

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas penerapan teknologi mikrokontroler dan IoT pada proses pengeringan ikan maupun pemanfaatan sensor suhu dan kelembapan DHT22, dan sensor kualitas udara MQ135 yang menjadi acuan dan pembanding bagi penelitian ini.

Penelitian pertama berkaitan langsung dengan objek yang sama, yaitu pengeringan ikan asin, namun dengan pendekatan mikrokontroler yang berbeda. Penelitian tersebut merancang alat pengering ikan asin berbasis mikrokontroler Arduino Uno yang mampu mendeteksi kondisi cuaca seperti hujan dan cerah, sehingga suhu dan kelembaban ruang pengering dapat dikendalikan secara otomatis tanpa campur tangan manual [3]. Penelitian ini menjadi rujukan penting karena mengangkat permasalahan yang sama persis, yaitu proses pengeringan ikan asin yang terkendala cuaca tidak menentu. Perbedaannya, alat pada penelitian tersebut bersifat lokal dan tidak terhubung ke jaringan internet sehingga kondisi pengeringan tidak dapat dipantau dari jarak jauh, serta belum melibatkan parameter kualitas udara. Penelitian ini mengisi kekurangan tersebut dengan mikrokontroler ESP32 yang memiliki konektivitas Wi-Fi, ditambah sensor MQ135 untuk kualitas udara, serta pengiriman data real-time melalui Google Spreadsheet dan Telegram.

Penelitian kedua berkaitan dengan integrasi sensor DHT22 dan MQ135 pada satu mikrokontroler ESP32, meskipun pada objek pemantauan yang berbeda. Penelitian tersebut merancang sistem pemantauan kualitas udara real-time yang mengintegrasikan sensor MQ135 untuk mengukur CO₂ dan NH₃, sensor DHT22 untuk suhu dan kelembapan, serta sensor DSM501A untuk partikel debu PM_{2.5}, dengan data disimpan pada platform Arduino IoT Cloud dan ditampilkan melalui dot matrix [6]. Hasil pengujian menunjukkan akurasi yang baik, dengan galat suhu sebesar 3,33% dan kelembapan 0% dibanding alat ukur komersial. Penelitian ini memperkuat dasar bahwa kombinasi DHT22 dan MQ135 pada ESP32 layak digunakan sebagai sistem pemantauan yang akurat. Perbedaanannya, penelitian tersebut diterapkan pada pemantauan kualitas udara lingkungan secara umum dengan media penyimpanan dan tampilan yang berbeda, sedangkan penelitian ini menerapkan kedua sensor tersebut secara khusus pada proses pengeringan ikan asin dengan Google Spreadsheet dan Telegram.

Penelitian ketiga menggunakan kombinasi sensor yang sama persis dengan penelitian ini, yaitu DHT22 dan MQ135 pada ESP32, namun dengan tujuan analisis yang berbeda. Penelitian tersebut menganalisis dan memprediksi kadar CO₂ (PPM) berdasarkan suhu dan kelembapan menggunakan sensor DHT22 dan MQ135 yang terintegrasi pada ESP32, lalu membandingkan beberapa model machine learning seperti Linear Regression, Random Forest, dan CatBoost [5]. Hasil penelitian

menunjukkan model CatBoost memberikan performa terbaik dengan akurasi mencapai 98,9%.[4] Penelitian ini menjadi bukti kuat bahwa pasangan sensor DHT22 dan MQ135 pada ESP32 mampu menangkap data suhu, kelembapan, dan konsentrasi gas secara bersamaan dengan andal. Perbedaannya, penelitian tersebut berfokus pada pemodelan prediktif berbasis machine learning tanpa media notifikasi maupun penyimpanan cloud, sedangkan penelitian ini berfokus pada pemantauan real-time dengan Google Spreadsheet dan Telegram, diterapkan langsung pada proses pengeringan ikan asin.

Penelitian keempat mengangkat kombinasi ESP32 dengan Telegram dan Google Spreadsheet, meskipun pada objek yang berbeda. Penelitian tersebut membangun sistem smart home berbasis ESP32 dan ESP32-CAM yang terintegrasi dengan sensor DHT11 dan sensor PIR, di mana Bot Telegram digunakan sebagai antarmuka kendali jarak jauh sekaligus media notifikasi, sedangkan Google Spreadsheet dimanfaatkan untuk pencatatan data secara otomatis [5]. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu mengaktifkan kipas otomatis saat suhu melebihi 30°C serta mengirimkan notifikasi real-time berupa teks dan gambar. Penelitian ini memperkuat dasar bahwa arsitektur ESP32 dengan Telegram sebagai notifikasi dan Google Spreadsheet sebagai penyimpanan layak digunakan sebagai sistem pemantauan jarak jauh yang ringan dan praktis. Perbedaannya, penelitian tersebut diterapkan pada rumah pintar dengan sensor DHT11 yang akurasinya lebih rendah dan tanpa sensor kualitas udara, sedangkan

penelitian ini menggunakan DHT22 yang lebih presisi ditambah sensor MQ135.

Penelitian kelima menunjukkan penerapan kombinasi ESP32, DHT22, dan Telegram pada bidang lain, yaitu pemantauan ruang laboratorium komputer. Penelitian tersebut mengembangkan sistem pemantauan suhu dan kelembapan berbasis ESP32 dan sensor DHT22 yang dilengkapi fitur peringatan dini, dengan data ditampilkan real-time melalui aplikasi Blynk dan notifikasi otomatis dikirim ke Telegram ketika kondisi lingkungan melewati batas aman[7]. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu memantau secara kontinu serta mengirimkan notifikasi peringatan dini dengan baik. Penelitian ini turut mendukung pemilihan Telegram sebagai media notifikasi dalam penelitian ini karena telah terbukti efektif. Perbedaannya terletak pada objek dan platform tampilan, yaitu laboratorium komputer dengan Blynk serta tanpa sensor kualitas udara, sedangkan penelitian ini diterapkan pada penjemuran ikan asin dengan tambahan sensor MQ135 serta Google Spreadsheet sebagai media penyimpanan.

Berdasarkan kelima penelitian terdahulu tersebut, dapat disimpulkan bahwa mikrokontroler ESP32 yang dipadukan dengan sensor DHT22 telah terbukti mampu memberikan hasil pengukuran suhu dan kelembapan yang akurat, sensor MQ135 juga telah teruji sebagai indikator kualitas udara yang andal, sementara kombinasi Telegram dan Google Spreadsheet telah terbukti efektif sebagai media notifikasi dan

penyimpanan data jarak jauh yang ringan dan praktis. Akan tetapi, dari penelusuran yang dilakukan, belum ditemukan penelitian yang secara khusus menggabungkan ESP32, sensor DHT22, dan sensor MQ135 sekaligus dengan media Google Spreadsheet dan Telegram untuk diterapkan pada permasalahan pengeringan ikan asin secara tradisional. Penelitian terdahulu pada objek ikan asin umumnya masih menggunakan mikrokontroler tanpa konektivitas internet dan belum melibatkan parameter kualitas udara, sedangkan penelitian-penelitian yang telah menggunakan kombinasi DHT22 dan MQ135 pada ESP32 justru diterapkan pada objek dan tujuan yang berbeda. Oleh karena itu, penelitian ini berupaya mengisi kekosongan tersebut dengan merancang Sistem Kontrol Pengeringan Ikan Asin Berbasis ESP32 Menggunakan Sensor DHT22 dan MQ135 yang mampu memantau suhu, kelembapan, dan kualitas udara secara real-time, serta mengirimkan data ke Google Spreadsheet dan notifikasi ke Telegram, khusus untuk mendukung proses pengeringan ikan asin secara tradisional.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Ikan Asin



Gambar 2. 1 Ikan Asin

Ikan asin merupakan salah satu produk olahan hasil perikanan yang diawetkan melalui kombinasi proses penggaraman dan pengeringan, sehingga dapat disimpan dalam jangka waktu yang jauh lebih lama dibandingkan ikan segar. Ikan segar tergolong bahan pangan yang sangat mudah mengalami kerusakan karena kandungan proteinnya yang tinggi menyebabkan proses pembusukan akibat aktivitas bakteri dan reaksi kimiawi berlangsung cepat apabila tidak segera diolah. Ikan yang memiliki kadar air sekitar 60 hingga 84 persen sangat mudah mengalami kerusakan apabila tidak segera diawetkan.

Proses penggaraman dilakukan dengan cara mengurangi kadar air dalam tubuh ikan hingga titik tertentu sehingga bakteri tidak dapat hidup dan berkembang lagi, sekaligus garam yang diserap ke dalam jaringan ikan dapat menghambat atau bahkan membunuh bakteri penyebab kebusukan. Setelah proses penggaraman selesai, ikan kemudian dikeringkan untuk menurunkan kadar air lebih lanjut hingga tingkat yang aman untuk penyimpanan jangka panjang. Meskipun telah melalui proses penggaraman dan pengeringan, ikan asin tetap mempertahankan nilai gizi yang cukup baik. Menurut Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Jawa Barat, ikan asin kering mengandung energi 193 kilokalori, protein 42 gram, lemak 1,5 gram, kalsium 200 miligram, fosfor 300 miligram, dan zat besi 3 miligram per 100 gram bahan yang dapat dimakan[8].

2.2.2 Proses Pengeringan Ikan Asin



Gambar 2. 2 Proses Pengeringan Ikan Asin

Pengeringan merupakan tahap yang sangat penting dalam pembuatan ikan asin. Pengeringan adalah proses pengurangan kadar air yang ada di dalam daging ikan sampai kegiatan mikroorganisme pembusuk serta enzim penyebab pembusukan terhenti, sehingga ikan dapat disimpan cukup lama sebagai bahan makanan. Kadar air dalam tubuh ikan perlu diturunkan hingga kisaran 20 hingga 35 persen agar pertumbuhan mikroorganisme pembusuk dapat dihentikan sepenuhnya.

Pada proses pengeringan terjadi perpindahan massa secara difusi dari bahan yang dikeringkan ke media pengering, serta perpindahan panas secara konduksi dan konveksi dari media pengering ke bahan. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengeringan terbagi menjadi dua, yaitu faktor yang berhubungan dengan udara pengeringan seperti suhu, kecepatan aliran udara, dan kelembapan udara, serta faktor yang berhubungan dengan sifat bahan yang dikeringkan seperti bentuk, ukuran, kadar air awal, dan tekanan parsial dalam bahan.

Secara lebih rinci, faktor-faktor tersebut meliputi: suhu udara, di mana semakin tinggi suhu maka semakin cepat proses penguapan

berlangsung; kelembapan udara, di mana semakin lembap udara di sekitar ikan maka semakin lambat proses pengeringannya; ukuran dan ketebalan ikan, di mana ikan yang lebih tebal membutuhkan waktu lebih lama untuk kering; serta aliran udara, di mana udara yang bergerak akan mengangkut uap air dari permukaan ikan lebih cepat dibandingkan udara yang diam. Pengeringan dengan sinar matahari adalah metode yang paling banyak digunakan karena tidak membutuhkan fasilitas khusus apabila tersedia ruang penjemuran yang cukup luas, namun kelemahannya adalah mutu produk sangat bergantung pada kondisi cuaca dan proses tidak dapat berlangsung efektif pada musim hujan. Semakin lama waktu pengeringan berlangsung, semakin besar pula penurunan kadar air yang terjadi, karena nilai aktivitas air (A_w) yang rendah akan menghambat potensi pertumbuhan mikroorganisme, menginaktivasi enzim, serta mencegah reaksi kimia dan biokimia penyebab penurunan mutu pangan.

2.2.3 Arduino IDE



Gambar 2. 3 Arduino IDE

Arduino IDE (Integrated Development Environment) adalah perangkat lunak bersifat open-source yang digunakan untuk menulis, mengompilasi, dan mengunggah kode program ke berbagai jenis

mikrokontroler, termasuk ESP32, menggunakan bahasa pemrograman berbasis C/C++. Antarmuka Arduino IDE dirancang sederhana dan ramah pengguna, sehingga cocok digunakan oleh berbagai kalangan, mulai dari pemula hingga pengembang yang berpengalaman [9].

Untuk dapat memprogram ESP32 menggunakan Arduino IDE, terlebih dahulu perlu dilakukan penambahan dukungan board ESP32 melalui menu Boards Manager dengan memasukkan URL package yang disediakan oleh Espressif Systems. Selain itu, pustaka (library) tambahan juga perlu dipasang sesuai komponen yang digunakan, misalnya pustaka untuk sensor DHT22, sensor MQ135, serta pustaka untuk komunikasi dengan Telegram Bot API melalui protokol HTTPS. Arduino IDE mendukung kompatibilitas dengan ESP32 sehingga program yang ditulis menggunakan gaya pemrograman Arduino dapat dikompilasi dan diunggah ke ESP32 melalui koneksi USB, yang menjadikannya salah satu perangkat lunak paling populer untuk pengembangan proyek berbasis mikrokontroler. Dalam penelitian ini, Arduino IDE digunakan sebagai lingkungan pengembangan utama untuk membangun seluruh firmware sistem kontrol pengeringan ikan asin berbasis ESP32 dan sensor-sensor yang terintegrasi.

2.2.4 Spreadsheet



Gambar 2. 4 Spreadsheet

Spreadsheet merupakan perangkat lunak berbasis tabel yang digunakan untuk mengolah, menyimpan, dan menampilkan data secara terstruktur dalam bentuk baris dan kolom. Setiap perpotongan baris dan kolom disebut sel (cell), yang dapat berisi data numerik, teks, rumus perhitungan, maupun referensi ke sel lainnya. Spreadsheet pertama kali diperkenalkan melalui perangkat lunak VisiCalc pada tahun 1979 dan terus berkembang menjadi salah satu aplikasi yang banyak digunakan dalam bidang bisnis, pendidikan, maupun rekayasa (*engineering*) [10].

Dalam konteks sistem kontrol dan akuisisi data, spreadsheet berfungsi sebagai media pencatatan, penyimpanan, dan visualisasi data hasil pengukuran sensor. Data yang diperoleh dari perangkat keras dapat dikirim secara otomatis ke spreadsheet melalui jaringan internet sehingga memungkinkan pengguna melakukan pemantauan dan analisis data secara real-time tanpa memerlukan perangkat lunak tambahan yang kompleks. Selain itu, data yang tersimpan dapat digunakan sebagai arsip atau riwayat pengukuran untuk keperluan analisis lebih lanjut[7].

Pada penelitian ini, Google Spreadsheet digunakan sebagai media penyimpanan data hasil pembacaan sensor DHT22, dan MQ135 yang dikirim oleh ESP32 melalui koneksi internet. Data yang tersimpan meliputi waktu pengambilan data, suhu, kelembapan, serta kualitas udara sehingga seluruh hasil kontrol terdokumentasi secara otomatis dan dapat diakses kapan saja.

Selain disimpan pada Google Spreadsheet, data hasil kontrol juga dikirimkan ke Telegram Bot sebagai media notifikasi dan pemantauan secara real-time. Melalui Telegram Bot, pengguna dapat melihat hasil pembacaan sensor secara langsung menggunakan perangkat smartphone tanpa harus berada di lokasi pengeringan ikan asin. Dengan demikian, kombinasi penggunaan Google Spreadsheet sebagai media penyimpanan data dan Telegram Bot sebagai media kontrol memungkinkan proses pemantauan menjadi lebih efektif, terdokumentasi dengan baik, dan mudah diakses dari berbagai lokasi yang memiliki koneksi internet.

2.2.5 Telegram Bot



Gambar 2. 5 Telegram Bot

Telegram adalah aplikasi perpesanan instan yang menyediakan layanan Bot API, yaitu antarmuka pemrograman yang memungkinkan pengembang membuat dan menjalankan akun bot secara otomatis melalui kode program. Pembuatan bot baru dilakukan melalui akun resmi BotFather dengan perintah `/newbot`, di mana pengembang diminta menentukan nama dan username bot, dan setelah pendaftaran berhasil BotFather menghasilkan token autentikasi unik yang berfungsi sebagai

kunci akses bot ke Bot API; username bot wajib diakhiri dengan kata "bot" dan bersifat tidak dapat diubah setelah dibuat[11].

Token tersebut berupa sebuah string yang berfungsi layaknya kata sandi bagi bot, sehingga harus disimpan dengan aman karena siapa pun yang memiliki token dapat mengendalikan bot yang bersangkutan. Dengan token ini, perangkat seperti ESP32 dapat mengirimkan permintaan HTTP ke server Telegram melalui URL resmi Bot API untuk menjalankan berbagai fungsi, salah satunya mengirim pesan teks maupun notifikasi kepada pengguna tertentu menggunakan chat ID yang bersangkutan. Setiap bot memiliki token yang unik dan dapat dicabut kapan saja melalui BotFather apabila diperlukan[11].

Dalam konteks IoT, Telegram Bot banyak dipilih sebagai media notifikasi dan pemantauan jarak jauh karena ringan, tidak memerlukan pengembangan aplikasi tambahan di sisi pengguna, serta dapat diakses kapan saja dan di mana saja melalui smartphone yang telah terpasang aplikasi Telegram[11]. Pada penelitian ini, Telegram Bot digunakan sebagai media pengiriman data hasil pembacaan sensor secara berkala kepada pengguna, sehingga kondisi penjemuran ikan asin dapat dipantau dari jarak jauh secara real-time.

2.2.6 Internet of Things (IoT)



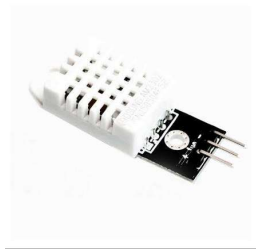
Gambar 2. 6 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah konsep yang menghubungkan berbagai perangkat fisik seperti sensor, aktuator, dan peralatan elektronik lainnya ke dalam suatu jaringan sehingga dapat saling bertukar data secara otomatis melalui internet tanpa memerlukan interaksi langsung antarmanusia. Perangkat dalam ekosistem IoT umumnya terdiri atas lapisan persepsi (sensor yang mengumpulkan data fisik dari lingkungan), lapisan jaringan (yang menghubungkan perangkat ke internet melalui Wi-Fi, GSM, atau protokol lainnya), serta lapisan aplikasi yang menjadi antarmuka bagi pengguna untuk melihat dan mengelola data tersebut melalui smartphone maupun komputer[12].

Penerapan IoT memberikan sejumlah manfaat nyata, di antaranya kemampuan pemantauan secara real-time dari jarak jauh, efisiensi waktu dan tenaga karena tidak memerlukan kehadiran fisik di lokasi pemantauan, serta tersedianya data yang lebih objektif dan terukur sebagai dasar pengambilan keputusan dibandingkan pengamatan manual. Dalam penelitian ini, konsep IoT diterapkan dengan memanfaatkan ESP32 sebagai perangkat yang membaca data dari beberapa sensor lingkungan, kemudian

mengirimkan data tersebut melalui jaringan Wi-Fi ke layanan Telegram Bot, sehingga kondisi penjemuran ikan asin dapat dipantau pengguna secara real-time dari mana saja.

2.2.7 Sensor DHT22



Gambar 2. 7 Sensor DHT22

DHT22, yang juga dikenal dengan nama AM2302, adalah sensor digital yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan udara secara sekaligus, dengan kemampuan memberikan data yang cukup akurat dan stabil sehingga sangat cocok digunakan dalam berbagai sistem kontrol berbasis IoT. Sensor DHT22 terdiri dari dua komponen utama, yaitu sensor kelembapan kapasitif dan termistor suhu dengan koefisien suhu negatif (NTC), yang secara bersama-sama memungkinkan pengukuran kedua parameter tersebut dalam satu modul yang kompak[13].

Cara kerja DHT22 dalam mengukur kelembapan adalah dengan mendeteksi uap air melalui pengukuran resistansi listrik antara dua elektroda pada substrat penahan kelembapan, di mana perubahan resistansi antar elektroda sebanding dengan perubahan kelembapan relatif di udara, sementara pengukuran suhu dilakukan menggunakan termistor yang nilai resistansinya berubah seiring perubahan suhu di sekitarnya. Keluaran data

DHT22 berbentuk digital sehingga tidak membutuhkan pin ADC pada mikrokontroler, dan sensor membutuhkan waktu paling lama 2 detik untuk setiap proses pembacaan dengan tegangan kerja 3,3 hingga 5 volt[13].

Spesifikasi teknis DHT22 mencakup rentang pengukuran suhu dari -40 hingga +80 derajat Celsius dengan akurasi $\pm 0,5$ derajat Celsius, serta rentang pengukuran kelembapan dari 0 hingga 100 persen RH dengan akurasi ± 2 hingga 5 persen RH. DHT22 memiliki tingkat stabilitas yang baik dengan fitur kalibrasi yang akurat, di mana koefisien kalibrasi disimpan dalam memori OTP internal sehingga setiap kali sensor mengukur nilai suhu atau kelembapan, modul menyertakan koefisien tersebut dalam perhitungan hasilnya secara otomatis. Dalam penelitian ini, DHT22 digunakan untuk memantau kondisi suhu dan kelembapan udara di sekitar lokasi penjemuran ikan asin, yang merupakan dua parameter lingkungan penting yang turut mempengaruhi kecepatan dan kualitas proses pengeringan[13].

2.2.8 Sensor MQ135



Gambar 2. 8 Sensor MQ135

Sensor MQ135 disebut sebagai air quality control sensor karena memiliki fungsi dan cakupan yang luas dalam mendeteksi kualitas udara dari berbagai gas yang dapat mencemari lingkungan atau membahayakan kesehatan, seperti ammonia (NH_3), senyawa aromatik, sulfur, uap benzena,

asap, NO_x, alkohol, dan CO₂. Sensor ini banyak digunakan dalam sistem kontrol lingkungan berbasis mikrokontroler untuk mendeteksi keberadaan polutan udara secara real-time dan menyatakan hasilnya dalam satuan PPM (Part Per Million)[14].

Sensor MQ135 bekerja berdasarkan perubahan nilai resistansi internal (R_s) yang terjadi ketika sensor bersentuhan dengan gas yang dideteksi; semakin tinggi konsentrasi gas di sekitar sensor, semakin besar pula perubahan resistansi yang terjadi, dan perubahan nilai resistansi inilah yang kemudian dikonversi menjadi nilai konsentrasi gas dalam satuan PPM. MQ135 memiliki dua jenis keluaran, yaitu output digital yang menggunakan op-amp sebagai komparator dengan sensitivitas yang dapat disesuaikan melalui trimpot, dan output analog yang dapat langsung dihubungkan ke pin ADC pada mikrokontroler[14].

Dalam konteks penelitian ini, sensor MQ135 difungsikan untuk memantau kualitas udara di sekitar area penjemuran ikan asin, terutama untuk mendeteksi keberadaan gas ammonia (NH₃) yang dapat muncul selama proses pengeringan berlangsung, serta gas-gas lain yang dapat mengindikasikan kualitas lingkungan penjemuran. Informasi kualitas udara ini melengkapi data suhu dan kelembapan dari sensor DHT22 untuk memberikan gambaran kondisi lingkungan penjemuran yang lebih lengkap.

2.2.9 Mikrokontroler ESP32



Gambar 2. 9 Mikrokontroler ESP32

ESP32 merupakan system on chip microcontroller yang dirancang oleh perusahaan Espressif Systems untuk aplikasi yang bersifat mobile, perangkat wearable, dan Internet of Things. ESP32 pertama kali diperkenalkan pada tahun 2016 dilengkapi prosesor Xtensa dual-core 32-bit LX6 hingga 240 MHz sebagai penerus dari ESP8266. Dibandingkan ESP8266, ESP32 memiliki inti CPU yang lebih besar, kemampuan Wi-Fi yang lebih cepat, jumlah GPIO yang lebih banyak, serta telah dilengkapi Bluetooth hemat energi atau BLE (Bluetooth Low Energy)[15].

ESP32 adalah mikrokontroler SoC terpadu dengan Wi-Fi 802.11 b/g/n, Bluetooth versi 4.2, dan berbagai peripheral, termasuk prosesor, penyimpanan, dan akses pada GPIO (General Purpose Input Output), sehingga dapat digunakan untuk berbagai rangkaian dan mampu terkoneksi ke Wi-Fi secara langsung. Spesifikasi teknis ESP32 meliputi memori program sebesar 448 kB, dukungan protokol CAN, I2C, I2S, SDIO, SPI, dan UART, ADC 12-bit, kecepatan clock maksimum 120 MHz, tegangan suplai 2,3 hingga 3,6 volt, Wi-Fi 802.11 b/g/n dengan kecepatan hingga 150 Mbit/s, Bluetooth v4.2 BR/EDR dan BLE, serta dilengkapi dua kanal DAC dan dukungan PWM pada setiap pin GPIO. ESP32 juga memiliki

keunggulan dalam konsumsi daya yang sangat rendah melalui fitur hemat daya, termasuk multiple power modes, dynamic power scaling, dan fine resolution clock gating. Dalam penelitian ini, ESP32 berperan sebagai unit pengolah utama yang membaca data dari sensor-sensor yang terpasang, kemudian mengirimkannya melalui jaringan Wi-Fi ke Telegram Bot untuk dipantau pengguna secara real-time[15].

2.2.10 Panel Surya



Gambar 2. 10 Panel Surya

Panel surya atau solar panel adalah perangkat yang memanfaatkan efek fotovoltaiik (photovoltaic effect) untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik arus searah (DC). Efek photovoltaic merupakan suatu fenomena yang terjadi akibat adanya tegangan listrik karena hubungan antara dua elektroda dengan sistem padatan atau cairan saat mendapatkan energi cahaya, dan berdasarkan cara kerja inilah banyak orang menyebut sel surya sebagai perangkat photovoltaic[16].

Bahan sel surya terdiri atas kaca pelindung dan material adhesive transparan yang melindungi sel surya dari kondisi lingkungan, material anti-refleksi untuk menyerap lebih banyak cahaya dan mengurangi

pantulan, semikonduktor tipe P dan tipe N yang terbuat dari campuran silikon untuk menghasilkan medan listrik, serta saluran awal dan saluran akhir dari logam tipis untuk mengalirkan elektron ke beban listrik. Ketika cahaya mengenai sel surya dan diserap oleh bahan semikonduktor, terjadi pelepasan elektron; apabila elektron tersebut berpindah menuju lapisan semikonduktor yang berbeda, terjadi perubahan gaya-gaya pada bahan, dan gaya tolakan antar semikonduktor menyebabkan timbulnya medan listrik yang kemudian mengalir sebagai arus listrik[16].

Dalam sebuah sistem panel surya, terdapat beberapa komponen utama yang saling terhubung, yaitu panel surya untuk mengubah sinar matahari menjadi energi listrik, charge controller untuk mengontrol pengisian daya baterai, baterai untuk menyimpan energi, serta inverter apabila diperlukan untuk mengubah arus DC menjadi AC. Dalam penelitian ini, panel surya digunakan sebagai sumber energi utama sistem kontrol, sehingga alat dapat beroperasi secara mandiri di lokasi penjemuran tanpa memerlukan sambungan listrik dari jaringan PLN[16].

2.2.11 Solar Charge Controller (SCC)



Gambar 2. 11 *Solar Charge Controller (SCC)*

Solar Charge Controller (SCC) adalah perangkat elektronik yang berfungsi mengatur aliran arus listrik dari panel surya ke baterai, sekaligus

melindungi baterai dari kondisi pengisian berlebih (overcharge) maupun pengosongan berlebih (over discharge) yang dapat merusak baterai. SCC terpasang di antara panel surya dan baterai, dan fungsi utamanya adalah menyesuaikan arus listrik yang masuk ke dalam baterai agar baterai tidak mengalami overcharge, serta menghindari kondisi over discharge atau baterai dalam keadaan terlalu lemah[16].

SCC yang baik memiliki kemampuan mendeteksi kapasitas baterai; bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya dihentikan, dengan cara memonitor level tegangan tertentu, dan apabila level tegangan turun maka baterai akan diisi kembali. SCC umumnya terdiri dari satu terminal input yang terhubung ke output panel surya, satu terminal output yang terhubung ke baterai, dan satu terminal output yang terhubung ke beban, serta dilengkapi diode protection yang memastikan arus DC hanya mengalir dari panel surya ke baterai dan tidak sebaliknya[16].

Terdapat dua jenis teknologi yang umum digunakan pada SCC, yaitu PWM (Pulse Width Modulation) yang menggunakan modulasi lebar pulsa untuk mengatur pengisian, serta MPPT (Maximum Power Point Tracking) yang mampu mengoptimalkan pengambilan daya dari panel surya secara lebih efisien pada berbagai kondisi cahaya. Dalam penelitian ini, SCC digunakan untuk mengatur proses pengisian baterai dari panel surya sekaligus melindungi komponen sistem dari kerusakan akibat tegangan yang tidak stabil[16].

2.2.12 Accu/Baterai



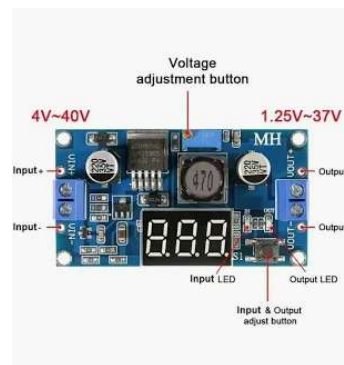
Gambar 2. 12 *Accu/Baterai*

Accu atau baterai merupakan komponen penyimpan energi listrik yang berfungsi menyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya selama siang hari untuk kemudian digunakan kembali oleh beban—dalam hal ini sistem kontrol—pada saat panel surya tidak menghasilkan listrik, misalnya pada malam hari atau saat cuaca mendung. Secara umum, baterai yang digunakan pada sistem berbasis panel surya adalah baterai bertipe lead-acid (aki) dengan tegangan nominal 12 volt, karena memiliki kapasitas penyimpanan energi yang memadai, harga yang relatif terjangkau, mudah diperoleh di pasaran, serta dapat diisi ulang berulang kali[16].

Kapasitas baterai dinyatakan dalam satuan Ampere-hour (Ah), yang merepresentasikan jumlah muatan listrik yang dapat disimpan dan dikeluarkan oleh baterai. Semakin besar nilai Ah suatu baterai, semakin lama baterai tersebut dapat menyuplai arus listrik ke beban sebelum kehabisan daya. Dalam sebuah sistem tenaga surya, pemilihan kapasitas baterai harus mempertimbangkan kebutuhan daya total beban yang harus dicatu serta perkiraan durasi pengoperasian sistem tanpa penyinaran

matahari. Pada penelitian ini, accu digunakan sebagai penyangga energi utama yang memastikan sistem kontrol tetap beroperasi secara kontinu sepanjang proses penjemuran ikan asin berlangsung[16].

2.2.13 LM2596 DC-DC Step Down



Gambar 2. 13 LM2596 DC-DC *Step Down*

DC Converter atau buck converter (step-down converter) adalah rangkaian elektronik yang berfungsi menurunkan tegangan arus searah (DC) dari level tegangan yang lebih tinggi ke level yang lebih rendah sesuai kebutuhan beban, tanpa mengubah jenis arusnya. Dalam sistem ini, konverter menurunkan tegangan keluaran baterai sebesar 12 volt menjadi 5 volt yang dibutuhkan oleh mikrokontroler ESP32 dan sensor-sensor yang digunakan dalam penelitian[17].

Prinsip kerja step-down converter adalah dengan memanfaatkan komponen switching berupa transistor atau MOSFET yang bekerja secara bergantian (on-off) pada frekuensi tinggi, dikombinasikan dengan induktor dan kapasitor sebagai filter, sehingga menghasilkan tegangan keluaran yang lebih rendah namun stabil. Keunggulan konverter jenis ini

dibandingkan regulator linier adalah efisiensinya yang jauh lebih tinggi (dapat mencapai 85–95%), karena energi yang tidak terpakai dikonversi kembali ke induktor, bukan dibuang sebagai panas seperti pada regulator linier. Modul DC step-down yang umum digunakan pada proyek berbasis mikrokontroler adalah modul berbasis IC LM2596 atau XL4016 yang tersedia dalam bentuk modul siap pakai, sehingga mudah diintegrasikan ke dalam rangkaian[17]. Dalam penelitian ini, konverter DC digunakan untuk memastikan ESP32 dan seluruh sensor mendapatkan tegangan suplai yang stabil sebesar 5 volt dari sumber baterai 12 volt.

2.2.14 Relay



Gambar 2. 14 Relay

Relay adalah komponen elektronik yang berfungsi sebagai saklar elektromekanis, yaitu saklar yang cara kerjanya dikendalikan oleh sinyal listrik bertegangan rendah dari mikrokontroler untuk menghubungkan atau memutuskan rangkaian listrik bertegangan lebih tinggi. Relay terdiri dari dua bagian utama, yaitu coil yang merupakan gulungan kawat yang akan menghasilkan medan magnet ketika dialiri arus listrik, serta contact yang merupakan jenis saklar yang pergerakannya bergantung pada ada atau tidaknya arus pada coil[18].

Relay bekerja berdasarkan prinsip medan magnet yang digunakan untuk menggerakkan kontak saklar; saat kumparan (coil) dialiri tegangan kerja relay, medan magnet yang terbentuk akan menarik tuas kontak sehingga posisi saklar berpindah, dan ketika tegangan pada kumparan dilepas, medan magnet menghilang sehingga kontak kembali ke posisi semula oleh pegas. Relay memiliki tiga terminal kontak, yaitu COM (Common) sebagai terminal bersama, NO (Normally Open) yang dalam kondisi normal terbuka dan akan menutup saat relay aktif, serta NC (Normally Closed) yang dalam kondisi normal tertutup dan akan terbuka saat relay aktif[18].

Penggunaan relay sangat umum dalam sistem berbasis mikrokontroler karena memungkinkan ESP32 yang beroperasi pada tegangan rendah (3,3 volt) untuk mengendalikan perangkat yang membutuhkan tegangan atau arus yang jauh lebih besar, dengan tetap menjaga isolasi galvanik antara rangkaian kendali dan rangkaian daya. Dalam penelitian ini, relay digunakan sebagai antarmuka antara sinyal kendali dari ESP32 dengan komponen daya yang memerlukan pengendalian on-off berdasarkan kondisi yang terdeteksi sensor[18].

2.2.15 LCD I2C



Gambar 2. 15 LCD I2C

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan perangkat keluaran (*output device*) yang digunakan untuk menampilkan informasi dalam bentuk karakter maupun angka. Pada penelitian ini digunakan modul LCD 16×2 yang dilengkapi dengan antarmuka Inter-Integrated Circuit (I2C) sehingga komunikasi dengan mikrokontroler ESP32 hanya memerlukan dua jalur komunikasi, yaitu Serial Data (SDA) dan Serial Clock (SCL). Penggunaan modul I2C membuat jumlah pin yang digunakan lebih sedikit dibandingkan LCD paralel, sehingga memudahkan proses perancangan rangkaian[12].

LCD I2C berfungsi sebagai media tampilan lokal yang menampilkan informasi hasil pembacaan sensor secara langsung tanpa harus membuka aplikasi Telegram. Informasi yang dapat ditampilkan meliputi nilai suhu, kelembapan, maupun status sistem. Dengan demikian, pengguna dapat mengetahui kondisi lingkungan pengeringan ikan asin secara langsung di lokasi alat[12].

Modul LCD I2C umumnya menggunakan alamat komunikasi 0x27 atau 0x3F, tergantung jenis modul yang digunakan. Tegangan kerja LCD I2C berkisar antara 3,3 V hingga 5 V, sehingga dapat dihubungkan dengan ESP32 menggunakan antarmuka I2C[12].

2.2.16 Heater 12 vdc



Gambar 2. 16 Heater

Heater DC 12 volt merupakan perangkat pemanas yang menggunakan sumber tegangan arus searah (Direct Current/DC) sebesar 12 volt untuk menghasilkan energi panas. Prinsip kerja heater didasarkan pada perubahan energi listrik menjadi energi panas ketika arus listrik mengalir melalui elemen pemanas yang memiliki hambatan listrik. Panas yang dihasilkan kemudian digunakan untuk meningkatkan temperatur pada suatu ruang atau media.[19]

Pada sistem pengeringan ikan asin, heater DC 12 volt digunakan sebagai salah satu aktuator untuk membantu meningkatkan suhu di dalam ruang pengering ketika kondisi suhu berada di bawah batas yang telah ditentukan. Heater tidak dikendalikan secara langsung oleh pin ESP32, tetapi melalui modul relay. ESP32 memberikan sinyal kontrol kepada relay berdasarkan hasil pembacaan sensor DHT22.

Dalam penelitian ini, heater diatur untuk menyala ketika suhu berada di bawah 30°C. Ketika suhu telah mencapai atau melebihi 30°C, ESP32 memberikan perintah untuk mematikan heater. Pengaturan tersebut bertujuan agar heater hanya bekerja ketika suhu ruang pengering berada di bawah kondisi yang telah ditentukan.

2.2.17 Kipas DC



Gambar 2. 17 Kipas DC

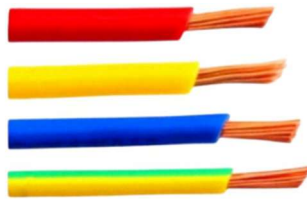
Kipas DC merupakan perangkat elektromekanik yang berfungsi menghasilkan aliran udara dengan menggunakan sumber tegangan searah (*Direct Current*). Kipas ini terdiri atas motor DC yang menggerakkan baling-baling sehingga menghasilkan hembusan udara sesuai dengan kecepatan putaran motor[20].

Dalam penelitian ini, kipas DC digunakan sebagai komponen pendukung pada sistem pengeringan ikan asin. Kipas berfungsi membantu memperlancar sirkulasi udara di sekitar ikan sehingga proses penguapan kadar air dapat berlangsung lebih efektif, terutama ketika suhu, kelembapan udara, dan kualitas udara berkurang atau kondisi udara kurang mendukung proses pengeringan.

Pengoperasian kipas DC dikendalikan oleh ESP32 melalui modul relay atau transistor driver sesuai dengan kondisi yang telah diprogram.

Sebagai contoh, kipas dapat diaktifkan ketika suhu atau kelembapan berada pada nilai tertentu sehingga kondisi pengeringan tetap terjaga. Selain itu, status kipas dapat dipantau melalui Telegram Bot maupun LCD sebagai bagian dari sistem kontrol.

2.2.18 Kabel NYAF



Gambar 2. 18 Kabel NYAF

Kabel NYAF merupakan kabel listrik yang terdiri atas penghantar tembaga serabut dengan isolasi berbahan Polyvinyl Chloride (PVC). Struktur penghantar yang berbentuk serabut membuat kabel NYAF lebih fleksibel dibandingkan kabel inti tunggal sehingga mudah digunakan pada instalasi panel listrik maupun sistem elektronika[21].

Pada penelitian ini, kabel NYAF digunakan sebagai penghantar daya dari panel surya, Solar Charge Controller (SCC), aki, dan DC converter menuju ESP32 serta komponen pendukung lainnya. Penggunaan kabel NYAF dipilih karena memiliki fleksibilitas yang baik, mampu menghantarkan arus listrik dengan stabil, serta memudahkan proses pemasangan pada rangkaian sistem kontrol pengeringan ikan asin.

2.2.19 Kabel Jumper



Gambar 2. 19 Kabel Jumper

Kabel jumper merupakan kabel penghubung yang digunakan untuk menghubungkan komponen elektronik pada papan percobaan (*breadboard*) maupun langsung ke pin mikrokontroler. Kabel ini tersedia dalam beberapa jenis, yaitu male-to-male, male-to-female, dan female-to-female, sehingga dapat disesuaikan dengan kebutuhan koneksi antarperangkat[12]

Pada penelitian ini, kabel jumper digunakan untuk menghubungkan ESP32 dengan sensor DHT22, sensor MQ135, LCD I2C, serta modul pendukung lainnya. Penggunaan kabel jumper mempermudah proses perakitan, pengujian, dan pemeliharaan sistem karena setiap komponen dapat dipasang maupun dilepas tanpa melakukan proses penyolderan permanen. Dengan demikian, proses pengembangan dan pengujian sistem kontrol pengeringan ikan asin menjadi lebih efisien dan fleksibel.

2.2.20 Aluminium Composite Panel



Gambar 2. 20 *Aluminium Composite Panel*

Aluminium Composite Panel adalah Material yang berupa panel datar yang terbuat dari bahan inti non-logam (seperti polyethylene) yang diapit oleh dua lembar aluminium pada bagian depan dan belakangnya. ACP dalam pembuatan ini memakai warna putih dan berukuran 2mm.

Pada penelitian ini, Aluminium Composite Panel (ACP) digunakan sebagai body box atau rumah pelindung sistem kontrol pengeringan ikan asin. Body box berfungsi untuk melindungi komponen elektronik seperti lainnya dari debu, percikan air, benturan ringan, serta pengaruh kondisi lingkungan selama proses pengeringan berlangsung. Selain sebagai pelindung, penggunaan ACP juga memberikan struktur yang kokoh sehingga seluruh komponen dapat dipasang dengan lebih terorganisir dan mudah dalam proses perawatan maupun pengembangan sistem.

2.2.21 Polymethyl Methacrylate (PMMA)



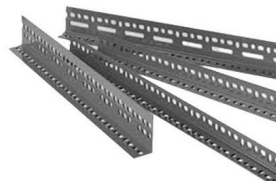
Gambar 2. 21 *Polymethyl Methacrylate*

Akrilik merupakan material termoplastik transparan yang dikenal dengan nama Polymethyl Methacrylate (PMMA). Material ini banyak digunakan sebagai pengganti kaca karena memiliki bobot yang lebih ringan, tidak mudah pecah, serta memiliki tingkat transparansi yang tinggi. Selain

itu, akrilik memiliki ketahanan yang baik terhadap korosi, kelembapan, dan paparan cuaca sehingga sering dimanfaatkan sebagai bahan pelindung maupun dudukan komponen pada berbagai perangkat elektronik.

Pada penelitian ini, akrilik ini berwarna bening dan berukuran 2mm digunakan sebagai pelindung ikan asin dari terpaan hujan dan debu, serta untuk sumber daya utama untuk mengeringkan ikan asin.

2.2.22 Besi Siku



Gambar 2. 22 Besi Siku Bolong

Dalam proses pembuatan rangka alat material yang digunakan harus memiliki struktural yang baik tetapi ringan dan mudah dibentuk. Salah satu material yang memenuhi kriteria tersebut adalah besi siku lubang. Besi siku lubang adalah besi siku yang biasa digunakan untuk membangun besi siku rak, frame, dan struktur lainnya. Besi ini dapat dirakit dengan menggunakan baut dan mur.