

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terkait

Dalam penelitian ini, penulis mendapat sedikit inspirasi dan referensi dari peneliti-peneliti sebelumnya yang berkaitan dengan latar belakang pada masalah pada penelitian ini. Berikut adalah penelitian terdahulu yang berhubungan dengan proposal penelitian ini antara lain:

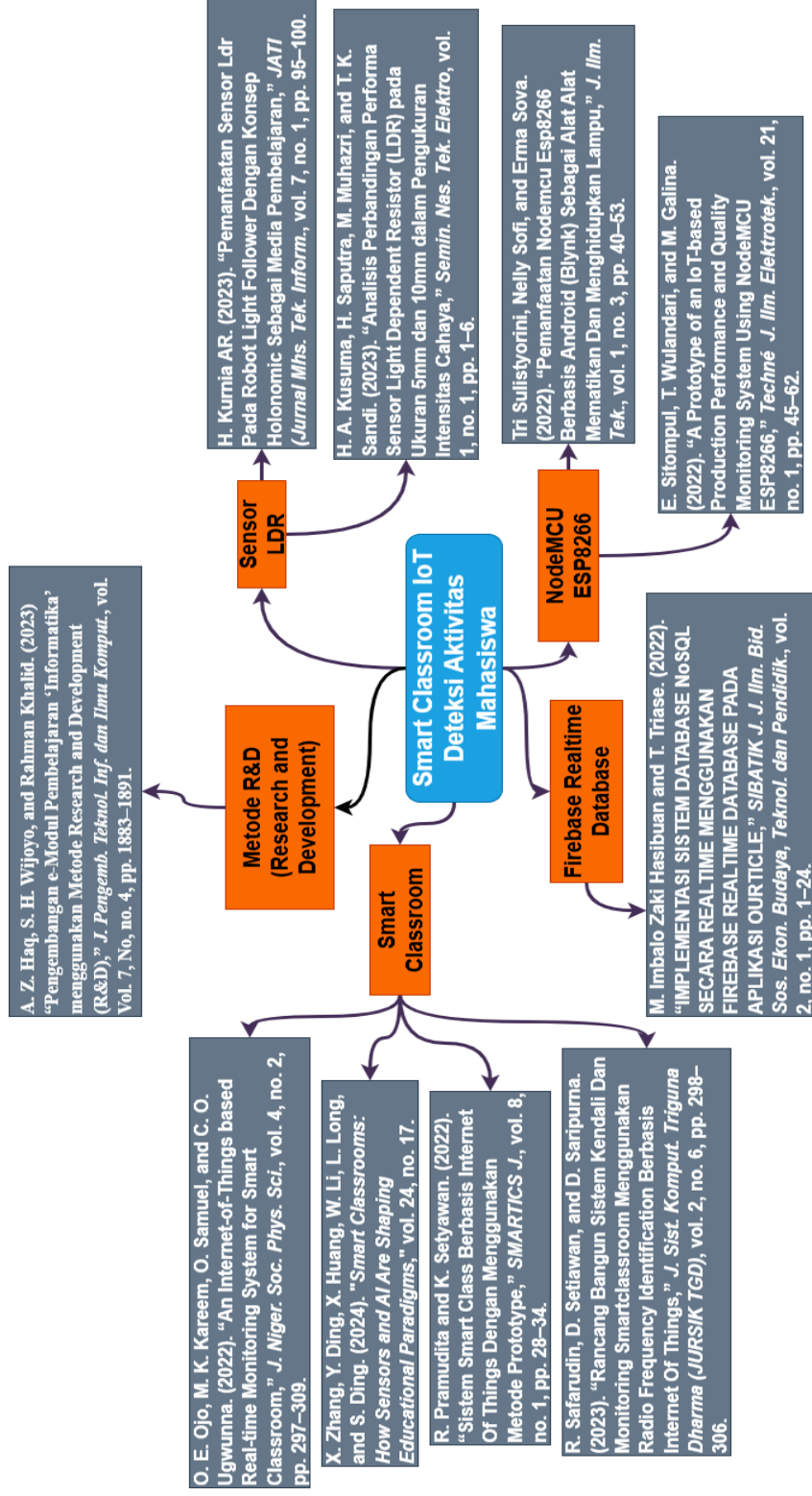
Tabel 1. Tabel penelitian terkait

No	Penulis (Tahun)	Judul	Metode, Tools, dan Objek	Hasil
1	Abu Bakar Ibrahim, Nursyahirah Shamsudin, Mad Helmi Ab. Majid, Sumayyah Dzulkifly, Yusri Abdullah, Mohammad Ikhsan Setiawan (2024)	<i>Smart Classroom: A Development of Electrical Control System with Internet of Things</i>	Metode: <i>Rapid Application Development</i> (RAD) Tools: Arduino Uno R3, Infrared (IR) Sensor, Relay 2 Channel, LCD Display Objek: Subjek aktivitas mahasiswa, Lingkungan implementasi	Hasil Penelitian: Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem kontrol listrik berbasis IoT yang menggunakan sensor elektronik Arduino dapat dengan akurat mengidentifikasi kehadiran siswa dan mengotomatisasi nyala, mati lampu, dan kipas sesuai dengan keberadaan orang. Menghemat hingga 6.880Watt daya.
2	Xiaochen Zhang, Yiran Ding, Xiaoyu Huang, Wujing Li, Liumei Long dan Shiyao Ding (2024)	<i>Smart Classroom: How Sensors and AI Are Shaping Educational Paradigms</i>	Metode: Pendekatan tinjauan sistematis Tools: Sumber data, Visualisasi, Analisis data Objek: Teknologi sensor, Integrasi AI	Hasil Penelitian: Integrasi sensor dan AI dalam <i>Smart Classroom</i> meningkatkan personalisasi pembelajaran, efisiensi pengelolaan kelas, dan analisis keterlibatan siswa, meskipun menghadapi tantangan seperti privasi data, biaya, dan optimalisasi algoritma.
3	O. E. Ojo, M. K. Kareem, O. Samuel, C. O. Ugwunna (2022)	<i>An Internet-of-Things based Real-time Monitoring System for Smart Classroom</i>	Metode: Desain penelitian, Pengujian dan evaluasi Tools: Arduino Uno WiFi Rev2, RFID Reader Load Cell, LCD/Screen Objek: Parameter evaluasi, Siswa dan pengelola, <i>Smart Classroom</i>	Hasil Penelitian: Studi ini mengungkap bahwa sistem pendaftaran kursus berbasis IoT mengurangi waktu pendaftaran hingga 30% hingga 50% dibandingkan dengan Metode tradisional dan meningkatkan proses pendaftaran.

4	Mohd Wafi Nasrudin, Nur Asyikin Nordin, Iszaidy Ismail, Mohd Ilman Jais, Amir Nazren Abdul Rahim dan Wan Azani Mustafa (2021)	<i>Smart Classroom for Electricity-Saving with Integrated IoT System</i>	Metode: Pengumpulan data, Analisis hasil, Desain penelitian. Tools: NodeMCU, Sensor Inframerah (IR), LCD Display Objek: Ruang kelas, Siswa, Perangkat listrik	Hasil Penelitian: Sistem manajemen energi <i>Internet of Things</i> (IoT) dapat menghemat energi di area tertentu, dengan sensor inframerah yang mendeteksi aktivitas manusia dan mengendalikan lampu serta kipas angin, sehingga mengurangi konsumsi energi secara signifikan.
5	Yaya Wihardi, Enjun Junaeti, Wawan Setiawan, Erlangga, Wahyudin (2021)	<i>Smart Classroom System (SCS) Berbasis Kamera Untuk Memantau Keadaan Peserta Didik</i>	Metode: Studi literatur, Perancangan sistem, Pengumpulan data, Pemodelan dan simulasi Tools: Kamera CCTV (resolusi 2 MP), Komputer sebagai terminal dan Server Objek: Sistem <i>Smart Classroom</i> , Data	Hasil Penelitian: <i>Smart Classroom</i> (SCS) menggunakan kamera untuk memantau kinerja siswa, dengan akurasi 91,4% dalam pengenalan wajah menggunakan FaceNet dan 78,5% dalam deteksi suasana hati menggunakan <i>Gabor Convolutional Networks</i> . Namun, kombinasi <i>Histogram of Oriented Gradient</i> dan <i>Support Vector Machine</i> hanya memiliki akurasi 61,3%. SRGAN meningkatkan resolusi kamera (2 MP) dan akurasi sistem.
6	Rully Pramuditaa, Kevin Setyawan (2022)	Sistem Smart Class Berbasis <i>Internet of Things</i> dengan Menggunakan Metode Prototype	Metode: Metode Prototype Tools: NodeMCU ESP8266, Arduino Shield, Relay 4 Channel Objek: Sistem Smart Class basis IoT, Lingkungan implementasi	Hasil Penelitian: Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem, asalkan <i>smartphone</i> terhubung ke jaringan internet, dapat dengan akurat menghidupkan dan mematikan lampu, AC, dan proyektor.
7	Michella Monica, Alfa Satya Putra (2021)	Perancangan dan Pengembangan Sistem <i>Smart Classroom</i> Menggunakan Arduino	Metode: Survei, Studi Literatur, Pengembangan sistem Tools: Arduino Mega 2560, Fingerprint Scanner (FPM10A), QR	Hasil Penelitian: Studi ini mengungkap bahwa sistem Kelas Cerdas, yang dirancang untuk mengurangi stres akademis, telah menunjukkan efektivitas dalam

			Barcode Scanner (FPM10A) Objek: Mahasiswa dan dosen, Sistem yang dikembangkan	mengurangi tingkat stres. Survei terhadap 144 peserta menemukan bahwa 54,5 persen siswa dan 60 persen dosen telah melakukan uji stres, sementara 55,1 persen siswa dan 20 dosen menganggap sistem tersebut tidak efektif.
8	Mingbao Zhang dan Xiang Li (2021)	<i>Design of Smart Classroom System Based on Internet of Things Technology and Smart Classroom</i>	Metode: Desain dan pengembangan sistem Tools: DS18B20, Photoresistor, Modul zigbee Objek: Guru dan siswa, Lingkungan kelas, <i>Smart Classroom</i> IoT	Hasil Penelitian: Sistem <i>Smart Classroom</i> memanfaatkan teknologi IoT untuk meningkatkan pengalaman belajar mengajar, meningkatkan interaksi guru-siswa. Chip DS18B20 digunakan untuk mendeteksi kebisingan dan fotoresistor untuk mengurangi intensitas ruangan.
9	Tiar Permana, Rully Pramudita (2024)	Prototipe Kelas Pintar Berbasis Android Menggunakan Metode <i>Rapid Application Development</i> Di Universitas Bina Insani	Metode: <i>Rapid Application Development</i> (RAD) Tools: Arduino Uno, NodeMCU ESP8266, Sensor DHT11 Objek: Ruangan kelas di Universitas Bina Insani, Integrasi IoT	Hasil Penelitian: Hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi BiU-Class, yang menggunakan Metode pengembangan aplikasi cepat (RAD) untuk mempercepat proses pengembangan, berfungsi dengan baik dan dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan ruang kelas dan mengurangi masalah seperti lupa mematikan perangkat atau mengunci pintu setelah kelas selesai.
10	Adi Setiawan, Gyga Putra Parsaulian Hutaeruk, Tita Aisyah (2023)	Prototipe Kelas Pintar dengan Absensi Otomatis MAC Address Gawai Berbasis IoT	Metode: Pendekatan fungsional,	Hasil Penelitian: Prototipe kelas pintar yang didasarkan pada <i>Internet of Things</i> (IoT) menggunakan NodeMCU ESP8266 memerlukan waktu sepuluh menit untuk

			Pendekatan struktural Tools: NodeMCU dan Relay Objek: <i>Prototype Smart Classroom</i>	mengaktifkan area dan empat belas menit untuk mengaktifkan relays. Selain itu, sistem ini memiliki sistem otomatis absensi yang didasarkan pada MAC address, yang memungkinkan user untuk mengakses data absensi.
--	--	--	--	---



Gambar 1. Mind Map

Membuat skripsi secara lengkap, sangat penting untuk memahami bagaimana ide-ide akan dikembangkan. Dengan demikian, *Mind Map* dibuat sebagai alat bantu visual untuk memetakan ide pikiran di proposal. Penelitian terkait pada “Implementasi IoT dalam Mendeteksi Aktivitas Kelas untuk Mewujudkan *Smart Classroom* di Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali.” Sebagai berikut:

Mind map menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian telah berfokus pada penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam dunia pendidikan, terutama melalui gagasan *Smart Classroom* dan penggunaan sensor IR.

Identifikasi GAP Penelitian:

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu mengenai sistem *Smart Classroom* berbasis *Internet of Things* (IoT), masih ditemukan beberapa keterbatasan dalam implementasinya. Sebagian besar penelitian sebelumnya hanya berfokus pada pemantauan kondisi ruangan seperti suhu dan pencahayaan, belum mengembangkan sistem yang mampu mendeteksi aktivitas mahasiswa secara otomatis. Selain itu, hasil deteksi umumnya hanya ditampilkan melalui serial monitor tanpa adanya integrasi dengan media tampilan seperti LCD.

Dari sisi performa, sistem yang telah dikembangkan juga masih menunjukkan keterlambatan respon sensor terhadap perubahan cahaya cepat, sehingga dapat menimbulkan kesalahan deteksi. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengimplementasikan sistem *Smart Classroom* yang terintegrasi dengan Arduino UNO, sensor IR, dengan optimasi kecepatan deteksi dan penyajian data secara *real-time* melalui LCD.

B. Landasan Teori

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa konsep dasar yang menjadi landasan teoritis untuk mendukung proses perancangan dan pengembangan sistem. Adapun teori-teori yang akan dibahas meliputi:

1. *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan suatu kerangka dimana setiap Objek memiliki representasi dan keberadaan di internet. Secara lebih spesifik, *Internet of Things* bertujuan untuk menyediakan aplikasi dan layanan baru yang menghubungkan dunia fisik dengan virtual, dimana komunikasi *Machine-to-machine* (M2M) menjadi bentuk komunikasi dasar yang memungkinkan interaksi antara benda dan aplikasi di *Cloud*[8]. Perubahan signifikan dalam kebiasaan harian kita dapat terlihat seiring dengan semakin luasnya penggunaan perangkat dan teknologi IoT. IoT hadir di berbagai tempat, meskipun kita tidak selalu menyadarinya atau mengetahui bahwa suatu perangkat termasuk di dalamnya. Bagi pengguna, IoT merupakan hal yang baru. Produk-produk perangkat yang terhubung dengan internet, elemen otomatisasi rumah, dan perangkat pengelola energi mendorong kita untuk memperhatikan “Rumah Pintar”, yang menawarkan peningkatan keamanan dan efisiensi energi.



Gambar 2. Ilustrasi *Internet of Things*

2. *Smart Classroom*

Smart Classroom merupakan konsep ruang kelas berbasis teknologi yang memanfaatkan *Internet of Things* (IoT), sensor, serta perangkat komputasi untuk menciptakan lingkungan belajar yang lebih efisien, adaptif, dan hemat energi. Sistem ini tidak hanya mendukung kegiatan pembelajaran, tetapi juga mengoptimalkan penggunaan sumber daya seperti listrik, ventilasi, serta fasilitas kelas lainnya melalui otomatisasi berbasis sensor. Dengan demikian, *Smart Classroom* mampu meningkatkan kualitas pengalaman belajar sekaligus mengurangi pemborosan energi.

Menurut Abu Bakar Ibrahim dkk. [9], pengembangan *Smart Classroom* dengan menggunakan IoT dan sensor inframerah dapat mendeteksi keberadaan mahasiswa secara *real-time*, sehingga sistem listrik kelas (lampu, kipas) dapat diatur secara otomatis sesuai kebutuhan. Hal ini terbukti efektif dalam mengurangi pemborosan listrik akibat perangkat yang lupa dimatikan setelah kelas selesai. Sementara itu, Ojo dkk. [10] mengembangkan sistem monitoring *Smart Classroom* berbasis IoT yang berfokus pada otomatisasi allotment tempat duduk mahasiswa menggunakan Arduino, RFID, dan load sensor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ini meningkatkan efisiensi waktu hingga 50% dibandingkan metode manual, serta memberikan keakuratan yang lebih tinggi dalam memantau kehadiran mahasiswa.

Dengan adanya berbagai implementasi tersebut, dapat disimpulkan bahwa *Smart Classroom* merupakan langkah nyata dalam mendukung transformasi digital di bidang pendidikan. Teknologi ini tidak hanya membantu dosen dan mahasiswa dalam proses pembelajaran, tetapi juga menjadi solusi dalam manajemen energi, keamanan, serta monitoring aktivitas di ruang kelas secara lebih cerdas.

3. Metode Eksperimen

Metode penelitian eksperimen adalah pendekatan penelitian yang dilakukan secara sistematis untuk menguji hubungan sebab-akibat antara variabel melalui manipulasi variabel bebas dan pengamatan terhadap variabel terikat dalam kondisi yang terkontrol. Dalam penelitian eksperimen, peneliti melakukan perlakuan atau treatment terhadap suatu objek penelitian dan kemudian memantau dampaknya secara empiris sehingga dapat menyimpulkan hubungan kausal antara variabel[7]. Metode ini sering digunakan dalam penelitian sains, teknologi, dan rekayasa untuk mengevaluasi efektivitas atau kinerja suatu sistem atau perangkat yang dikembangkan.

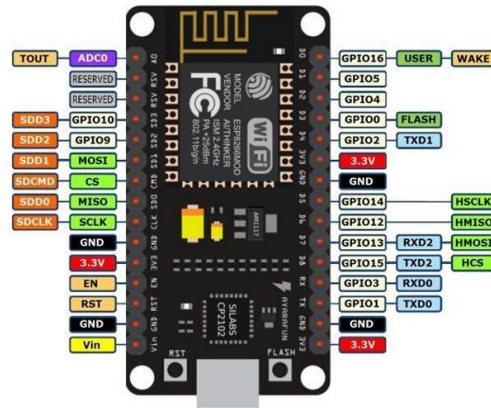
Dalam penerapannya, metode eksperimen mensyaratkan adanya kontrol variabel, randomisasi (bila relevan), dan manipulasi variabel bebas untuk memastikan bahwa perubahan pada variabel dependen benar-benar disebabkan oleh perlakuan yang diberikan. Karakteristik utama metode eksperimen antara lain identifikasi variabel bebas dan terikat, pengendalian kondisi lingkungan, serta penggunaan instrumen pengukuran yang konsisten sehingga data yang dihasilkan memiliki validitas dan reliabilitas tinggi[11].

Penelitian eksperimen tidak hanya terbatas pada ilmu pendidikan atau sosial, tetapi juga banyak diterapkan dalam bidang teknik dan teknologi, khususnya dalam pengujian performa sistem berbasis IoT. Misalnya, pada penelitian yang mengembangkan perangkat IoT untuk kegiatan laboratorium, tahapan penelitian mencakup perencanaan, pengembangan, pengujian, pengumpulan data, dan analisis untuk memperoleh bukti empiris yang valid terhadap performa perangkat yang diuji[12].

Dalam konteks penelitian teknologi seperti pengembangan sistem *Smart Classroom* berbasis Arduino UNO, metode eksperimen digunakan untuk menguji kinerja sensor, efektivitas kontrol kipas secara otomatis, serta akurasi dan stabilitas sistem secara keseluruhan. Dengan demikian, metode eksperimen memungkinkan peneliti untuk melakukan evaluasi secara empiris terhadap implementasi perangkat keras dan perangkat lunak yang dikembangkan serta menarik kesimpulan berdasarkan bukti data hasil pengujian.

4. NodeMCU ESP8266

NodeMCU merupakan platform IoT yang bersifat sumber terbuka[13]. NodeMCU sebuah board elektronik yang berbasis chip ESP8266 dengan kemampuan untuk menjalankan fungsi mikrokontroler dan koneksi Internet (WiFi)[14]. Dalam pengembangan sistem *Internet of Things* (IoT), NodeMCU ESP8266 sering digunakan untuk inti pusat pengendali karena mampu terhubung ke internet dan mengendalikan berbagai perangkat melalui WiFi network[15]. Mikrokontroler ini dapat deprogram untuk melakukan konfigurasi dan memanipulasi perangkat yang terhubung, baik secara langsung melalui input fisiknya ataupun dari jarak jauh melalui internet[16].



Gambar 3. NodeMCU ESP8266

- a. Micro-USB: fungsinya sebagai power yang bisa terhubung dengan USB port. Biasa digunakan untuk pengiriman sketch atau untuk memantau data serial dengan serial monitoring di aplikasi Arduino IDE.
- b. 3.3V: sebagai tegangan untuk device lainnya. Ada 3 tempat untuk 3.3V.
- c. GND (Ground): sebagai tegangan 0 atau nilai negative untuk mengalirkan arus.
- d. Vin: sebagai external power yang mempengaruhi *output* dari semua pin.
- e. EN, RST: pin yang digunakan untuk reset program di mikrokontroler.
- f. A0: Analog pin, untuk membaca *input* secara analog.
- g. GPIO 1 – GPIO 16: pin yang dapat digunakan sebagai *input* dan *output*. Dan pin ini dapat melakukan pembacaan dan pengiriman data secara analog.
- h. SD1, CMD, SD0, CLK: SPI Pin untuk komunikasi SPI (Serial Peripheral Interface) dimana clock akan digunakan untuk sinkronisasi deteksi bit pada receiver.
- i. TXD0, RXD0, TXD2, RXD2: sebagai interface UART, dan pasangannya adalah TXD0 dengan RXD0 dan TXD2 dengan RXD2. TXD1 digunakan untuk upload firmware/program.
- j. SDA, SCL (I2C Pins): digubakan untuk device yang membutuhkan I2C.

5. Arduino UNO

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler open-source yang banyak digunakan dalam penelitian, pendidikan, dan pengembangan prototipe sistem elektronik karena kemudahan pemrograman dan fleksibilitasnya dalam mengintegrasikan berbagai sensor dan aktuator. Arduino Uno berbasis mikrokontroler ATmega328P, memiliki 14 pin digital input/output, 6 pin analog input, resonator 16 MHz, serta antarmuka USB untuk pengunggahan program melalui Arduino IDE menggunakan bahasa pemrograman mirip C/C++. Kemudahan penggunaan, biaya yang relatif rendah, dan dukungan komunitas luas menjadikan Arduino Uno populer dalam berbagai penelitian aplikatif maupun pengembangan alat pembelajaran berbasis mikrokontroler[17].

Berbagai penelitian dari periode 2022 hingga 2025 menunjukkan penerapan Arduino Uno dalam berbagai konteks riset, mulai dari perancangan media pembelajaran hingga sistem otomatisasi dan kendali. Misalnya, penelitian mengenai perancangan trainer mikrokontroler berbasis Arduino Uno untuk pembelajaran praktik mikrokontroler

menunjukkan bahwa konsep ini dapat meningkatkan kinerja pembelajaran dan memberikan alat bantu yang valid untuk mahasiswa teknik elektro[18]. Selain itu, pengembangan media pembelajaran mikrokontroler berbasis IoT memanfaatkan Arduino Uno untuk membaca input sensor seperti suhu dan cahaya serta memproses data untuk ditampilkan melalui jaringan internet, yang terbukti layak digunakan sebagai media pembelajaran[19]. Penelitian lain juga menunjukkan aplikasi Arduino Uno dalam perancangan sistem otomatisasi seperti sistem penyiraman otomatis greenhouse, sistem kendali irigasi otomatis, serta pengontrol pengisian baterai pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya, yang menegaskan bahwa Arduino Uno mampu menangani berbagai tugas pengolahan data sensor dan kendali aktuator secara *real-time*[20].

Dengan demikian, Arduino Uno terbukti tidak hanya sebagai alat pembelajaran tetapi juga sebagai platform prototipe yang efektif dalam pengembangan sistem kontrol, monitoring *real-time*, dan integrasi dengan teknologi IoT, yang mempermudah peneliti untuk mengembangkan aplikasi teknologi secara cepat dan ekonomis.



Gambar 4. Arduino UNO

6. Sensor IR

Sensor Infrared (IR) adalah komponen elektronik yang bekerja berdasarkan deteksi radiasi inframerah yang dipantulkan atau terputus oleh objek di depan sensor. Sensor ini biasanya terdiri dari pemancar inframerah (IR LED) dan penerima (photodiode/phototransistor atau sensor PIR) yang merespons perubahan intensitas sinar inframerah saat ada objek dalam jangkauan. Ketika objek melewati area sensor, perubahan sinyal akan dikonversi menjadi sinyal logika digital (HIGH/LOW) yang dapat dibaca dan diolah oleh mikrokontroler seperti Arduino Uno untuk berbagai aplikasi seperti deteksi objek, penghitung, atau sistem otomatisasi.

Sensor IR banyak digunakan dalam bidang pengontrolan otomatis, monitoring objek, dan sistem kendali *real-time* karena biaya rendah, respon cepat, konsumsi daya kecil, serta kemudahan integrasi dengan mikrokontroler Arduino. Kinerja sensor IR bergantung pada konfigurasi perangkat, jarak pemasangan, serta kondisi lingkungan seperti pencahayaan di sekitar area deteksi, sehingga perlu disesuaikan dalam perancangan sistem agar akurasi optimal.

Sensor inframerah juga digunakan dalam studi sistem deteksi ruang parkir otomatis berbasis Arduino, di mana sensor ini berfungsi untuk mendeteksi kendaraan yang

memasuki area parkir, kemudian data deteksi diolah untuk menentukan status ruang parkir secara *real-time*[21].

Penerapan lainnya termasuk pendeteksian pergerakan benda bebas dengan sensor inframerah yang terhubung ke Arduino Uno untuk mengukur waktu jatuh bebas benda dalam eksperimen laboratorium atau alat pengujian, sehingga menunjukkan fleksibilitas sensor IR dalam aplikasi ilmiah dan praktis[22].

Secara umum, sensor IR memberikan output digital yang memudahkan mikrokontroler seperti Arduino Uno dalam membaca dan memproses sinyal deteksi objek untuk berbagai aplikasi otomatisasi dan pengukuran di tingkat prototipe maupun penelitian. Integrasi sensor IR dalam rangkaian elektronika dan sistem embedded menjadi pilihan utama karena kepraktisan, kompatibilitas tinggi, serta biaya yang efisien, terutama dalam implementasi alat deteksi dan kendali otomatis.



Gambar 5. E18-D80NK IR Infrared Proximity Sensor Module

7. LCD 16x2 I2C

Liquid Crystal *Display* (LCD) adalah komponen elektronika yang mempunyai fungsi sebagai *display* atau menampilkan informasi yang ditentukan oleh mikrokontroler[23]. LCD 16x2 memiliki 16 kolom dan 2 baris karakter/tulisan. Module LCD digunakan untuk menampilkan teks berjalan, dan running teks. LCD memiliki 16 pinout, berikut penjelasannya:

- a. VSS, adalah Ground atau GND (-).
- b. Constrate, merupakan tegangan suplay atau VCC (+5V).
- c. V0 atau VEE, untuk mengatur kontras teks yang akan ditampilkan
- d. RS (Register Select), digunakan mikrokontroler untuk memilih lokasi memori saat data writing
- e. RW (Read/Write), untuk menentukan mode LCD, mode read atau mode write.
- f. E (Enable), digunakan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan mode penulisan.
- g. D0, data untuk bit ke-8
- h. D1, data untuk bit ke-7
- i. D2, data untuk bit ke-6
- j. D3, data untuk bit ke-5
- k. D4, data untuk bit ke-4
- l. D5, data untuk bit ke-3
- m. D6, data untuk bit ke-2

- n. D7, data untuk bit ke-1
- o. Blacklight (+), terhubung dengan kaki anoda LED latar mendapat tegangan positif.
- p. Blacklight (-), terhubung ke kaki katoda LED latar mendapat tegangan negative. Pin A dan K digunakan untuk menyalakan LED agar teks yang ditampilkan dapat terlihat dalam gelap.

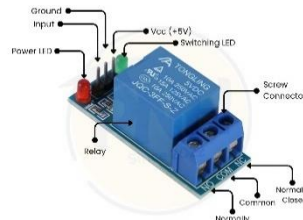
I2C (Inter-Integrated Circuit) adalah sebuah sistem komunikasi data yang menggunakan dua jalur kabel saja, dimana 1 jalur disebut dengan SDA (Serial Data Addres) dan 1 jalur lagi disebut SCL (Serial Clock).[24] I2C memungkinkan mikrokontroler seperti Arduino UNO untuk berkomunikasi dengan beberapa perangkat lain, seperti sensor atau LCD, hanya melalui dua pin. Setiap perangkat I2C memiliki alamat khusus, sehingga mikrokontroler dapat mengirimkan dan menerima data dari perangkat tertentu dengan mudah. Karena hanya menggunakan dua kabel untuk banyak perangkat, I2C sangat cocok digunakan dalam rangkaian yang membutuhkan efisiensi kabel dan penghematan pin *input/output*.



Gambar 6. LCD 16x2 I2C

8. Relay

Relay merupakan perangkat aktuator elektromekanis atau elektromagnetik yang berfungsi sebagai saklar penghubung dan pemutus arus listrik antara rangkaian kontrol bertegangan rendah (seperti mikrokontroler) dengan beban bertegangan tinggi secara aman, sehingga memungkinkan mikrokontroler untuk mengendalikan perangkat listrik seperti lampu, kipas angin, atau aktuator lain tanpa langsung berhubungan dengan listrik mains. Pada sistem otomasi berbasis IoT, modul relay umum digunakan untuk menjalankan fungsi switching output berdasarkan logika kendali dari mikrokontroler sehingga sistem dapat melakukan on/off control secara otomatis tanpa intervensi manusia langsung. Penggunaan modul relay dalam kendali beban listrik terbukti efektif untuk mengatur kondisi hidup-mati perangkat berdasarkan input digital dari mikrokontroler dan jaringan IoT[25].



Gambar 7. Relay

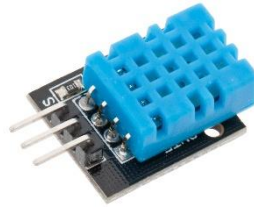
9. Sensor DHT11

Sensor DHT11 adalah modul sensor yang digunakan untuk mengukur suhu (temperature) dan kelembapan (humidity) lingkungan secara simultan. Sensor DHT11 terdiri dari elemen pengukur kelembapan dan termistor yang menghasilkan sinyal digital sesuai dengan kondisi lingkungan yang terukur. Data suhu dan kelembapan ini kemudian dikirimkan ke mikrokontroler seperti Arduino Uno melalui komunikasi digital satu kabel (single-wire protocol), sehingga mudah diintegrasikan dalam berbagai sistem embedded dan aplikasi *Internet of Things* (IoT). Sensor DHT11 sering digunakan dalam prototipe sistem monitoring lingkungan karena memiliki struktur sederhana, konsumsi daya rendah, dan harga yang relatif terjangkau.

Dalam aplikasi riset dan teknologi, sensor DHT11 memiliki peranan penting dalam pemantauan kondisi lingkungan secara otomatis. Salah satu penelitian merancang blower otomatis berbasis sensor DHT11 yang terhubung ke Arduino Uno untuk mengatur suplai udara pada proses pembakaran secara *real-time* sehingga meningkatkan efisiensi pembakaran gula merah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengurangi konsumsi bahan bakar dan waktu pemasakan secara signifikan berdasarkan pembacaan suhu dan kelembapan dari sensor DHT11[26].

Selain itu, penelitian yang mengkaji kinerja sensor DHT11 dalam deteksi suhu lingkungan dengan bantuan algoritma fuzzy logic menunjukkan bahwa kombinasi DHT11 dan mikrokontroler seperti Arduino mampu mengklasifikasikan kondisi suhu dalam kategori seperti dingin, normal, dan panas, yang selanjutnya digunakan untuk pengendalian perangkat seperti kipas atau alat pemanas secara otomatis. Sistem ini terbukti hemat biaya, mudah diimplementasikan, dan responsif terhadap perubahan suhu lingkungan[27].

Secara keseluruhan, sensor DHT11 menunjukkan kemampuan yang memadai dalam aplikasi monitoring dan kontrol lingkungan berbasis mikrokontroler, terutama untuk sistem yang memerlukan data suhu dan kelembapan secara *real-time*. Integrasi DHT11 dalam sistem berbasis Arduino Uno dan platform IoT juga menunjukkan kemudahan pengembangan prototipe dengan biaya rendah serta kompatibilitas yang tinggi untuk aplikasi penelitian maupun implementasi teknologi.



Gambar 8. Sensor DHT11

10. Arduino IDE

Arduino IDE merupakan perangkat lunak utama yang digunakan untuk program mikrokontroler Arduino dan kompetibelnya, termasuk NodeMCU ESP8266. Arduino IDE berfungsi sebagai akses antara pengguna dengan perangkat keras, memungkinkan kode, kompilasi, dan pengunggahan program ke mikorkontroler secara langsung.

Arduino IDE menyediakan lingkungan pemrograman yang sederhana namun lengkap. IDE ini terdiri atas editor kode, area pesan (*console*), serta toolbar untuk melakukan kompilasi dan upload program[28]. Keunggulan utama Arduino IDE adalah kemudahannya dalam mendeteksi kesalahan sintaksis pada saat proses kompilasi, serta adanya Serial Monitor yang dapat digunakan untuk melihat data masukan dan keluaran dari perangkat secara *real-time*. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah turunan dari C/C++ dengan penyederhanaan sintaks sehingga lebih mudah dipahami oleh pemula.

Fungsi utama dalam pemrograman Arduino IDE adalah *setup ()* dan *loop ()*. Fungsi *setup ()* dijalankan sekali pada saat sistem dinyalakan, biasanya digunakan untuk inisialisasi pin, sensor, atau komunikasi. Sedangkan *loop ()* berjalan secara berulang hingga perangkat dimatikan, berisi logika utama program yang mengatur proses kontrol perangkat keras. Selain itu, Arduino IDE juga mendukung berbagai pustaka (*library*) yang dapat ditambahkan untuk memperluas fungsionalitas proyek, misalnya pustaka untuk koneksi Wi-Fi atau komunikasi dengan sensor.



Gambar 9. Aplikasi Arduino IDE