relay*

(Sumber : <https://teknikelektronika.com/pengertian-relay-fungsi-relay/>)

Jika dilihat dari gambar sebuah rangkaian besi (*Iron Core*), terdapat sebuah lilitan kumparan coil yang akan menjadi pengendali arus pada besi tersebut. Jika nantinya kumparan coil dialirkan arus listrik, maka menimbulkan gaya elektromagnet yang bisa menarik armature untuk berpindah dari kondisi sebelumnya, NC ke NO. Hal ini akan membuat saklar mengalirkan listrik untuk ke posisi NO.

Dimana awalnya *armature* ini berada di NC untuk menjadi Open atau disebut tidak terhubung. Nanti jika armature tidak mendapat aliran listrik, maka akan kembali ke posisi awalnya NC. Coil yang difungsikan untuk menarik *contact point* berada di posisi *Close* akan membutuhkan aliran listrik yang jauh lebih kecil. Inilah pengertian *relay* dan fungsinya sebagai saklar perantara arus listrik.

2.20 LCD

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. Dipasaran tampilan LCD sudah tersedia dalam bentuk modul yaitu tampilan LCD beserta rangkaian pendukungnya. LCD mempunyai pin data, kontrol catu daya, dan pengatur kontras tampilan.

LCD juga merupakan perangkat display yang paling umum dipasangkan di Mikrokontroler, mengingat ukurannya yang kecil dan kemampuan menampilkan karakter dan grafik yang lebih dibandingkan *seven segmen*. Didalam LCD terdapat beberapa register, seperti IR (*Intruccion Register*), DR (*Data Register*), BF (*Busy Flag*), AC (*Address Counter*), DDRAM (*Display Data Random Access Memory*), CGROM (*Character Generator Read Only Memory*), CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*), dan Cursor and Blink Control Circuit.

Proses inisialiasi pin arduino yang terhubung ke pin LCD RS, *Enable*, D4, D5, D6, dan D7, dilakukan dalam baris *LiquidCrystal* (2, 3, 4, 5, 6, 7), dimana lcd merupakan variable yang dipanggil setiap kali intruksi terkait LCD akan digunakan.

Tabel 2.11 Spesifikasi LCD

No.	Nama	Spesifikasi
1.	<i>Blue backlight</i>	I2C
2.	<i>Display format</i>	20 characters × 4 lines
3.	<i>Supply voltage</i>	5 V
4.	<i>Back lit</i>	<i>Blue with white char colour</i>
5.	<i>Pcb Size</i>	60mm × 99mm
6.	<i>Contrast adjust</i>	<i>Potentiometer</i>
7.	<i>Backlight adjust</i>	<i>Jumper</i>



Gambar 2.24 LCD (*Liquid Crystal Display*) 20×4

(Sumber : <https://elektronika-dasar.web.id/lcd-liquid-cristal-display/>)

Berikut ada beberapa fungsi-fungsi dari *library* LCD :

1. *begin ()*

Untuk *begin()* digunakan dalam inisialisasi *interface* ke LCD dan mendefinisikan ukuran kolom dan baris LCD. Penggunaan *begin()* harus dilakukan terlebih dahulu sebelum memanggil instruksi lain dalam *library* LCD. Untuk *syntax* penulisan instruksi *begin()* adalah sebagai berikut yaitu “*lcd.begin (cols,rows)*” dengan *lcd* ialah nama *variable*, *cols* ialah jumlah kolom LCD dan *rows* ialah jumlah baris LCD.

2. *Clear ()*

Instruksi *clear()* digunakan untuk membersihkan pesan text, sehingga tidak ada tulisan yang ditampilkan pada LCD

3. *setCursor ()*

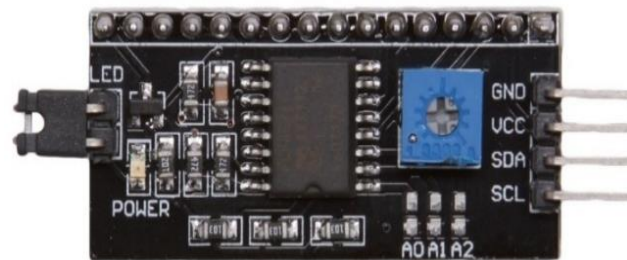
Instruksi ini digunakan untuk memposisikan *cursor* awal pesan text di LCD. Penulisan *syntax setCursor()* ialah sebagai berikut yaitu “*lcd.setCursor (cols, rows)*” dengan *lcd* adalah nama *variable*, *cols* yaitu kolom LCD, dan *rows* yaitu baris pada LCD.

4. *Print ()*

Instruksi *print()* ini digunakan untuk mencetak, menampilkan pesan text di LCD. Penulisan *syntax print()* ialah sebagai berikut “*lcd.print(data)*” dengan *lcd* ialah nama *variable* dan *data* yaitu pesan yang ingin ditampilkan.

2.21 I2C LCD

I2C LCD adalah modul LCD yang dikendalikan secara serial sinkron dengan protokol I2C/IIC (*Inter Integrated Circuit*) atau TWI (*Two Wire Interface*). Normalnya, modul LCD dikendalikan secara parallel baik untuk jalur data maupun kontrolnya. Namun, jalur parallel akan memakan banyak pin di sisi controller (misal Arduino, Android, komputer, dll). Setidaknya Anda akan membutuhkan 6 atau 7 pin untuk mengendalikan sebuah modul LCD. Dengan demikian untuk sebuah controller yang ‘sibuk’ dan harus mengendalikan banyak I/O, menggunakan jalur parallel adalah solusi yang kurang tepat.



Gambar 2.25 I2C LCD (*Liquid Crystal Display*)

(Sumber : <https://khoiruliman.wordpress.com>)

2.22 Pompa Air DC

Pompa air atau *water pump* adalah elemen yang berfungsi untuk menyerap sekaligus mendorong air, dengan cara memindahkan sejumlah volume airmelalui ruang *suction* menuju ke ruang outlet dengan menggunakan impeler, sehingga seluruh ruang udara terisi oleh air dan menimbulkan tekanan fluida untuk ditarik melalui dasar penampungan menuju keluar. Air yang terdapat pada impeler akan digerakan menggunakan sebuah motor. Selama impeler tersebut berputar, air akan terus didorong keluar menuju ke pipa penyaluran atau outlet air. Untuk menjalankan pompa dapat digunakan tegangan kerja AC ataupun DC.



Gambar 2.26 Pompa air DC 12 Volt

(Sumber : <https://osf.io/>)

Tabel 2.12 Spesifikasi Pompa Air

No.	Nama	Spesifikasi
1.	Volt	12 VDC
2.	Flow	8L/Min
3.	Ampere	7 A
4.	Daya	100 Watt
5.	Max Pressure	180 Psi

2.23 Solenoid Valve

Solenoid valve adalah suatu katup yang digunakan oleh energi listrik melalui solenoid, mempunyai kumparan sebagai penggeraknya yang dapat menggerakkan piston. *Solenoid valve* dapat digerakan menggunakan arus DC ataupun AC. Tugas dari *solenoid valve* adalah untuk *shut-off, release, dose, distribute ataupun mix fluids*.

Prinsip kerja dari *solenoid valve* yaitu katup listrik yang mempunyai koil sebagai penggeraknya dimana ketika koil mendapat supply tegangan maka koil tersebut akan berubah menjadi medan magnet sehingga menggerakkan piston pada bagian dalamnya, ketika piston bertekanan yang berasal dari supply (*service uniy*). Adapun pada gambar 2.29 menggunakan *solenoid valve* untuk fluida dengan tegangan kerja 12 Volt.

**Gambar 2.27** Solenoid Valve

(Sumber : <https://malangelectronic.com>)