

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Kamar Nyaman, Aman, dan Hemat Listrik

Kamar yang nyaman, aman, dan hemat listrik merupakan bagian penting dari penerapan konsep hunian cerdas yang mendukung kualitas hidup penghuninya. Kenyamanan ruang sangat dipengaruhi oleh faktor suhu dan kelembapan udara. Standar suhu ideal berada pada kisaran 23°C hingga 26°C dengan kelembapan relatif antara 40% hingga 60% (ASHRAE, 2020). Untuk menjaga kondisi tersebut, digunakan sensor DHT22 yang mampu memantau suhu dan kelembapan secara *real-time*. Data dari sensor ini digunakan untuk mengatur kipas dan *humidifier* secara otomatis agar ruang tetap sejuk dan tidak terlalu kering atau lembap, menciptakan suasana yang mendukung aktivitas istirahat maupun produktivitas di dalam kamar.

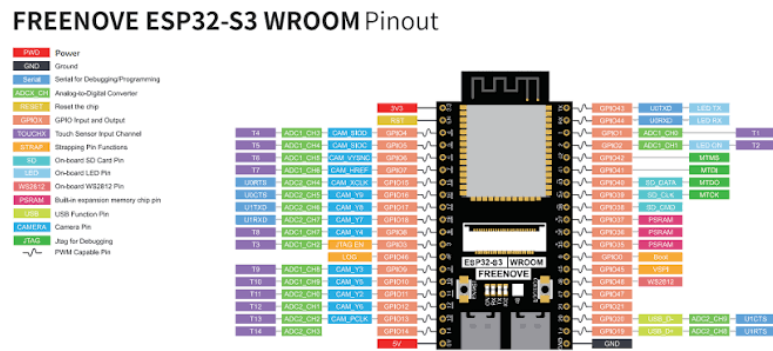
2.1.2 Internet of Things

Internet of Things (IoT) merupakan suatu konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus, di mana berbagai objek atau perangkat fisik ditanamkan teknologi seperti sensor dan perangkat lunak agar dapat berkomunikasi, mengendalikan, serta bertukar data dengan perangkat lain melalui jaringan internet. Setiap perangkat IoT umumnya memiliki pengenal unik dan mampu mengubah data dari lingkungan fisik (misalnya suhu, kelembapan, atau gerakan) menjadi informasi digital yang dapat diproses. Secara umum, arsitektur IoT terdiri atas beberapa lapisan, yaitu lapisan perangkat/sensor (*sensing*), lapisan jaringan/konektivitas, lapisan pemrosesan data, dan lapisan aplikasi yang menjadi antarmuka bagi pengguna. Dengan arsitektur ini, IoT memungkinkan terciptanya sistem otomatis yang dapat memantau dan mengendalikan perangkat dari jarak jauh secara *real-time* tanpa harus melibatkan campur tangan manusia secara langsung (Efendi, 2018).

2.1.3 ESP32-S3

ESP32-S3 merupakan mikrokontroler berbasis *system-on-chip* (SoC) yang

dikembangkan untuk kebutuhan aplikasi Internet of Things (IoT). Mikrokontroler ini menggunakan prosesor Xtensa LX7 32-bit dual-core yang berjalan pada frekuensi hingga 240 MHz sehingga mampu menjalankan program secara cepat dan efisien. ESP32-S3 dilengkapi SRAM internal sebesar 512 KB serta dukungan SPI flash dan PSRAM eksternal berkecepatan tinggi untuk menangani program yang kompleks dan kebutuhan pemrosesan data yang besar. Dari sisi konektivitas, ESP32-S3 mendukung jaringan Wi-Fi 2,4 GHz (standar 802.11 b/g/n) dan Bluetooth 5.0 Low Energy, serta menyediakan banyak pin GPIO yang dapat diprogram (hingga 45 pin) untuk menghubungkan berbagai sensor dan aktuator (ARIAT Technology, 2024).



Gambar 2.1 PinOut ESP32-S3

2.1.4 Kamera OV5640

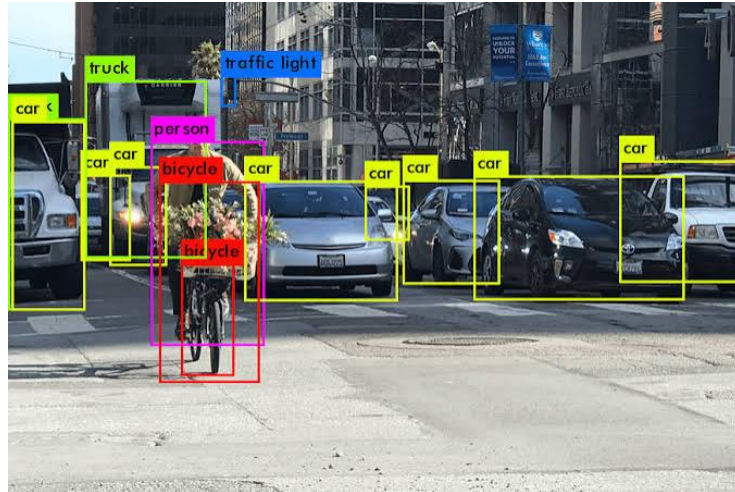
Kamera yang digunakan pada sistem ini adalah modul kamera berbasis sensor OV5640. OV5640 merupakan sensor citra CMOS berukuran 1/4 inci dengan resolusi 5 megapiksel (2592×1944 piksel) yang menggunakan teknologi OmniBSI. Sensor ini mampu menghasilkan keluaran dalam berbagai format seperti YUV, RGB, RAW RGB, dan JPEG, serta dilengkapi fungsi pengaturan citra otomatis seperti kontrol pencahayaan otomatis (Automatic Exposure Control) dan white balance otomatis. Pengaturan sensor dilakukan melalui antarmuka SCCB yang kompatibel dengan I²C, sedangkan data citra dikirim melalui antarmuka DVP 8-bit, dan modul ini bekerja pada tegangan 3,3 V (OmniVision Technologies, 2011).



Gambar 2.2 Kamera OV5640

2.1.5 Deteksi Objek

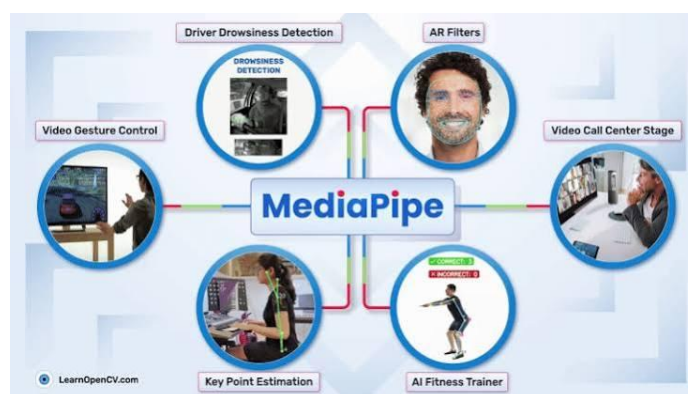
Deteksi objek (object detection) merupakan salah satu tugas dalam bidang computer vision yang bertujuan untuk menemukan dan menentukan lokasi suatu objek di dalam gambar atau video, sekaligus mengklasifikasikan kelas objek tersebut. Berbeda dengan klasifikasi citra (image classification) yang hanya memberikan satu label untuk keseluruhan gambar, deteksi objek melokalisasi setiap objek menggunakan kotak pembatas (bounding box) sekaligus menentukan kelasnya, sehingga dapat menjawab pertanyaan "objek apa dan di mana lokasinya". Seiring berkembangnya metode deep learning, khususnya Convolutional Neural Network (CNN), akurasi dan kecepatan deteksi objek meningkat pesat. Secara umum metode deteksi objek dibagi menjadi dua kelompok, yaitu metode two-stage (misalnya R-CNN) dan metode one-stage (misalnya YOLO, SSD, dan EfficientDet) yang lebih cepat dan ringan (Zou dkk., 2023).



Gambar 2.3 Deteksi objek

2.1.6 MediaPipe

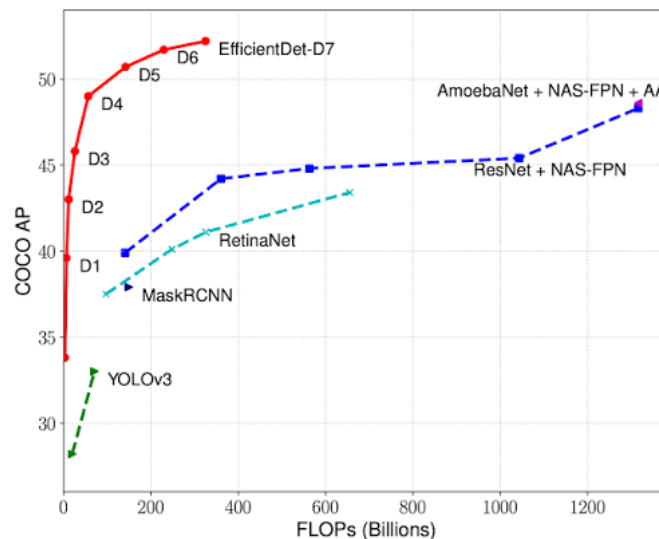
MediaPipe merupakan framework sumber terbuka (open-source) yang dikembangkan oleh Google untuk membangun pipeline pemrosesan persepsi berbasis machine learning, seperti pemrosesan citra, video, dan audio, secara lintas platform (Android, iOS, desktop, web, maupun perangkat IoT). MediaPipe dibangun dengan konsep graph yang terdiri atas komponen-komponen modular, di mana data dari sensor (misalnya aliran gambar atau video) masuk ke dalam graph dan menghasilkan keluaran berupa deskripsi hasil persepsi, seperti lokasi objek (object localization). Selain itu, MediaPipe menyediakan kumpulan solusi siap pakai (MediaPipe Solutions/Tasks) yang dilengkapi model terlatih (pretrained model), sehingga pengembang dapat langsung menerapkan model machine learning tanpa harus melatih model dari awal (Lugaresi dkk., 2019).



Gambar 2.4 MediaPipe

2.1.7 EfficientDet

EfficientDet merupakan keluarga arsitektur deteksi objek yang dikembangkan oleh Google dan dipublikasikan pada konferensi CVPR 2020. Arsitektur ini dirancang untuk mencapai efisiensi tinggi dengan tetap mempertahankan akurasi yang baik. Terdapat dua inovasi utama pada EfficientDet, yaitu *Bi-directional Feature Pyramid Network* (BiFPN) yang memungkinkan penggabungan fitur multiskala secara cepat dengan pembobotan, serta metode *compound scaling* yang menskalakan resolusi, kedalaman, dan lebar jaringan secara seragam. Dengan memanfaatkan *backbone* EfficientNet, EfficientDet menghasilkan sekumpulan model bertingkat (mulai dari D0 yang ringan hingga D7 yang lebih akurat) yang mampu mencapai akurasi tinggi pada dataset COCO dengan jumlah parameter dan beban komputasi yang jauh lebih kecil dibandingkan model deteksi objek sebelumnya (Tan dkk., 2020).

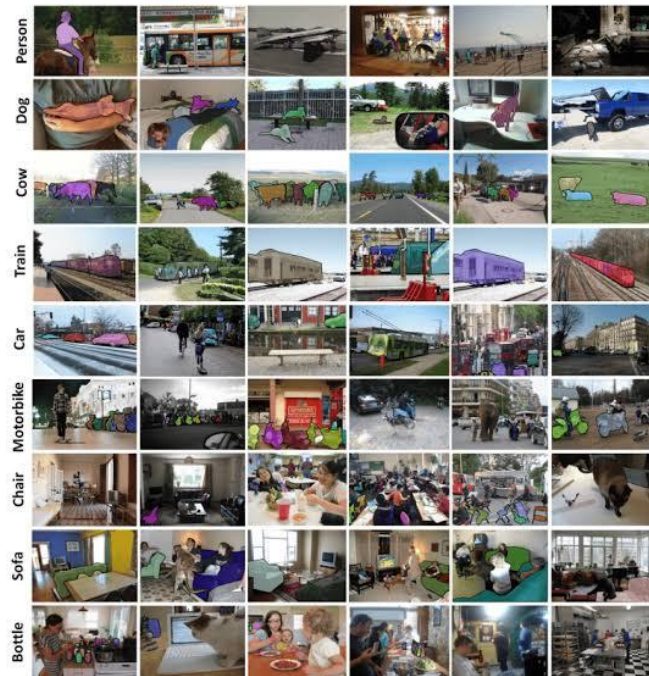


Gambar 2.5 EfficientDet

2.1.8 COCO Dataset

COCO (Common Objects in Context) merupakan dataset citra berskala besar yang dikembangkan untuk keperluan deteksi objek, segmentasi, dan pembuatan keterangan gambar (captioning). Dataset ini berisi gambar dari adegan sehari-hari yang kompleks dengan objek yang ditampilkan dalam konteks alaminya. COCO memuat lebih dari 330.000 gambar (dengan lebih dari 200.000 gambar yang telah diberi label), sekitar 1,5 juta instance objek, serta 80 kategori objek umum yang salah satunya adalah kelas "person". Setiap objek dianotasi menggunakan kotak

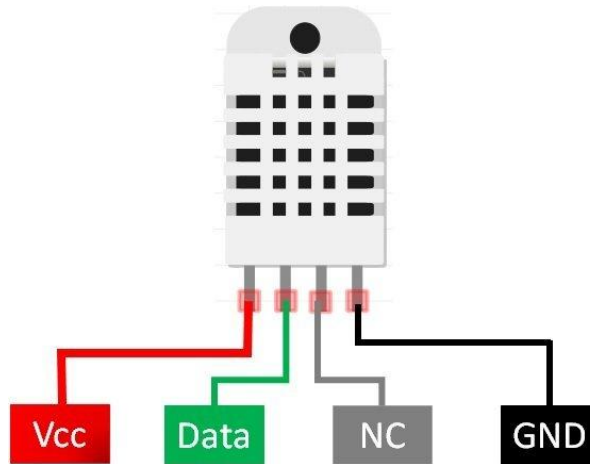
pembatas (bounding box) dan mask segmentasi, sehingga COCO banyak digunakan sebagai benchmark standar untuk melatih dan menguji model deteksi objek (Lindikk., 2015).



Gambar 2.6 COCO dataset

2.1.9 DHT22

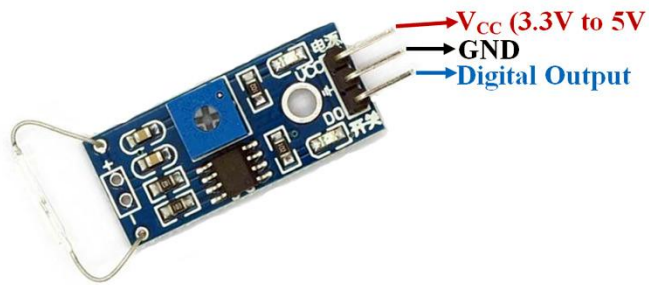
DHT22 adalah sensor digital yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan udara dengan akurasi tinggi, menggunakan elemen resistif untuk kelembapan dan termistor untuk suhu. Sensor ini memiliki rentang pengukuran suhu -40°C hingga 80°C ($\pm 0,5^{\circ}\text{C}$) dan kelembapan 0–100% RH ($\pm 2-5\%$ RH), mengirimkan data secara digital melalui satu pin, memudahkan integrasi dengan mikrokontroler seperti Arduino atau ESP32-CAM. DHT22 juga menyimpan data kalibrasi secara internal, sehingga tidak memerlukan kalibrasi ulang. Dibandingkan DHT11, DHT22 lebih stabil dan tahan terhadap gangguan lingkungan, meskipun waktu pembacaannya sekitar dua detik. Sensor ini banyak digunakan dalam pemantauan cuaca, kontrol lingkungan, dan perangkat IoT berkat fleksibilitas dan performanya (Liu, 2013).



Gambar 2.7 Pin Out DHT22

2.1.10 Magnetic Reed Switch

Magnetic Reed Switch Sensor adalah saklar magnetik pasif yang terdiri dari bilah logam tipis dalam tabung kaca kecil, yang akan saling menyentuh atau terpisah tergantung pada medan magnet. Sensor ini tersedia dalam konfigurasi normally open (NO), normally close (NC), dan Form C. Dalam bentuk NO, sirkuit akan tertutup saat ada medan magnet dan kembali terbuka saat medan hilang. Reed switch tidak memerlukan daya tambahan, sehingga cocok untuk aplikasi deteksi posisi seperti sensor pintu atau jendela. Modulnya biasanya dilengkapi komparator LM393, menghasilkan sinyal digital 0 atau 1, dan bekerja pada tegangan 3,3–5 V. Sensor ini ideal untuk mikrokontroler seperti ESP32-CAM karena hanya memerlukan pembacaan digital dan banyak digunakan dalam sistem alarm, penghitung RPM, dan monitoring akses fisik. Tabung kaca berisi gas inert melindungi bilah logam dari korosi, menjadikan reed switch andal, kecil, murah, dan efisien untuk proyek IoT dan keamanan rumah (Prastyo, 2020).



Gambar 2.8 Pin Out Magnetic Reed Switch

2.1.11 Motor DC

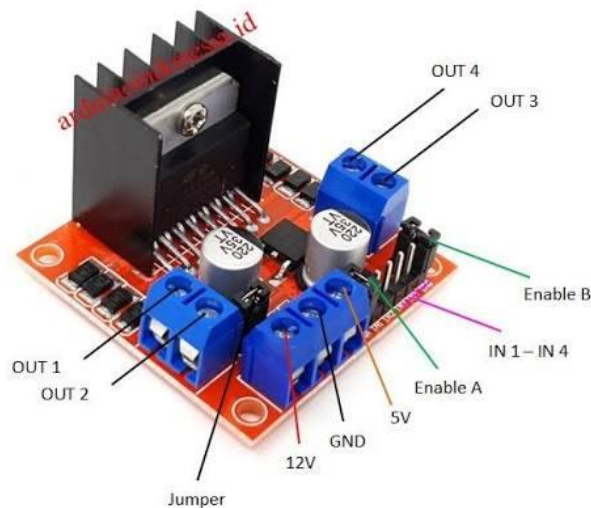
Motor DC (motor arus searah) merupakan jenis motor listrik yang mengubah energi listrik arus searah menjadi energi mekanik berupa gerak putar. Prinsip kerja motor DC didasarkan pada fenomena elektromagnetik, yaitu ketika arus listrik mengalir melalui kumparan jangkar yang berada di dalam medan magnet, akan timbul gaya yang menyebabkan rotor berputar. Secara umum motor DC tersusun atas beberapa komponen utama, yaitu stator yang menghasilkan medan magnet, rotor (jangkar) yang berputar, serta komutator dan sikat (brush) yang berfungsi menyalurkan arus ke kumparan. Kecepatan putaran motor DC dapat diatur dengan cara mengubah besar tegangan atau arus yang diberikan pada motor (Hudati dkk., 2021).



Gambar 2.9 Motor DC

2.1.12 L298N

Driver motor L298N merupakan modul yang berfungsi untuk mengendalikan kecepatan dan arah putaran motor DC. Modul ini menggunakan IC L298 yang merupakan rangkaian dual full-bridge (H-bridge), sehingga mampu mengendalikan dua buah motor DC secara bersamaan dan terpisah. IC L298 dirancang untuk menerima sinyal logika TTL dan menggerakkan beban induktif seperti relay, solenoid, motor DC, maupun motor stepper, dengan kemampuan beroperasi pada tegangan hingga 46 V dan arus total hingga 4 A. Pada modul L298N, arah putaran motor diatur melalui pin masukan (IN1–IN4), sedangkan kecepatan motor diatur melalui pin enable (ENA dan ENB) yang diberi sinyal PWM (Pulse Width Modulation) (STMicroelectronics, 2000).

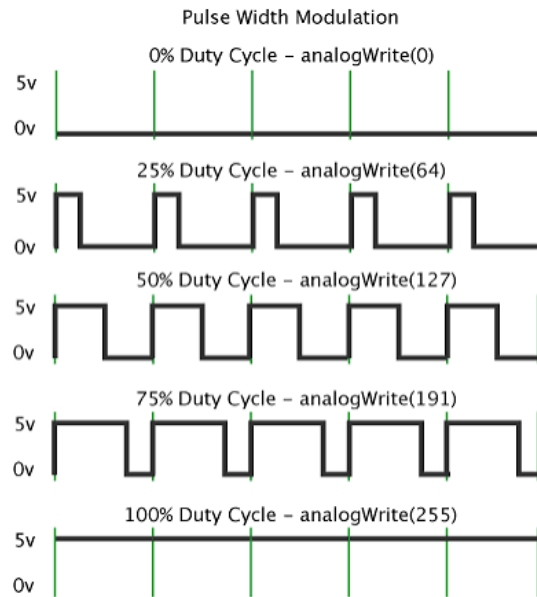


Gambar 2.10 L298N PinOut

2.1.13 PWM

PWM (Pulse Width Modulation) atau modulasi lebar pulsa merupakan suatu teknik modulasi yang mengubah lebar pulsa (duty cycle) dengan nilai frekuensi dan amplitudo yang tetap. Sinyal PWM berupa deretan pulsa dengan kondisi on dan off yang bergantian, di mana perbandingan antara durasi on terhadap satu periode penuh disebut duty cycle yang dinyatakan dalam persen, mulai dari 0% hingga 100%. Dengan mengatur besar kecilnya duty cycle, nilai tegangan rata-rata yang diterima beban dapat divariasikan, sehingga PWM banyak digunakan untuk mengatur kecepatan motor, mengatur kecerahan LED, maupun pengaturan daya. Semakin besar nilai duty cycle maka semakin besar pula tegangan rata-rata yang

diberikan, sehingga putaran motor menjadi semakin cepat (Suhendra dkk., 2018).



Gambar 2.11 PWM

2.1.14 Humidifier

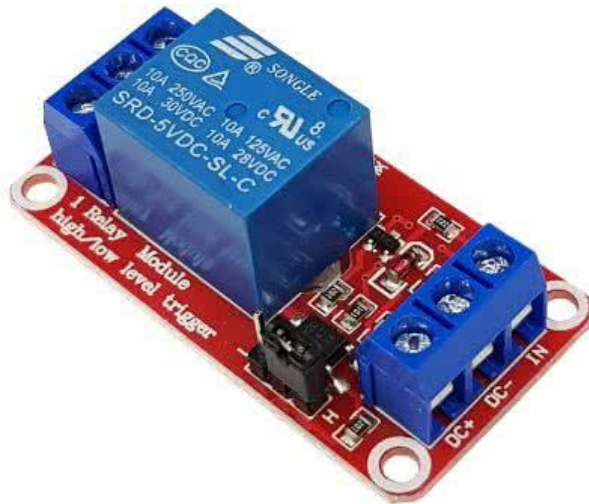
Humidifier ultrasonik merupakan alat pelembap udara yang berfungsi menaikkan kelembapan udara dengan cara mengubah air menjadi kabut atau uap dingin (cool mist). Prinsip kerjanya memanfaatkan transduser piezoelektrik yang bergetar pada frekuensi ultrasonik, yaitu frekuensi di atas batas pendengaran manusia, di bawah permukaan air. Getaran berfrekuensi tinggi tersebut memecah air menjadi partikel-partikel yang sangat halus berupa kabut, yang kemudian dilepaskan ke udara sehingga kelembapan udara meningkat. Karena tidak menggunakan elemen pemanas, humidifier ultrasonik menghasilkan uap dingin, hemat energi, dan beroperasi dengan suara yang sangat minim (Nugroho dkk., 2022).



Gambar 2.12 Humidifier

2.1.15 Relay

Relay merupakan komponen elektronika berupa sakelar (switch) yang dioperasikan secara listrik dan bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik. Secara umum relay tersusun atas dua bagian utama, yaitu elektromagnet (coil) dan mekanikal berupa seperangkat kontak sakelar. Ketika kumparan elektromagnet dialiri arus listrik, akan timbul gaya magnet yang menarik armature sehingga kontak sakelar berpindah posisi, yaitu dari kondisi Normally Close (NC) ke Normally Open (NO). Dengan prinsip ini, relay memungkinkan arus listrik yang kecil (low power) dari mikrokontroler untuk mengendalikan beban listrik bertegangan dan berarus jauh lebih besar, misalnya perangkat 220 V AC, secara aman karena adanya pemisahan (isolasi) antara rangkaian kendali dengan rangkaian beban (Santosa & Nugroho, 2021).



Gambar 2.13 Relay

2.1.16 Kunci Solenoid

Kunci solenoid (solenoid door lock) merupakan perangkat penguncian elektronik yang prinsip kerjanya memanfaatkan gaya elektromagnetik. Komponen utamanya berupa kumparan (coil) yang melilit sebuah inti logam dan sebuah batang (plunger) yang dapat bergerak. Ketika kumparan dialiri arus listrik, akan timbul medan magnet yang menggerakkan batang pengunci sehingga pintu dapat terbuka, dan ketika arus diputus batang akan kembali ke posisi semula sehingga pintu terkunci. Kunci solenoid umumnya bekerja pada tegangan 12 V dan banyak digunakan pada sistem kontrol akses karena responsnya cepat, berukuran kompak, serta mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler maupun sistem keamanan berbasis IoT (Suwartika & Sembada, 2020).



Gambar 2.14 Kunci Solenoid

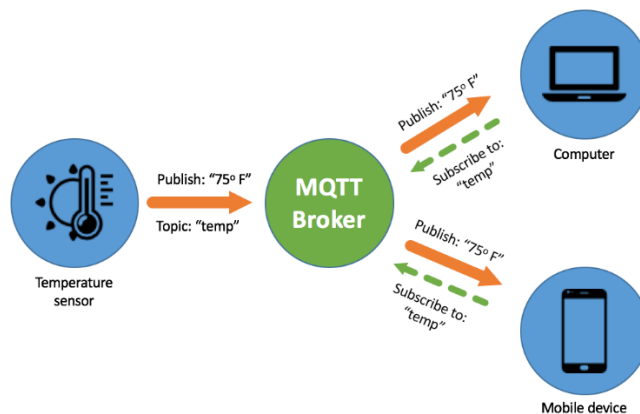
2.1.17 Logika Fuzzy

Logika fuzzy merupakan cabang ilmu yang mempelajari penalaran dalam kondisi ketidakpastian, di mana suatu nilai tidak hanya bernilai benar (1) atau salah (0), melainkan dapat bernilai di antara keduanya sesuai derajat keanggotaannya. Logika fuzzy mampu memetakan suatu ruang masukan (input) ke dalam ruang keluaran (output) melalui empat tahapan utama, yaitu fuzzifikasi (mengubah nilai tegas menjadi nilai fuzzy), pembentukan basis aturan (rule base), sistem inferensi (penalaran fuzzy), dan defuzzifikasi (mengubah nilai fuzzy hasil inferensi kembali menjadi nilai tegas). Salah satu metode dalam sistem inferensi fuzzy adalah metode Sugeno (Takagi-Sugeno-Kang). Metode Sugeno pada dasarnya hampir sama dengan metode Mamdani, perbedaannya terletak pada keluaran (konsekuen) yang bukan berupa himpunan fuzzy, melainkan berupa konstanta (Sugeno orde-nol) atau persamaan linier (Sugeno orde-satu). Karena keluarannya berupa nilai konstan, proses defuzzifikasi pada metode Sugeno cukup menggunakan perhitungan rata-rata terbobot (weighted average) sehingga lebih sederhana dan efisien secara komputasi dibandingkan metode Mamdani (Rahakbauw, 2015).

2.1.18 Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)

Message Queue Telemetry Protocol (MQTT) adalah protokol komunikasi ringan berbasis publish-subscribe yang dirancang untuk komunikasi machine-to-machine (M2M), terutama dalam aplikasi Internet of Things (IoT). Dengan header hanya 2 byte dan dukungan tiga tingkatan Quality of Service (QoS), MQTT cocok

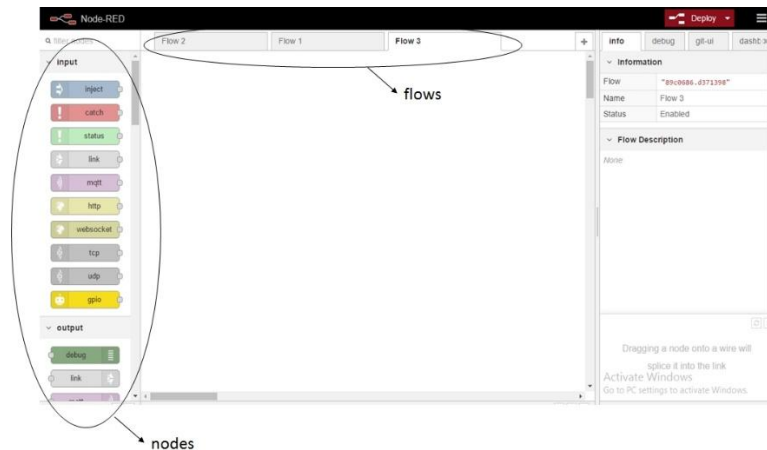
untuk jaringan dengan bandwidth rendah dan latensi tinggi. Protokol ini memanfaatkan broker sebagai perantara pesan, sehingga klien tidak perlu mengetahui alamat satu sama lain. MQTT mendukung keamanan melalui otentikasi dan enkripsi. Dapat diimplementasikan di perangkat kecil seperti ESP32-CAM. Digunakan luas dalam sistem monitoring dan kontrol real-time berbasis cloud, MQTT juga menjadi andalan dalam solusi Industri 4.0 seperti yang dilakukan oleh Datacakra di Indonesia karena efisiensinya dalam mengelola komunikasi antar perangkat heterogen (Hermawan, 2020).



Gambar 2.15 MQTT

2.1.19 Node-RED

Node-RED adalah platform flow programming *open-source* yang dikembangkan oleh IBM, memungkinkan pengguna membangun aplikasi IoT secara visual dengan antarmuka *drag-and-drop*. Dengan menyusun blok logika (node) tanpa perlu coding kompleks, pengguna dapat menghubungkan perangkat keras, API, dan layanan online menggunakan protokol seperti MQTT, HTTP, dan WebSocket. Platform ini mendukung integrasi dengan perangkat seperti ESP32-CAM dan Raspberry Pi. Menyediakan plugin untuk visualisasi data, penyimpanan, dan otomatisasi. Node-RED ramah bagi pemula, mendukung pembuatan *dashboard* interaktif, dan sangat cocok untuk prototyping cepat, baik dalam proyek DIY maupun industri (Makrup, 2025).



Gambar 2.16 Node-RED

2.1.20 Telegram Bot

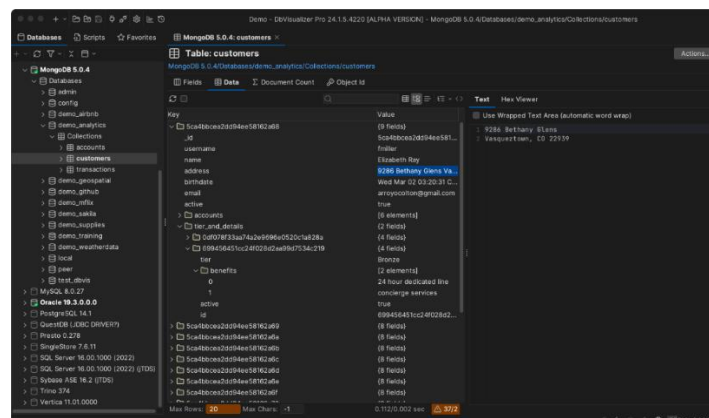
Telegram merupakan layanan pesan instan berbasis cloud yang dikenal karena kecepatan, keamanan, dan kemampuannya berjalan pada berbagai platform. Selain sebagai aplikasi perpesanan, Telegram menyediakan Bot API, yaitu antarmuka pemrograman yang memungkinkan pengembang membuat program otomatis (bot) untuk berinteraksi dengan pengguna, menjalankan tugas secara otomatis, dan mengintegrasikan layanan pihak ketiga. Sebuah bot Telegram dibuat melalui layanan BotFather yang akan memberikan sebuah token unik sebagai kunci autentikasi untuk mengakses Bot API. Komunikasi dengan bot dilakukan melalui protokol HTTP/HTTPS, di mana pesan dikirim ke sebuah chat_id tujuan menggunakan metode seperti sendMessage. Karena kemudahan integrasinya, biaya yang relatif gratis, latensi rendah, serta dukungan notifikasi real-time, Telegram Bot API banyak dimanfaatkan sebagai media notifikasi dan kendali pada sistem berbasis Internet of Things (IoT) (Febrianti dkk., 2025).



Gambar 2.17 Telegram Bot

2.1.21 MongoDB

MongoDB adalah sistem manajemen basis data NoSQL yang menyimpan data dalam format dokumen BSON, memberikan fleksibilitas skema dan performa tinggi untuk menangani data besar secara *real-time*. Dikembangkan oleh MongoDB Inc. sejak 2009, database ini mendukung skalabilitas horizontal dan cocok untuk aplikasi modern, termasuk IoT. MongoDB mudah diinstal di berbagai sistem operasi dan dapat diintegrasikan dengan platform visual seperti Node-RED untuk menyimpan dan memproses data dari perangkat seperti ESP32-CAM. Kombinasi MongoDB dan Node-RED memungkinkan pengembangan aplikasi IoT yang efisien, terintegrasi, dan mudah dikontrol melalui antarmuka visual (Prasatya, 2024).



Gambar 2.18 MongoDB

2.1.22 Burn Testing

Burn-in test adalah metode pengujian perangkat keras dengan menjalankan perangkat dalam kondisi ekstrem dan durasi lama untuk mengidentifikasi potensi kegagalan awal. Tujuannya adalah memastikan keandalan sistem sebelum digunakan secara luas atau dikirim ke konsumen. Pengujian ini biasanya dilakukan di lingkungan manufaktur dan dapat diterapkan baik pada seluruh sistem maupun komponen individual seperti CPU, RAM, atau storage. Dalam dunia elektronik, burn-in test juga digunakan untuk mengukur batas suhu maksimum yang dapat ditoleransi oleh perangkat (*URLWebsite, 2021*).

2.2 Penelitian Terdahulu

Pada bagian ini akan dipaparkan beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini. Hal ini bertujuan mengambil referensi yang mendukung penelitian ini.

Untuk menjaga kenyamanan suhu di dalam ruang, penelitian ini mengembangkan sistem pendingin otomatis yang mampu mendeteksi suhu dan kelembapan menggunakan sensor DHT22 dan mengontrol kipas secara otomatis melalui mikrokontroler Arduino UNO. Sistem ini akan menghidupkan kipas ketika suhu ruang melebihi 28°C dan mematikannya kembali saat suhu turun di bawah angka tersebut. Data yang terdeteksi oleh sensor akan ditampilkan secara *real-time* pada layar LCD, disertai indikator LED sebagai penanda kondisi suhu. Peneliti menjelaskan bahwa alat ini dirancang tidak hanya sebagai pemantau, tetapi juga mampu bekerja secara otomatis untuk menyesuaikan suhu dan kelembapan ruang agar tetap stabil demi kenyamanan pengguna (Mubarok & Syukron, 2025).

Penelitian ini merancang sistem pemantau keamanan pintu rumah berbasis IoT dengan memanfaatkan sensor Magnetic Door Reed Switch yang terintegrasi dengan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan aplikasi Kodular sebagai media notifikasi. Sistem ini bekerja dengan mendeteksi apakah pintu dalam kondisi terbuka atau tertutup berdasarkan jarak antara sensor dan magnet pada pintu, di mana ketika pintu terbuka, mikrokontroler akan mengaktifkan *buzzer*, mengaktifkan LED sebagai alarm, dan mengirimkan notifikasi melalui aplikasi Kodular. Berdasarkan hasil pengujian, sensor dapat mendeteksi perubahan posisi

pintu dengan jarak mulai dari 2 cm hingga 5 cm, yang menandakan bahwa sistem cukup sensitif dalam mendeteksi perubahan kondisi pintu (Syamsudin dkk., 2023). Selain itu, *Flowchart* sistem dirancang agar NodeMCU dapat secara otomatis membaca kondisi sensor dan mengirimkan informasi secara *real-time* kepada pengguna untuk meningkatkan keamanan rumah dari potensi tindak kejahatan.

Penelitian ini merancang dan mengembangkan prototipe sistem keamanan kamar kos berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan menggunakan sensor PIR yang terintegrasi dengan ESP32-CAM dan notifikasi melalui aplikasi Telegram. Sistem ini bekerja dengan mendeteksi gerakan manusia melalui sensor PIR yang kemudian memicu *buzzer* sebagai alarm dan secara otomatis mengaktifkan kamera ESP32-CAM untuk mengambil gambar. Data gambar dan notifikasi peringatan dikirimkan secara *real-time* ke aplikasi Telegram yang dapat diakses oleh penghuni kos untuk memantau kondisi kamar mereka dari jarak jauh. Peneliti menyebutkan bahwa sistem ini mampu membantu penghuni dalam mengurangi risiko pencurian dengan cara memberikan peringatan langsung ketika ada gerakan mencurigakan terdeteksi di dalam kamar (Yunus, 2021). Selain itu, pengguna juga diberikan kontrol untuk mengaktifkan dan menonaktifkan sistem melalui perintah di aplikasi Telegram, sehingga sistem ini fleksibel dan mudah dioperasikan.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis tingkat akurasi sensor DHT22 berbasis Arduino dengan membandingkannya terhadap alat ukur standar berupa *thermohygrometer*. Proses pengujian dilakukan dengan metode perbandingan langsung, di mana kedua alat dioperasikan secara bersamaan dalam tiga variasi suhu ruang, yaitu 18°C, 23°C, dan 28°C. Pengujian dilakukan secara berulang sebanyak lima kali untuk setiap variasi suhu guna memastikan tingkat konsistensi hasil pengukuran. Menariknya, hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kesalahan rata-rata dari sensor DHT22 terhadap *thermohygrometer* adalah sebesar 2,99% untuk kelembaban dan -2,31% untuk suhu, yang masih berada dalam batas toleransi yang sesuai dengan datasheet sensor tersebut (Puspasari dkk., 2020). Sistem ini dirancang menggunakan mikrokontroler Arduino UNO dengan dukungan tampilan LCD untuk memudahkan pembacaan hasil secara *real-time*.

Sistem yang dikembangkan dalam karya ini dirancang untuk mengendalikan peralatan elektronik rumah tangga secara jarak jauh menggunakan teknologi IoT

dengan protokol MQTT, memungkinkan pengendalian perangkat secara manual maupun otomatis melalui jaringan internet. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP8266 (ESP-01) dan NodeMCU V3 yang terhubung dengan sensor PIR dan modul relay, dengan komunikasi data dilakukan melalui protokol MQTT menggunakan metode *publish-subscribe*. Implementasi perangkat lunak dilakukan dengan menggunakan Node.js, Arduino IDE, dan dilengkapi dengan aplikasi web untuk memonitor dan mengatur perangkat. Hasil pengujian menunjukkan tingkat keberhasilan sistem mencapai 93% dalam mengendalikan perangkat secara manual dan otomatis, baik berdasarkan waktu maupun deteksi gerakan dari sensor PIR, menjadikan sistem ini efektif dalam membantu efisiensi penggunaan energi listrik di rumah tangga (Hamdani dkk., 2020).

Sistem yang dirancang dalam penelitian ini merupakan implementasi kamar pintar yang dapat memantau dan mengontrol kondisi kamar secara otomatis melalui Telegram dan website Node-RED berbasis IoT. Sistem ini memanfaatkan sensor DHT22 untuk memantau suhu dan kelembapan, magnetic reed switch untuk memantau status pintu, dan kamera (CAM) untuk mendeteksi keberadaan orang menggunakan metode deteksi objek. Kecepatan kipas (pelan, normal, dan cepat) diatur secara otomatis menggunakan logika fuzzy metode Sugeno dengan masukan suhu dan kelembapan. Humidifier menyala saat kelembapan di bawah 52% dan berhenti saat kelembapan di atas 62%. Dari sisi keamanan, magnetic reed switch mendeteksi pintu terbuka atau tertutup, dan kunci solenoid digunakan untuk mekanisme penguncian pintu yang dilengkapi sistem interlock agar hanya mengunci saat pintu tertutup. Ketika kamera mendeteksi adanya orang pada rentang waktu 17.00-23.00 WIB, lampu kamar otomatis menyala sehingga lebih hemat listrik. Seluruh data sensor dibaca oleh ESP32-S3 lalu dikirimkan ke broker MQTT, sedangkan citra dari kamera dikirim ke server untuk diproses dengan model deteksi objek. Node-RED kemudian menerima data dari broker, menyimpan di MongoDB, menampilkannya melalui dashboard, dan mengirim notifikasi ke Telegram. Dengan sistem ini, kamar diharapkan menjadi lebih nyaman, aman, dan efisien secara energi.

Tabel 2.1 Penelitian terdahulu dan yang dilakukan

Penelitian	Studi Kasus	Teknologi	Hasil
Mubarok dan Syukron (2025)	Pendingin otomatis ruang berbasis suhu	Arduino UNO, Sensor DHT22	Kipas otomatis, suhu stabil, hemat energi
Syamsudin dkk. (2023)	Monitoring keamanan pintu rumah	NodeMCU, Sensor magnetic reed switch, Kodular	Deteksi pintu terbuka, sistem peringatan efektif
Yunus (2021)	Keamanan kamar kos berbasis IoT	ESP32-CAM, Sensor PIR, Telegram	PIR, Telegram, Notifikasi dan gambar <i>real-time</i> , sistem responsif
Puspasari dkk. (2020)	Perbandingan sensor DHT22 dan thermohygrometer	Arduino, Sensor DHT22	Akurasi memadai, layak sebagai alat ukur
Hamdani dkk. (2020)	Kontrol perangkat elektronik rumah tangga	NodeMCU V3, ESP-01, Sensor PIR	Pengendalian berhasil 93%, konsumsi listrik menurun
Hidayat (2026)	Kamar pintar untuk kenyamanan dan keamanan	ESP32-S3, OV5640, DHT22, magnetic reed switch, relay, solenoid, L298N, kipas dc, humidifier, MQTT, Node-RED, MongoDB, Telegram, Fuzzy Sugeno	Ruang lebih nyaman, aman, dan hemat biaya