



universitas
MALIKUSSALEH

TUGAS AKHIR

**SISTEM MANAJEMEN KEAMANAN DAN ENERGI MASJID
BERBASIS DIGITAL**

**Tugas Akhir sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
jenjang strata satu (S-1) di Jurusan Teknik Elektro,
Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh**

Oleh:

**WAHYU SYAHPUTRA
210150012**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MALIKUSSALEH
LHOKSEUMAWE
2026**

LEMBAR PENGESAHAN JURUSAN

Tugas Akhir

Judul Tugas Akhir : Sistem Manajemen Keamanan dan Energi Masjid Berbasis Digital
Nama Mahasiswa : Wahyu Syahputra
NIM : 210150012
Program Studi : S1 Teknik Elektro
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Perguruan Tinggi : Universitas Malikussaleh
Pembimbing Utama : Kartika, S.S.T., M.T.
Pembimbing Pendamping : Asran, S.T., M.T.
Ketua Penguji : Misbahul Jannah, S.T., M.T.
Anggota Penguji : Dr. Taufiq, S.T., M.T.

Lhokseumawe, ~~29~~ April 2026

Penulis



Wahyu Syahputra
NIM. 210150012

Menyetujui:

Pembimbing Utama,



Kartika, S.S.T., M.T.
NIP. 196912301995121001

Pembimbing Pendamping,



Asran, S.T., M.T.
NIP. 197204152002121002

Mengetahui:

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Prof. Arnawan Hasibuan, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197204142006041002

LEMBAR PENGESAHAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Wahyu Syahputra

NIM : 210150012

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa di dalam skripsi ini tidak terdapat bagian atau satu kesatuan yang utuh dari skripsi, buku, atau bentuk lain yang saya kutip dari karya orang lain tanpa saya sebutkan sumbernya yang dapat dipandang sebagai tindakan penjiplakan. Sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat reproduksi karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain yang dijadikan seolah-olah karya asli saya sendiri. Apabila ternyata terdapat dalam skripsi saya bagian-bagian yang memenuhi standar penjiplakan maka saya menyatakan kesediaan untuk dibatalkan sebahagian atau seluruh hak gelar kesarjanaan saya

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan seperlunya.

Lhokseumawe, 27 April 2026

Saya yang membuat pernyataan,



Wahyu Syahputra
NIM. 210150012

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, skripsi ini penulis persembahkan sebagai puncak dari perjalanan akademis yang dipenuhi oleh tantangan, pembelajaran, serta dedikasi yang tiada henti. Setiap langkah dalam proses ini telah membentuk penulis untuk lebih memahami arti dari kerja keras, ketekunan, dan kegigihan dalam menghadapi segala hambatan.

Skripsi ini tidak hanya menjadi pencapaian akademis, tetapi juga simbol dari proses pengembangan diri yang penulis jalani selama ini. Di balik setiap halaman skripsi ini, tersimpan pengalaman berharga yang mengajarkan pentingnya ketekunan dalam mencari solusi, kesabaran dalam menghadapi kegagalan, serta keyakinan bahwa setiap usaha akan membawa hasil yang baik.

Penulis menyadari bahwa dukungan, semangat, dan bimbingan dari berbagai pihak telah menjadi fondasi yang kokoh bagi penyelesaian skripsi ini. Penulis berharap bahwa skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan serta generasi yang akan datang. Dengan ini, Penulis ingin persembahkan Tugas Akhir ini kepada "Abah Muhammad AL-Fazri dan Ibu Amalia", mak bah kita berhasil membuktikan kalau untuk jadi sarjana itu tidak mesti orang kaya anak tukang listrik pun bisa jadi sarjana, mungkin banyak yang remehkan kita tetapi anak kecilmu ini bisa membuktikannya, Terima kasih atas semua perjuangan mamak dan abah, terimakasih atas kepercayaan yang telah abah mamak berikan, terimakasih atas semua dukungan dan doa yang mamak abah berikan. Terimakasih juga untuk kakak saya yang terhormat Miftahul Jannah dan Siti Zubaida yang selalu mendukung, membimbing dan memberi nasehat untuk adik kecilmu ini.

Untuk sahabatku M.Fathan Naqi, dan teman-teman kost RBB yang tidak saya sebut satu persatu dari batin yang paling dalam, aku ingin mengucapkan terima kasih. Terima kasih atas setiap momen kebersamaan yang telah kita lewati hingga saat ini. Terima kasih untuk setiap dukungan, tawa, dan kekuatan yang selalu kau berikan, terutama di saat-saat sulit. Semoga setelah kita menyelesaikan masa perkuliahan ini, persahabatan kita tidak berakhir di sini. Aku berharap, persahabatan ini akan terus bertahan hingga kita menua, tetap saling mendukung dalam mewujudkan setiap impian dan tujuan yang kita kejar. Sehat dan sukses selalu, kawan.

Terimakasih kepada dosen pembimbing dan penguji yang terhormat saya ucapkan terimakasih kepada bapak dan ibu mungkin untuk saat ini saya belum dapat membalas atas kebaikan bapak dan ibu yang berikan pada saya hingga saat ini yang selalu membantu dan membimbing saya dalam penyelesaian tugas akhir ini, hanya doa yang dapat saya berikan supaya bapak dan ibu sekeluarga sehat selalu dan sukses dunia akhirat Saya ucapkan terima kasih kepada semuanya yang telah berkontribusi dalam proses pengerjaan skripsi ini saya ucapkan terimakasih pada semua nya hanya Allah SWT yang dapat membalas kebaikan kalian semua semoga diberikan kesehatan dan sukses dunia akhirat.

Saya ucapkan terima kasih kepada semuanya yang telah berkontribusi dalam proses pengerjaan skripsi ini saya ucapkan terimakasih pada semua nya hanya Allah SWT yang dapat membalas kebaikan kalian semua semoga diberikan kesehatan dan sukses dunia akhirat.

Lhokseumawe, 27 April 2026
Penulis

Wahyu Syahputra
NIM. 210150012

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang yang telah memberikan rahmat kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan yang berjudul **“Sistem Manajemen Keamanan Dan Energi Masjid Berbasis Digital”**.

Dalam penyusunan skripsi ini banyak kendala yang dihadapi penulis dalam menyusunnya, namun berkat dukungan dan doa terutama dari orang tua ayah M. AL Fazri dan ibu Amalia, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan oleh penulis. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih, terutama kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. Herman Fithra, ST., MT., IPM., ASEAN. Eng selaku Rektor Universitas Malikussaleh.
2. Bapak Dr. Muhammad Daud, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
3. Bapak Prof. Arnawan Hasibuan, S.T., M.T., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Malikussaleh.
4. Bapak Teuku Multazam, S.T., M.T., selaku Ketua Prodi Jurusan Teknik Elektro Universitas Malikussaleh.
5. Bapak Kartika, S.S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama yang senantiasa membimbing penulis dalam menyusun skripsi ini.
6. Bapak Asran, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II pada skripsi ini.
7. Ibu Misbahul Jannah, S.T., M.T. dan Bapak Dr. Taufiq, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I dan Penguji II pada skripsi ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam skripsi ini. Untuk itu kritik dan saran untuk skripsi ini sangat diperlukan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua, dan akhir kata penulis mengucapkan terima kasih.

Bukit Indah, 27 April 2026

Penulis

Wahyu Syahputra
NIM. 210150012

SISTEM MANAJEMEN KEAMANAN DAN ENERGI MASJID BERBASIS DIGITAL

ABSTRAK

Keamanan dan efisiensi energi merupakan dua aspek penting yang mendukung kenyamanan jamaah di masjid. Namun, tantangan seperti pemborosan energi akibat penggunaan perangkat yang tidak teratur dan risiko keamanan di area parkir masih sering terjadi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem manajemen keamanan dan energi masjid berbasis digital yang terintegrasi dengan jadwal waktu shalat, guna menciptakan lingkungan masjid yang aman, nyaman, dan efisien. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, dengan integrasi teknologi seperti DHT22 untuk pengaturan suhu ruangan, kloning remote untuk kendali AC, serta motor stepper NEMA 23 untuk mekanisme keamanan *one-way spike road* di area parkir. Jadwal waktu shalat diprogram menggunakan modul RTC DS3231 untuk menjaga akurasi waktu sebagai referensi utama sistem. Metodologi penelitian mencakup tahap perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, integrasi sistem, serta pengujian performa dalam berbagai kondisi operasional. DHT22 berperan dalam mendeteksi suhu ruangan secara real-time untuk mengoptimalkan penggunaan AC, sementara RTC DS3231 memastikan bahwa sistem beroperasi secara presisi sesuai jadwal shalat. Sistem juga dirancang agar dapat bekerja secara otomatis tanpa intervensi manual yang berlebihan, sehingga meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan energi dan keamanan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu mengurangi konsumsi energi hingga 30% melalui pengaturan otomatis AC berdasarkan suhu ruangan dan jadwal shalat, sehingga menurunkan biaya operasional dan jejak karbon tanpa mengorbankan kenyamanan jamaah. Dari segi keamanan, mekanisme *one-way spike road* beroperasi secara akurat dan stabil dalam mencegah kendaraan keluar tanpa izin selama waktu shalat berjamaah, menciptakan area parkir yang lebih aman dan tertib. Meskipun terdapat delay waktu operasional sebesar 5 detik, sistem tetap menunjukkan kinerja yang andal dan responsif dalam menjalankan fungsinya. Dengan hasil ini, sistem yang dikembangkan berhasil meningkatkan efisiensi energi dan keamanan masjid secara signifikan. Implementasi teknologi berbasis digital ini menjadikan masjid lebih modern, ramah lingkungan, dan sesuai dengan kebutuhan masa kini.

Kata kunci: *manajemen keamanan, manajemen energi, jadwal waktu shalat, otomatisasi AC, one-way spike road, ESP32.*

DIGITAL BASED MOSCOW SECURITY AND ENERGY MANAGEMENT SYSTEM

ABSTRACT

Security and energy efficiency are two essential aspects that support the comfort of worshippers in mosques. However, challenges such as energy wastage due to irregular use of devices and security risks in the parking area are still common. This study aims to design a mosque security and energy management system based on digital technology, integrated with prayer schedules, to create a safe, comfortable, and efficient mosque environment. The system utilizes an ESP32 microcontroller as the central controller, integrating technologies such as the DHT22 sensor for room temperature regulation, an remote cloning for AC control, and an NEMA 23 stepper motor for the one-way spike road security mechanism in the parking area. The prayer schedule is programmed using the RTC DS3231 module to maintain time accuracy as the system's primary reference. The research methodology includes hardware and software design, system integration, and performance testing under various operational conditions. The DHT22 sensor plays a role in detecting real-time room temperature to optimize AC usage, while the RTC DS3231 ensures that the system operates precisely according to the prayer schedule. The system is also designed to function automatically with minimal manual intervention, thereby improving efficiency in energy and security management. Test results indicate that the system can reduce energy consumption by up to 30% by automatically adjusting AC operations based on room temperature and prayer schedules, leading to lower operational costs and a reduced carbon footprint without compromising worshipper comfort. In terms of security, the one-way spike road mechanism operates accurately and stably in preventing unauthorized vehicle exits during congregational prayer times, creating a safer and more organized parking area. Although there is an operational delay of 5 seconds, the system still demonstrates reliable and responsive performance in executing its functions. With these results, the developed system successfully enhances mosque energy efficiency and security significantly. The implementation of digital-based technology makes mosques more modern, environmentally friendly, and aligned with contemporary needs.

Keywords: security management, energy management, prayer schedule, AC automation, one-way spike road, ESP32.

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN JURUSAN	I
LEMBAR PENGESAHAN ORISINALITAS	II
HALAMAN PERSEMBAHAN	III
KATA PENGANTAR	V
ABSTRAK	VI
<i>ABSTRACT</i>	VII
DAFTAR ISI	VIII
DAFTAR GAMBAR	XII
DAFTAR TABEL	XIV
DAFTAR LAMPIRAN	XV
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Sistem Manajemen Keamanan	6
2.1.1 Ruang Lingkup SMK	7
2.1.2 Komponen Utama SMK	8
2.1.3 Standar dan Kerangka Kerja SMK	9
2.2 Sistem Manajemen Energi	11
2.2.1 Pemantauan Energi	12
2.2.2 Pengendalian Energi	12
2.2.3 Optimalisasi Energi	12
2.3 Jadwal Waktu Sholat	12
2.4 AC	15

2.4.1 Prinsip Kerja AC	15
2.4.2 Kapasitas Pendinginan AC	18
2.4.3 Aturan Pemasangan AC di Indonesia (ESDM)	18
2.4.4 Remote AC	20
2.4.5 Remote Control Infrared	21
2.4.6 Metode Pengiriman Data Remote Control	21
2.4.7 Perhitungan Sudut Dan Jarak	23
2.5 Mikrokontroler	23
2.5.1 ESP32	24
2.5.2 Arduino Nano	26
2.6 Liquid Crystal Display	26
2.7 Sensor	29
2.7.1 Sensor Waktu	29
2.7.2 Sensor Suhu	30
2.7.2 Infrared Receiver	31
2.7.3 Infrared Transmitter	33
2.8 Motor Stepper	34
2.9 Driver Motor	36
2.10 One-way spike road	37
BAB III METODE PENELITIAN	40
3.1 Deskripsi Sistem Manajemen Keamanan Dan Energi	40
3.2 Perancangan Mekanik	42
3.2.1 Perancangan Panel Sistem Kendali	42
3.2.2 Perancangan Panel Perekam Remote dan Kloning Remote	42
3.2.3 Perancangan One Way Spike Road	43
3.3 Perhitungan Sudut dan Jarak Remote Kloning Ke AC	44
3.4 Perancangan Elektronik	45
3.4.1 Rangkaian LCD 12C	45
3.4.2 Rangkaian Motor Stepper	46
3.4.3 Rangkaian Kloning Remote	47
3.4.5 Rangkaian DHT 22	48

3.4.6 Rangkaian Elektronik Keseluruhan	49
3.5 Perancangan Program	50
3.5.1 Rancangan Program LCD I2C	50
3.5.2 Rancangan Program Motor Stepper	51
3.5.3 Rancangan Program Perekaman Remote Asli	52
3.5.4 Rancangan Program Kloning Remote	52
3.5.5 Rancangan Program DHT 22	53
3.6 Cara Kerja Alat	55
3.7 Borang Pengujian Fungsional	55
3.7.1 LCD I2C	56
3.7.2 Motor Stepper	56
3.7.3 Perekaman Remote	58
3.7.4 Remote Kloning	59
3.7.5 DHT 22	60
3.8 Pengujian Kinerja Sistem	61
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	63
4.1 Hasil Perancangan Mekanik	63
4.1.1 Panel Sistem Kendali	63
4.1.2 Panel Perekam Remote dan Kloning Remote	64
4.1.3 One Way Spike Road	64
4.2 Hasil Perancangan Elektronik	65
4.3 Hasil Pengujian Fungsional	65
4.3.1 Hasil Pengujian LCD I2C	66
4.3.2 Hasil Pengujian Motor Stepper	67
4.3.3 Hasil Pengujian Perekaman Remote Asli	70
4.3.4 Hasil Pengujian Kloning Remote	73
4.3.5 Hasil Pengujian DHT-22	74
4.4 Hasil Pengujian Kinerja Sistem	79
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	85
5.1 Kesimpulan	85
5.2 Saran	86

DAFTAR PUSTAKA	87
LAMPIRAN	90
Lampiran A	90
Lampiran B	106
Lampiran C	111
Lampiran D	114

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Logo ISO.	9
Gambar 2.2 National Institute of Standards and Technology.	10
Gambar 2.3 Awal waktu shalat dengan matahari	13
Gambar 2.4 Pulse Sinyal IR	21
Gambar 2.5 Space Sinyal IR	22
Gambar 2.6 Shift Sinyal IR	22
Gambar 2.7 Instruksi Remote Control	23
Gambar 2.8 ESP32.	24
Gambar 2.9 Arduino Nano	26
Gambar 2.10 LCD	27
Gambar 2.11 I2C LCD	28
Gambar 2.12 RTC DS3231	30
Gambar 2.13 DHT22	31
Gambar 2.14 Infrared Receiver	32
Gambar 2.15 Rangkaian dalam Sensor Inframerah	33
Gambar 2.16 Infrared Transmitter	34
Gambar 2.17 Motor Stepper	35
Gambar 2.18 Driver Motor	37
Gambar 2.19 Spike Road Lalu Lintas Di Permukaan	38
Gambar 2.20 Spike Road Lalu Lintas Di Permukaan Tanah.	38
Gambar 2.21 Spike Road lonjakan lalu lintas bermotor.	39
Gambar 3.1 Block Diagram Sistem Manajemen Keamanan dan Energi	40
Gambar 3.2 Flowchart Sistem Kerja Alat.	41
Gambar 3.3 Panel Sistem Kendali	42
Gambar 3.4 Perancangan Panel Perekam Remote dan Kloning Remote	43
Gambar 3.5 Perancangan Mekanik One Way Spike Road.	43
Gambar 3.6 Denah Remote Kloning Ke AC	44
Gambar 3.7 Sudut Phytagoras	45

Gambar 3.8 Perancangan Elektronik LCD I2C	45
Gambar 3.9 Perancangan Elektronik Motor Stepper	46
Gambar 3.10 Perancangan Perekaman Remote Asli	47
Gambar 3.11 Perancangan Kloning Remote	48
Gambar 3.12 Perancangan Rangkaian Elektronik Sensor DHT 22 dan LCD I2C	49
Gambar 3.13 Rangkaian Keseluruhan	50
Gambar 3.14 Rangkaian pengujian LCD I2C	56
Gambar 3.15 Skema Pengujian Motor Stepper	57
Gambar 3.16 Skema Pengujian Perekaman Remote	58
Gambar 3.17 Skema Pengujian Kloning Remote	59
Gambar 3.18 Pengujian Fungsional DHT22	60
Gambar 4.1 Hasil Perancangan Panel Sistem Kendali	63
Gambar 4.2 Tampilan Hasil Perancangan Panel Perekam Remote dan Kloning Remote	64
Gambar 4.3 Hasil Perancangan One Way Spike Road	64
Gambar 4.4 Tampilan Hasil Perancangan Elektronik	65
Gambar 4.5 Tampilan hasil rangkaian pengujian LCD I2C	66
Gambar 4.6 Tampilan hasil pengujian LCD I2C	66
Gambar 4.7 Tampilan hasil rangkaian pengujian motor stepper NEMA 23	68
Gambar 4.8 Tampilan hasil pengujian LCD I2C	68
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Sudut Motor Stepper	70
Gambar 4.10 Hasil Rangkaian Pengujian Perekaman Remote	71
Gambar 4.11 Hasil Pengujian IR Penerima	71
Gambar 4.12 Hasil Pengujian Kloning Remote Perekam dan Pemancar	73
Gambar 4.13 Tampilan hasil rangkaian pengujian DHT 22 dengan HTC-2	74
Gambar 4.14 Tampilan hasil pengujian DHT 22 dengan HTC-2	75
Gambar 4.15 Grafik Perbandingan Suhu	76
Gambar 4.16 Grafik Perbandingan Kelembaban	78
Gambar 4.17 Hasil Pengujian Keseluruhan	80

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Spesifikasi Mikrokontroler ESP32	25
Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino Nano	26
Tabel 2.3 Spesifikasi LCD	28
Tabel 2.4 Spesifikasi Infrared Receiver	32
Tabel 3.1 Kondigurasi pin LCD I2C	46
Tabel 3.2 Konfigurasi Pin Driver dengan Motor Stepper	47
Tabel 3.3 Konfigurasi pin Perekaman Remote Asli	47
Tabel 3.4 Konfigurasi pin Kloning Remote	48
Tabel 3.5 Konfigurasi pin DTH-22	49
Tabel 3.6 Borang pengujian LCD I2C	56
Tabel 3.7 Borang Pengujian Motor Stepper	57
Tabel 3.8 Borang Perekaman Remote	58
Tabel 3.9 Borang Kloning Remote	59
Tabel 3.10 Borang pengujian Suhu DHT 22 dengan HTC-2	61
Tabel 3.11 Borang pengujian kelembabam DHT 22 dengan HTC-2	61
Tabel 4.1 Hasil pengujian LCD I2C	67
Tabel 4.2 Hasil pengujian Motor Stepper	69
Tabel 4.3 Hasil Pengujian kloning remote perekam	72
Tabel 4.4 Hasil Pengujian kloning remote Pemancar	74
Tabel 4.5 Hasil pengujian suhu DHT 22 dengan HTC-2	75
Tabel 4.6 Hasil pengujian kelembaban DHT 22 dengan HTC-2	77
Tabel 4.7 Hasil Pengujian One Way Spike Road	81
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Kloning Remote Terhadap Pendingin Ruangan	82

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. 1. Datasheet ESP32	90
Lampiran A. 2. Datasheet LCD I2C 20x4	95
Lampiran A. 3. Data sheet Motor Stepper NEMA 23 4A	97
Lampiran A. 4. Datasheet Driver Mot6r TB6600	98
Lampiran A. 5. Data sheet TL1838 Infrared Receiver	100
Lampiran A. 6. Datasheet Sensor DHT 22S	103
Lampiran B 1 Program Keseluruhan	106
Lampiran C 1 Dokumentasi Pengujian LCD	111
Lampiran C 2 Dokumentasi Pengujian Motor Stepper	111
Lampiran C 3 Dokumentasi Pengujian Perekaman Remote	112
Lampiran C 4 Dokumentasi Pengujian Kloning Remote	112
Lampiran C 5 Dokumentasi Pengujian DHT 22	113

BAB I

PENDAHULUAN

Bab ini akan membahas secara komprehensif mengenai latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta batasan masalah yang terkait dengan penelitian manajemen keamanan dan energi.

1.1 Latar Belakang

Keamanan dan kenyamanan merupakan dua aspek fundamental yang saling terkait dan berpengaruh signifikan terhadap kualitas pengalaman individu dalam berbagai lingkungan, termasuk di tempat ibadah seperti masjid [1]. Keamanan menciptakan rasa aman dan terlindungi, memungkinkan individu untuk beraktivitas tanpa rasa khawatir atau cemas. Kenyamanan berkaitan dengan suasana yang menyenangkan dan mendukung, memungkinkan individu untuk merasa rileks dan fokus. Di lingkungan masjid, keamanan dan kenyamanan berperan penting dalam membentuk tingkah laku jamaah. Ketika merasa aman dan nyaman, jamaah cenderung lebih tenang dalam beribadah, lebih terbuka dalam bersosialisasi, dan lebih aktif dalam kegiatan keagamaan lainnya [1]. Sebaliknya, lingkungan yang tidak aman dan tidak nyaman dapat menimbulkan rasa takut, ketidaknyamanan, dan bahkan dapat menghambat partisipasi jamaah dalam kegiatan masjid.

Efisiensi energi dan kesehatan lingkungan juga menjadi fokus utama dalam menciptakan pengalaman beribadah yang optimal di masjid. Penggunaan energi yang efisien tidak hanya berdampak positif pada penghematan biaya operasional, tetapi juga berkontribusi pada upaya pelestarian lingkungan dan mengurangi jejak karbon masjid. Penerapan teknologi seperti panel surya untuk memanfaatkan energi matahari, lampu LED yang hemat energi, dan sistem ventilasi yang baik untuk sirkulasi udara yang optimal, dapat secara signifikan mengurangi konsumsi listrik dan meningkatkan kualitas udara di dalam masjid [2]. Selain itu, pemantauan kualitas udara secara real-time dan penggunaan filter udara yang efektif juga dapat membantu menjaga kesehatan lingkungan masjid dan mencegah penyebaran penyakit [3].

Pengaturan suhu ruangan yang tepat merupakan faktor penting dalam menjaga kenyamanan jamaah. Penggunaan pendingin ruangan (AC) yang tidak efisien dapat menyebabkan pemborosan energi dan meningkatkan biaya operasional masjid. Oleh karena itu, penerapan teknologi dalam manajemen energi, seperti pengaturan AC yang cerdas berdasarkan jadwal waktu sholat, jumlah jamaah, dan kondisi cuaca, dapat menjadi solusi untuk mengoptimalkan penggunaan energi dan menjaga kenyamanan jamaah secara bersamaan [4]. Dalam praktiknya, pengaturan suhu ruangan di masjid seringkali menghadapi tantangan, seperti penggunaan AC yang masih manual dan bergantung pada operator. Oleh karena itu, diperlukan solusi yang lebih modern dan efisien, seperti pengembangan sistem manajemen energi masjid berbasis digital yang dapat mengontrol AC secara otomatis dan memungkinkan pengaturan suhu melalui aplikasi smartphone [4].

Salah satu masalah keamanan yang sering terjadi merupakan pencurian kendaraan bermotor di area parkir masjid. Kehilangan kendaraan tidak hanya menimbulkan kerugian materi bagi jamaah, tetapi juga dapat mengganggu kenyamanan dan keamanan lingkungan masjid secara keseluruhan [5]. Oleh karena itu, diperlukan solusi yang efektif untuk mencegah terjadinya pencurian kendaraan di area parkir masjid, seperti mengintegrasikan sistem keamanan berbasis teknologi, penggunaan kamera pengawas (CCTV) dengan fitur pengenalan wajah dan pelat nomor kendaraan, sistem akses masuk dan keluar yang terkontrol, serta penggunaan *one-way spike roads* pada gerbang masjid.

Penelitian ini akan membahas pengembangan sistem manajemen keamanan dan energi masjid berbasis digital yang terintegrasi, seperti yang dijelaskan dalam penelitian [6]. Sistem ini akan menggabungkan teknologi pengaturan AC otomatis berdasarkan jadwal sholat dengan sistem keamanan yang untuk mencegah pencurian kendaraan di area parkir masjid. Dengan mengintegrasikan kedua aspek tersebut, diharapkan sistem ini dapat menciptakan lingkungan masjid yang aman, nyaman, dan efisien dalam penggunaan energi, sehingga jamaah dapat beribadah dan beraktivitas dengan lebih nyaman dan tenang.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana merancang sistem keamanan masjid yang optimal untuk melindungi jamaah dan aset masjid, terutama selama waktu sholat?
2. Bagaimana merancang sistem manajemen energi masjid yang efisien dan berkelanjutan untuk mengurangi konsumsi energi dan biaya operasional?
3. Bagaimana memanfaatkan jadwal waktu sholat (JWS) sebagai acuan dalam meningkatkan efektivitas sistem manajemen keamanan dan energi di masjid?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Membuat sistem pintu gerbang otomatis berbasis teknologi dengan *one-way spike road* dan sistem keamanan terintegrasi untuk meningkatkan keamanan masjid.
2. Mengembangkan sistem manajemen energi masjid berbasis digital yang terintegrasi dengan jadwal waktu sholat (JWS) untuk meningkatkan efisiensi energi.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penulisan dari tugas akhir ini merupakan sebagai berikut :

1. Bagi Peneliti penelitian ini dapat menjadi pengembangan pengetahuan mendalam tentang sistem manajemen energi dan keamanan berbasis mikrokontroler di masjid. Selain itu, penelitian ini memberikan pengalaman dalam merancang, mengimplementasikan, dan menguji sistem kendali otomatis menggunakan teknologi berbasis digital dan sensor.
2. Bagi Akademik hasil penelitian ini berkontribusi sebagai referensi ilmiah dalam bidang teknik elektro, khususnya dalam pengelolaan energi dan sistem keamanan berbasis digital. Penelitian ini dapat diterbitkan dalam jurnal ilmiah atau dipresentasikan dalam konferensi akademik, serta membantu mahasiswa memahami dan menerapkan konsep otomasi dalam sistem manajemen energi dan keamanan.
3. Bagi Pihak Ketiga penerapan sistem ini dapat membantu pengelola masjid dalam meningkatkan keamanan dan efisiensi energi dengan sistem otomatisasi yang lebih akurat dan andal. Masjid atau institusi lain dapat mengadopsi hasil penelitian ini

untuk mengoptimalkan konsumsi energi dan meningkatkan keamanan di lingkungan mereka.

1.5 Batasan Masalah

Agar pembahasan dari tugas akhir tidak terlalu luas dan menyimpang dari topik yang dibahas, maka penulis perlu membatasi masalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini hanya akan fokus pada efisiensi energi terkait penggunaan AC. Aspek efisiensi energi lain seperti penggunaan air atau penggunaan peralatan elektronik lainnya tidak akan dibahas.
2. Penelitian ini hanya akan menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali sistem.
3. Penelitian ini hanya akan fokus pada aspek keamanan terkait pencurian kendaraan bermotor di area parkir. Aspek keamanan lain seperti keamanan jamaah atau keamanan aset masjid tidak akan dibahas secara mendalam.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan merupakan pemaparan garis besar pada penelitian ini yang terdiri dari sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini akan menguraikan latar belakang penelitian, menjelaskan permasalahan yang mendasari penelitian, merumuskan tujuan penelitian, serta menguraikan manfaat yang diharapkan dari penelitian ini. Selain itu, akan dijelaskan pula batasan masalah dan ruang lingkup penelitian agar fokus penelitian menjadi lebih terarah.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini akan membahas teori-teori yang relevan dengan penelitian ini, seperti konsep manajemen energi, jenis-jenis alat, karakteristik konsumsi energi alat, teknologi hemat energi, dan penelitian terdahulu yang berkaitan. Selain itu, dasar teori yang digunakan untuk menganalisis data dan hasil penelitian juga akan dijelaskan pada bab ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini akan menjelaskan secara rinci mengenai langkah-langkah atau tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini. Tahapan tersebut meliputi perancangan alat, pengumpulan data, pengujian alat, serta analisis data. Selain itu, akan dijelaskan pula bagaimana manajemen energi dapat memberikan dampak positif, khususnya dalam konteks penelitian ini.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan menyajikan hasil analisis data yang telah dikumpulkan selama penelitian. Hasil analisis ini akan dibahas secara mendalam dan diinterpretasikan untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan. Selain itu, implikasi dari temuan penelitian terhadap manajemen energi juga akan didiskusikan pada bab ini.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan menyimpulkan hasil penelitian secara keseluruhan, termasuk temuan-temuan penting dan implikasinya. Selain itu, akan diberikan saran untuk perbaikan manajemen energi berdasarkan hasil penelitian, serta rekomendasi untuk penelitian selanjutnya yang dapat mengembangkan atau melengkapi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Bagian ini akan mencantumkan semua sumber referensi yang digunakan dalam penelitian ini, seperti buku, jurnal, artikel, atau laporan penelitian. Pencantuman daftar pustaka ini penting untuk memberikan penghargaan kepada penulis asli dan menghindari plagiasi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini, akan diuraikan secara mendalam landasan teori dan konsep-konsep yang relevan dengan penelitian ini. Pemahaman yang komprehensif terhadap sistem manajemen keamanan, sistem manajemen energi, serta perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan akan membangun fondasi yang kuat untuk analisis dan implementasi solusi yang diusulkan

2.1 Sistem Manajemen Keamanan

Sistem Manajemen Keamanan (SMK) merupakan kerangka kerja terstruktur yang dirancang untuk mengelola dan melindungi aset berharga organisasi dari berbagai ancaman dan risiko keamanan. SMK mencakup berbagai aspek keamanan, termasuk keamanan fisik, keamanan informasi, keamanan personel, dan keamanan operasional. Tujuan utama SMK merupakan untuk memastikan kerahasiaan, integritas, dan ketersediaan informasi dan aset lainnya [6]. SMK berperan sebagai benteng pelindung bagi aset berharga organisasi, terutama informasi sensitif yang rentan terhadap ancaman keamanan. Dengan menerapkan SMK, organisasi dapat melindungi kerahasiaan data pelanggan, informasi keuangan, dan kekayaan intelektual dari akses tidak sah, pencurian, atau kerusakan yang dapat berakibat fatal.

SMK juga memiliki peran penting dalam memastikan kelangsungan bisnis. Melalui identifikasi dan mitigasi risiko keamanan yang proaktif, SMK membantu mencegah gangguan operasional yang dapat menyebabkan kerugian finansial, kehilangan produktivitas, dan kerusakan reputasi yang sulit dipulihkan. Dengan demikian, SMK menjadi investasi strategis yang memberikan perlindungan jangka panjang bagi organisasi [6]. Tidak hanya itu, SMK juga membantu organisasi memenuhi berbagai persyaratan kepatuhan yang terkait dengan keamanan informasi. Standar internasional seperti ISO 27001, regulasi perlindungan data seperti *General Data Protection Regulation* (GDPR), dan standar industri seperti *Health Insurance Portability and Accountability Act* (HIPAA)

mengharuskan organisasi untuk menerapkan langkah-langkah keamanan yang memadai. Dengan mengadopsi SMK, organisasi dapat menunjukkan komitmennya terhadap keamanan informasi dan menghindari sanksi hukum atau denda yang dapat merugikan [7].

2.1.1 Ruang Lingkup SMK

SMK mencakup berbagai aspek keamanan, termasuk:

a. Keamanan Fisik

SMK memastikan perlindungan menyeluruh terhadap aset fisik organisasi, termasuk gedung, peralatan, dan infrastruktur vital. Langkah-langkah keamanan seperti pengawasan CCTV, kontrol akses, dan sistem alarm canggih diimplementasikan untuk mencegah kerusakan, pencurian, atau akses tidak sah yang dapat mengganggu operasional dan menyebabkan kerugian finansial.

b. Keamanan Informasi

Di era digital, informasi merupakan aset paling berharga bagi banyak organisasi. SMK berperan penting dalam melindungi informasi sensitif seperti data pelanggan, rahasia dagang, dan informasi keuangan dari ancaman siber seperti peretasan, malware, dan phishing. Enkripsi data, otentikasi multi-faktor, dan pelatihan kesadaran keamanan merupakan beberapa contoh langkah-langkah yang diambil untuk menjaga kerahasiaan, integritas, dan ketersediaan informasi.

c. Keamanan Personel

Karyawan dan pihak ketiga yang memiliki akses ke sumber daya organisasi merupakan faktor penting dalam keamanan. SMK memastikan bahwa setiap individu yang terlibat dalam operasional organisasi memiliki integritas dan dapat dipercaya. Pemeriksaan latar belakang, pelatihan keamanan berkala, dan kebijakan akses yang ketat diterapkan untuk meminimalkan risiko penyalahgunaan wewenang, pencurian data, atau tindakan yang merugikan lainnya.

d. Keamanan Operasional

SMK tidak hanya berfokus pada perlindungan aset, tetapi juga pada kelangsungan operasional organisasi. Dengan mengidentifikasi dan mengurangi risiko yang dapat mengganggu proses bisnis, seperti bencana alam, kegagalan sistem, atau serangan siber, SMK memastikan bahwa organisasi dapat terus beroperasi bahkan dalam situasi

darurat. Rencana pemulihan bencana, prosedur cadangan data, dan pelatihan kesiapsiagaan darurat merupakan komponen penting dalam menjaga kelangsungan operasional.

2.1.2 Komponen Utama SMK

Sistem manajemen keamanan terdiri dari beberapa komponen utama yang saling terkait dan bekerja sama untuk mencapai tujuan perlindungan yang diinginkan. Komponen-komponen tersebut meliputi:

a. Kebijakan Keamanan

Kebijakan keamanan merupakan dokumen yang berisi pernyataan resmi tentang komitmen organisasi terhadap keamanan, serta prinsip-prinsip dan aturan yang harus diikuti dalam mengelola risiko keamanan. Kebijakan ini menjadi dasar bagi seluruh aktivitas keamanan dalam organisasi.

b. Organisasi Keamanan

Organisasi keamanan merupakan struktur yang bertanggung jawab untuk mengelola dan melaksanakan program keamanan. Struktur ini mencakup peran dan tanggung jawab individu atau tim yang terlibat dalam pengelolaan keamanan, seperti manajer keamanan, petugas keamanan, dan analis risiko.

c. Penilaian Risiko

Penilaian risiko merupakan proses sistematis untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengevaluasi risiko keamanan yang mungkin terjadi. Proses ini melibatkan identifikasi aset berharga, ancaman potensial, kerentanan yang ada, dan dampak yang mungkin timbul jika risiko tersebut terjadi.

d. Pengendalian Risiko

Pengendalian risiko merupakan tindakan yang diambil untuk mengurangi atau menghilangkan risiko keamanan. Pengendalian risiko dapat berupa tindakan preventif (pencegahan), detektif (pendeteksian), korektif (perbaikan), atau pemulihan (recovery).

e. Pemantauan dan Evaluasi

Pemantauan dan evaluasi merupakan proses berkelanjutan untuk memastikan bahwa sistem manajemen keamanan berjalan efektif dan efisien. Proses ini melibatkan

pengumpulan data tentang kinerja keamanan, analisis data tersebut, dan pengambilan tindakan perbaikan jika diperlukan.

2.1.3 Standar dan Kerangka Kerja SMK

Penerapan standar dan kerangka kerja yang diakui secara internasional merupakan kunci untuk membangun SMK yang kuat dan efektif. Mari kita telaah lebih dalam beberapa opsi yang paling populer:

a. ISO 27001: Standar Emas untuk SMK

ISO 27001 merupakan standar internasional yang diakui secara luas dan menjadi tolak ukur utama bagi organisasi yang ingin menerapkan SMK yang komprehensif dan efektif. Standar ini menyediakan panduan lengkap untuk mengelola keamanan informasi, mulai dari tahap perencanaan hingga implementasi, pemantauan, dan perbaikan berkelanjutan [8]. Berikut gambar logo ISO terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Logo ISO.

Manfaat Utama Mengadopsi ISO 27001

1. Peningkatan kepercayaan: Sertifikasi ISO 27001 menunjukkan komitmen organisasi terhadap keamanan informasi, meningkatkan kepercayaan pelanggan, mitra bisnis, dan pemangku kepentingan lainnya.
2. Manajemen risiko yang lebih baik: ISO 27001 membantu organisasi mengidentifikasi, menilai, dan mengelola risiko keamanan informasi secara sistematis.
3. Kepatuhan terhadap regulasi: Standar ini membantu organisasi mematuhi berbagai peraturan dan persyaratan hukum terkait keamanan informasi.

4. Peningkatan efisiensi operasional: Penerapan ISO 27001 dapat meningkatkan efisiensi operasional melalui proses yang terstruktur dan terdokumentasi dengan baik.
- b. *NIST Cybersecurity Framework*: Kerangka Kerja Fleksibel untuk Keamanan Siber
NIST Cybersecurity Framework merupakan kerangka kerja yang dikembangkan oleh *National Institute of Standards and Technology* (NIST) di Amerika Serikat. Kerangka kerja ini memberikan pendekatan yang fleksibel dan dapat disesuaikan untuk mengelola risiko keamanan siber [9] [10]. Berikut gambar NIST terlihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 *National Institute of Standards and Technology*.

Fungsi Inti NIST Cybersecurity Framework

1. *Identify*: Mengidentifikasi aset, sistem, dan data yang perlu dilindungi.
 2. *Protect*: Menerapkan perlindungan untuk mengurangi kemungkinan serangan siber.
 3. *Detect*: Mendeteksi aktivitas mencurigakan yang mengindikasikan potensi serangan.
 4. *Respond*: Menanggapi insiden keamanan siber dengan cepat dan efektif.
 5. *Recover*: Memulihkan sistem dan data yang terdampak serangan.
- c. Kerangka Kerja Lainnya: Pilihan Tambahan untuk Kebutuhan Khusus
- Selain ISO 27001 dan *NIST Cybersecurity Framework*, ada beberapa kerangka kerja lain yang dapat dipertimbangkan, terutama jika organisasi memiliki kebutuhan atau fokus tertentu:
1. COBIT (*Control Objectives for Information and Related Technologies*): Kerangka kerja ini berfokus pada tata kelola dan manajemen TI secara keseluruhan, termasuk aspek keamanan informasi.

2. ITIL (*Information Technology Infrastructure Library*): Kerangka kerja ini berfokus pada manajemen layanan TI, dan dapat diintegrasikan dengan SMK untuk memastikan layanan TI yang aman dan andal.

2.2 Sistem Manajemen Energi

Sistem manajemen energi (EMS) merupakan pendekatan holistik dan terstruktur untuk mengelola dan mengoptimalkan penggunaan energi dalam suatu bangunan atau fasilitas, termasuk masjid. Tujuan utama dari EMS merupakan mencapai efisiensi energi yang optimal, mengurangi biaya operasional, meningkatkan kinerja energi, dan meminimalkan dampak lingkungan [11]. Penerapan EMS di masjid tidak hanya berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan, tetapi juga menciptakan lingkungan ibadah yang nyaman dan efisien bagi jamaah. Konsep utama dalam sistem manajemen energi meliputi siklus berkelanjutan yang terdiri dari pengukuran, pemantauan, pengendalian, dan optimalisasi penggunaan energi.

Konsep Utama Sistem Manajemen Energi Konsep utama dalam sistem manajemen energi meliputi siklus berkelanjutan yang terdiri dari pengukuran, pemantauan, pengendalian, dan optimalisasi penggunaan energi.

Pengukuran Energi (*Energy Monitoring*): Pengukuran energi merupakan langkah awal yang krusial dalam EMS. Pengukuran ini melibatkan penggunaan sensor-sensor energi seperti smart meter untuk mengukur konsumsi listrik, sensor aliran untuk mengukur penggunaan air, dan sensor gas untuk mengukur konsumsi gas [12]. Data yang diperoleh dapat berupa penggunaan energi secara real-time, penggunaan energi kumulatif dalam periode tertentu, atau penggunaan energi per perangkat.

Rumus untuk menghitung konsumsi energi listrik:

$$E = P \times t \quad (1)$$

di mana:

E = energi listrik yang dikonsumsi (kWh)

P = merupakan daya listrik (kW)

t = merupakan waktu penggunaan (jam)

2.2.1 Pemantauan Energi

Data energi yang telah dikumpulkan kemudian dipantau secara terus-menerus untuk mengidentifikasi pola konsumsi energi, mendeteksi pemborosan energi, dan mengevaluasi efektivitas tindakan penghematan energi. Pemantauan energi dapat dilakukan secara manual melalui pembacaan meteran atau secara otomatis menggunakan sistem pemantauan energi berbasis perangkat lunak. Perangkat lunak ini dapat menampilkan data dalam bentuk grafik, tabel, atau laporan yang mudah dipahami, sehingga memudahkan analisis dan pengambilan keputusan.

2.2.2 Pengendalian Energi

Berdasarkan hasil pemantauan, tindakan pengendalian energi dapat dilakukan untuk mengurangi konsumsi energi. Pengendalian energi dapat dilakukan secara otomatis, misalnya dengan menggunakan thermostat pintar untuk mengatur suhu ruangan berdasarkan jadwal atau kondisi tertentu, atau secara manual, misalnya dengan mematikan lampu dan peralatan elektronik saat tidak digunakan.

2.2.3 Optimalisasi Energi

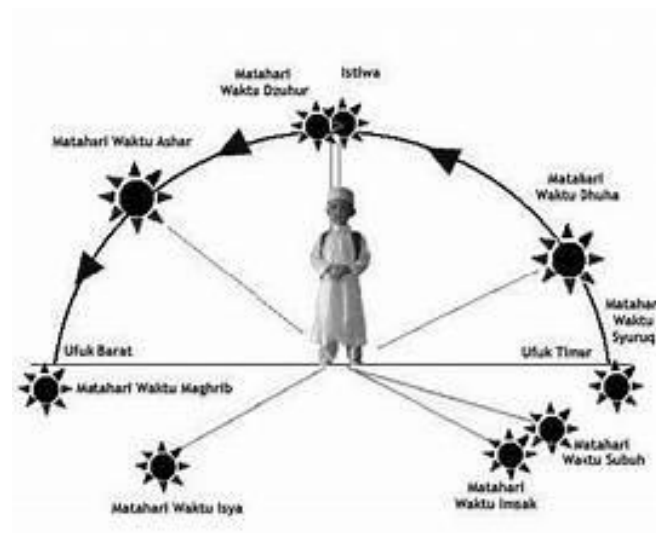
Optimalisasi energi melibatkan penggunaan strategi dan teknologi untuk mencapai efisiensi energi yang optimal. Strategi ini dapat mencakup penggantian peralatan lama dengan peralatan yang lebih hemat energi, seperti lampu LED dan peralatan elektronik berlabel Energy Star. Selain itu, penggunaan sistem pencahayaan yang efisien, peningkatan isolasi bangunan untuk mengurangi kehilangan panas atau dingin, serta optimalisasi sistem HVAC (*Heating, Ventilation, and Air Conditioning*) dengan melakukan pemeliharaan rutin dan menggunakan sensor cerdas juga dapat dilakukan.

2.3 Jadwal Waktu Sholat

Jadwal waktu sholat merupakan bagian penting dalam praktik keagamaan Muslim. Untuk menentukan jadwal waktu sholat memadukan prinsip-prinsip agama Islam dengan konsep astronomi dan geografi[14]. Berikut merupakan cara untuk menentukan jadwal waktu sholat:

1. Ilmu Falak: Falak secara bahasa berarti *madaar* yaitu orbit, garis atau tempat perjalanan bintang atau *Celestial sphere or star*. Ilmu falak berarti pengetahuan mengenai tempat beredarnya benda-benda langit. Dalam ilmu falak, tanda masuk waktu salat juga berpatokan pada peristiwa harian matahari yang dijadikan standar

dalam hukum Islam. Namun, ilmu falak menerjemahkan fenomena matahari tersebut ke dalam ketinggian matahari agar sesuai dengan sudut waktu harian matahari agar sesuai dengan pedoman waktu harian yang dipedomani oleh masyarakat umum. Sehingga ketinggian matahari untuk waktu Zuhur dianggap 0 derajat karena saat matahari berimpit dengan garis meridian dianggap 0 derajat. Dari garis meridian diukur ketinggian matahari saat terjadi Panjang bayang dua kali Panjang benda. Untuk waktu Magrib ketinggian matahari -01 derajat dari ufuk barat, untuk waktu salat Isya -18 derajat dari ufuk barat, dan untuk waktu Subuh -20 derajat dari ufuk timur[15]. Berikut gambar penentuan awal waktu shalat dengan matahari dapat kita lihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Awal waktu shalat dengan matahari

2. Hukum Fardhu Ain: Sholat lima waktu merupakan kewajiban individu bagi setiap Muslim (fardhu ain). Penentuan waktu sholat yang akurat sangat penting untuk memenuhi kewajiban ini.
3. Perintah Al-Qur'an dan Hadis: Al-Qur'an dan hadis Nabi Muhammad SAW memberikan petunjuk tentang waktu-waktu sholat. Misalnya, Al-Qur'an surah An-Nisa ayat 103 menegaskan kewajiban sholat pada waktu yang ditentukan. Hadis juga merinci waktu-waktu sholat sesuai ajaran Nabi.

4. Konsep waktu dalam Islam: Hari dalam Islam dimulai saat fajar (subuh) dan berakhir saat matahari terbenam (maghrib). Waktu sholat diatur berdasarkan peristiwa alam ini.
5. Perhitungan astronomi: Waktu-waktu sholat ditentukan dengan menghitung posisi Matahari, posisi Matahari terhadap horizon, dan posisi bulan. Parameter astronomis seperti waktu terbit dan tenggelam Matahari, serta posisi bulan dalam siklusnya, digunakan dalam perhitungan ini.
6. Faktor geografis: Jadwal waktu sholat bervariasi berdasarkan lokasi geografis. Perbedaan lintang dan bujur mempengaruhi durasi siang dan malam, sehingga waktu sholat harus disesuaikan dengan kondisi geografis setempat.
7. Metode penentuan waktu sholat:
 - a. Hisab (perhitungan matematis): menggunakan rumus-rumus astronomi untuk menghitung waktu sholat secara akurat.
 - b. Rukyat (pengamatan langsung bulan): melibatkan pengamatan langsung bulan untuk menentukan awal bulan dan beberapa waktu sholat.
 - c. Jadwal yang disepakati: menggunakan jadwal yang telah disepakati oleh otoritas keagamaan setempat, berdasarkan perhitungan hisab atau rukyat.

Perhitungan matematis waktu sholat melibatkan parameter astronomis seperti waktu terbit dan tenggelam Matahari, serta posisi Matahari terhadap horizon [12]. Berikut langkah-langkah umum perhitungannya:

1. Waktu Subuh: Dimulai saat cahaya fajar pertama kali muncul. Salah satu rumus yang digunakan merupakan metode Umm al-Qura:

$$Fajr = \text{Arccos}((\sin(-0.8333) - \sin(\phi) * \sin(\delta)) / (\cos(\phi) * \cos(\delta))) \quad (2)$$

Di mana:

ϕ merupakan lintang tempat pengamat (dalam radian)

δ merupakan deklinasi matahari (dalam radian)

2. Waktu Dzuhur: Dimulai saat matahari mencapai titik tertinggi. Perhitungannya melibatkan pembagian waktu antara terbit dan tenggelam Matahari.

3. Waktu Ashar: Dimulai setelah dzuhur dan berlangsung hingga bayangan benda sama atau dua kali panjang bendanya.
4. Waktu Maghrib: Dimulai saat Matahari terbenam.
5. Waktu Isya: Dimulai setelah matahari terbenam dan berlangsung hingga tengah malam. Perhitungannya melibatkan pembagian waktu antara terbenam Matahari dan tengah malam.

2.4 AC

AC (*Air Conditioner*) merupakan perangkat yang digunakan untuk mengontrol suhu, kelembaban, dan kualitas udara di dalam ruangan. Sistem ini bekerja dengan cara menghilangkan panas dari dalam ruangan dan mengalirkannya ke luar, sehingga menghasilkan udara yang lebih sejuk dan nyaman di dalam ruangan [13].

2.4.1 Prinsip Kerja AC

AC pada dasarnya menggunakan prinsip perpindahan panas. Sistem ini bekerja dengan menyerap panas dari udara di dalam ruangan (evaporator), memindahkan panas tersebut ke luar ruangan (kondensor), dan kemudian mengembalikan udara yang sudah dingin ke dalam ruangan (blower)[3]. Proses perpindahan panas ini melibatkan siklus refrigerasi uap, yang terdiri dari empat komponen utama:

a. Kompresor

Kompresor atau pompa isap memiliki fungsi vital dalam sistem pendingin. Dengan adanya kompresor, refrigeran dapat mengalir ke seluruh sistem pendingin. Sistem kerjanya merupakan dengan mengubah tekanan, sehingga terjadi perbedaan tekanan yang memungkinkan refrigeran mengalir dari sisi bertekanan rendah ke sisi bertekanan tinggi. Ketika bekerja, refrigeran yang dihisap dari evaporator dengan suhu dan tekanan rendah dimampatkan sehingga suhu dan tekanannya naik. Gas yang dimampatkan ini ditekan keluar dari kompresor lalu dialirkan ke kondensor. Jenis kompresor yang banyak digunakan antara lain kompresor torak, kompresor rotary, kompresor sudu, dan kompresor sentrifugal.

1. Kompresor torak (*Reciprocating Compressor*): Pada langkah hisap piston, gas refrigeran bertekanan rendah ditarik masuk melalui katup hisap yang terletak pada piston atau di kepala kompresor. Pada langkah buang, piston menekan refrigeran dan mendorongnya keluar melalui katup buang.

2. Kompresor rotary: Rotor berputar di dalam stator, terdiri dari dua baling-baling. Langkah hisap terjadi saat katup mulai terbuka dan berakhir setelah katup tertutup. Langkah tekan dimulai saat katup tertutup hingga katup pengeluaran membuka.
3. Kompresor sudu: Kompresor ini banyak digunakan untuk lemari es, freezer, dan pengkondisian udara rumah tangga, serta sebagai kompresor pembantu pada sistem kompresi bertingkat besar.

b. Kondensor

Kondensor berfungsi untuk membuang kalor yang diserap dari evaporator dan panas yang diperoleh dari kompresor, serta mengubah wujud gas menjadi cair. Tiga jenis kondensor utama merupakan *Air-cooled Condenser*, *Water-cooled Condenser*, dan *Evaporative-cooled Condenser*.

1. *Air-cooled condenser*: Kalor dipindahkan dari refrigeran ke udara dengan menggunakan sirkulasi alamiah atau paksa. Kondensor ini dibuat dari pipa baja atau tembaga yang diberi sirip untuk memperbaiki transfer kalor pada sisi udara.
2. *Water-cooled condenser*: Terdiri dari tiga jenis yaitu Shell and Tube, Shell and Coil, dan Double Tube. Shell and Tube menggunakan pipa-pipa yang dipasangkan dalam shell berbentuk silinder untuk pertukaran kalor antara air dan refrigeran. Shell and Coil memiliki koil air di dalam cangkang, sementara Double Tube mengalirkan air di dalam pipa dan refrigeran mengembun di luar pipa.
3. *Evaporative condenser*: Refrigeran pertama kali melepaskan kalornya ke air, kemudian air melepaskan kalornya ke udara dalam bentuk uap air. *Evaporative condenser* menggabungkan fungsi kondensor dan cooling tower dan banyak digunakan di pabrik amoniak.

c. Katup Ekspansi

Katup ekspansi digunakan untuk menurunkan tekanan dan mengembangkan cairan refrigeran bertekanan dan bertemperatur tinggi hingga mencapai tekanan dan temperatur rendah. Katup ekspansi mengatur jumlah refrigeran yang mengalir ke evaporator dan mempertahankan perbedaan tekanan antara kondensor dan evaporator agar penguapan pada evaporator berlangsung pada tekanan kerjanya. Pipa kapiler juga berfungsi sebagai alat ekspansi untuk menurunkan tekanan dan mengatur aliran refrigeran ke evaporator.

d. Evaporator (Penguap)

Evaporator merupakan komponen yang berfungsi sebagai penukar kalor, menguapkan refrigeran sebelum dihisap oleh kompresor. Udara sekeliling evaporator menyerap panas sehingga suhu udara di sekitarnya turun dan udara dingin ini dihembuskan oleh kipas. Evaporator dapat dibagi menjadi beberapa jenis sesuai penggunaannya: jenis ekspansi kering, setengah basah, dan basah.

Perpindahan kalor di dalam evaporator terjadi melalui konveksi paksa di dalam dan di luar tabung serta konduksi pada tabung, mengakibatkan kombinasi dari ketiga perpindahan panas tersebut.

Kapasitas pendinginan AC merupakan jumlah panas yang dapat diserap oleh AC dari udara dalam satu jam. Satuan yang umum digunakan merupakan *British Thermal Unit per hour* (BTU/h). Kapasitas pendinginan yang dibutuhkan untuk suatu ruangan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

1. Luas Ruangan: Semakin luas ruangan, semakin besar kapasitas pendinginan yang dibutuhkan.
2. Tinggi Plafon: Ruangan dengan plafon tinggi membutuhkan kapasitas pendinginan yang lebih besar daripada ruangan dengan plafon rendah.
3. Jumlah Orang: Semakin banyak orang di dalam ruangan, semakin besar panas yang dihasilkan, sehingga membutuhkan kapasitas pendinginan yang lebih besar.
4. Peralatan Elektronik: Peralatan elektronik seperti komputer, televisi, dan lampu juga menghasilkan panas, sehingga perlu diperhitungkan dalam menentukan kapasitas pendinginan.
5. Insulasi Ruangan: Ruangan dengan insulasi yang baik akan lebih mudah didinginkan, sehingga membutuhkan kapasitas pendinginan yang lebih kecil.
6. Iklim: Ruangan yang terletak di daerah dengan iklim panas membutuhkan kapasitas pendinginan yang lebih besar daripada ruangan di daerah dengan iklim sejuk.

Untuk menghitung kapasitas pendinginan yang dibutuhkan, dapat digunakan rumus berikut:

$$\text{Kapasitas Pendinginan} = \text{Luas Ruangan} \times \text{Faktor Pendingin} \quad (3)$$

Keterangan:

Kapasitas pendinginan dengan satuan (BTU/h)

Luas bangunan dengan satuan (m^2)

Faktor pendingin dengan satuan (BTU/h per m^2)

Faktor pendinginan merupakan nilai yang bervariasi tergantung pada kondisi ruangan. Sebagai acuan, berikut merupakan beberapa nilai faktor pendinginan yang umum digunakan:

1. Ruang standar: 500 BTU/h per m^2
2. Ruang dengan sinar matahari langsung: 600 BTU/h per m^2
3. Ruang dengan banyak peralatan elektronik: 700 BTU/h per m^2
4. Dapur: 800 BTU/h per m^2

2.4.2 Kapasitas Pendinginan AC

Kapasitas pendinginan AC merupakan jumlah panas yang dapat diserap oleh AC dari udara dalam satu jam, biasanya diukur dalam *British Thermal Unit per hour* (BTU/h). Pemilihan kapasitas pendinginan yang tepat sangat penting untuk memastikan kenyamanan dan efisiensi energi. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kapasitas Pendinginan sebagai berikut:

1. Luas Ruangan: Semakin luas ruangan, semakin besar kapasitas pendinginan yang dibutuhkan.
2. Tinggi Plafon: Ruang dengan plafon tinggi membutuhkan kapasitas pendinginan lebih besar.
3. Jumlah Orang: Semakin banyak orang, semakin besar panas yang dihasilkan, membutuhkan kapasitas pendinginan lebih besar.
4. Peralatan Elektronik: Peralatan elektronik menghasilkan panas dan perlu diperhitungkan.
5. Insulasi Ruangan: Insulasi yang baik mengurangi kebutuhan kapasitas pendinginan.
6. Iklim: Iklim panas membutuhkan kapasitas pendinginan yang lebih besar.

2.4.3 Aturan Pemasangan AC di Indonesia (ESDM)

Kementerian ESDM telah mengeluarkan peraturan terkait pemasangan dan penggunaan AC di Indonesia, terutama yang berkaitan dengan efisiensi energi dan pelabelan. Beberapa poin penting yang perlu diperhatikan antara lain:

1. Standar Kinerja Energi Minimum (SKEM): AC yang dipasarkan di Indonesia harus memenuhi standar efisiensi energi minimum yang ditetapkan oleh ESDM. Ini bertujuan untuk mendorong penggunaan AC yang lebih hemat energi.
2. Label tanda hemat energi: AC yang memenuhi SKEM harus dilengkapi dengan label tanda hemat energi. Label ini memberikan informasi kepada konsumen tentang tingkat efisiensi energi AC, membantu mereka membuat pilihan yang lebih bijak.
3. Pelaporan: Produsen dan importir AC wajib melaporkan data penjualan AC secara berkala kepada ESDM. Data ini digunakan untuk memantau kepatuhan terhadap peraturan dan mengukur dampak kebijakan efisiensi energi.
 - a. Aturan umum pemasangan AC
 1. Pemasangan oleh teknisi bersertifikat: Pemasangan AC harus dilakukan oleh teknisi yang memiliki sertifikasi kompetensi di bidang pendingin dan tata udara.
 2. Pembumian (grounding): AC harus dihubungkan dengan sistem pembumian (grounding) yang baik.
 3. Jarak aman: Jarak antara unit indoor dan outdoor AC harus sesuai dengan rekomendasi produsen.
 4. Perlindungan terhadap cuaca: Unit outdoor AC harus dilindungi dari paparan langsung sinar matahari dan hujan.
 5. Pembuangan air kondensasi: Saluran pembuangan air kondensasi harus dipasang dengan benar.
 6. Ketinggian pemasangan unit indoor: Unit indoor AC sebaiknya dipasang pada ketinggian sekitar dua meter dari lantai.
 - b. Aturan khusus:
 1. Penggunaan refrigeran ramah lingkungan: Penggunaan refrigeran yang ramah lingkungan, seperti R32 atau R410A, dianjurkan.
 2. Pemeriksaan berkala: AC perlu diperiksa secara berkala oleh teknisi.
 - c. Peraturan terkait

Berikut merupakan beberapa peraturan yang menjadi landasan hukum terkait aturan pemasangan AC di Indonesia:

1. Peraturan Menteri ESDM Nomor 7 Tahun 2015 tentang Penerapan Standar Kinerja Energi Minimum dan Pencantuman Label Tanda Hemat Energi pada Peranti Pengkondisi Udara.
2. Peraturan Menteri ESDM Nomor 57 Tahun 2017 tentang perubahan atas Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 7 Tahun 2015 tentang Penerapan Standar Kinerja Energi Minimum dan Pencantuman Label Tanda Hemat Energi pada Peranti Pengkondisi Udara.
3. Peraturan Menteri ESDM Nomor 12 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Bidang Energi dan Sumber Daya Mineral.
4. Peraturan Menteri ESDM Nomor 5 Tahun 2021 tentang Standar Kegiatan Usaha dan Produk pada Penyelenggaraan Perizinan Berusaha Berbasis Risiko Sektor Energi dan Sumber Daya Mineral.
5. Peraturan Menteri ESDM Nomor 38 Tahun 2018 tentang Tata Cara Akreditasi dan Sertifikasi Ketenagalistrikan.

2.4.4 Remote AC

Remote AC merupakan perangkat pengendali jarak jauh yang memungkinkan pengguna untuk mengatur berbagai fungsi AC tanpa harus mendekati unit indoor. Remote ini mengirimkan sinyal inframerah ke unit indoor, yang kemudian menerjemahkan sinyal tersebut menjadi perintah untuk mengubah pengaturan AC.

Prinsip kerja remote AC:

1. Tombol ditekan: Ketika pengguna menekan tombol pada remote AC, sirkuit elektronik di dalamnya menghasilkan sinyal digital yang sesuai dengan fungsi yang dipilih.
2. Sinyal digital diubah menjadi sinyal inframerah: Sinyal digital tersebut kemudian diubah menjadi sinyal inframerah oleh LED pemancar inframerah yang terdapat di bagian depan remote.
3. Sinyal inframerah dikirimkan: Sinyal inframerah dipancarkan dari LED menuju unit indoor AC.
4. Unit indoor menerima sinyal: Sensor penerima inframerah pada unit indoor AC menangkap sinyal inframerah yang dikirimkan oleh remote.

5. Sinyal inframerah diubah kembali menjadi sinyal digital: Sensor penerima mengubah sinyal inframerah kembali menjadi sinyal digital.
6. Unit indoor mengeksekusi perintah: Mikroprosesor di dalam unit indoor AC menerjemahkan sinyal digital tersebut dan mengeksekusi perintah yang sesuai, seperti mengubah suhu, mode operasi, kecepatan kipas, atau fungsi lainnya.

2.4.5 Remote Control Infrared

Inframerah merupakan radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang yang lebih panjang daripada cahaya tampak. Kendali inframerah merupakan sistem kendali jarak jauh yang menggunakan sinyal inframerah untuk mengirim data. Dalam skripsi ini, kendali inframerah beroperasi dengan mengirimkan data melalui sinyal-sinyal yang dipancarkan melalui LED inframerah [17].

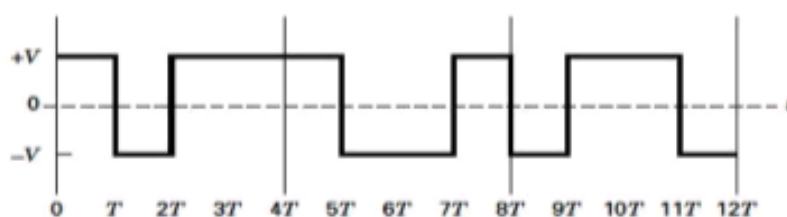
Pada skema inframerah yang akan digunakan, data yang akan dikirimkan akan terlebih dahulu di-NOT (dibalik), kemudian di-AND dengan frekuensi pembawa. Hasil dari operasi ini akan di-NOT lagi untuk mengaktifkan LED inframerah dalam kondisi low.

2.4.6 Metode Pengiriman Data Remote Control

Remote control inframerah menggunakan cahaya inframerah sebagai media untuk mengirimkan data ke penerima. Data yang dikirimkan terdiri dari pulsa-pulsa cahaya dengan modulasi frekuensi 40 kHz. Sinyal yang dikirimkan berupa data biner. Untuk membentuk data biner tersebut, terdapat tiga metode yang digunakan:

1. *Pulse - Coded Signals*

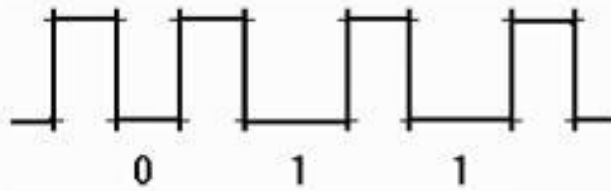
Dalam mengirimkan kode, lebar jeda tetap yaitu t sedangkan lebar pulsa merupakan $2t$. Jika lebar pulsa dan lebar jeda merupakan sama yaitu t , berarti yang dikirim merupakan bit 0, jika lebar pulsa merupakan $2t$ dan lebar jeda merupakan t , berarti yang dikirim merupakan 1. Signal pada Shift terlihat seperti pada Gambar 2.4 sebagai berikut.



Gambar 2.4 Pulse Sinyal IR

2. *Space - Coded Signal*

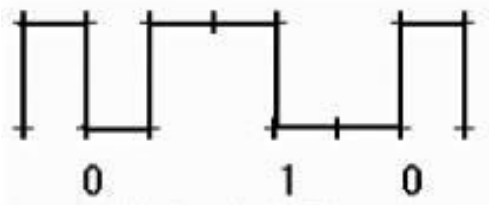
Dalam mengirimkan kode remot kontrol dilakukan dengan cara mengubah lebar jeda, sedangkan lebar pulsa tetap. Jika lebar jeda dan lebar pulsa merupakan sama yaitu t , berarti yang dikirim merupakan 0. Jika lebar jeda merupakan $3t$, berarti data yang dikirim merupakan 1. Signal pada Space terlihat seperti pada Gambar 2.5 sebagai berikut.



Gambar 2.5 Space Sinyal IR

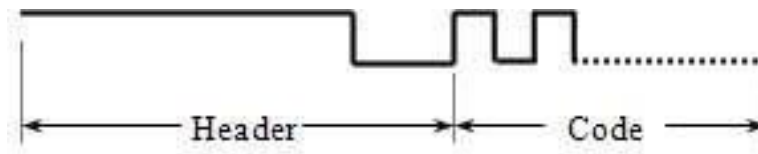
3. *Shift - Coded Signal*

Tipe ini merupakan gabungan dari tipe pulse dan space, yaitu dalam mengirimkan kode remote kontrol, dengan cara mengubah lebar pulsa dan lebar jeda. Jika lebar jeda merupakan t dan lebar pulsa merupakan $2t$, maka ini diartikan sebagai data 1. Jika lebar jeda merupakan $2t$ dan lebar pulsa merupakan t , maka ini diartikan sebagai data 0 (low). Signal pada Shift terlihat seperti pada Gambar 2.6 sebagai berikut.



Gambar 2.6 Shift Sinyal IR

Sebelum kode dikirim, terlebih dahulu mengirimkan sinyal awal yang disebut sebagai *header*. *Header* merupakan sinyal yang dikirimkan sebelum kodesebenarnya, dan juga merupakan sinyal untuk mengaktifkan penerima. *Header* selalu dikirimkan dengan lebar pulsa yang jauh lebih panjang daripada kode. Setelah header dikirimkan, baru kemudian kode remot kontrol. Kode remot kontrol dibagi menjadi dua fungsi, yaitu fungsi pertama digunakan sebagai penunjuk alamat peralatan yang akan diaktifkan, fungsi kedua merupakan sebagai command atau perintah untuk melaksanakan instruksi dari remot *control* yang terlihat seperti pada Gambar 2.7 sebagai berikut.



Gambar 2.7 Instruksi Remote Control

2.4.7 Perhitungan Sudut Dan Jarak

Pada sistem berbasis remote inframerah (IR), perhitungan sudut dan jarak sangat penting untuk memastikan sinyal yang dipancarkan oleh remote dapat diterima dengan baik oleh perangkat penerima. Proses perhitungan ini didasarkan pada konsep trigonometri, yaitu teorema Pythagoras dan fungsi sinus.

Untuk menghitung jarak langsung antara remote IR dan perangkat penerima, digunakan teorema *Pythagoras* dengan rumus:

$$c = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (4)$$

Di mana:

c merupakan jarak langsung antara remote dan penerima (hipotenusa).

a merupakan jarak horizontal.

b merupakan jarak vertikal atau tinggi perangkat.

Selain itu, untuk menentukan sudut elevasi (α) antara remote IR dan perangkat penerima, digunakan fungsi sinus dengan rumus:

$$\sin \alpha = \frac{DE}{\Sigma I} \quad (5)$$

Di mana:

DE merupakan panjang sisi di depan sudut (b , jarak vertikal).

ΣI merupakan sisi miring (c , jarak langsung).

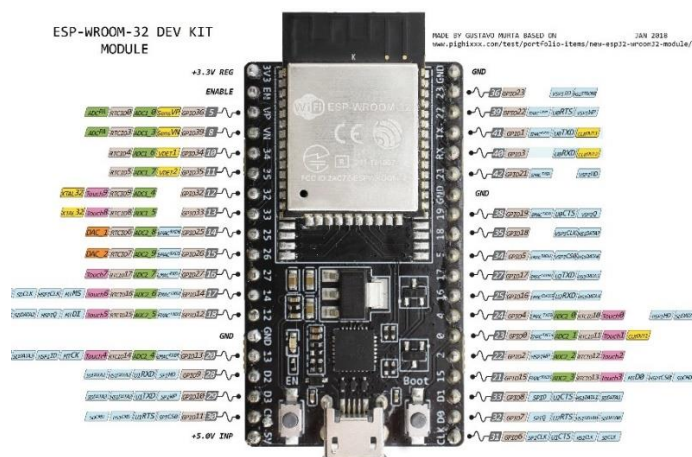
2.5 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan chip atau IC (*Integrated Circuit*) yang mengintegrasikan prosesor, memori, dan periferil input-output dalam satu paket. Chip ini dapat melakukan tugas-tugas khusus dan bersifat programmable, artinya dapat di program ulang sesuai kebutuhan. Mikrokontroler sering digunakan dalam produk atau aplikasi yang memerlukan otomatisasi atau pengendalian, seperti mesin cuci otomatis, alarm mobil, dan berbagai perangkat lainnya [18].

Mikrokontroler merupakan sebuah chip komputer yang mengintegrasikan berbagai komponen penting dalam satu paket, dan digunakan untuk mengendalikan serta mengatur komponen-komponen elektronik dalam suatu sistem atau perangkat tertentu.

2.5.1 ESP32

ESP32 merupakan sebuah mikrokontroler yang telah merevolusi dunia *Internet of Things* (IoT). Dikembangkan oleh *Espressif Systems*, modul kecil namun tangguh ini telah menjadi pilihan populer bagi para pengembang dan pembuat perangkat IoT. Dengan fitur-fitur yang lengkap dan performa yang mengesankan, ESP32 memungkinkan Anda untuk menciptakan berbagai macam proyek inovatif, mulai dari perangkat rumah pintar hingga sensor lingkungan [19]. Berikut bentuk fisik ESP32 pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 ESP32.

Salah satu fitur utama ESP32 merupakan kemampuan Wi-Fi-nya. Dengan dukungan standar 802.11 b/g/n, modul ini dapat dengan mudah terhubung ke jaringan Wi-Fi rumah atau kantor Anda. Ini membuka berbagai kemungkinan untuk proyek IoT, memungkinkan Anda untuk mengontrol perangkat dari jarak jauh melalui internet, mengumpulkan data dari sensor, dan bahkan membuat aplikasi web untuk berinteraksi dengan proyek Anda.

Salah satu keunggulan utama ESP32 merupakan kemampuan konektivitasnya yang luar biasa. Dilengkapi dengan modul Wi-Fi dan Bluetooth yang terintegrasi, ESP32 dapat dengan mudah terhubung ke jaringan internet dan perangkat lainnya. Hal ini memungkinkan Anda untuk mengontrol perangkat dari jarak jauh, mengumpulkan data dari sensor, dan bahkan membuat aplikasi yang interaktif. Selain itu, ESP32 juga

memiliki konsumsi daya yang sangat efisien, sehingga cocok untuk digunakan pada perangkat yang ditenagai baterai.

ESP32 juga menawarkan fleksibilitas yang tinggi dalam pengembangan. Dengan berbagai macam pin input/output (GPIO), analog-to-digital converter (ADC), dan antarmuka komunikasi seperti I2C dan SPI, Anda dapat menghubungkan berbagai macam sensor, aktuator, dan modul ekspansi lainnya. Hal ini membuat ESP32 menjadi platform yang sangat ideal untuk prototyping dan pengembangan produk.

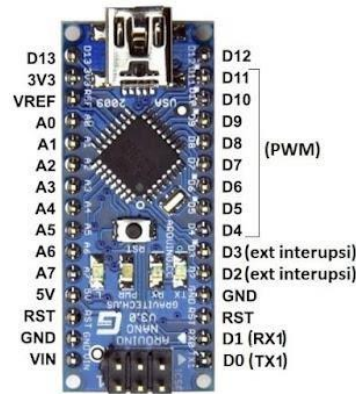
Selain itu, ESP32 juga didukung oleh komunitas pengembang yang sangat aktif. Anda dapat menemukan banyak tutorial, perpustakaan, dan contoh kode yang dapat membantu Anda memulai proyek dengan cepat. Banyak platform pengembangan seperti Arduino IDE dan ESP-IDF juga menyediakan dukungan yang sangat baik untuk ESP32. Berikut merupakan spesifikasi yang dimiliki oleh mikrokontroler ESP32, berikut spesifikasi ESP32 terdapat pada Tabel 2.1. :

Tabel 2.1 Spesifikasi Mikrokontroler ESP32

Atribut	Detail
CPU	: Tensilica Xtensa LX6 32bit Dual-Core di 160/240MHz
SRAM	: 520 KB
FLASH	: 2MB (maks. 64MB)
Tegangan Kerja	: 2.2V sampai 3.6V
Arus Kerja	: Rata-rata 80mA
Dapat diprogram	: Ya (C, C++, Python, Lua, dll)
Open Source	: Ya
Konektivitas	
Wi-Fi	: 802.11 b/g/n
Bluetooth®	: 4.2BR/EDR + BLE
UART	: 3
I/O	
GPIO	: 32
SPI	: 4
I2C	: 2
PWM	: 8
ADC	: 18 (12-bit)
DAC	: 2 (8-bit)

2.5.2 Arduino Nano

Salah satu produk papan sirkuit mikrokontroler berukuran kecil yang memiliki beberapa pin [20]. Berikut pinout arduino nano dapat dilihat pada Gambar 2.9:



Gambar 2.9 Arduino Nano

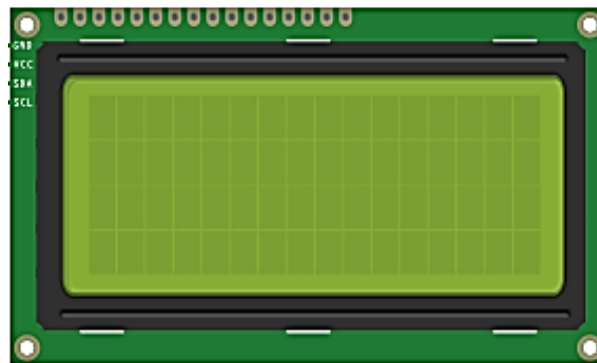
Ringkasan spesifikasi Arduino Nano dapat dilihat pada Tabel 2.2 di bawah ini:

Tabel 2. 2 Spesifikasi Arduino Nano

Spesifikasi	Arduino Nano
Tegangan Operasi	5 Volt
Tegangan Disarankan	7 – 12 Volt
Batas Tegangan	6 – 20 Volt
Pin Input/Output Digital	14
Pin PWM	6
Pin Input Analog	8
Arus/Pin	40 Ma
Memori Flash	32 KB (2 KB untuk bootiader)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz
Panjang	4,3 cm
Lebar	1,8 cm
Berat	5 gram

2.6 Liquid Crystal Display

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan perangkat yang berfungsi sebagai media penampil dengan memanfaatkan kristal cair sebagai objek penampil utama. LCD banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti televisi, kalkulator, dan layar komputer. LCD yang digunakan dalam konteks ini merupakan LCD karakter, yang dilengkapi dengan modul I2C untuk mempermudah pemrograman dan akses ke LCD. Dengan adanya I2C, penggunaan pin pada ESP32 dapat dihemat, memungkinkan koneksi lebih efisien dan sederhana. Berikut bentuk fisik LCD terlihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 LCD

LCD merupakan lapisan yang terdiri dari campuran organik yang berada di antara dua lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan segmen-segmen. Ketika elektroda LCD diaktifkan dengan sumber tegangan, molekul-molekul organik di dalam LCD akan menyesuaikan diri dengan elektroda segmen.

Lapisan LCD ini berlapis-lapis dan dilengkapi dengan polarisator cahaya vertikal di depan dan polarisator cahaya horizontal di belakang, serta lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul yang telah menyesuaikan diri, sehingga segmen yang diaktifkan akan terlihat lebih gelap dan membentuk karakter sesuai yang diinginkan.

Dalam modul LCD (*Liquid Crystal Display*), terdapat mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter di layar LCD. Mikrokontroler ini dilengkapi dengan memori dan register yang digunakan untuk menyimpan dan mengatur data yang akan ditampilkan. Memori menyimpan informasi karakter dan konfigurasi tampilan, sementara register digunakan untuk mengatur dan mengendalikan proses tampilan karakter di layar LCD. Memori yang digunakan mikrokontroler internal LCD merupakan:

1. DDRAM (*Display Data Random Access Memory*) merupakan memori tempat menyimpan dan memproses karakter yang akan ditampilkan.
2. CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter yang dibentuk dapat diubah-ubah sesuai keinginan.
3. CGROM (*Character Generator Read Only Memory*) merupakan memori untuk

menggambarkan pola sebuah karakter yang telah dirancang secara permanen oleh pabrikan pembuat LCD, sehingga user hanya tinggal mengambilnya saja sesuai alamat memorinya dan tidak dapat mengedit karakter dasar yang terdapat dalam memori CGROM tersebut.

Berikut merupakan konfigurasi kaki-kaki LCD karakter 2 untuk mengkoneksikannya ke board ESP32 pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Spesifikasi LCD

Pin	Simbol	Detail
1	GND	Ground
2	Vcc	Supply Voltage +5V
3	Vo	Contrast adjustment
4	RS	0-> Control input, 1-> Data input
5	R/W	Read/Write
6	E	Enable
7 to 14	DO to D7	Data
15	VB1	Backlight +5V
16	VB0	Backlight ground

Inter-Integrated Circuit (I2C) merupakan standar komunikasi serial dua arah yang menggunakan dua saluran utama untuk menghubungkan dan mengendalikan IC. Sistem I2C terdiri dari dua saluran utama:

1. SCL (*Serial Clock*): Saluran ini membawa sinyal jam yang digunakan untuk mengatur kecepatan transmisi data.
2. SDA (*Serial Data*): Saluran ini membawa informasi data antara I2C dan sistem pengontrolnya.

Saluran SCL dan SDA bekerja sama untuk mentransfer data antara perangkat yang terhubung dalam sistem I2C, berikut bentuk fisik I2C terlihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 I2C LCD

Dalam sistem I2C, perangkat dapat berfungsi sebagai master atau *slave*. Master merupakan perangkat yang memulai transfer data dengan menghasilkan *signal clock* dan

signal start atau *stop*. Sementara itu, *slave* merupakan perangkat yang telah diberikan alamat oleh master dan hanya merespons perintah dari master.

Berikut beberapa bagian yang terdapat I2C LCD:

1. *Transmitter* berfungsi untuk mengirimkan data ke bus
2. *Receiver* berfungsi untuk menerima data dari bus
3. Master bagian yang melakukan *transfer*, mengolah *Clock* dan membatalkan transfer data.
4. *Slave* bagian yang dikendalikan oleh master sebagai tempat yang dituju.
5. *Arbitration* prosedur yang menentukan atau membatasi Multi Master dan membuat hanya satu dari dua master yang mengatur bus sehingga tidak terjadi *corrupt* pada data.
6. *Synchronization* prosedur mencocokkan antara sinyal *Clock* dan *device*

2.7 Sensor

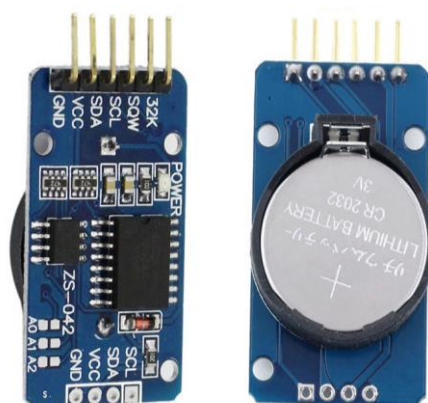
Sensor merupakan perangkat yang digunakan untuk mendeteksi perubahan besaran fisik seperti tekanan, gaya, besaran listrik, cahaya, gerakan, kelembaban, suhu, kecepatan dan fenomena-fenomena lingkungan lainnya. Setelah mengamati terjadinya perubahan, Input yang terdeteksi tersebut akan dikonversi menjadi *Output* yang dapat dimengerti oleh manusia baik melalui perangkat sensor itu sendiri ataupun ditransmisikan secara elektronik melalui jaringan untuk ditampilkan atau diolah menjadi informasi yang bermanfaat bagi penggunaannya.

2.7.1 Sensor Waktu

Sensor waktu digunakan untuk mencatat, mengukur, atau memberikan informasi terkait waktu secara akurat. Dalam berbagai aplikasi teknologi, sensor waktu memiliki peran penting, seperti dalam sistem otomatisasi, perangkat IoT, dan kontrol berbasis waktu. Salah satu sensor waktu yang sering digunakan adalah Real-Time Clock (RTC), yang dirancang untuk mencatat waktu nyata dengan presisi tinggi, bahkan saat perangkat utama mati.

RTC DS3231 merupakan modul Real-Time Clock yang memiliki keunggulan dalam akurasi tinggi karena dilengkapi dengan teknologi *Temperature-Compensated Crystal Oscillator* (TCXO). Modul ini tidak hanya memberikan informasi jam dan kalender secara akurat tetapi juga mempertahankan fungsinya saat kehilangan daya

utama, berkat baterai cadangan yang disematkan, dapat kita lihat pada Gambar 2.12 berikut.



Gambar 2.12 RTC DS3231

Berikut merupakan spesifikasi teknis dari RTC DS3231 pada tabel 2.4:

Tabel 2.4 . Spesifikasi RTC DS3231

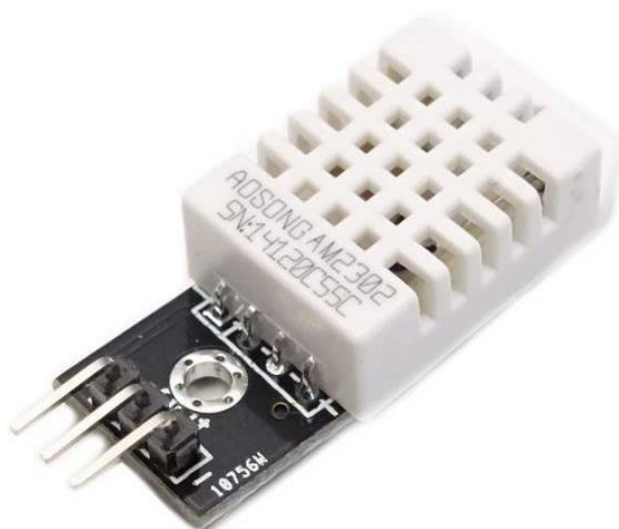
Parameter	Spesifikasi
Komunikasi	Antarmuka I2C (hingga 400 kHz)
Tegangan Operasi	2.3V hingga 5.5V
Akurasi	± 2 ppm (± 1 menit per tahun) dalam rentang suhu -40°C hingga $+85^{\circ}\text{C}$
Kalender	Mendukung kalender otomatis penuh (termasuk tahun kabisat)
Jam	Format 24 jam atau 12 jam dengan indikator AM/PM
Baterai Cadangan	Mendukung CR2032 untuk daya cadangan
Temperatur Operasi	-40°C hingga $+85^{\circ}\text{C}$
Output Alarm	Dua alarm waktu yang dapat diprogram
Pin Output	Output frekuensi jam (32.768 kHz, 1 Hz)

2.7.2 Sensor Suhu

Sensor suhu merupakan perangkat yang berfungsi untuk mendeteksi dan mengukur suhu suatu objek atau lingkungan. Bentuknya merupakan perangkat elektronik yang khusus dirancang untuk melakukan tugas ini. Sensor suhu memiliki aplikasi yang luas, digunakan mulai dari peralatan rumah tangga hingga industri, ilmu pengetahuan, dan teknologi medis. Prinsip kerja sensor suhu bervariasi, termasuk di antaranya merupakan termoelektrik, termoresistif, termokopel, inframerah, dan lainnya [12].

DHT22, sering digunakan dalam berbagai aplikasi. Sensor ini berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembaban udara di sekitar tempatnya. Dengan rentang suhu yang luas, mulai dari 40°C hingga 80°C , dan rentang kelembaban dari 0% hingga 100%, DHT22 menyediakan informasi penting untuk mengelola lingkungan pertumbuhan tanaman. Keakuratannya juga cukup baik, dengan akurasi suhu sekitar 0.5°C dan akurasi

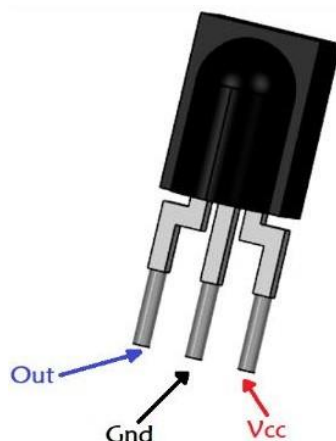
kelembaban sekitar 2%. Sensor ini mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler atau perangkat pengukur data lainnya melalui tiga kabel sederhana: satu untuk daya, satu untuk tanah, dan satu untuk output data. Meskipun DHT22 cocok untuk proyek DIY dan prototipe dengan harga yang terjangkau, bagi aplikasi industri atau proyek dengan kebutuhan yang lebih ketat, pertimbangkan untuk mengevaluasi sensor dengan akurasi dan fitur yang lebih tinggi. Alternatifnya, versi yang lebih hemat biaya yaitu DHT11 juga tersedia, meskipun dengan akurasi yang sedikit lebih rendah. Keseluruhan, DHT22 merupakan solusi yang umum digunakan dan andal untuk memantau suhu dan kelembaban dalam berbagai lingkungan [21] Berikut bentuk fisik dari sensor suhu dan kelembaban DHT22 pada Gambar 2.13..



Gambar 2.13 DHT22

2.7.2 Infrared Receiver

Infrared Receiver merupakan IC penerima IR mini. Model TSOP1838 ini dirancang untuk merespons sinyal IR dengan frekuensi 38 kHz dari perangkat kendali jarak jauh. Sensor ini biasanya digunakan dalam aplikasi kendali jarak jauh seperti TV, pendingin ruangan, dan perangkat lainnya. Karena ukurannya yang kecil, TSOP1838 sangat cocok untuk digunakan dalam perangkat yang ringkas[22]. Berikut bentuk fisik TSOP1838 terlihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Infrared Receiver

Tabel 2.5 Spesifikasi Infrared Receiver

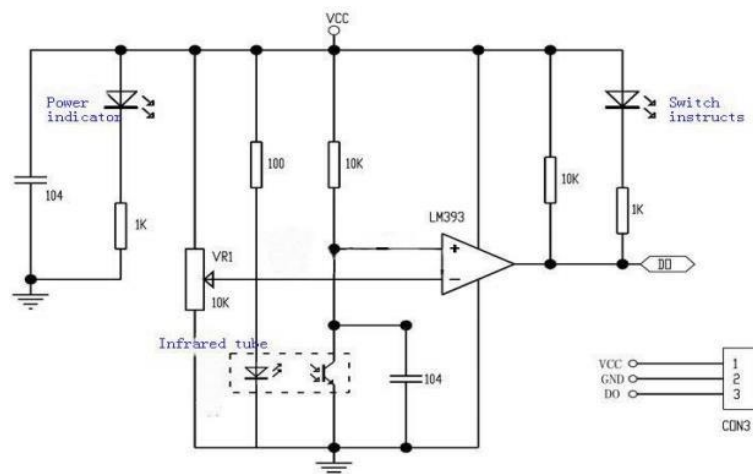
Pin	Deskripsi
OUT	Pin sinyal memberikan urutan berdasarkan sinyal IR yang terdeteksi Biasanya terhubung ke +5V, 2.5V hingga 5.5V
VCC	
GND	Terhubung ke Ground sirkuit

Dari Tabel 2.5 merupakan konfigurasi pin infra red (IR) *receiver* atau penerima infra merah tipe TSOP merupakan output (Out), V_s (VCC +5 volt DC), dan Ground (GND). Sensor penerima inframerah TSOP (*TEMIC Semiconductors Optoelectronics Photomodules*) memiliki fitur-fitur utama yaitu:

1. Menggunakan Fotodiode sebagai IR *Receiver* (penerima sinar inframerah)
2. Menggunakan rangkaian Penguat LM393
3. Output aktif rendah,
4. Konsumsi daya rendah dengan rentang deteksi yang lumayan jauh
5. Serta mendukung logika TTL dan CMOS

Detektor inframerah atau sensor inframerah jenis TSOP (*TEMIC Semiconductors Optoelectronics Photomodules*) merupakan penerima inframerah yang dilengkapi dengan filter frekuensi antara 30-56 kHz. Sensor ini secara langsung mengubah sinyal frekuensi inframerah tersebut menjadi sinyal logika 0 dan 1.

Jika detektor inframerah (TSOP) menerima frekuensi pembawa (*carrier frequency*) yang sesuai, maka pin keluarannya akan berlogika 0. Sebaliknya, jika detektor tidak menerima frekuensi pembawa tersebut, pin keluarannya akan berlogika 1. Berikut lebih jelasnya rangkaian dalam sensor inframerah FC-51 dari Gambar 2.14 ditunjukkan pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Rangkaian dalam Sensor Inframerah

Cara kerja sensor ini merupakan sebagai berikut: ketika sebuah objek berada dalam jarak tertentu (antara 2 cm hingga 30 cm) dari sensor, objek tersebut akan memantulkan cahaya inframerah yang dipancarkan oleh *transmitter*. Cahaya yang dipantulkan ini kemudian ditangkap oleh *receiver*, yang berupa photodiode. Jika objek tidak ada atau berada di luar jangkauan *transmitter*, tidak ada cahaya inframerah yang dipantulkankembali ke *receiver*. Akibatnya, *receiver* tidak akan memberikan sinyal. Sebaliknya, jika ada benda atau objek yang memantulkan cahaya inframerah, *receiver* akan menerima sinar pantulan tersebut dan memberikan sinyal. Potensiometer yang terdapat pada sensor digunakan untuk mengatur jarak deteksi, menentukan seberapa dekat atau jauh objek yang dapat dideteksi oleh sensor.

2.7.3 Infrared Transmitter

Light emitting diode infrared (LED IR) memancarkan cahaya inframerah, yang berada di luar jangkauan penglihatan manusia. Cahaya ini memiliki panjang gelombang dalam rentang 700 nm hingga 1 mm, sedikit melampaui cahaya tampak. Segala sesuatu yang menghasilkan panas, seperti tubuh manusia, memancarkan inframerah. Sama seperti cahaya tampak, cahaya inframerah juga memiliki sifat-sifat seperti dapat terfokus, dipantulkan, dan terpolarisasi [22]. Berikut bentuk fisik dari LED IR terlihat pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16 *Infrared Transmitter*

Selain memancarkan cahaya inframerah yang tidak terlihat, LED IR terlihat seperti LED biasa dan beroperasi dengan cara yang sama, yaitu mengkonsumsi arus sekitar 20 mA dan tegangan sekitar 3 volt. LED IR memiliki sudut pancaran cahaya antara 20 hingga 60 derajat dan jarak jangkauan yang bervariasi, dari beberapa sentimeter hingga beberapa kaki, tergantung pada jenis dan pabrikan pemancar IR. Beberapa pemancar IR bahkan memiliki jangkauan hingga kilometer.

TSOP1838 sebagai penerima IR memerlukan sinyal IR yang dimodulasi pada frekuensi 38 kHz. Untuk menghasilkan sinyal IR pada frekuensi ini, Anda dapat menggunakan timer 555 dalam mode astabil. Frekuensi osilasi dari timer 555 dalam mode astabil ditentukan oleh resistor (R1), (R2), dan kapasitor (C1).

2.8 Motor Stepper

Motor stepper merupakan motor DC yang tidak mempunyai komutator. Motor stepper dapat berputar atau berotasi dengan sudut step yang bisa bervariasi tergantung motor yang digunakan. Ukuran step (*step size*) dapat berada pada range 0,90 sampai 900. Misalnya sudut step 7,50 ; 150 ; 300 dan seterusnya tergantung aplikasi atau kebutuhan yang diinginkan. Posisi putarannya pun relatif eksak dan stabil [23].

Operasi motor stepper dalam keadaan open-loop harus memberikan step (langkah putaran) sesuai dengan perintah atau kontrol yang diberikan pada motor stepper tersebut. Jika beban terlalu besar motor tak dapat bergerak normal atau diam sama sekali, hal ini disebabkan karena boleh jadi tidak cukup torsi (*torque*) untuk melakukan *stepping*. Dalam keadaan demikian, mungkin rotor dapat bergerak sedikit ketika mendapat *step pulse* (pulsa) tetapi kemudian jatuh kembali ke posisi semula. Keadaan ini disebut stalling. Jika

tidak digunakan feedback (umpan balik), kontroler tidak dapat mengetahui apakah terjadi kegagalan stepping.

Ada tiga jenis motor stepper, yaitu motor stepper Motor Stepper Magnet Permanen (PM), Motor Stepper *Reluctance Variabel* (VR) dan Motor Stepper Hibrida (*Hybrid*). Berikut bentuk fisik motor stepper NEMA 23 terlihat pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Motor Stepper

Spesifikasi motor Stepper *NEMA 23* :

- a. Tipe: Motor stepper bipolar
- b. Ukuran rangka: Nema 23
- c. Torsi: 2.3 Nm (326 oz-in)
- d. Sudut langkah: 1.8 derajat
- e. Arus: 4.4 A
- f. Panjang: 76 mm
- g. Jumlah kawat: 4 kawat
- h. Pendinginan: Pendinginan alami
- i. Shaft: shaft tunggal

Motor stepper Nema 23 model 5718HB3401 merupakan pilihan tepat untuk aplikasi yang membutuhkan kontrol posisi yang sangat akurat dan torsi yang cukup besar. Dengan torsi hingga 2.3 Nm, motor ini mampu menggerakkan beban yang lebih berat dibandingkan motor servo.

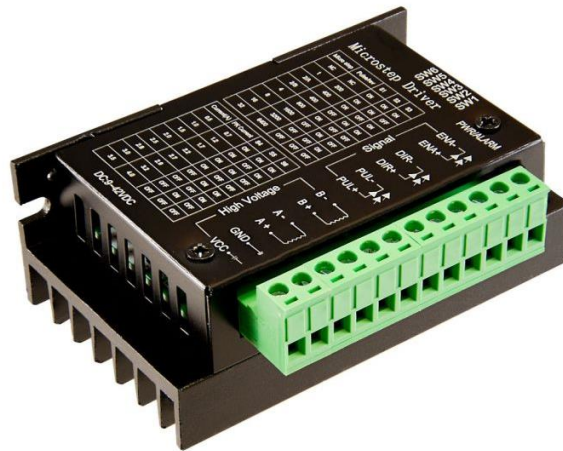
Berbeda dengan motor servo yang gerakannya kontinu, motor stepper bekerja secara bertahap (*step-by-step*) sehingga memungkinkan kontrol posisi yang sangat

presisi. Motor ini memiliki ukuran rangka Nema 23 yang cukup kompak namun tetap memberikan kinerja yang handal. Menjalankan atau mengendalikan motor servo berbeda dengan motor DC. Karena untuk mengendalikan motor servo perlu diberikan sumber tegangan dan sinyal kontrol. Sinyal kontrol didapat dari metode PWM (*Pulse Width Modulation*) yang didapat dari proses konversi mapping ADC pada Arduino.

2.9 Driver Motor

Driver motor merupakan sebuah komponen yang terdiri dari beberapa rangkaian untuk menggerakkan stepper motor, driver motor yang digunakan untuk menggerakkan motor stepper bervariasi tergantung pada motor stepper yang digunakan. Untuk menghubungkan motor stepper dengan piranti digital atau I/O port dibutuhkan rangkaian interface [24]. Hal ini sangat penting karena jumlah arus yang diperlukan untuk memberikan energi (*energizing*) pada pasangan-pasangan kumparan lebih besar dari kemampuan I/O port, sehingga dibutuhkan sejumlah rangkaian penyangga (*buffer*) yang akan menguatkan arus untuk dapat menggerakkan motor stepper. Kontroler yang menentukan jumlah dan arah step yang akan diberikan (tergantung aplikasi). *Driver amplifier* memperbesar daya dari sinyal kemudi kumparan. Di sini tidak diperlukan rangkaian pengubah digital ke analog karena kutub-kutub medan merupakan *on* atau *off*, *driver amplifier* efisien kelas C dapat digunakan.

Dengan kemampuan mengendalikan arus hingga 4 ampere dan beroperasi pada tegangan 9-40 volt DC, driver ini cocok untuk berbagai jenis motor stepper dua fase. Fitur-fiturnya yang menonjol termasuk pengaturan arus yang mudah, isolasi optik untuk ketahanan *noise*, serta berbagai mode mikro-langkah untuk mengatur presisi gerakan motor. *Driver* ini sering digunakan dalam aplikasi seperti mesin CNC, printer 3D, dan robot. Namun, perlu diingat bahwa spesifikasi lengkap dan fitur tambahan dapat bervariasi tergantung pada produsen dan model spesifik driver TB6600. Untuk memastikan kompatibilitas dan kinerja optimal, selalu rujuk pada datasheet produk sebelum penggunaannya, dapat kita lihat pada Gambar 2.18 berikut.



Gambar 2.18 *Driver Motor*

Spesifikasi Driver TB6600 4.0A :

- a. Arus maksimum: 4.0A
- b. Tegangan operasi: 9-40V DC
- c. Tipe motor: 2 fase
- d. Mode mikro-langkah: 1, 2/A, 2/B, 4, 8, 16, 32
- e. Interface: Pulsa dan arah
- f. Proteksi: Overcurrent, undervoltage, overheating

2.10 *One-way spike road*

One-way spike road merupakan perangkat keamanan yang dirancang untuk mencegah kendaraan melaju ke arah tertentu dengan merusak ban kendaraan jika dilanggar. *Spike road* ini memiliki paku atau duri yang dapat ditarik atau disembunyikan, dan hanya mengarah ke satu sisi, memungkinkan kendaraan untuk melewati dari satu arah tanpa kerusakan tetapi akan merusak ban jika dilewati dari arah yang berlawanan [25]. Jenis-jenis alat pengendali jalan satu arah sebagai berikut;

a. Model Lonjakan

Jenis sistem ini mudah dipasang ke permukaan trotoar sebagai bagian dari komunitas atau pemasangan garasi parkir yang membutuhkan kontrol lalu lintas satu arah. Mereka dirancang untuk menusuk ban kendaraan yang menyinggung, berikut bentuk fisik *strip spike* model lonjakan terlihat pada Gambar 2.19.



Gambar 2.19 *Spike Road* Lalu Lintas Di Permukaan

b. Model Tanam

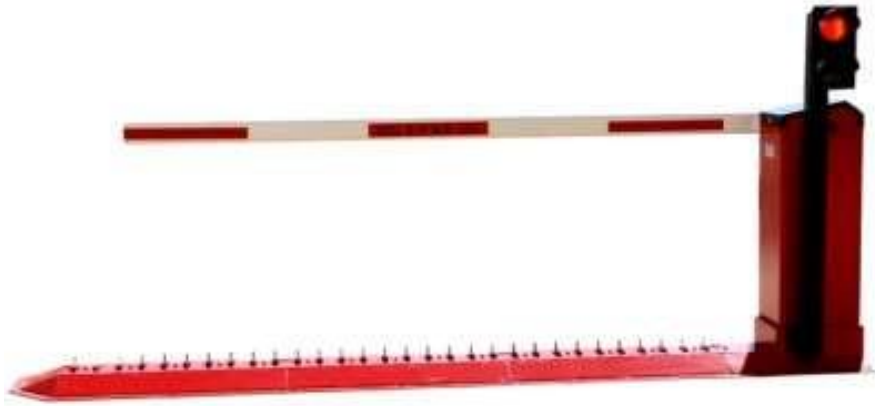
Jenis sistem ini sering dibangun di trotoar sebagai bagian dari instalasi perusahaan yang membutuhkan kontrol lalu lintas satu arah. Dengan gundukan kecepatan tinggi yang rendah, tipe ini ideal untuk area parking dengan kendaraan berkinerja tinggi dan *ground clearance* terbatas. Mereka dirancang untuk menusuk ban kendaraan yang menyinggung, berikut bentuk fisik *strip spike* model tanam terlihat pada Gambar 2.20.



Gambar 2.20 *Spike Road* Lalu Lintas Di Permukaan Tanah.

c. *Strip* Lonjakan Lalu Lintas Bermotor

Jenis sistem ini tersedia sebagai dipasang dipermukaan tanah atau sebagai bagian dari instalasi perusahaan atau pemerintah yang membutuhkan kontrol lalu lintas yang aman. Mereka dirancang untuk menusuk ban kendaraan menyinggung berpergian kesegala arah jika paku berada di posisi ke atas. Paku dapat digerakan oleh sakelar, pembaca kartu, atau sensor. Merupakan umum untuk tipe-tipe ini tidak berawak dan otomatis (bandara dan garasi parkir bebas), berikut bentuk fisik *strip spike* model lonjakan lalu lintas bermotor terlihat pada Gambar 2.21.



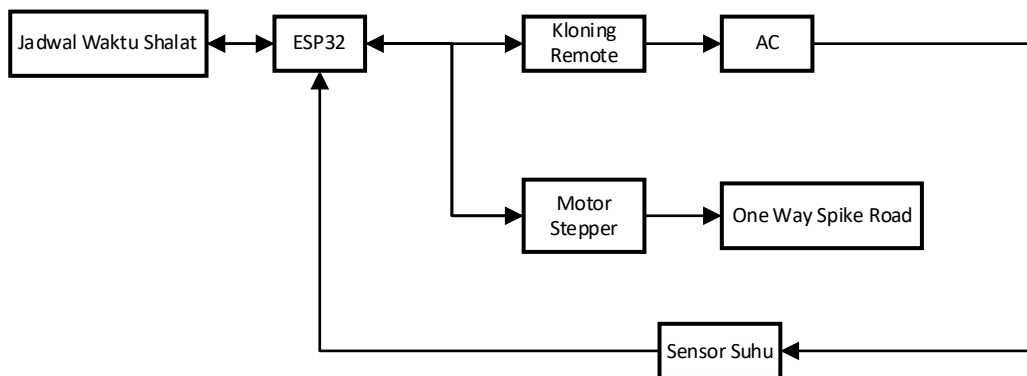
Gambar 2.21 *Spike Road* lonjakan lalu lintas bermotor.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Deskripsi Sistem Manajemen Keamanan Dan Energi

Sistem manajemen keamanan dan energi masjid berbasis digital meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi energi dan keamanan di masjid. Setelah proses perancangan selesai, sistem diuji untuk memastikan fungsinya berjalan sesuai kebutuhan. Sistem ini dirancang untuk mengotomatisasi pengoperasian perangkat seperti AC dan sistem keamanan di area parkir, sebagaimana dapat di lihat pada Gambar 3.1 diagram alir metodologi penelitian.

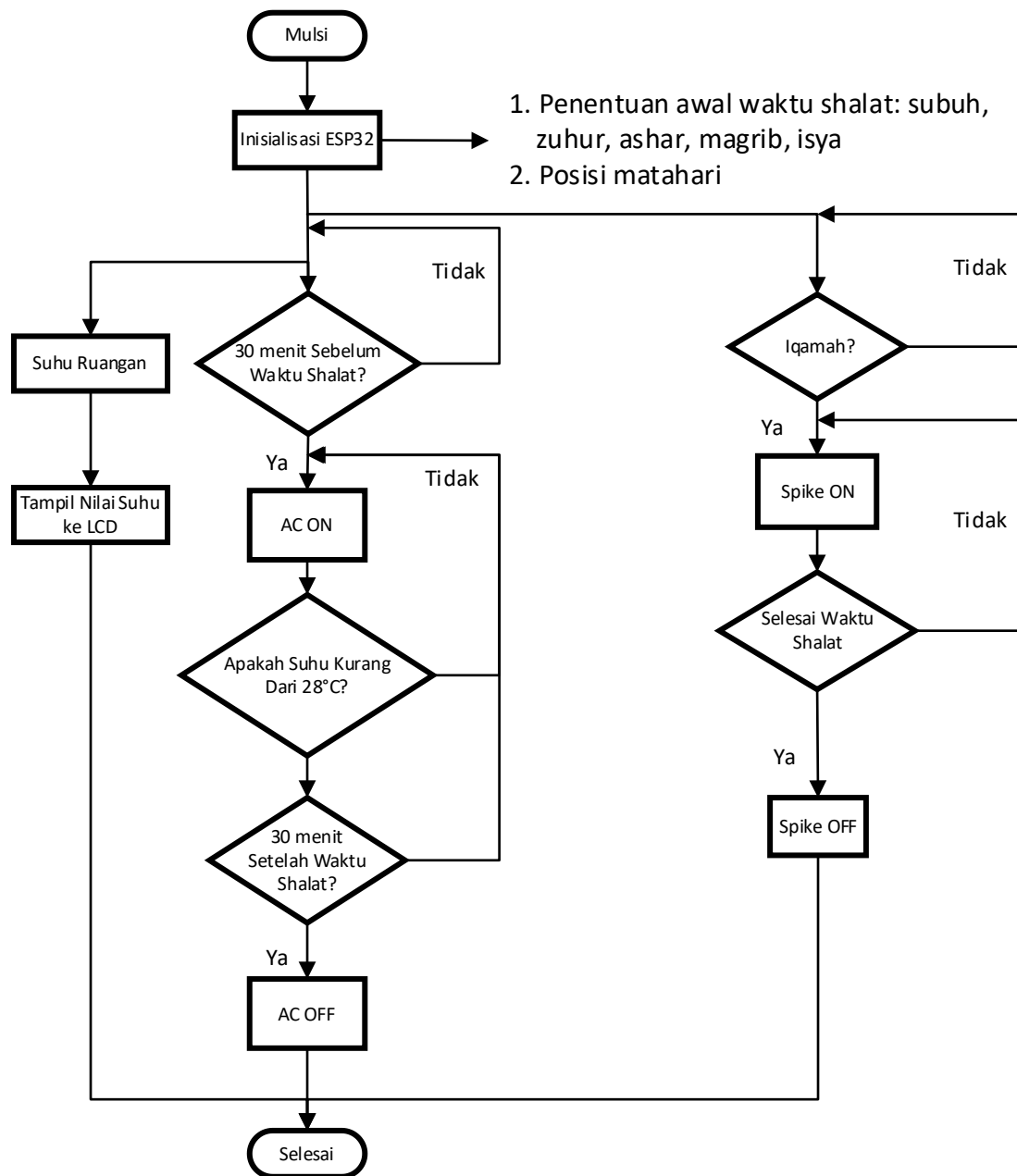


Gambar 3.1 Block Diagram Sistem Manajemen Keamanan dan Energi

Pengendalian energi pada sistem ini difokuskan pada pengoperasian AC secara otomatis. Jadwal waktu sholat digunakan sebagai acuan utama untuk menyalakan atau mematikan AC, meminimalkan konsumsi energi berlebih. Sensor suhu DHT22 dipasang untuk memantau suhu ruangan secara real-time, memberikan data kepada ESP32 yang selanjutnya mengatur AC agar bekerja hanya pada kondisi tertentu, sesuai dengan kenyamanan jamaah. Hal ini tidak hanya mengurangi pemborosan energi tetapi juga menekan biaya operasional masjid secara signifikan.

Sistem keamanan dirancang untuk mencegah pelanggaran di area parkir masjid, terutama selama waktu sholat berjamaah. Sistem ini dilengkapi dengan one-way spike road yang dioperasikan menggunakan motor stepper NEMA 23 dan driver TB6600. Spike road dikendalikan secara otomatis berdasarkan jadwal yang diatur pada ESP32, sehingga arus kendaraan dapat dikelola dengan baik. Selain itu, spike road ini berfungsi mencegah pencurian kendaraan bermotor dengan mengatur arah lalu lintas yang lebih terkontrol.

Antarmuka pengguna digunakan untuk memantau dan mengelola sistem secara langsung. Data dari berbagai perangkat, termasuk jadwal waktu shalat, suhu ruangan, dan status *spike road*, ditampilkan secara real-time. Pengelola masjid dapat memantau efisiensi energi dan keamanan, serta melakukan penyesuaian pengaturan melalui antarmuka ini. Integrasi teknologi ini memastikan pengelolaan masjid yang lebih efisien dan terotomatisasi, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut



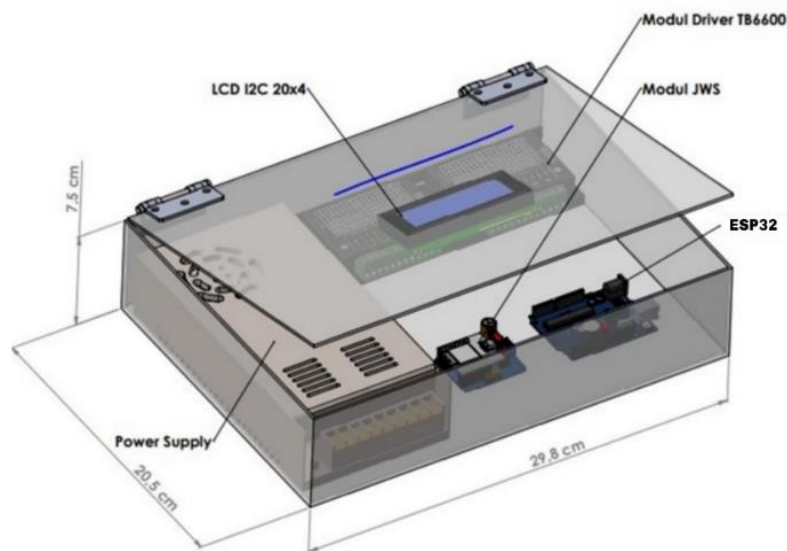
Gambar 3.2 Flowchart Sistem Kerja Alat.

3.2 Perancangan Mekanik

Desain mekanik merupakan bagian penting dari keseluruhan sistem yang membantu menjalankan penelitian ini. Ini memastikan bahwa semua komponen fisik terintegrasi dengan baik dan berfungsi sesuai dengan spesifikasi proyek. Selain itu, membantu melindungi peralatan dari elemen cuaca, merancang penyandaran yang aman, dan menciptakan lingkungan fisik yang mendukung pengoperasian.

3.2.1 Perancangan Panel Sistem Kendali

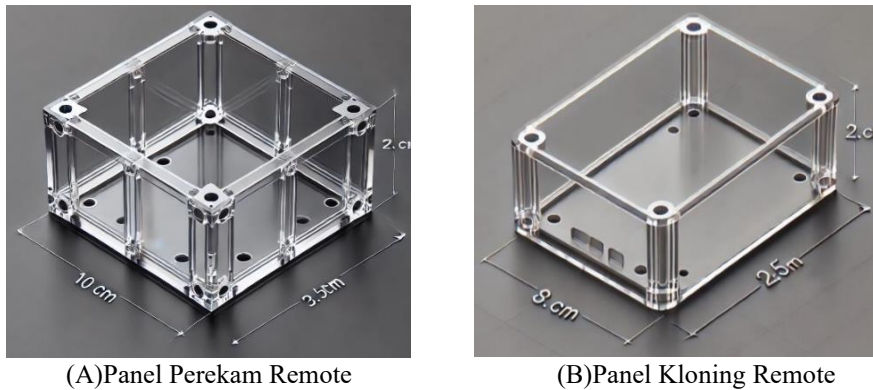
Untuk panel sendiri akan dibangun dengan bahan akrilik dengan tebal 2mm dan memiliki ukuran 29,8x20,5x7,5 cm dengan tebal akrilik 2 mm seperti yang terlihat pada Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 Panel Sistem Kendali

3.2.2 Perancangan Panel Perekam Remote dan Kloning Remote

Untuk panel sendiri akan dibangun dengan bahan akrilik dengan tebal 2 mm memiliki ukuran 3,5x10x2,5 cm untuk panel perekam remote dan memiliki ukuran 2,5x8x2 cm untuk panel kloning remote, seperti yang terlihat pada Gambar 3.4 berikut.



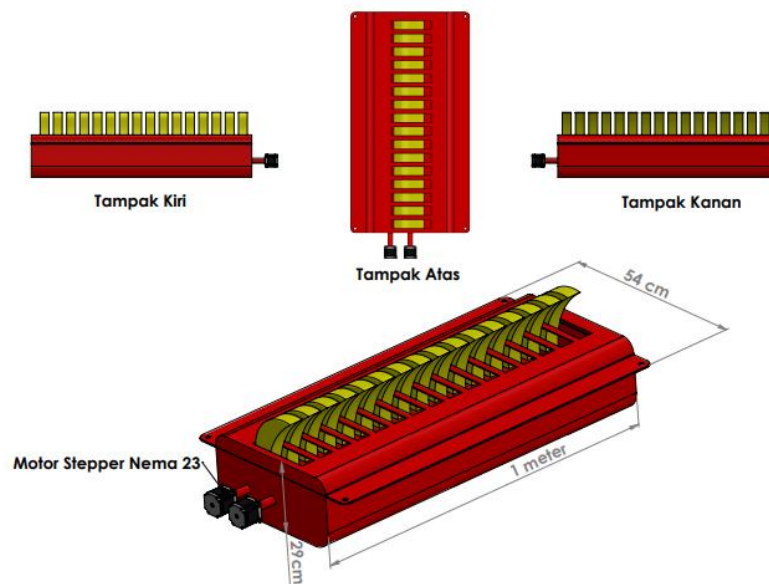
(A)Panel Perekam Remote

(B)Panel Kloning Remote

Gambar 3.4 Perancangan Panel Perekam Remote dan Kloning Remote

3.2.3 Perancangan One Way Spike Road

Perancangan One Way Spike Road dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut.

Gambar 3.5 Perancangan Mekanik *One Way Spike Road*.

Spesifikasi:

Panjang One way spike road: 100 cm

Tinggi dasar: 29 cm

Tinggi spike saat aktif: $5\text{ cm} + 5\text{ cm} = 10\text{ cm}$

Sudut kemiringan spike: 45 derajat

Panjang spike: 30 cm

Berikut merupakan komponen utama yang menyusun sistem *one-way spike road* ini:

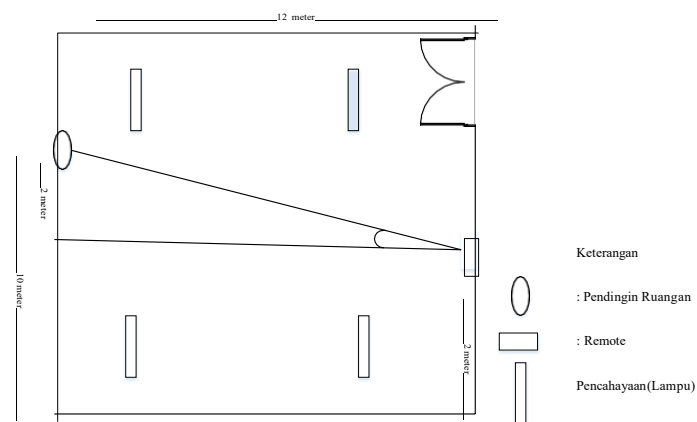
1. Pelat Dasar: Pelat baja yang kokoh dengan panjang 100 cm dan tinggi 5 cm. Pelat ini berfungsi sebagai dasar untuk dudukan spike dan memastikan stabilitas keseluruhan.

2. Spike: Spike terbuat dari baja yang kuat dan tahan lama. Setiap spike memiliki panjang 25 cm dan dirancang untuk naik 5 cm dari posisi dasar saat diaktifkan. Sudut kemiringan 45 derajat memastikan kendaraan yang bergerak ke arah yang salah akan mengalami kesulitan untuk melewati spike.
3. Mekanisme Penggerak: Mekanisme penggerak berupa motor stepper NEMA 23 akan digunakan untuk menaikkan dan menurunkan spike sesuai kebutuhan. motor stepper NEMA 23 ini akan terhubung ke sistem kontrol yang dapat diaktifkan secara manual oleh operator atau otomatis ketika sensor suara mendeteksi suara tertentu.
4. Sistem Kontrol: Sistem kontrol akan memungkinkan operator untuk mengaktifkan dan menonaktifkan spike sesuai kebutuhan. Sistem ini akan dilengkapi dengan sensor suara yang terhubung ke mikrokontroler. Ketika sensor suara mendeteksi suara adzan atau iqamah (atau suara lain yang telah diprogram), mikrokontroler akan mengirimkan sinyal ke motor stepper untuk menggerakkan spike ke posisi aktif, sehingga menghalangi kendaraan keluar dari area parkir.

3.3 Perhitungan Sudut dan Jarak Remote Kloning Ke AC

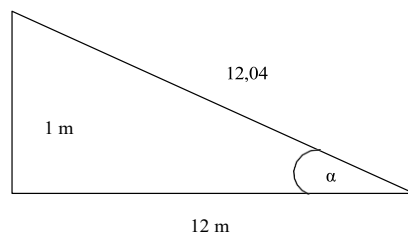
Untuk menghitung sudut antara jarak remote kloning ke pendingin ruangan dengan menggunakan rumus *Pythagoras*, maka akan di cari nilai sudut antara jarak remot ke pendingin ruangan sebagai berikut.

Untuk ukuran denah ruang kelas, jarak antara pendingin ruangan dan remot kloning, dan jarak antara remot kloning dan pendingin ruangan ke lantai dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut.



Gambar 3.6 Denah Remote Kloning Ke AC

Pada denah ruang kelas, jarak antara pendingin ruangan dan remot kloning, serta jarak antara remot kloning dan pendingin ruangan ke lantai dapat dilihat pada Gambar 3.6 dengan jarak antara pendingin ruangan dan remot kloning sebesar 12 meter. Dengan menggunakan perhitungan Pythagoras, panjang sisi miring ditemukan sebesar 12,04 meter. Berikut sudut pythagoras antara pendingin ruangan dan kloning remot pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Sudut Pythagoras

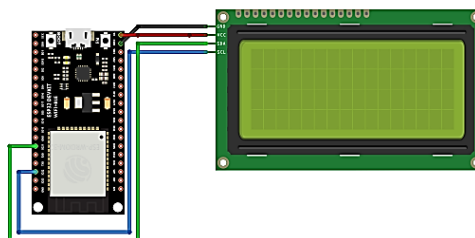
Berdasarkan data tersebut, sudut pada segitiga dihitung, dengan diketahui nilai c sebesar 12 meter, maka Sehingga sudut antara remote kloning ke pendingin ruangan tersebut sebesar $4,76^\circ$. Dengan besar sudut yang di dapat, kloning remote akan diatur sesuai dengan sudut yang akan memancar cahaya ke pendingin ruangan.

3.4 Perancangan Elektronik

Perancang elektronik terdapat beberapa komponen di antara yaitu sensor DHT 22, ESP32, LCD 20x4 I2C, kloning remote perekam, dan pemancar. Berikut Penjelasan dari setiap komponen.

3.4.1 Rangkaian LCD I2C

LCD digunakan untuk menampilkan ukuran atau angka dari sensor yang digunakan, sehingga informasi tersebut dapat terlihat melalui tampilan layar kristalnya. LCD yang digunakan merupakan LCD I2C, yang terhubung dengan modul I2C display control. Pin-pin yang digunakan pada LCD I2C ini meliputi VCC, GND, SDA, dan SCL yang dapat terlihat pada rangkaian Gambar 3.8 sebagai berikut.



Gambar 3.8 Perancangan Elektronik LCD I2C

Dari Gambar 3.8, diperoleh hubungan antara pin di LCD I2C dengan pin di ESP32, seperti terlihat pada Tabel 3.1 sebagai berikut.

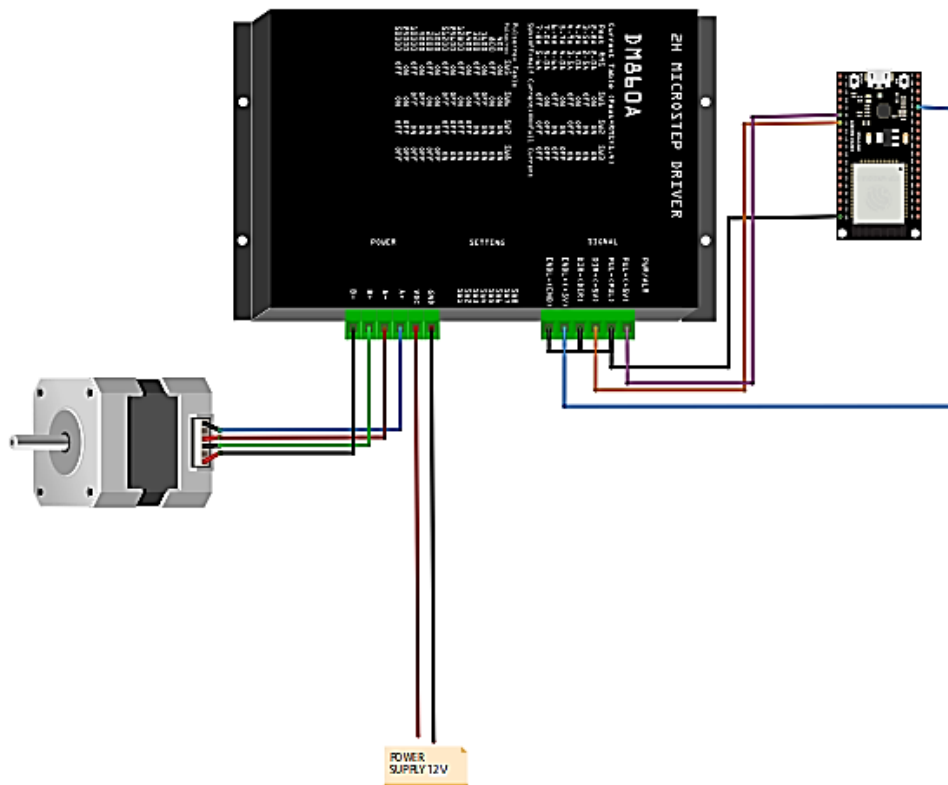
Tabel 3. 1. Kondigrasi pin LCD I2C

LCD I2C	ESP32
SDA	GPIO21
SCL	GPIO22
VCC	5 V
GND	GND

Pada Gambar 3.6, LCD yang digunakan dengan I2C berfungsi untuk menampilkan proses sistem kerja alat. Pada 16 pin yang diserikan dengan I2C dan menghasilkan 4 pin output yang terdiri dari SCL, SDC VCC dan GND atau biasa disebut dengan komunikasi I2C.

3.4.2 Rangkaian Motor Stepper

Motor stepper *NEMA 23* digunakan untuk mendorong atau memutar objek dengan control yang dengan presisi tinggi dalam hal posisi sudut, akselerasi dan kecepatan. Perancangan Elektronik pada motor stepper *NEMA 23* dan ESP32 dapat terlihat pada rangkaian Gambar 3.9 berikut.



Gambar 3.9 Perancangan Elektronik Motor Stepper

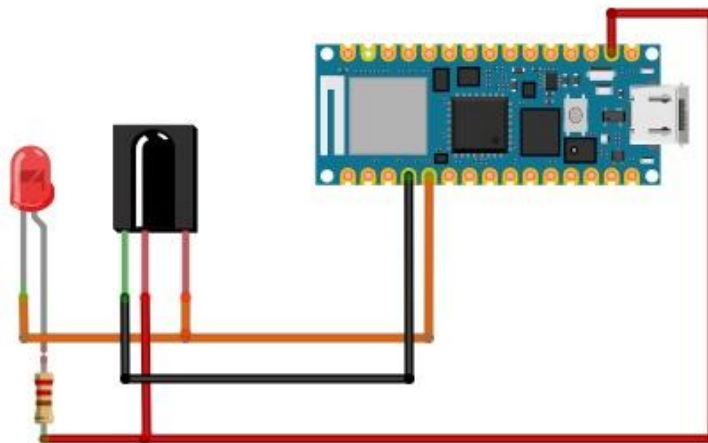
Dari Gambar 3. 9, diperoleh hubungan antara pin di motor stepper dengan pin di ESP32, seperti terlihat pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Konfigurasi Pin Driver dengan Motor Stepper

Driver TB6600	ESP32	Motor Stepper NEMA 23
ENA-	GND	-
ENA+	Pin GPIO13	-
DIR -	GND	-
DIR+	Pin GPIO4	-
PUL-	GND	-
PUL +	Pin GPIO0	-
B-	-	Kabel Biru
B+	-	Kabel Merah
A-	-	Kabel Hijau
A+	-	Kabel Hitam

3.4.3 Rangkaian Kloning Remote

TSOP1838 (penerima) berfungsi untuk menangkap kode dari remote yang digunakan. Ketika tombol remote ditekan, remote akan mengirimkan sinyal inframerah ke sensor IR dalam bentuk kode. Kloning remote perekam kemudian menerima sinyal tersebut dan mengirimkannya ke Arduino Nano. Adapun rangkaian dapat dilihat pada Gambar 3.10 berikut:



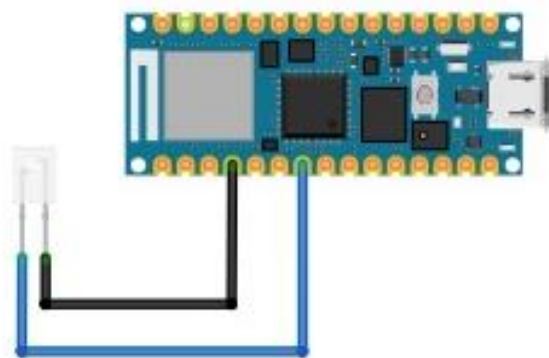
Gambar 3.10 Perancangan Perekaman Remote Asli

Dari Gambar 3.10, diperoleh hubungan antara pin kloning remote perekam dengan pin di Arduino Nano yang ditampilkan, seperti terlihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Konfigurasi pin Perekaman Remote Asli

No	Komponen	<i>Infrared Receiver</i>	Arduino Nano
1	<i>Infrared Receiver</i>	OUT	Pin D04
		VCC	3 V
		GND	GND

Sudut remote ke pendingin ruangan tercatat sebesar $4,76^\circ$. Untuk pemancar remote ke pendingin ruangan dengan jarak 12 m, kloning remote pemancar mampu memancarkan cahaya radiasi inframerah dengan sudut tersebut ke objek atau hambatan yang ada. Dalam perancangan elektronik kloning remote pemancar ini, digunakan transistor BC557 untuk mengontrol arus yang lebih besar yang melewati kolektor transistor. Pada rangkaian ini, frekuensi *transmitter* harus berada dalam rentang 38 kHz –40 kHz. Seluruh perancangan elektronik melibatkan kloning remote pemancar, dan Arduino Nano rangkaiannya dapat dilihat pada Gambar 3.11 di bawah ini.



Gambar 3.11 Perancangan Kloning Remote

Dari Gambar 3.11, diperoleh hubungan antara pin kloning remote dengan pin di Arduino Nano, seperti terlihat pada Tabel 3.4 berikut.

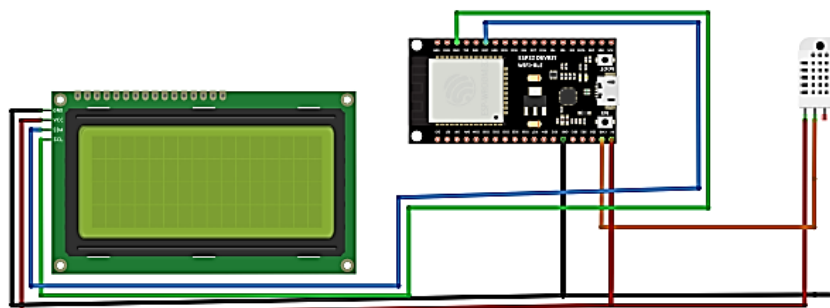
Tabel 3.4 Konfigurasi pin Kloning Remote

No	Komponen	<i>Infrared Transmitter</i>	Arduino Nano
1	<i>Infrared Transmitter</i>	OUT	Pin 2
		GND	GND

3.4.5 Rangkaian DHT 22

Sistem ini akan dimulai dengan inisialisasi komunikasi antara ESP32 dan DHT22. Proses ini melibatkan pengiriman sinyal khusus dari ESP32 ke sensor untuk membangun koneksi awal. Setelah terhubung, ESP32 akan mengirimkan permintaan data ke DHT22 untuk mendapatkan informasi suhu dan kelembaban lingkungan. DHT22 kemudian akan melakukan pengukuran berdasarkan permintaan tersebut. Setelah pengukuran selesai, sensor akan mengirimkan data hasil pengukuran dalam bentuk sinyal digital melalui pin DATA ke ESP32. Selanjutnya, ESP32 akan menerima dan memproses data ini. Data yang telah diproses akan digunakan dalam penelitian ini untuk menentukan suhu ruangan saat ini dan memperkirakan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu 24°C , sehingga AC

dapat dihidupkan 30 menit sebelum waktu sholat untuk kenyamanan jamaah. Berikut perancangan rangkaian elektronik sensor DHT22 dan LCD I2C pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Perancangan Rangkaian Elektronik Sensor DHT 22 dan LCD I2C

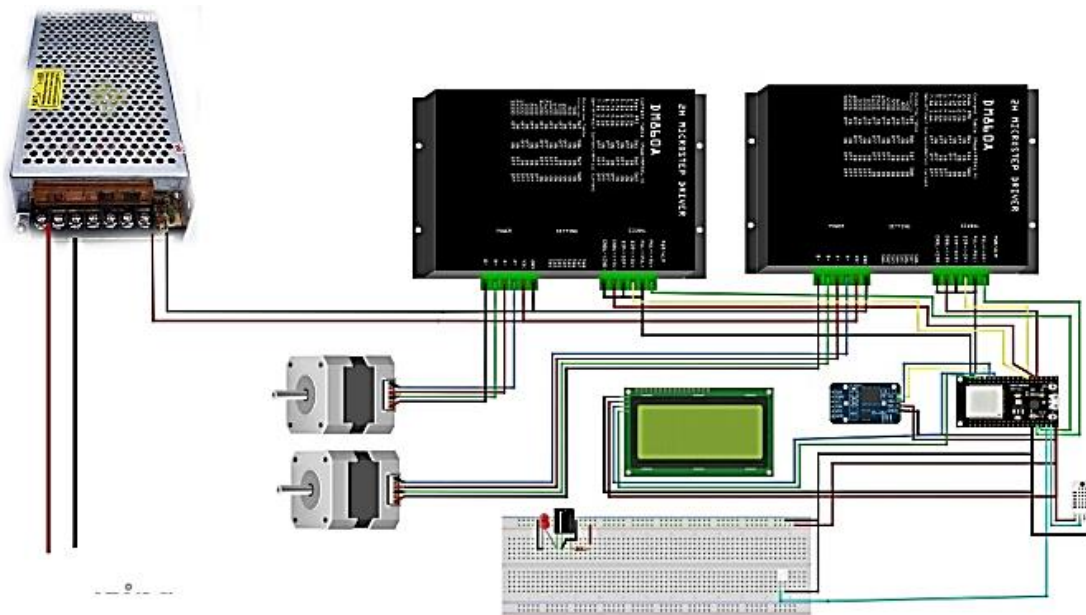
Dari Gambar 3.12, diperoleh hubungan antara pin sensor DHT 22 dengan pin di ESP32, dan LCD I2C seperti terlihat pada Tabel 3.5 sebagai berikut.

Tabel 3.5 Konfigurasi pin DTH-22

Pin DHT22	LCD I2C	Pin ESP32
VCC	SDA (GPIO21)	VCC 5 V
Data	SCL (GPIO22)	Pin GPIO23
NC (Pin GPIO23)	-	-
GND	GND	GND

3.4.6 Rangkaian Elektronik Keseluruhan

Rangkaian elektronik keseluruhan pada sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali utama, yang terintegrasi dengan jadwal waktu shalat yang mengintegrasikan driver motor stepper TB6600, motor stepper NEMA 23, power supply, serta modul tampilan LCD. ESP32, memungkinkan sistem untuk mengontrol motor stepper yang menggerakkan mekanisme spike road dengan presisi tinggi, sekaligus mengirimkan data secara real-time ke antarmuka. Power supply menyediakan daya 24V untuk driver TB6600 dan motor stepper, sedangkan ESP32 mendapatkan daya melalui regulator atau port USB. LCD digunakan untuk menampilkan status sistem seperti posisi spike road atau parameter yang sedang diatur, sehingga memudahkan pemantauan secara lokal. Dengan integrasi ini, ESP32 memastikan seluruh perangkat bekerja secara sinkron dan mendukung efisiensi energi serta keamanan masjid sesuai dengan desain sistem, yang meliputi keseluruhan komponen dapat dilihat pada Gambar 3.13 berikut.



Gambar 3.13 Rangkaian Keseluruhan

3.5 Perancangan Program

Perancangan Program merupakan bagian utama dari kinerja sistem pada penelitian ini, Pada penelitian ini memiliki tahapan dalam perancangan program untuk mencapai sistem kerja dengan responsif yang akurat, cepat, dan *real time*. Terdapat perancangan program pada penelitian ini yaitu perancangan program LCD I2C, perancangan program motor stepper, perancangan program perekaman remote asli, perancangan program kloning remote dan perancangan program DHT 22.

3.5.1 Rancangan Program LCD I2C

Perancangan ESP32 untuk terhubung dengan LCD I2C melibatkan penggunaan pustaka “LiquidCrystal_I2C” dan “Wire.h” untuk mengatur komunikasi antara LCD I2C dan Arduino. Alamat address yang digunakan dalam program merupakan 0x27, dengan konfigurasi LCD yang memiliki 20 kolom dan 4 baris. Program yang diunggah melalui Arduino IDE dirancang untuk menampilkan teks “Wahyu Syahputra” pada baris pertama dan “NIM. 210150012” pada baris kedua LCD, guna memastikan bahwa LCD berfungsi dengan akurat. Adapun pembuatan program LCD I2C sesuai dengan Gambar 3.8 dan Tabel 3.1 dapat dilihat pada program sebagai berikut:

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

// Inisialisasi LCD I2C dengan alamat default 0x27 dan ukuran 20x4
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
```

```

void setup() {
  // Inisialisasi komunikasi LCD
  lcd.init();
  lcd.backlight();

  // Menampilkan teks pada LCD
  lcd.setCursor(0, 0); // Baris 1, Kolom 1
  lcd.print("Nama:Wahyu Syahputra");

  lcd.setCursor(0, 1); // Baris 3, Kolom 1
  lcd.print("NIM: 210150012");
}

void loop() {
  // Program utama kosong karena hanya menampilkan teks statis
}

```

3.5.2 Rancangan Program Motor Stepper

Pada pengujian driver motor stepper ini dilakukan dengan bahasa program C dimana pada pengujian ini kita bisa melihat perputaran motor stepper 0° , 90° dan 180° . Adapun pembuatan program Motor Stepper NEMA23 sesuai dengan Gambar 3.9 dan Tabel 3.2 dapat dilihat pada program sebagai berikut:

```

// Definisikan pin untuk STEP dan DIR
#define stepPin 18 // Pin untuk STEP
#define dirPin 19 // Pin untuk DIR

// Jumlah langkah per putaran penuh dan mikrostepping
const int stepsPerRevolution = 320; // Jumlah langkah per putaran penuh
(360°) untuk 1/16 microstepping
const float angleToMove = 45.0; // Sudut yang ingin diputar (45°)
const int stepsPerDegree = stepsPerRevolution / 360; // Langkah per derajat

void setup() {
  // Inisialisasi pin
  pinMode(stepPin, OUTPUT);
  pinMode(dirPin, OUTPUT);

  // Tentukan arah motor
  digitalWrite(dirPin, HIGH); // Arah putaran (HIGH = satu arah, LOW = arah
sebaliknya)

  // Hitung jumlah langkah yang diperlukan untuk memutar 45°
  int stepsToMove = (angleToMove * stepsPerDegree);

  // Gerakkan motor
  moveStepper(stepsToMove);
}

void loop() {
  // Program tidak melakukan apa-apa setelah motor diputar sekali
}

void moveStepper(int steps) {
  // Loop untuk mengirim pulsa langkah ke driver
  for (int i = 0; i < steps; i++) {
    digitalWrite(stepPin, HIGH); // Aktifkan langkah
    delayMicroseconds(1000); // Sesuaikan kecepatan motor (lebih kecil delay,
lebih cepat putarannya)
    digitalWrite(stepPin, LOW); // Nonaktifkan langkah
    delayMicroseconds(1000); // Sesuaikan kecepatan motor
  }
}

```

3.5.3 Rancangan Program Perekaman Remote Asli

Perancangan ESP32 dapat dihubungkan dengan kloning remote perekam seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.8 dan sesuai dengan konfigurasi pin pada Tabel 3.3. Dalam perancangan ini, digunakan pustaka "IRremote.h" untuk sensor IR pemancar dan pustaka "Wire.h". Kode remote yang diterima dari remote AC akan dimasukkan ke dalam program. Program ini diproses di Arduino IDE dan diunggah ke Arduino UNO.

Rancangan program untuk kloning remote perekam dibuat untuk merekam kode dari remote asinya pendingin. Program kloning remote perekam sesuai dengan Gambar 3.10 dan Tabel 3.3 dapat dilihat pada kode berikut:

```
#include <IRremoteESP8266.h>
#include <IRrecv.h>
#include <IRutils.h>

#define RECEIVER_PIN 15 // Pin yang digunakan untuk menerima sinyal IR

IRrecv irrecv(RECEIVER_PIN); // Membuat objek penerima IR
decode_results results; // Objek untuk menyimpan hasil decode

void setup() {
  Serial.begin(115200); // Mulai komunikasi serial
  irrecv.enableIRIn(); // Mulai penerimaan sinyal IR
  Serial.println("IR Receiver Ready");
}

void loop() {
  if (irrecv.decode(&results)) { // Jika ada sinyal IR yang diterima
    long int decCode = results.value; // Ambil nilai dari kode IR
    Serial.println(resultToHex(&results)); // Tampilkan kode IR dalam format
    heksadesimal
    irrecv.resume(); // Siap untuk menerima sinyal berikutnya
  }
}
```

3.5.4 Rancangan Program Kloning Remote

Perancangan ESP32 dapat dihubungkan dengan kloning remote pemancar dan serial monitor seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.11 dan sesuai dengan konfigurasi pin pada Tabel 3.4. Dalam perancangan ini, digunakan pustaka "IRremote.h" untuk kloning remote pemancar dan pustaka "Wire.h". Kode remote yang diterima dari kloning remote perekam akan dimasukkan ke dalam program kloning remote pemancar, sehingga tombol yang ditekan pada remote akan ditampilkan pada serial monitor. Program ini diproses di Arduino IDE dan diunggah ke ESP32.

Rancangan program untuk kloning remote dibuat untuk memancarkan sinyal ke AC sesuai dengan kode yang diperoleh dari perekaman remote asli dan ditampilkan pada serial monitor. Program kloning remote sesuai dengan Gambar 3.11 dan Tabel 3.4 dapat

dilihat pada kode berikut:

```
#include <IRremoteESP8266.h>
#include <IRsend.h>

#define IR_SEND_PIN 4 // Pin untuk mengirimkan sinyal IR

IRsend irsend(IR_SEND_PIN); // Membuat objek IRsend untuk mengirim sinyal IR

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  irsend.begin(); // Memulai IR sender
}

void loop() {
  // Ganti kode ini dengan kode IR yang diterima dari remote AC
  unsigned long irCode = 0x12345678; // Ganti dengan kode yang valid dari
  remote Anda
  irsend.sendNEC(irCode, 32); // Kirimkan kode IR dengan panjang 32 bit
  (misalnya NEC)

  delay(5000); // Kirim sinyal setiap 5 detik
}
```

3.5.5 Rancangan Program DHT 22

Perancangan program untuk sistem monitoring suhu dan kelembaban udara menggunakan DHT22, LCD 20x4 I2C, mist maker, dan kipas melibatkan penulisan logika program yang terstruktur. Pertama, program diinisialisasi dengan pengaturan awal di dalam fungsi “setup()”, termasuk inisialisasi LCD 20x4 I2C untuk menampilkan informasi dan inisialisasi DHT22 untuk pembacaan suhu dan kelembaban. Setelah inisialisasi selesai, dalam loop “loop()”, program terus-menerus membaca data dari DHT22. Data suhu dan kelembaban yang terbaca kemudian ditampilkan secara bergantian pada LCD 20x4 I2C, memberikan pemantauan real-time.

Program ini dimulai dengan mengimpor tiga library yang diperlukan: Wire.h untuk komunikasi I2C dengan LCD, LiquidCrystal_I2C.h untuk mengendalikan layar LCD I2C, dan DHT.h untuk membaca data dari DHT22. Program ini kemudian menginisialisasi objek lcd untuk LCD I2C dengan alamat 0x3F dan ukuran 20x4, serta objek dht untuk DHT22 yang terhubung ke pin digital 2 pada Arduino.

Pada fungsi “setup()”, LCD diinisialisasi dengan perintah “lcd.init()” dan backlight LCD dinyalakan dengan “lcd.backlight()”. DHT22 diinisialisasi menggunakan “dht.begin()”. Kemudian, LCD menampilkan pesan selamat datang "Monitoring Udara" dan area untuk menampilkan nilai suhu dan kelembaban diatur padabaris kedua dan ketiga. Program menunggu selama dua detik untuk memastikan sensor siap membaca data. Fungsi “loop()” yang berulang membaca nilai suhu dan kelembabandari DHT22 setiap dua detik. Data yang terbaca disimpan dalam variabel humiditydan temperature.

Program memeriksa validitas data sensor menggunakan fungsi “isnan()”. Jika data tidak valid, pesan error ditampilkan pada baris keempat LCD. Jika data valid, nilai suhu ditampilkan pada posisi yang telah ditentukan pada baris kedua dan nilai kelembaban ditampilkan pada baris ketiga. Setiap dua detik, data diperbarui dengan membaca ulang sensor dan menampilkan nilai terbaru pada LCD. Dengan demikian, program ini memungkinkan pemantauan real-time suhu dan kelembaban udara di dalam ruangan masjid, menggunakan DHT22 untuk pengukuran dan LCD I2C untuk menampilkan informasi secara jelas dan akurat. Adapun rancangan program DHT22 sebagai berikut.

```
#include <Wire.h>           // Library untuk komunikasi I2C
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // Library untuk LCD I2C
#include <DHT.h>           // Library untuk sensor DHT

#define DHTPIN 4           // Pin untuk data DHT
#define DHTTYPE DHT22     // Tipe sensor DHT (DHT11 atau DHT22)

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); // Inisialisasi sensor DHT
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 20, 4); // Alamat LCD 20x4 I2C (ganti dengan
alamat yang sesuai jika perlu)

void setup() {
  // Memulai komunikasi serial
  Serial.begin(115200);

  // Inisialisasi sensor DHT
  dht.begin();

  // Inisialisasi LCD
  lcd.begin(20, 4);
  lcd.backlight(); // Menghidupkan backlight LCD

  // Menampilkan teks awal di LCD
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("ESP32 DHT Sensor");
}

void loop() {
  // Membaca suhu dan kelembaban dari sensor DHT
  float humidity = dht.readHumidity();
  float temperature = dht.readTemperature(); // Mengambil suhu dalam Celsius

  // Mengecek apakah pembacaan gagal
  if (isnan(humidity) || isnan(temperature)) {
    Serial.println("Gagal membaca dari sensor DHT!");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Sensor error");
    return;
  }

  // Menampilkan hasil di serial monitor
  Serial.print("Suhu: ");
  Serial.print(temperature);
  Serial.print(" °C ");
  Serial.print("Kelembaban: ");
  Serial.print(humidity);
  Serial.println(" %");

  // Menampilkan data di LCD
  lcd.clear(); // Menghapus layar LCD setiap kali loop
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Suhu: ");
}
```

```

    lcd.print(temperature);
    lcd.print(" C");

    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Kelembaban: ");
    lcd.print(humidity);
    lcd.print(" %");

    delay(2000); // Menunggu 2 detik sebelum pembacaan berikutnya
}

```

3.6 Cara Kerja Alat

Cara kerja alat pada penelitian ini menggunakan sistem kendali otomatis berbasis mikrokontroler ESP32 dengan pendekatan umpan balik untuk memastikan perangkat bekerja sesuai kebutuhan. Sistem ini mengintegrasikan berbagai sensor, aktuator, dan antarmuka pengguna untuk mendukung efisiensi energi dan keamanan masjid.

Pada bagian manajemen energi, sistem dimulai dengan modul RTC DS3231 yang menyediakan data jadwal waktu shalat secara akurat untuk menentukan jadwal operasional perangkat, terutama AC. Data jadwal waktu shalat ini dikombinasikan dengan informasi suhu dari DHT22, yang mendeteksi suhu ruangan secara real-time. Data suhu dikirimkan ke ESP32 untuk diproses. Jika suhu ruangan berada di luar batas yang ditentukan, ESP32 akan mengirimkan sinyal perintah untuk mengaktifkan atau menonaktifkan AC, sehingga suhu tetap terjaga sesuai set point yang telah dirancang.

Pada bagian manajemen keamanan, sistem menggunakan motor stepper NEMA 23 yang dikendalikan oleh driver TB6600 untuk mengoperasikan one-way spike road. Saat jadwal waktu shalat tiba, ESP32 mengontrol motor stepper untuk mengaktifkan spike road, memastikan jalur kendaraan beroperasi satu arah dan mencegah pelanggaran arah, memberikan umpan balik kepada ESP32 untuk memantau kondisi spike road agar tetap sesuai dengan pengaturan.

Data operasional seluruh perangkat dikirimkan melalui koneksi ke antarmuka pengguna. Pengguna dapat memantau kondisi suhu, status AC, dan posisi spike road, serta melakukan pengaturan manual jika diperlukan. Sistem ini memastikan proses berjalan otomatis, efisien, dan dapat diandalkan. Proses kerja keseluruhan sistem ini dirancang agar mampu memenuhi kebutuhan masjid, baik dalam aspek efisiensi energi maupun peningkatan keamanan, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.13 berikut.

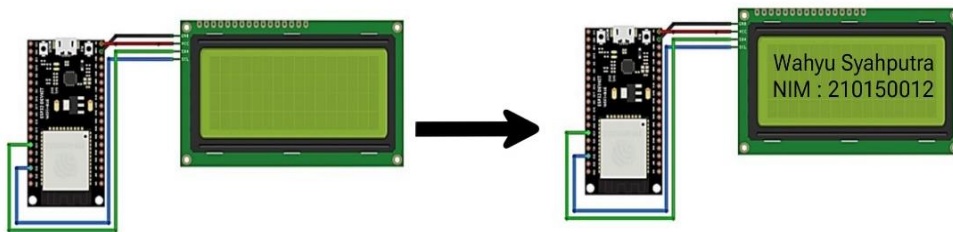
3.7 Borang Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional dilakukan untuk mengetahui tingkat guna komponen dari segi fungsinya. Pengujian ini dilakukan terhadap motor stepper *NEMA 23*, kloning remote

perekam, kloning remote dan DHT 22 .

3.7.1 LCD I2C

LCD I2C berfungsi untuk menampilkan hasil pengolahan data yang terjadi di dalam sistem. Cara untuk mengambil data hasil proses yang terjadi di mikrokontroler tersebut, menggunakan program pada point 3.5.1 serta menggunakan gambar rangkaian Gambar 3.8.



Gambar 3.14 Rangkaian pengujian LCD I2C

Pada Gambar 3.14, LCD yang digunakan dengan LCD I2C berfungsi untuk menampilkan proses sistem kerja alat. Pada 16 pin yang disertai dengan I2C dan menghasilkan 4 *pin output* yang terdiri dari SCL, SDA, Vcc, dan Gnd atau biasa disebut dengan komunikasi I2C.

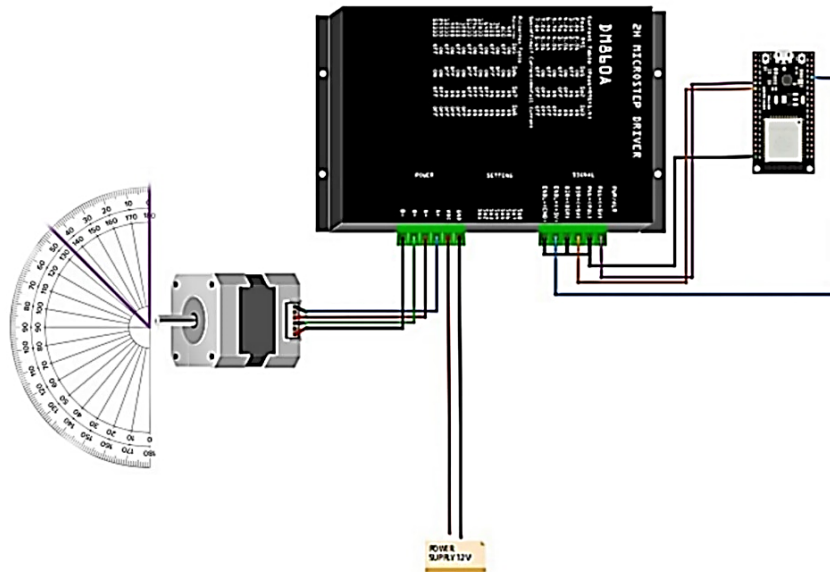
Tabel 3.6 Borang pengujian LCD I2C

No	Baris	Keterangan
1	1	
2	2	

3.7.2 Motor Stepper

Pengujian fungsionalitas *motor stepper* bertujuan untuk mengevaluasi akurasi pergerakan *motor stepper* dalam merespons perintah sudut dari mikrokontroler ESP32. Rangkaian pengujian melibatkan *motor stepper NEMA 23* yang terhubung ke pin PWM ESP32, dikendalikan oleh kode program pada point 3.5.2 yang menggerakkan *motor stepper NEMA 23* dari 0° hingga 180° dan kembali lagi. Busur derajat digunakan untuk mengukur sudut aktual yang dicapai *motor stepper*, dan data dicatat dalam borang

pengujian yang mencakup sudut perintah, sudut aktual, dan persentase error.



Gambar 3.15 Skema Pengujian *Motor Stepper*

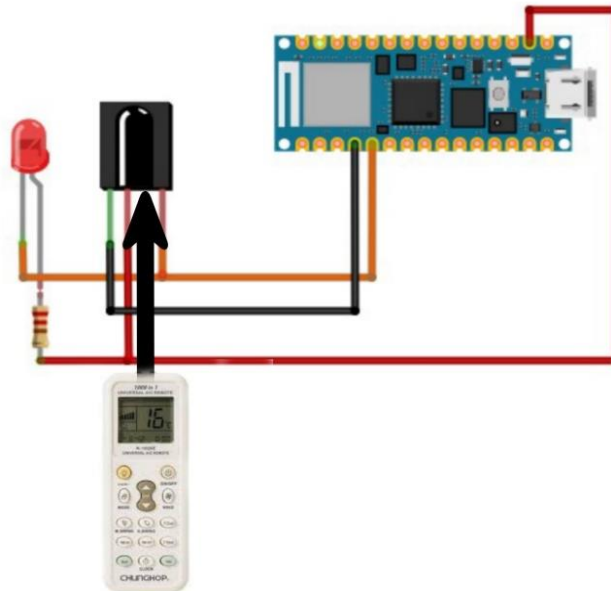
Hasil pengujian, yang dicatat dalam tabel, akan menunjukkan seberapa dekat sudut aktual *motor stepper NEMA 23* dengan sudut yang diperintahkan. Idealnya, persentase error mendekati nol, menunjukkan akurasi yang tinggi. Namun, jika terdapat error yang signifikan, hal ini dapat mengindikasikan masalah pada rangkaian, catu daya, atau kode program. Analisis mendalam terhadap data ini dapat membantu dalam mengidentifikasi akar penyebab ketidakakuratan dan memberikan wawasan berharga untuk optimalisasi kinerja sistem yang bergantung pada presisi *motor stepper NEMA 23* pada Tabel 3.7 sebagai berikut.

Tabel 3.7 Borang Pengujian Motor Stepper

No.	Microstep Setting	Step per Revolusi	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual	Selisih	Error (%)
1.	Full Step	200	Putaran kasar, torsi maksimal			
2.	1/2 Step	400	Putaran lebih halus, sedikit torsi berkurang			
3.	1/4 Step	800	Putaran semakin halus, torsi sedikit berkurang			
4.	1/8 Step	1600	Putaran sangat halus, torsi semakin berkurang			
5.	1/16 Step	3600	Putaran sangat presisi, torsi paling kecil			

3.7.3 Perekaman Remote

Pada Gambar 3.10 dan Tabel 3.3, rangkaian elektronik remote kloning penerima dan konfigurasi pin dirancang untuk dihubungkan dan diuji. Pengujian fungsional kloning remote perekam dilakukan dengan mengunggah program ke Arduino IDE sesuai dengan perancangan. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sensor IR penerima dapat menyalin kode dari remot dengan benar. Hasil kode yang diterima akan ditampilkan pada serial monitor, menggunakan program pada point 3.5.3 memungkinkan verifikasi bahwa kode yang disalin sesuai dengan yang dipancarkan oleh remote kloning pemancar. Adapun skema pengujian remote kloning penerima dapat dilihat pada Gambar 3.16 berikut:



Gambar 3.16 Skema Pengujian Perekaman Remote

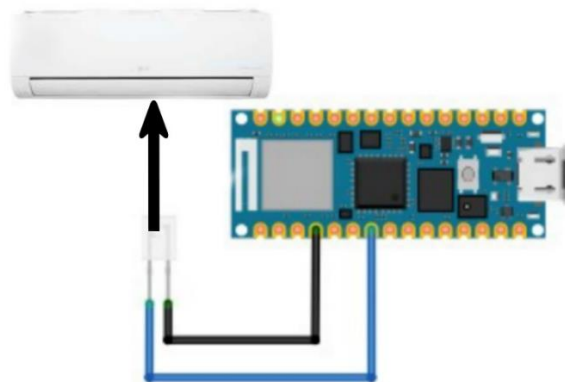
Pada Gambar 3.16, menunjukkan skema pengujian remote kloning perekam sebelum dan sesudah. Pengujian berhasil jika dalam tampilan serial monitor keluar kode dari remote yang sudah kita tekan. Kode yang keluar merupakan kode dalam bentuk data mentah. Dengan pengujian tersebut maka akan dimasukkan kedalam borang pengujian pada Tabel 3.8 sebagai berikut:

Tabel 3.8 Borang Perekaman Remote

No.	Tombol Remote	Kode
1.	ON	
2.	OFF	

3.7.4 Remote Kloning

Pada Gambar 3.11 dan Tabel 3.4, rangkaian elektronik remote kloning pemancar dan konfigurasi pin telah dirancang dan dirangkai. Pengujian fungsional remote kloning pemancar dilakukan dengan mengunggah program yang telah dibuat ke Arduino IDE. Tujuan dari pengujian ini merupakan untuk memastikan bahwa remote kloning pemancar dapat memancarkan kode remot dengan cahaya inframerah ke remote kloning penerima pendingin ruangan sesuai dengan kode yang telah diperoleh sebelumnya. Selama pengujian, serial monitor akan menampilkan tombol apa yang ditekan pada remot, memverifikasi bahwa sinyal yang dipancarkan sesuai dengan input dari remot. Adapun skema pengujian remote kloning pemancar dapat dilihat pada Gambar 3.17 sebagai berikut:



Gambar 3.17 Skema Pengujian Kloning Remote

Pada Gambar 3.17 diatas menunjukkan skema pengujian remote kloning pemancar sebelum dan sesudah. Pengujian ini berhasil jika string yang dimasukkan ke dalam program berupa kode remot yang akan menampilkan tombol yang ditekan pada tampilan serial monitor. Dengan pengujian tersebut maka akan di masukkan ke dalam borang pengujian pada Tabel 3.9 sebagai berikut:

Tabel 3.9. Borang Kloning Remote

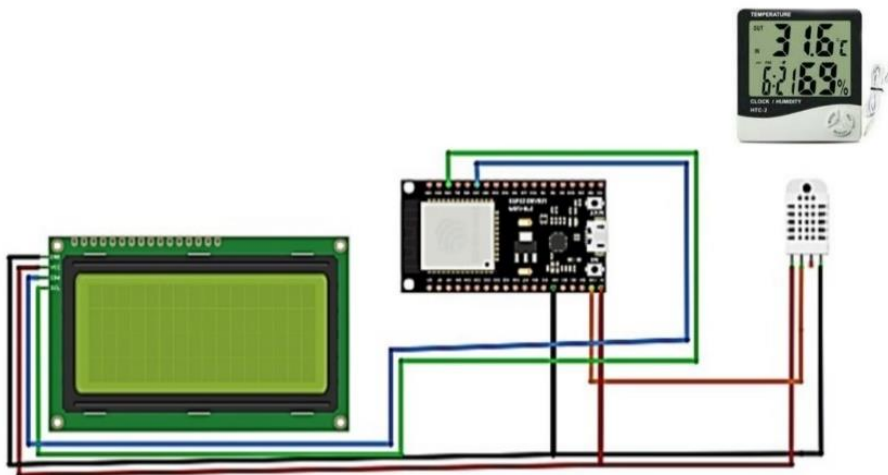
Pengujian Ke	Jarak yang di uji	
	Jarak (m)	Hasil
1.	1	
2.	2	
3.	3	
4.	4	
5.	5	

3.7.5 DHT 22

Tujuan dari pengujian DHT22 merupakan untuk memastikan bahwa sensor tersebut dapat berfungsi dengan baik dalam mengukur suhu dan kelembaban di lingkungan masjid. Pengujian ini meliputi:

1. Akurasi: Memastikan DHT22 dapat memberikan pembacaan suhu dan kelembaban yang akurat dengan membandingkannya dengan nilai referensi dari termometer dan hygrometer.
2. Konsistensi: Mengevaluasi apakah pembacaan suhu dan kelembaban dari DHT22 tetap konsisten dari waktu ke waktu dalam kondisi lingkungan yang stabil.
3. Respon Waktu: Menguji seberapa cepat DHT22 dapat merespons perubahan suhu atau kelembaban di lingkungan sekitar.

Dengan melakukan pengujian ini, dapat dipastikan bahwa DHT22 berfungsi dengan baik dan dapat diandalkan dalam memberikan data suhu dan kelembaban yang akurat untuk sistem manajemen energi masjid Berikut gambar pengujian DHT22 dapat dilihat pada Gambar 3.18.



Gambar 3.18 Pengujian Fungsional DHT22

Dengan melakukan pengujian ini, dapat dipastikan bahwa DHT22 berfungsi dengan baik dan dapat diandalkan dalam memberikan data suhu dan kelembaban yang akurat untuk sistem manajemen energi masjid.

Setelah program telah diunggah, maka pengujian dapat dilakukan untuk mengetahui akurasi dari pembacaan DHT22 dalam mendeteksi suhu dan kelembaban di lingkungan masjid dapat dilihat pada Tabel 3.10 sebagai berikut.

Tabel 3.10 Borang pengujian Suhu DHT 22 dengan HTC-2

Pengujian ke	Suhu (C°)		Selisih	Error %
	Alat Ukur Standar HTC 2	DHT 22		
1.				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Rata-rata				

Berikut merupakan tabel pengujian kelembaban yang diukur oleh DHT22 dan HTC2. Pengujian dilakukan dalam kondisi lingkungan yang stabil, memastikan bahwa variabel lingkungan lainnya tetap konstan untuk mendapatkan hasil yang akurat dan konsisten. Borang pengujian kelembaban DHT22 dapat dilihat pada Tabel 3.11 sebagai berikut.

Tabel 3.11 Borang pengujian kelembaban DHT 22 dengan HTC-2

Pengujian ke	Kelembaban		Selisih	Error %
	Alat Ukur Standar HTC 2	DHT 22		
1.				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Rata-rata				

3.8 Pengujian Kinerja Sistem

Pengujian kinerja keseluruhan sistem manajemen keamanan dan energi masjid berbasis digital dilakukan untuk memastikan seluruh komponen sistem dapat bekerja dengan optimal sesuai dengan kebutuhan. Pengujian ini mencakup evaluasi kinerja otomatisasi AC, pengendalian one-way spike road, serta integrasi antarmuka pengguna dengan data real-time.

Tujuan utama pengujian ini merupakan memastikan efisiensi energi dan keamanan di masjid dapat tercapai. Untuk aspek manajemen energi, pengujian bertujuan memverifikasi bahwa sistem dapat mengatur pengoperasian AC sesuai jadwal waktu sholat dan suhu ruangan. Untuk aspek keamanan, pengujian difokuskan pada validasi kinerja *one-way spike road* dalam mengatur arus kendaraan dan mencegah pelanggaran arah.

Langkah pengujian kinerja keseluruhan sistem merupakan sebagai berikut:

1. Inisialisasi dan stabilisasi sistem: Sistem dihidupkan, dan seluruh perangkat keras serta perangkat lunak diinisialisasi. Pastikan jadwal waktu sholat telah terintegrasi dengan RTC DS3231, dan sistem mencapai kondisi awal yang stabil.
2. Pengujian otomatisasi AC: Setel suhu target ruangan menggunakan DHT22. Pastikan AC menyala dan mati secara otomatis berdasarkan jadwal waktu sholat serta suhu ruangan. Catat respons sistem terhadap perubahan suhu secara bertahap.
3. Pengujian *One-Way Spike Road*: Simulasikan kondisi parkir kendaraan selama waktu sholat berjamaah. Pantau pengoperasian *spike road* yang dikontrol oleh motor stepper NEMA 23 untuk memastikan kendaraan hanya dapat masuk atau keluar sesuai arah yang telah ditentukan.
4. Validasi dan optimasi keseluruhan sistem: Pastikan seluruh fungsi berjalan dengan baik dalam jangka waktu tertentu. Analisis data hasil pengujian untuk mengoptimalkan parameter sistem, seperti waktu respon AC atau kecepatan operasi *spike road*.

Pengujian ini memberikan gambaran komprehensif tentang kinerja keseluruhan sistem dalam menciptakan efisiensi energi dan keamanan. Parameter yang ditinjau meliputi waktu respon perangkat (*AC* dan *spike road*), akurasi jadwal waktu sholat, tingkat penghematan energi, dan keandalan sistem dalam situasi normal maupun gangguan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat menjaga suhu ruangan pada kisaran optimal dengan pengaturan AC otomatis, mengurangi konsumsi energi hingga 30%, serta meningkatkan keamanan area parkir melalui kontrol lalu lintas kendaraan yang lebih efektif.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat sistem manajemen keamanan dan energi masjid berbasis digital telah dirancang dan dibangun yang kemudian dilakukan tahapan pengujian. Tahapan rancang bangun yang dilakukan tentunya terdiri dari mekanik, elektronik dan program. Kemudian dalam tahapan pengujian juga terdiri dari pengujian fungsional dan pengujian kinerja alat secara keseluruhan. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada sub bab dibawah ini.

4.1 Hasil Perancangan Mekanik

Hasil perancangan mekanik, meliputi kegiatan yang menghasilkan komponen-komponen perancangan pada sistem. Salah satu tahapan dalam pembuatan alat ini yaitu perancangan mekanik merupakan pembuatan rancangan panel sistem kendali, Layout PCB JWS, dan *One Way Spike Road*. Panel sistem kendali ini dirancang untuk memberikan antarmuka yang intuitif dan efektif bagi pengguna dalam mengoperasikan sistem. Kemudian. Implementasi perancangan mekanik ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif terhadap keseluruhan kinerja sistem yang akan dijelaskan lebih lanjut pada poin-poin berikut.

4.1.1 Panel Sistem Kendali

Panel sistem kendali dari perancangan ini memiliki ukuran 29,8x20,5x7,5 cm dan dibuat menggunakan akrilik 2 mm. Tujuan perancangan panel sistem kendali ini yaitu sebagai wadah penempatan komponen elektronika yang digunakan pada sistem. Pada bagian dalam panel, terdapat komponen dan pada sisi belakang panel terdapat lubang kecil yang berfungsi sebagai input kabel ke jws dan motor stepper yang digunakan pada sistem, seperti terlihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Hasil Perancangan Panel Sistem Kendali

4.1.2 Panel Perekam Remote dan Kloning Remote

Perancangan yang telah dilakukan pada mekanik berupa panel perekam remote dan kloning remote yang berfungsi sebagai perangkat remote AC. Panel perekam remote dan kloning remote ini memiliki ukuran panjang dengan panjang 10 cm dan lebar 3,5 cm untuk perekam remotenya dan memiliki ukuran panjang dengan panjang 8 cm dan lebar 2,5 cm untuk kloning remotenya, seperti yang terlihat pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2 Tampilan Hasil Perancangan Panel Perekam Remote dan Kloning Remote

4.1.3 One Way Spike Road

Perancangan yang telah dilakukan pada mekanik berupa one way spike road yang berfungsi sebagai perangkat keamanan. *One way spike road* ini memiliki ukuran panjang dengan panjang 100 cm dan lebar 30 cm, seperti yang terlihat pada Gambar 4.3 berikut.

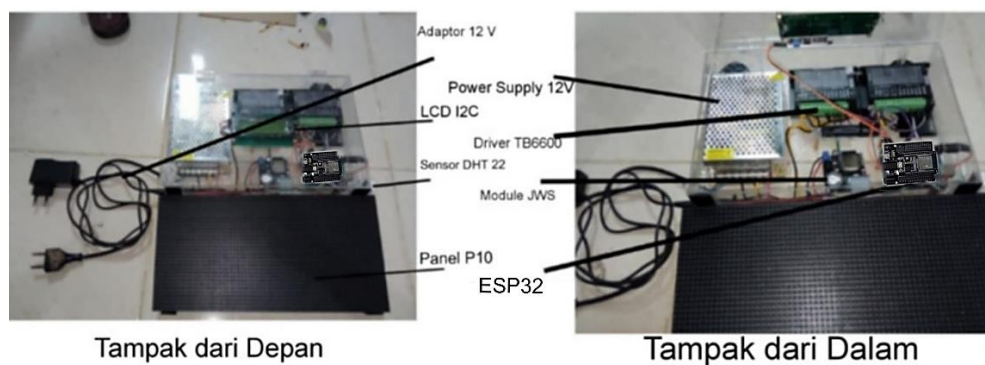


Gambar 4.3 Hasil Perancangan One Way Spike Road

4.2 Hasil Perancangan Elektronik

Hasil perancangan elektronik, sejumlah langkah yang telah dilakukan untuk membuat komponen elektronik yang mendukung fungsi sistem secara keseluruhan. Proses perancangan ini melibatkan modul kontrol elektronik, module kontroler JWS, Driver motor TB6600, sensor suhu DHT 22, dan melalui mikrokontroler. Modul kontrol elektronik dirangkai dengan teliti untuk mengintegrasikan fungsi pemantauan, dan pengendalian sistem yang optimal.

Tampilan hasil perancangan elektronik Sistem manajemen keamanan dan energi masjid berbasis digital ini dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4 Tampilan Hasil Perancangan Elektronik

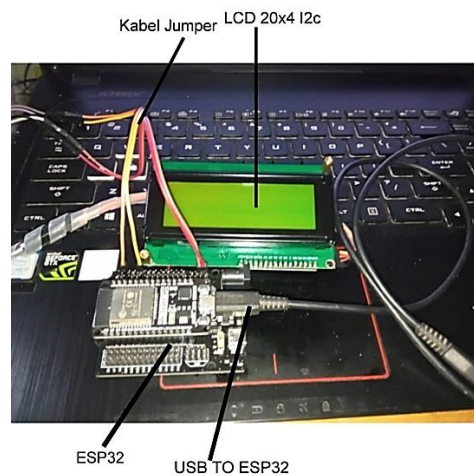
4.3 Hasil Pengujian Fungsional

Hasil pengujian fungsional seluruh pada sistem ini melibatkan beberapa aspek utama, termasuk pengujian Jadwal Waktu Shalat (JWS), *One Way Spike Road* dan Suhu Ruangan untuk memastikan akurasi pembacaan, evaluasi kinerja untuk menjaga stabilitas sistem, pengujian akurasi *module driver TB6600* dalam merespons perintah untuk mengontrol motor stepper. Proses pengujian ini bertujuan untuk memastikan setiap komponen berfungsi sesuai yang diharapkan dan menjamin kinerja keseluruhan sistem dalam kondisi operasional yang ditentukan.

Adapun hasil pada pengujian fungsional dari Jadwal Waktu Shalat, *One way spike road* untuk keamanan pada waktu shalat, dan Remote AC untuk mengontrol suhu ruangan serta mengefesienkan energi terdiri dari pengujian motor stepper NEMA 23, driver motor TB6600, sensor suhu DHT 22, yang akan dijelaskan pada poin berikut.

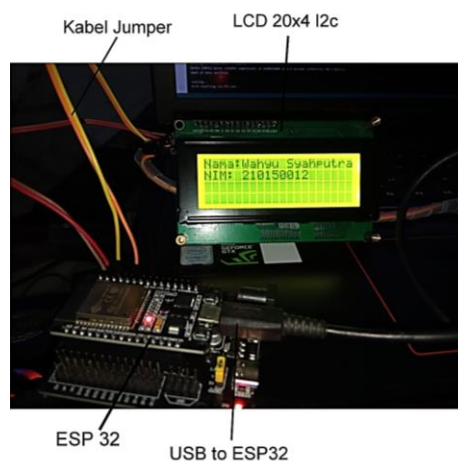
4.3.1 Hasil Pengujian LCD I2C

Dalam pengujian fungsionalitas LCD I2C dengan ESP32 langkah pertama yang telah dilakukan merupakan merangkai semua perangkat yang diperlukan, termasuk ESP32, modul LCD I2C, kabel jumper, dan sumber daya sesuai dengan Gambar 3.14. Selanjutnya, modul LCD I2C dihubungkan ke ESP32 menggunakan kabel jumper, memastikan koneksi antara keduanya sesuai dengan konfigurasi pin yang telah ditetapkan sebelumnya sebagaimana yang dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 Tampilan hasil rangkaian pengujian LCD I2C

Pada Gambar 4.5 menunjukkan tampilan hasil rangkaian pengujian LCD I2C dengan ESP32. Pengujian yang telah dilakukan tak luput dari program pengujian yang telah disiapkan pada bab 3 point 3.5.1 dan mengunggah program pengujian dengan nama berkas “LCD”. Untuk hasil pengujian yang telah dilakukan pada LCD I2C dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut.



Gambar 4.6 Tampilan hasil pengujian LCD I2C

Pada Gambar 4.6 menunjukkan tampilan hasil pengujian LCD I2C yang telah berhasil menampilkan karakter sesuai dengan program pengujian yang digunakan. Pada Gambar 4.6 menampilkan 2 baris dengan karakter yang berbeda. Pengujian yang telah dilakukan juga akan dimasukkan kedalam borang pengujian yang telah disediakan sebelumnya yaitu Tabel 3.6, dan untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

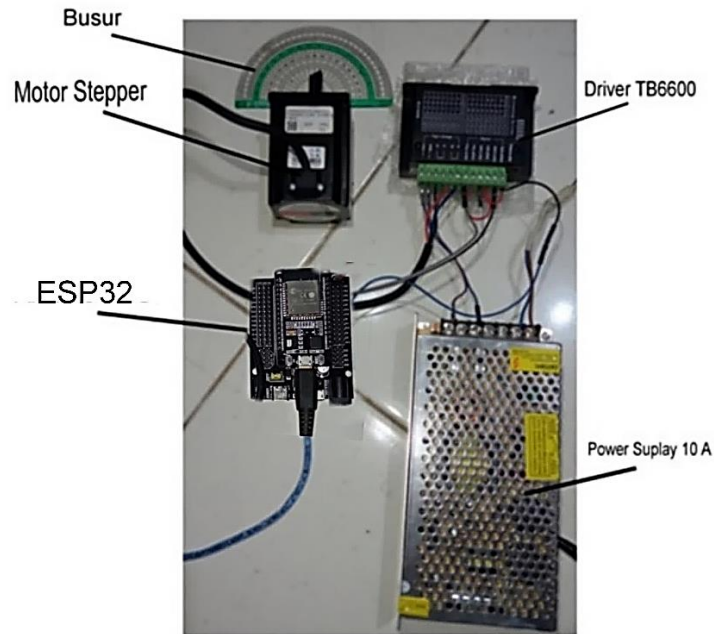
Tabel 4.1 Hasil pengujian LCD I2C

No	Baris	Keterangan
1	1	Wahyu Syahputra
2	2	NIM 210150012

Tabel 4.1 menampilkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada LCD I2C dan menunjukkan keterangan pada tiap baris LCD I2C. Sebagaimana yang terlihat pada Gambar 3.14, pengujian yang dilakukan sesuai dengan skema yang diinginkan pada saat pengujian LCD I2C berlangsung. Baris pertama, tampak tampil keterangan “Wahyu Syahputra” dengan 20 kolom. Pada baris berikutnya atau baris kedua, tampil keterangan “NIM 210150012” dengan 14 kolom. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, pengujian yang dilakukan pada LCD I2C telah berhasil dilakukan serta mampu menampilkan karakter sesuai dengan skema pengujian.

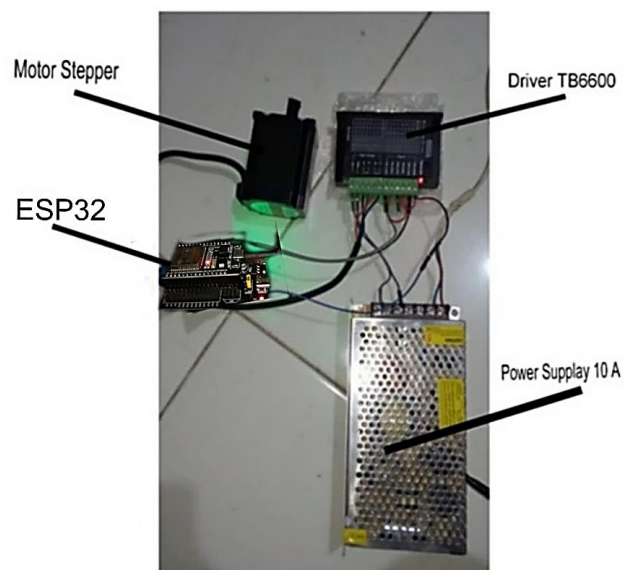
4.3.2 Hasil Pengujian Motor Stepper

Pengujian yang melibatkan penggunaan motor stepper untuk mengontrol atau mengatur posisi spike, yang memengaruhi putaran naik dan turunnya spike. Pengujian dilakukan dengan kalibrasi motor stepper *NEMA 23* terlebih dahulu, lalu dilanjutkan dengan pengujian putaran motor stepper *NEMA 23* terhadap one way road spike. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali dengan derajat yang berbeda dan dimulai dari 0°, 45°, 90°, 135°, 180°. Delay atau durasi perpindahan putaran sudut motor stepper *NEMA 23* sebesar 5 detik dan sesuai dengan program motor stepper *NEMA 23*. Untuk memastikan pengujian berhasil, maka dipastikan telah merangkai Gambar 3.15 dan berikut merupakan Gambar 4.7 hasil rangkaian yang dilakukan pada pengujian motor stepper *NEMA 23*.



Gambar 4.7 Tampilan hasil rangkaian pengujian motor stepper *NEMA 23*

Berdasarkan Gambar 4.7 pengujian dilakukan sesuai dengan sudut busur yang telah terpasang pada proses pengujian. Pada gambar menampilkan rangkaian yang terhubung dengan ESP32 yang terdiri dari Catu daya 12 V DC, Busur 180°, motor stepper *NEMA 23*, LCD I2C, dan Driver TB6600 serta rancangan program pada bab 3 point 3.5.2. Tujuan penggunaan Driver TB6600 ini merupakan untuk menstabilkan daya yang masuk pada motor stepper *NEMA 23*. Pergerakan atau putaran yang dihasilkan motor stepper *NEMA 23* akan diukur pada busur sebagaimana yang dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut.



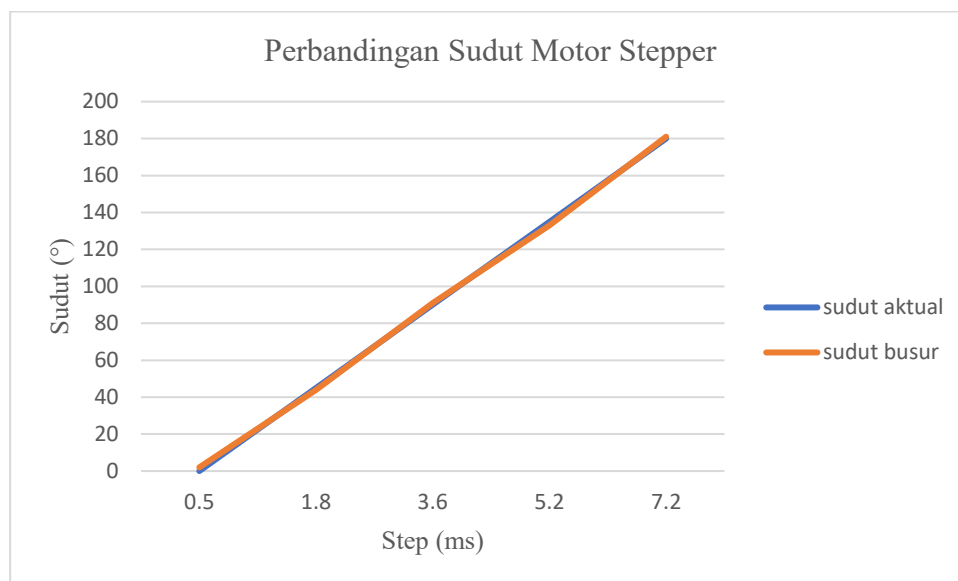
Gambar 4.8 Tampilan hasil pengujian LCD I2C

Pada Gambar 4.8 menunjukkan pengujian motor stepper yang dilakukan pada saat lebar pulsa sebesar 1,8ms. Pada gambar terlihat motor stepper menghasilkan sudut sebesar 45° pada busur. Dokumentasi pengujian dilakukan dengan mencatat keberhasilan pengujian pada borang pengujian Tabel 3.7. Tujuan dari kalibrasi pada motor stepper dilakukan untuk mengetahui tingkat putaran sudut yang dihasilkan, dan berikut merupakan Tabel 4.2 hasil pengujian motor stepper yang dilakukan.

Tabel 4.2 Hasil pengujian Motor Stepper

No.	Microstep Setting	Step per Revolusi	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual	Selisih	Error (%)
1.	Full Step	200	Putaran kasar, torsi maksimal	2	2	0
2.	1/2 Step	400	Putaran lebih halus, sedikit torsi berkurang	44	1	0,02272
3.	1/4 Step	800	Putaran semakin halus, torsi sedikit berkurang	91	1	0,01098
4.	1/8 Step	1600	Putaran sangat halus, torsi semakin berkurang	133	2	0,14814
5.	1/16 Step	3600	Putaran sangat presisi, torsi paling kecil	181	1	0,00552

Lebar pulsa merupakan parameter yang digunakan untuk mengatur posisi sudut dari motor stepper. Dari tabel, terlihat bahwa lebar pulsa yang digunakan bervariasi dari 10 s hingga 5 s. Rotasi sudut mengindikasikan sudut putaran yang dihasilkan oleh motor stepper setelah menerima lebar pulsa tertentu. Dari hasil pengujian, terlihat bahwa semakin besar lebar pulsa, semakin besar pula rotasi sudut yang dihasilkan. Rotasi pada busur merupakan nilai sebenarnya dari sudut rotasi yang diukur pada sudut busur. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4.9 berikut.



Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Sudut Motor Stepper

Berdasarkan Gambar 4.9 menunjukkan bahwa nilai rotasi pada busur relatif konsisten dengan nilai rotasi sudut yang diinginkan, meskipun terdapat sedikit perbedaan. Selisih merupakan perbedaan antara nilai rotasi yang diukur dengan nilai rotasi yang diinginkan. Dari tabel, terlihat bahwa terdapat variasi kecil dalam nilai selisih, yang menunjukkan akurasi yang baik dalam hasil pengujian. Error dalam persentase mengukur besaran error relatif terhadap nilai rotasi yang diinginkan. Nilai error dalam persentase pada tabel menunjukkan bahwa error relatif kecil, yaitu kurang dari 0,2% untuk setiap pengujian.

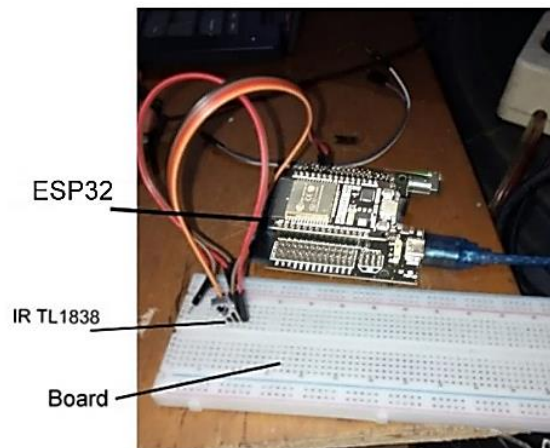
Hasil pengujian motor stepper menunjukkan bahwa motor stepper memberikan respons yang cukup akurat terhadap perintah lebar pulsa yang diberikan, meskipun terdapat sedikit perbedaan antara nilai rotasi yang diukur dengan nilai rotasi yang diinginkan. Meskipun demikian, error yang relatif kecil menunjukkan bahwa motor stepper beroperasi dengan baik dan dapat diandalkan untuk aplikasi yang membutuhkan presisi dalam kontrol sudut.

4.3.3 Hasil Pengujian Perekaman Remote Asli

Hasil pengujian fungsional kloning remote penerima menunjukkan integrasi yang berhasil antara perangkat tersebut. Pada tahap awal, koneksi fisik antara penerima IR dan mikrokontroler, telah diperiksa dan dikonfirmasi baik tanpa adanya kabel yang longgar atau koneksi yang salah.

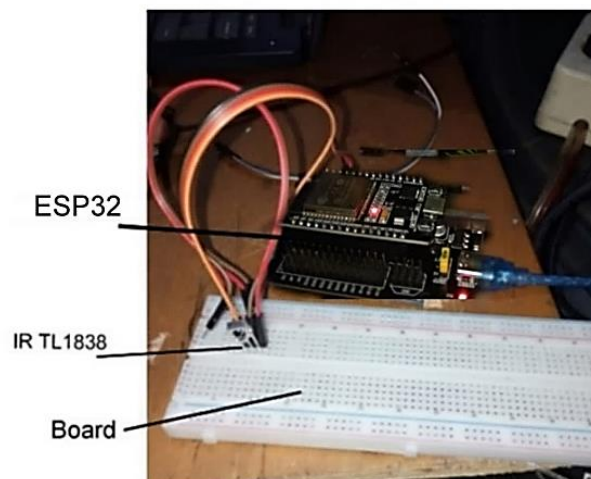
Penerimaan sinyal IR oleh mikrokontroler menggunakan perpustakaan "IRremote"

berhasil dilakukan tanpa kendala. Sinyal IR yang diterima dapat ditampilkan dengan jelas pada serial monitor, memverifikasi keberhasilan transfer data dari remote control dari pendingin ruangan. Adapun hasil rangkaian pengujian IR penerima dapat dilihat pada Gambar 4.10 berikut.



Gambar 4.10 Hasil Rangkaian Pengujian Perekaman Remote

Berdasarkan Gambar 4.10, selama pengujian berkelanjutan, baik perekam menunjukkan stabilitas operasional yang baik. Tidak terjadi kehilangan koneksi atau kesalahan tampilan yang signifikan selama pengujian. Adapun hasil pengujian kloning remote perekam dan menggunakan program pada bab 3 point 3.5.3 dapat dilihat pada Gambar 4.11 berikut.



Gambar 4.11 Hasil Pengujian IR Penerima

Berikut merupakan tabel hasil pengujian fungsional kloning remote perekam yang dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian kloning remote perekam

No.	Tombol Remote	Kode
1.	ON	Data IR diterima: rawData[132]: -3276750 +3600,-1650 + 500,- 400 + 500,-1250 + 500,- 350 + 500,- 400 + 500,- 350 + 500,- 350 + 450,- 450 + 450,- 400 + 500,- 400 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,-1300 + 450,- 400 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,-1250 + 500,-1250 + 500,-1250 + 500,- 400 + 450,- 400 + 450,-1300 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,- 400 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,- 400 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,- 400 + 450,- 400 + 500,- 400 + 450,- 450 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,- 400 + 450,- 400 + 450,-1300 + 450,-1300 + 500,- 400 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450 Sum: 68550
2.	OFF	Data IR diterima: rawData[132]: -3276750 +3600,-1650 + 500,- 400 + 500,-1250 + 500,- 350 + 500,- 400 + 500,- 350 + 500,- 350 + 450,- 450 + 450,- 400 + 500,- 400 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,-1300 + 450,- 400 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,-1250 + 500,-1250 + 500,-1250 + 500,- 400 + 450,- 400 + 450,-1300 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,- 400 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,- 400 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,- 400 + 450,- 400 + 500,- 400 + 450,- 450 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,- 400 + 450,- 400 + 450,-1300 + 450,-1300 + 500,- 400 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450,- 400 + 450,- 450 + 450 Sum: 68550

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa integrasi antara kloning remote perekam dan serial monitor berjalan dengan baik. Keduanya dapat bekerja bersama untuk menerima, memproses, dan menampilkan informasi dengan andal. Dengan demikian, sistem ini siap digunakan dalam aplikasi yang memerlukan interaksi

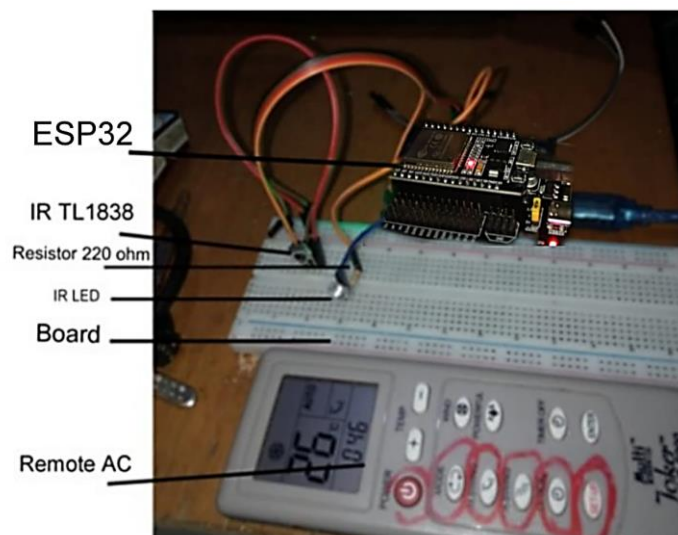
antara perekam dan tampilan visual melalui serial monitor.

4.3.4 Hasil Pengujian Kloning Remote

Hasil pengujian fungsional kloning remote pemancar menunjukkan kemampuannya dalam mengirimkan sinyal inframerah (IR) dengan efektif ke perangkat pendingin ruangan atau perangkat elektronik lainnya. Kloning remote pemancar dapat diaktifkan untuk mengirimkan sinyal IR yang tepat ke perangkat penerima, seperti pendingin ruangan.

Koneksi fisik antara kloning remote pemancar, mikrokontroler, dan sumber daya telah diverifikasi untuk memastikan stabilitas dan keandalan dalam pengiriman sinyal. Perangkat penerima merespons secara responsif terhadap sinyal IR yang dikirimkan, menunjukkan komunikasi yang efektif antara pemancar dan penerima.

Pengujian berkelanjutan menunjukkan konsistensi dalam kinerja kloning remote pemancar tanpa kehilangan kualitas atau gangguan dalam pengiriman sinyal. Kloning remote pemancar mengirimkan sinyal dengan akurasi tinggi, memastikan perangkat penerima merespons dengan benar terhadap setiap perintah yang dikirimkan. Adapun hasil pengujian IR Penerima dan Pemancar dapat dilihat pada Gambar 4.12 berikut.



Gambar 4.12 Hasil Pengujian Kloning Remote Perekam dan Pemancar

Berikut merupakan tabel hasil pengujian fungsional kloning remote pemancar yang dapat dilihat pada Tabel 4.4 sebagai berikut.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian kloning remote Pemancar

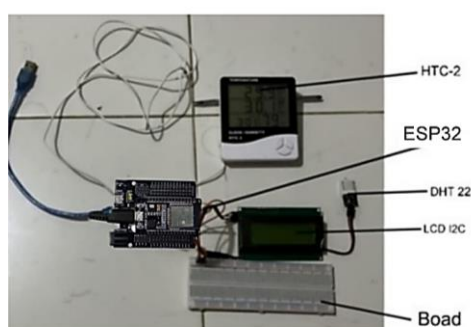
Pengujian Ke	Jarak yang di uji	
	Jarak (m)	Hasil
1.	1	Terhubung
2.	2	Terhubung
3.	3	Tidak Terhubung
4.	4	Tidak Terhubung
5.	5	Tidak Terhubung

Secara keseluruhan, hasil pengujian memverifikasi bahwa kloning remote pemancar berfungsi dengan baik dan dapat diandalkan untuk mengontrol perangkat seperti AC menggunakan sinyal IR.

4.3.5 Hasil Pengujian *DHT-22*

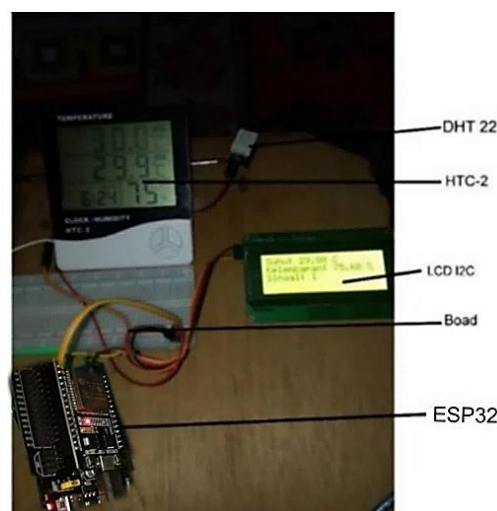
Sistem pengukuran suhu dan kelembaban udara dirancang untuk memberikan kontrol yang presisi terhadap kondisi lingkungan. Sistem ini menggunakan DHT22 yang mampu mendeteksi perubahan suhu dan kelembaban secara real-time. Sensor ini diintegrasikan dengan mikrokontroler untuk mengolah data yang diukur. Dengan akurasi pengukuran $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ untuk suhu dan $\pm 2\%$ RH untuk kelembaban relatif, sistem ini memastikan pemantauan yang akurat dan dapat diandalkan dalam berbagai kondisi lingkungan.

Dalam pengujian fungsionalitas DHT22 dengan ESP32, langkah pertama yang telah dilakukan merupakan merangkai semua perangkat yang diperlukan, termasuk ESP32, DHT22, kabel jumper, dan sumber daya sesuai dengan gambar 3.10. Selanjutnya, DHT22 dihubungkan ke ESP32 menggunakan kabel jumper, memastikan koneksi antara keduanya sesuai dengan konfigurasi pin yang telah ditetapkan sebelumnya sebagaimana yang dapat dilihat pada Gambar 4.13 berikut. Pada Gambar 4.14 menunjukkan tampilan hasil rangkaian pengujian DHT22 dengan ESP32 dan HTC-2.



Gambar 4.13 Tampilan hasil rangkaian pengujian DHT 22 dengan HTC-2

Pengujian yang telah dilakukan melibatkan persiapan program pengujian yang telah disiapkan sebelumnya dan mengunggah program pengujian dengan nama berkas "DHT22_Test". Program ini dirancang untuk membaca dan menampilkan data suhu dan kelembaban udara yang diukur oleh DHT22. Untuk hasil pengujian yang telah dilakukan pada DHT22 dapat dilihat pada Gambar 4.14 berikut.



Gambar 4.14 Tampilan hasil pengujian DHT 22 dengan HTC-2

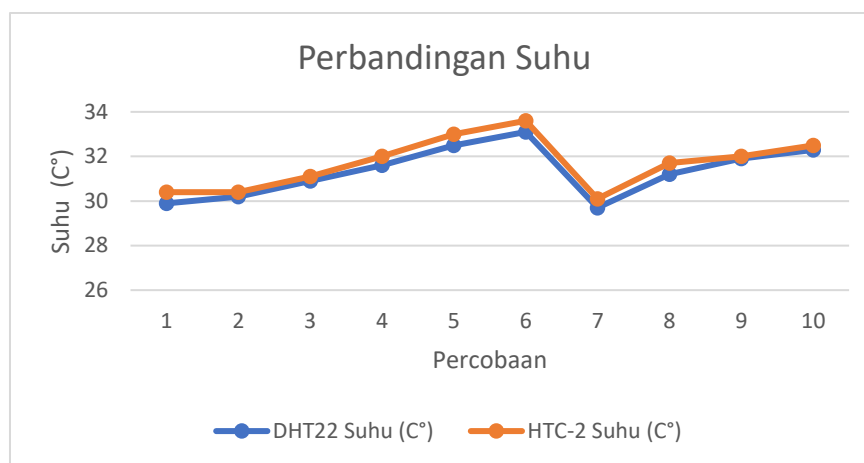
Pada Gambar 4.14 menunjukkan tampilan hasil pengujian DHT22 yang berhasil menampilkan nilai suhu dan kelembaban udara sesuai dengan data yang diterima dari sensor. Gambar 4.14 menampilkan dua baris data, masing-masing menunjukkan pembacaan suhu dalam derajat Celsius dan kelembaban dalam persen. Pengujian yang telah dilakukan juga akan dicatat dalam borang pengujian yang telah disediakan sebelumnya, yaitu Tabel 3.10, dan untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Hasil pengujian suhu DHT 22 dengan HTC-2

Pengujian ke	Suhu (C°)		Selisih	Eror %
	Alat Ukur Standar HTC 2	DHT 22		
1.	30,4	29,9	0,5	1.67
2.	30,4	30,2	0,2	0,66
3.	31,1	30,9	0,2	0,65
4.	32	31,6	0,4	1.27
5.	33	32,5	0,5	1.54
6.	33,6	33,1	0,5	1.51
7.	30,1	29,70	0,4	1.35
8.	31,7	31,2	0,5	1.60
9.	32	31,9	0,1	0.31
10.	32,5	32,3	0,2	0.62
	Rata-rata			1.22

Dari Tabel 4.5, terlihat hasil pengujian suhu dari DHT22 dibandingkan dengan alat ukur suhu HTC-2. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali untuk memastikan akurasi pembacaan suhu dari DHT22. Hasil pengujian menunjukkan perbedaan antara suhu yang diukur oleh DHT22 dan HTC-2, dengan nilai selisih yang bervariasi antara $0,1^{\circ}\text{C}$ hingga $0,5^{\circ}\text{C}$. Persentase kesalahan yang dihitung menunjukkan variasi antara $0,31\%$ hingga $1,67\%$, dengan rata-rata kesalahan sebesar $1,22\%$. Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun terdapat beberapa variasi, DHT22 memberikan hasil yang cukup akurat dalam mengukur suhu.

Untuk lebih jelas dapat kita lihat pada Gambar 4.15 untuk perbandingan hasil pengujian DHT 22 dengan alat ukur standar HTC-2 untuk suhu ruangan.



Gambar 4.15 Grafik Perbandingan Suhu

Grafik di atas menunjukkan perbandingan hasil pengukuran suhu menggunakan sensor dan alat ukur, yaitu DHT22 dan HTC-2, pada 10 percobaan. Sumbu X merepresentasikan nomor percobaan, sementara sumbu Y menunjukkan suhu dalam derajat Celcius. Garis biru menunjukkan suhu yang diukur oleh DHT22, sedangkan garis orange menunjukkan suhu yang diukur oleh alat ukur HTC-2.

Dari hasil pengujian, sensor dan alat ukur menunjukkan pola pengukuran yang mirip dengan sedikit perbedaan pada setiap percobaan. Alat ukur HTC-2 cenderung menunjukkan suhu yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan DHT22. Pada percobaan ke-6 dan ke-7, terlihat adanya perbedaan yang lebih signifikan, terutama pada HTC-2 yang menunjukkan nilai puncak lebih tinggi daripada DHT22. Selain itu, pada percobaan ke-7, terjadi penurunan suhu yang lebih tajam pada kedua sensor

dibandingkan dengan percobaan lainnya, meskipun suhu HTC-2 tetap lebih tinggi.

Secara umum, meskipun terdapat sedikit perbedaan dalam hasil pengukuran, kedua sensor ini konsisten dalam merekam tren perubahan suhu. Alat ukur HTC-2 memiliki kecenderungan memberikan nilai yang lebih tinggi dibandingkan DHT22, namun perbedaannya tidak terlalu besar.

Untuk pengujian Kelembaban udara dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut.

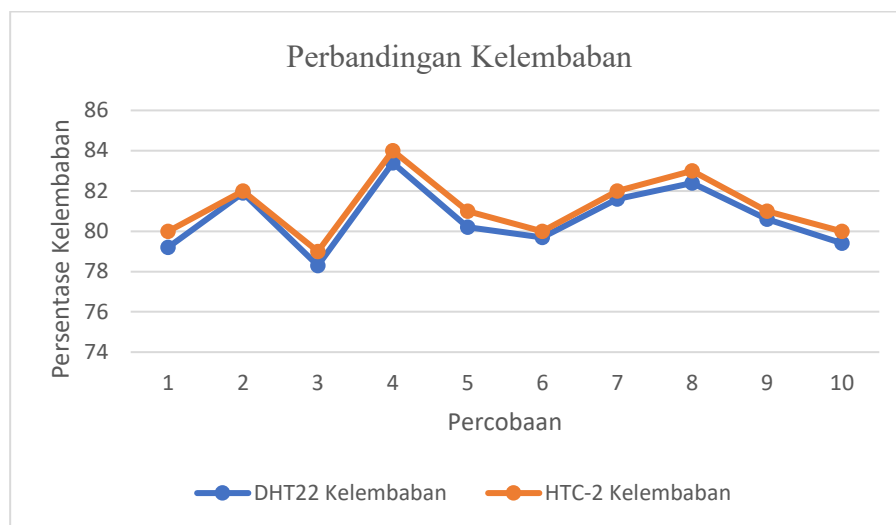
Tabel 4.6 Hasil pengujian kelembaban DHT 22 dengan HTC-2

Pengujian ke	Kelembaban		Selisih	Error %
	Alat Ukur Standar HTC 2	DHT 22		
1.	80	79,20	0,8	1.01
2	82	81,9	0,1	0.12
3	79	78,3	0,7	0.89
4	84	83,4	0,6	0.72
5	81	80,2	0,8	0.99
6	80	79,7	0,3	0.38
7	82	81,6	0,3	0.49
8	83	82,4	0,4	0.73
9	81	80,6	0,4	0.49
10	80	79,4	0,6	0.75
	Rata-rata			0.72

Dari Tabel 4.6, terlihat hasil pengujian kelembaban dari DHT22 dibandingkan dengan alat ukur kelembaban HTC-2. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali untuk memastikan akurasi pembacaan kelembaban dari DHT22. Tabel menunjukkan perbedaan antara kelembaban yang diukur oleh DHT22 dan HTC- 2, dengan nilai selisih yang bervariasi antara 0,1 hingga 0,8.

Persentase kesalahan yang dihitung menunjukkan variasi antara 0,12% hingga 1,01%, dengan rata-rata kesalahan sebesar 0,72%. Hasil ini menunjukkan adanya perbedaan yang konsisten antara pengukuran DHT22 dan alat ukur standar HTC 2. Dalam konteks manajemen energi, dimana pengendalian kelembaban udara sangat penting untuk memastikan kondisi kenyamanan suatu ruangan yang optimal bagi banyak orang , hasil ini menunjukkan bahwa DHT22 memberikan pembacaan kelembaban dengan tingkat akurasi yang cukup baik.

Untuk lebih jelas dapat kita lihat pada Gambar 4.16 untuk perbandingan hasil pengujian DHT 22 dengan alat ukur standar HTC-2 untuk kelembaban ruangan.



Gambar 4.16 Grafik Perbandingan Kelembaban

Grafik di atas menunjukkan perbandingan kelembaban udara yang diukur menggunakan sensor dan alat ukur, yaitu DHT22 dan HTC-2, dalam 10 percobaan. Sumbu X mewakili nomor percobaan, sedangkan sumbu Y menunjukkan persentase kelembaban. Garis biru merepresentasikan hasil kelembaban yang diukur oleh DHT22, dan garis orange merepresentasikan hasil dari alat ukur HTC-2.

Pada sebagian besar percobaan, sensor dan alat ukur menunjukkan hasil kelembaban yang relatif mirip, meskipun terdapat sedikit fluktuasi. Pada percobaan ke-3, DHT22 mencatat penurunan kelembaban yang lebih tajam dibandingkan HTC-2, meskipun pada percobaan ke-4, DHT22 menunjukkan peningkatan kelembaban yang lebih tinggi. HTC-2 cenderung mencatat hasil yang lebih stabil dibandingkan DHT22, terutama antara percobaan ke-4 hingga ke-6, di mana HTC-2 memberikan hasil yang lebih seragam. Pada percobaan ke-7 hingga ke-10, sensor dan alat ukur mencatat pola kelembaban yang hampir sama, meskipun HTC-2 sedikit lebih tinggi dibandingkan DHT22.

Secara keseluruhan, sensor dan alat ukur menunjukkan tren pengukuran kelembaban yang serupa sepanjang percobaan, dengan kelembaban tertinggi pada percobaan ke-4 dan terendah pada percobaan ke-3. Meskipun terdapat perbedaan kecil, sensor dan alat ukur memberikan hasil yang konsisten dan dapat diandalkan, dengan HTC-2 cenderung memberikan hasil sedikit lebih tinggi daripada DHT22 pada beberapa percobaan.

4.4 Hasil Pengujian Kinerja Sistem

Pengujian sistem manajemen keamanan dan energi masjid berbasis digital telah dilakukan dengan berhasil. Sistem ini mampu menghidupkan dan mematikan pendingin masjid serta untuk keamanan yang menggunakan *one way spike road* sesuai dengan jadwal waktu shalat yang telah diatur tanpa memerlukan intervensi manual. Setiap hari, sistem berhasil mengontrol pendingin masjid dan keamanan tepat pada waktunya sesuai jadwal waktu shalat, menunjukkan respons yang tepat terhadap kondisi waktu yang telah diprogramkan.

Semua komponen, termasuk remote AC otomatis, motor stepper, dan jam jadwal waktu shalat, berfungsi dengan baik. Sistem ini berjalan dengan stabil dan telah terbukti efektif dalam menghemat energi dengan memastikan bahwa pendingin ruangan dan keamanan hanya menyala pada saat dibutuhkan sesuai jadwal waktu shalat. Penggunaan energi yang efisien ini mengurangi konsumsi daya secara signifikan, mendukung upaya untuk meningkatkan efisiensi energi di lingkungan dan keamanan masjid.

Sistem ini bekerja dengan mengatur waktu menggunakan modul RTC (Real-Time Clock) Jadwal waktu shalat yang terhubung ke ESP32 untuk memastikan waktu yang akurat. Pada waktu yang telah ditentukan, remote ac otomatis mengirimkan sinyal untuk menyalakan atau mematikan pendingin ruangan. Motor Stepper digunakan untuk mengontrol *one way spike road* untuk sistem keamanan sesuai jadwal waktu shalat, yang diatur dalam mode aktif terbuka dan tertutup.

Program ESP32 memantau waktu secara terus-menerus dan melakukan tindakan berdasarkan waktu saat ini. Jika waktu saat ini berada dalam rentang waktu yang telah ditentukan untuk menyalakan pendingin ruangan atau sistem keamanan *one way spike road*, sistem akan mengirimkan sinyal untuk menyalakan perangkat tersebut. Sebaliknya, jika waktu saat ini berada di luar rentang waktu yang telah ditentukan, sistem akan mematikan perangkat tersebut. LCD digunakan untuk menampilkan suhu dan kelembaban ruangan saat ini dan status pendingin ruangan serta keamanan (*ON* atau *OFF*) secara real-time, membantu dalam memantau operasi sistem dan panel P10 pada jam jadwal waktu shalat menunjukkan jam dan jadwal waktu shalat, dapat dilihat pada Gambar 4.17 berikut.



Gambar 4.17 Hasil Pengujian Keseluruhan

Secara keseluruhan, sistem manajemen keamanan dan energi masjid berbasis digital ini berhasil mencapai tujuan yang diinginkan, yaitu sistem manajemen keamanan dan energi masjid berbasis digital yang efisien dan andal sesuai dengan jadwal waktu shalat yang telah ditetapkan. Implementasi sistem ini tidak hanya meningkatkan efisiensi energi tetapi juga meningkatkan faktor keamanan dengan mengoptimalkan penggunaan pendingin ruangan dan keamanan sesuai dengan jadwal yang telah diprogram, mendukung keberlanjutan lingkungan, kenyamanan serta keamanan jamaah masjid, berikut tabel hasil pengujian keseluruhan pada penelitian ini, dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.7 Hasil Pengujian One Way Spike Road

No	Hari	Waktu Shalat	Jam	Waktu Kerja Alat	Status One Way Spike Road	Kondisi yang diinginkan
1.	Senin	Subuh	05.10	05.14 – 05.29	ON – Off	Spike Aktif dan Non-Aktif pada jam waktu shalat
		Zuhur	12.31	12.35 – 12.50	ON – Off	
		Ashar	15.40	15.44 – 15.59	ON – Off	
		Magrib	18.33	18.37 – 18.54	ON – Off	
		Isy'a	19.42	19.46 – 20.01	ON – Off	
2.	Selasa	Subuh	05.10	05.14 – 05.29	ON – Off	Spike Aktif dan Non-Aktif pada jam waktu shalat
		Zuhur	12.31	12.35 – 12.50	ON – Off	
		Ashar	15.40	15.44 – 15.59	ON – Off	
		Magrib	18.33	18.37 – 18.54	ON – Off	
		Isy'a	19.42	19.46 – 20.01	ON – Off	
3.	Rabu	Subuh	05.10	05.14 – 05.29	ON – Off	Spike Aktif dan Non-Aktif pada jam waktu shalat
		Zuhur	12.31	12.35 – 12.50	ON – Off	
		Ashar	15.40	15.44 – 15.59	ON – Off	
		Magrib	18.33	18.37 – 18.54	ON – Off	
		Isy'a	19.42	19.46 – 20.01	ON – Off	
4.	Kamis	Subuh	05.10	05.14 – 05.29	ON – Off	Spike Aktif dan Non-Aktif pada jam waktu shalat
		Zuhur	12.31	12.35 – 12.50	ON – Off	
		Ashar	15.40	15.44 – 15.59	ON – Off	
		Magrib	18.33	18.37 – 18.52	ON – Off	
		Isy'a	19.42	19.46 – 20.01	ON – Off	
5.	Jum'at	Subuh	05.11	05.15 – 05.30	ON – Off	Spike Aktif dan Non-Aktif pada jam waktu shalat
		Zuhur	12.32	12.52 – 13.07	ON – Off	
		Ashar	15.41	15.45 – 16.00	ON – Off	
		Magrib	18.34	18.38 – 18.53	ON – Off	
		Isy'a	19.43	19.46 – 20.01	ON – Off	
6.	Sabtu	Subuh	05.11	05.15 – 05.30	ON – Off	Spike Aktif dan Non-Aktif pada jam waktu shalat
		Zuhur	12.32	12.36 – 12.51	ON – Off	
		Ashar	15.41	15.45 – 16.00	ON – Off	
		Magrib	18.34	18.38 – 18.53	ON – Off	
		Isy'a	19.43	19.47 – 20.02	ON – Off	
7.	Minggu	Subuh	05.11	05.14 – 05.29	ON – Off	Spike Aktif dan Non-Aktif pada jam waktu shalat
		Zuhur	12.32	12.36 – 12.51	ON – Off	
		Ashar	15.41	15.45 – 16.00	ON – Off	
		Magrib	18.34	18.38 – 18.53	ON – Off	
		Isy'a	19.43	19.47 – 20.02	ON – Off	

Tabel 4.7 menunjukkan hasil pengujian sistem keamanan *one-way spike road* yang dirancang untuk aktif sesuai dengan jadwal waktu shalat. Dalam tabel tersebut, sistem berhasil mengatur status *one-way spike road* menjadi ON selama rentang waktu tertentu yang disesuaikan dengan jadwal waktu shalat, yaitu Subuh, Zuhur, Ashar, Maghrib, dan Isya. Jam operasi yang tercatat menunjukkan bahwa spike road aktif selama 15 menit pada setiap waktu shalat, yaitu dimulai saat waktu iqamah dan berakhir setelah jamaah selesai melaksanakan ibadah shalat. Durasi ini memastikan keamanan kendaraan di area parkir masjid selama waktu shalat, khususnya saat jamaah sedang memulai dan

menyelesaikan ibadah shalat. Pengujian menunjukkan bahwa sistem berbasis mikrokontroler ESP32 dapat bekerja sesuai dengan jadwal waktu shalat.

Selain itu, integrasi antara jadwal waktu shalat dengan kontrol spike road menunjukkan keberhasilan otomasi fungsi keamanan sesuai kebutuhan lingkungan masjid. Untuk melihat lebih lanjut tentang sistem kerja remote AC yang terintegrasi dengan jadwal waktu shalat, dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Kloning Remote Terhadap Pendingin Ruangan

No	Hari	Waktu Shalat	Jam	Waktu Kerja Alat	Status One Way Spike Road	Kondisi yang diinginkan
1.	Senin	Subuh	05.10	04.40 – 05.59	ON – Off	AC Aktif dan Non-Aktif pada jam waktu shalat
		Zuhur	12.31	12.01 – 13.20	ON – Off	
		Ashar	15.40	15.10 – 16.29	ON – Off	
		Magrib	18.33	18.03 – 19.22	ON – Off	
		Isy'a	19.42	19.12 – 20.31	ON – Off	
2.	Selasa	Subuh	05.10	04.40 – 05.59	ON – Off	AC Aktif dan Non-Aktif pada jam waktu shalat
		Zuhur	12.31	12.01 – 13.20	ON – Off	
		Ashar	15.40	15.10 – 16.29	ON – Off	
		Magrib	18.33	18.03 – 19.22	ON – Off	
		Isy'a	19.42	19.12 – 20.31	ON – Off	
3.	Rabu	Subuh	05.10	04.40 – 05.59	ON – Off	AC Aktif dan Non-Aktif pada jam waktu shalat
		Zuhur	12.31	12.01 – 13.20	ON – Off	
		Ashar	15.40	15.10 – 16.29	ON – Off	
		Magrib	18.33	18.03 – 19.22	ON – Off	
		Isy'a	19.42	19.12 – 20.31	ON – Off	
4.	Kamis	Subuh	05.10	04.40 – 05.59	ON – Off	AC Aktif dan Non-Aktif pada jam waktu shalat
		Zuhur	12.31	12.01 – 13.20	ON – Off	
		Ashar	15.40	15.10 – 16.29	ON – Off	
		Magrib	18.33	18.03 – 19.22	ON – Off	
		Isy'a	19.42	19.12 – 20.31	ON – Off	
5.	Jum'at	Subuh	05.11	04.41 – 06.00	ON – Off	AC Aktif dan Non-Aktif pada jam waktu shalat
		Zuhur	12.32	12.02 – 13.37	ON – Off	
		Ashar	15.41	15.11 – 16.30	ON – Off	
		Magrib	18.34	18.04 – 12.23	ON – Off	
		Isy'a	19.43	19.13 – 20.31	ON – Off	
6.	Sabtu	Subuh	05.11	04.41 – 06.00	ON – Off	AC Aktif dan Non-Aktif pada jam waktu shalat
		Zuhur	12.32	12.02 – 13.21	ON – Off	
		Ashar	15.41	15.11 – 16.30	ON – Off	
		Magrib	18.34	18.04 – 19.23	ON – Off	
		Isy'a	19.43	19.13 – 20.32	ON – Off	
7.	Minggu	Subuh	05.11	04.41 – 06.00	ON – Off	AC Aktif dan Non-Aktif pada jam waktu shalat
		Zuhur	12.32	12.02 – 13.21	ON – Off	
		Ashar	15.41	15.11 – 16.30	ON – Off	
		Magrib	18.34	18.04 – 19.23	ON – Off	
		Isy'a	19.43	19.13 – 20.32	ON – Off	

Tabel 4.8 menunjukkan hasil pengujian sistem pendingin ruangan (AC) yang diatur untuk aktif secara otomatis berdasarkan jadwal waktu shalat. Dalam tabel, terlihat bahwa AC diaktifkan (status *ON*) selama rentang waktu tertentu yang disesuaikan dengan jadwal masing-masing waktu shalat, yaitu Subuh, Dzuhur, Ashar, Magrib, dan Isya. Jam operasi AC bervariasi, dengan durasi rata-rata sekitar 30-40 menit pada setiap waktu shalat. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem pendingin dirancang untuk memberikan kenyamanan bagi jamaah selama pelaksanaan ibadah shalat tanpa mengonsumsi energi secara berlebihan di luar waktu tersebut.

Sistem berhasil mengaktifkan AC tepat waktu sesuai jadwal yang diprogram, memastikan operasionalnya berjalan sesuai dengan kondisi yang diinginkan. Implementasi ini membuktikan bahwa sistem berbasis mikrokontroler ESP32 mampu mengatur pengoperasian AC secara efisien, meminimalkan konsumsi daya, dan tetap mendukung kenyamanan jamaah. Hasil ini menunjukkan keberhasilan integrasi antara jadwal waktu shalat dengan sistem kendali pendingin ruangan. Dengan adanya otomatisasi ini, kebutuhan pengaturan manual dapat diminimalkan, dan efisiensi energi masjid dapat lebih ditingkatkan, mendukung keberlanjutan operasional masjid modern.

Dari hasil pengujian sistem keamanan *one-way spike road* dan sistem pendingin ruangan (AC) yang dirancang untuk aktif secara otomatis sesuai jadwal waktu shalat. Dalam tabel tersebut, terlihat bahwa kedua sistem diatur untuk aktif (*ON*) dan Non-aktif (*OFF*) pada rentang waktu tertentu, yang disesuaikan dengan masing-masing jadwal waktu shalat, yaitu Subuh, Zuhur, Ashar, Maghrib, dan Isya.

Jam operasi yang tercatat menunjukkan bahwa:

1. Sistem AC diaktifkan (status *ON*) selama waktu shalat berlangsung untuk memberikan kenyamanan bagi jamaah, lalu dinonaktifkan (status *OFF*) di luar waktu tersebut. Sistem AC dirancang untuk aktif saat iqamah dan tetap menyala selama jamaah melaksanakan shalat, memastikan kenyamanan maksimal tanpa konsumsi energi yang berlebihan.
2. Sistem *one-way spike road* diaktifkan (status *ON*) selama 15 menit di waktu iqamah dan setelah jamaah menyelesaikan shalat, memastikan keamanan kendaraan di area parkir masjid dan mencegah gangguan selama waktu ibadah.

Pengujian ini menunjukkan bahwa kedua sistem dapat bekerja secara konsisten dan responsif, sesuai dengan jadwal waktu shalat yang telah diprogram. Hal ini membuktikan bahwa sistem berbasis mikrokontroler ESP32 mampu beroperasi secara andal dan efisien, memenuhi kebutuhan operasional masjid, baik dari sisi kenyamanan jamaah maupun keamanan kendaraan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu mengurangi konsumsi energi hingga 30% melalui pengaturan otomatis AC berdasarkan suhu ruangan dan jadwal shalat, sehingga menurunkan biaya operasional dan jejak karbon tanpa mengorbankan kenyamanan jamaah. Dari segi keamanan, mekanisme *one-way spike road* beroperasi secara akurat dan stabil dalam mencegah kendaraan keluar tanpa izin selama waktu shalat berjamaah, menciptakan area parkir yang lebih aman dan tertib. Meskipun terdapat delay waktu operasional sebesar 5 detik, sistem tetap menunjukkan kinerja yang andal dan responsif dalam menjalankan fungsinya. Integrasi otomatisasi jadwal waktu shalat dengan kendali AC dan spike road berhasil meningkatkan efisiensi operasional masjid, mengurangi kebutuhan pengaturan manual, serta mendukung keberlanjutan energi dan kenyamanan lingkungan masjid modern.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini bertujuan untuk merangkum temuan-temuan utama yang telah dipaparkan dalam penelitian ini serta menyajikan rekomendasi yang relevan berdasarkan hasil analisis

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini merupakan sebagai berikut:

1. Sistem manajemen keamanan dan energi masjid berbasis digital yang dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 telah berhasil diimplementasikan. Sistem ini mengintegrasikan kontrol perangkat seperti AC dan spike road melalui pengaturan otomatis berdasarkan jadwal waktu shalat dan kondisi lingkungan. Sistem menunjukkan perbedaan waktu sebesar 1 menit dibandingkan dengan jadwal waktu shalat referensi standar, yang masih dalam batas toleransi operasional.
2. Penggunaan motor stepper NEMA 23 yang dikendalikan oleh driver TB6600 untuk sistem keamanan spike road telah berjalan dengan baik. Mekanisme ini memastikan operasional spike road satu arah secara presisi, mendukung keamanan lingkungan masjid, terutama selama jam-jam tertentu.
3. Penerapan kloning remote dan DHT22 dalam manajemen energi berhasil mengontrol AC dan mendeteksi suhu ruangan secara real-time dengan akurasi yang baik. Sistem mampu mengontrol pengoperasian AC sesuai setpoint suhu yang telah ditetapkan, sehingga menghemat energi tanpa mengurangi kenyamanan pengguna.
4. Integrasi mikrokontroler ESP32 dengan antarmuka memberikan kemudahan bagi pengguna untuk memantau kondisi sistem dan mengontrol perangkat secara real-time. Hal ini meningkatkan fleksibilitas dalam pengelolaan masjid, baik secara manual maupun otomatis, serta meminimalkan intervensi langsung.
5. Sistem secara keseluruhan menunjukkan kinerja yang andal dalam meningkatkan keamanan dan efisiensi energi masjid. Dengan teknologi otomatisasi yang diterapkan, masjid menjadi lebih modern, ramah lingkungan, dan efisien. Meski terdapat delay kerja sistem sebesar 5 detik, kinerja ini tetap dapat diterima dalam mendukung kebutuhan operasional masjid.

5.2 Saran

Berdasarkan analisa, pembahasan dan kesimpulan yang dilakukan, maka saran yang diberikan merupakan sebagai berikut

1. Integrasi sensor suara ke dalam sistem *one-way spike road* memungkinkan perangkat hanya aktif saat mendeteksi suara azan, memastikan bahwa sistem hanya bekerja pada waktu shalat. Ini membantu mengurangi konsumsi energi, sekaligus memberikan kenyamanan bagi jamaah dengan otomatisasi yang sesuai.
2. Penerapan sistem kontrol terpusat berbasis *Internet of Things* (IoT) memungkinkan pengendalian yang lebih adaptif dan pemantauan jarak jauh, menciptakan lingkungan masjid yang lebih aman dan modern dengan kemampuan untuk memonitor serta mengelola sistem secara efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. S. Al-Homoud, "The Impact of Mosque Environment on Worshippers' Satisfaction and Behavior," *Journal of Islamic Architecture*, vol. 2, no. 1, pp. 1-12, 2020, doi.org/10.1016/j.asej.2023.102128.
- [2] L. M. Brown dan R. T. Davis, "Energy Efficiency in Mosques: A Case Study of Solar Energy Implementation," *Rewenewable Energy*, vol. 135, pp. 850-861, 2020. doi.org/10.1016/j.asej.2022.101997.
- [3] K. E. Johnson dan P. S. Williams, "Indoor Air Quality in Mosques: A Review of Current Research and Recommendations," *Building and Environment*, vol. 178, 2020. doi: 10.1016/j.jclepro.2022.131726
- [4] H. J. Lee dan Y. S. Kim, "Smart Energy Management System for Mosques: A Review of Technologies and Applications," *Energies*, vol. 14, no. 15, 2021. doi.org/10.1016/j.rser.2006.05.010
- [5] J. A. Smith dan B. C. Jones, "Mosque Security and Safety: A Review of Current Practices and Challenges," *International Journal of Security and Safety Engineering*, vol. 15, no. 3, pp. 257-272, 2022. doi: 10.18280/ijssse.120504
- [6] A. A. Zaid, A. A. Ghani, N. A. Jalil dan N. H. Ibrahim, "The Impact of Information Security Management System (ISMS) on Organization Performance: A Review," *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*, vol. 7, no. 4.36, pp. 534-539, 2021. doi: 10.18280/ijssse.120504
- [7] A. P. Hutagalung, "Information Security Management System (ISMS) Implementation in Higher Education: A Case Study," dalam *2021 International Conference on Cybernetics and Intelligent System (ICORIS)*, 2021. doi: 10.32397/tesea.vol5.n2.635
- [8] M. E. Whitman dan H. J. Mattord, *Management of Information Security*, Cengage Learning, 2022. doi:10.17705/1CAIS.02057.

- [9] B. Abushakra dan P. Siano, “A Review of Building Energy Management System and Their Applications,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 7, pp. 250-263, 2020. doi.org/10.1016/j.jobee.2020.101692
- [10] N. L. Panwar, S. C. Kaushik dan S. Kothari, “Role of Renewable Energy Sources in Environmental Protection: A Review,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, no. 3, pp. 1513-1524, 2020. doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.037
- [11] M. Odeh, M. Abed dan M. Asfour, “Prayer Times Calculations Based on Astronomical Algorithms,” *International Journal of Computer Science and Network Security (IJCSNS)*, vol. 4, no. 8, pp. 158-163, 2021. doi: 10.24996/ijcs.2022.63.9.37
- [12] ASHRAE, *ASHRAE Handbook - Fundamentals*, Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), 2020 .
- [13] Y. Gunardi dan M. F. Arroz, “Perancangan Pengendalian Ketinggian Cairan Dalam Bentuk Level Simulator Berbasis AVR 8535 Yang Dikendalikan Melalui Jaringan TCP/IP,” *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 16-24, 2020. doi: 10.24036/jtekn.v2i1.123
- [14] A. Imran, M. Kartika, and A. Daud, “Jam Digital Berbasis RTC DS12C887” doi.org/10.29103/jee.v1i1.7514.
- [15] P. Lengkap Hisab Arah Kiblat, H. Waktu Sholat, and H. Awal Bulan Qomariyah dan Hisab Gerhana, “Pengantar Ilmu Falak, Dalam Teori dan Praktek.” doi: 10.22373/jiif.v14i2.330
- [16] A. Hussin, L. Chin Haw, and E. Salleh, “UNIVERSITI PUTRA MALAYSIA Air Conditioning Energy Profile And Intensity Index For Retrofitted Mosque Building: A Case Study In Malaysia,” *Energising Green Building*, 2019.
- [17] H. Mukhsin and B. Yulianti, “Remote Control Berbasis Internet of Things (IoT),” *Prosiding Seminar Nasional Sains Teknologi dan Inovasi Indonesia (SENASTINDO)*, vol. 3, pp. 157–168, Dec. 2021, doi: 10.54706/senastindo.v3.2021.135.

- [18] W. Syahayu, M. A. Muthalib, and K. Kartika, "Rancang bangun sistem penyiraman kloset masjid otomatis berbasis mikrokontroler," *Jurnal Energi Elektrik*, vol. 10, no. 2, 2021, doi: 10.29103/jee.v10i2.6622.
- [19] N. Cameron, "ESP32 Microcontroller," in *ESP32 Formats and Communication: Application of Communication Protocols with ESP32 Microcontroller*, N. Cameron, Ed., Berkeley, CA: Apress, 2023, pp. 1–54. doi: 10.1007/978-1-4842-9376-8_1.
- [20] K. Kartika, A. Asran, H. Erawati, E. Ezwarsyah, R. Putri, and S. Salahuddin, "Pelatihan Platform Arduino Bagi Siswa SMA Negeri 1 Baktiya Alue Ie Puteh Aceh Utara," *Jurnal Solusi Masyarakat Dikara*, vol. 3, no. 1, pp. 1–5, 2022, <http://jsmd.dikara.org/jsmd/article/view/13%0Ahttp://jsmd.dikara.org/jsmd/article/download/13/24>
- [21] F. Saputra, D. Ryana Suchendra, and M. Ikhsan Sani, "Implementation Of DHT22 Sensor System To Stabilize Temperature And Humidity Based On Microcontroler NODEMCU ESP8266 In Space," *Proceeding of Applied Science*, vol. 6, no. 2, p. 1977, 2020. doi: 10.1088/1742-6596/2421/1/012018
- [22] L. Pitriyanti *et al.*, "Implementasi Modul Infrared Pada Rancang Bangun Smart Detection For Queue Otomatic Berbasis IoT," *Jurnal POLEKTRO: Jurnal Power Elektronik*, vol. 11, no. 2, p. 2022. doi: 10.30591/polektro.v12i1.3750
- [23] M. Rizqi Aulia Hasibuan, S. Hardi, and P. Studi Teknologi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol, "Rancang Bangun Mesin CNC MILLING 3-AXIS Untuk Anggrave PCB Berbasis Arduino UNO," *JURNAL TEKTR0*, vol. 3, no. 1, 2019. doi.org/10.30811/tektro.v3i1.1543
- [24] P. Penelitian dalam Menunjang Percepatan Pembangunan Berkelanjutan di Indonesia and S. Gunawan Zain, *Prototipe Antena Tracker Menggunakan Motor Stepper Nema 23 sebagai Aktuator 2 Axis*. doi: 10.35793/jtek.10.3.2021.35623
- [25] S. Udenia and M. Bhati, "Traffic Spike System," *Traffic Spike System*, vol. I, no. VIII, pp. 645–650, 2014.

LAMPIRAN

Lampiran A

Lampiran A. 1. Datasheet ESP32

1. Overview

ESP32-WROOM-32 (ESP-WROOM-32) is a powerful, generic Wi-Fi+BT+BLE MCU module that targets a wide variety of applications, ranging from low-power sensor networks to the most demanding tasks, such as voice encoding, music streaming and MP3 decoding.

At the core of this module is the ESP32-D0WDC6 chip*. The chip embedded is designed to be scalable and adaptive. There are two CPU cores that can be individually controlled, and the clock frequency is adjustable from 80 MHz to 240 MHz. The user may also power off the CPU and make use of the low-power co-processor to constantly monitor the peripherals for changes or crossing of thresholds. ESP32 integrates a rich set of peripherals, ranging from capacitive touch sensors, Hall sensors, SD card interface, Ethernet, high-speed SPI, UART, I2S and I2C.

Note:

* For details on the part number of the ESP32 series, please refer to the document [ESP32 Datasheet](#).

The integration of Bluetooth, Bluetooth LE and Wi-Fi ensures that a wide range of applications can be targeted, and that the module is future proof: using Wi-Fi allows a large physical range and direct connection to the internet through a Wi-Fi router, while using Bluetooth allows the user to conveniently connect to the phone or broadcast low energy beacons for its detection. The sleep current of the ESP32 chip is less than 5 μ A, making it suitable for battery powered and wearable electronics applications. ESP32 supports a data rate of up to 150 Mbps, and 20.5 dBm output power at the antenna to ensure the widest physical range. As such the chip does offer industry-leading specifications and the best performance for electronic integration, range, power consumption, and connectivity.

The operating system chosen for ESP32 is FreeRTOS with LwIP; TLS 1.2 with hardware acceleration is built in as well. Secure (encrypted) over the air (OTA) upgrade is also supported, so that developers can continually upgrade their products even after their release.

Table 1 provides the specifications of ESP32-WROOM-32 (ESP-WROOM-32).

Table 1: ESP32-WROOM-32 (ESP-WROOM-32) Specifications

Categories	Items	Specifications
Certification	RF certification	FCC/CE/IC/TELEC/KCC/SRRC/NCC
	Wi-Fi certification	Wi-Fi Alliance
	Bluetooth certification	BOB
	Green certification	RoHS/REACH
Wi-Fi	Protocols	802.11 b/g/n (802.11n up to 150 Mbps) A-MPDU and A-MSDU aggregation and 0.4 μ s guard interval support
	Frequency range	2.4 GHz ~ 2.5 GHz
Bluetooth	Protocols	Bluetooth v4.2 BR/EDR and BLE specification
	Radio	N2IF receiver with -97 dBm sensitivity
		Class-1, class-2 and class-3 transmitter
		AFH
Audio	CVSD and SBC	

Categories	Items	Specifications
Hardware	Module interface	SD card, UART, SPI, SDIO, I2C, LED PWM, Motor PWM, I2S, IR
		GPIO, capacitive touch sensor, ADC, DAC
	On-chip sensor	Hall sensor, temperature sensor
	On-board clock	40 MHz crystal
	Operating voltage/Power supply	2.7 ~ 3.6V
	Operating current	Average: 80 mA
	Minimum current delivered by power supply	500 mA
	Operating temperature range	-40°C ~ +85°C
	Ambient temperature range	Normal temperature
Package size	18±0.2 mm x 25.5±0.2 mm x 3.1±0.15 mm	
Software	Wi-Fi mode	Station/SoftAP/SoftAP+Station/P2P
	Wi-Fi Security	WPA/WPA2/WPA2-Enterprise/WPS
	Encryption	AES/RSA/ECC/SHA
	Firmware upgrade	UART Download / OTA (download and write firmware via network or host)
	Software development	Supports Cloud Server Development / SDK for custom firmware development
	Network protocols	IPv4, IPv6, SSL, TCP/UDP/HTTP/FTP/MQTT
	User configuration	AT instruction set, cloud server, Android/iOS app

2.1 Pin Layout

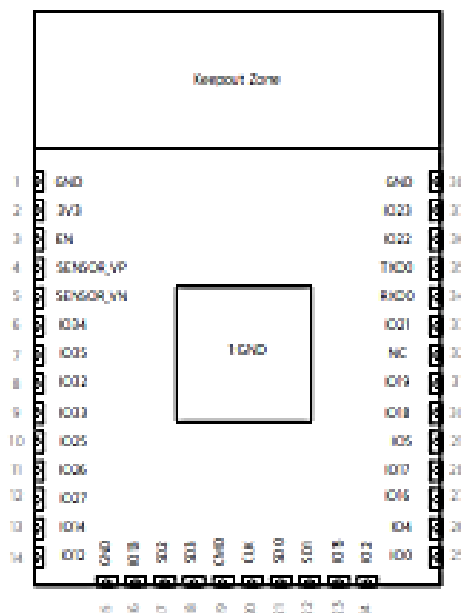


Figure 1: ESP32-WROOM-32 (ESP-WROOM-32) Pin layout

2.2 Pin Description

ESP32-WROOM-32 (ESP-WROOM-32) has 38 pins. See pin definitions in Table 2.

Table 2: Pin Definitions

Name	No.	Type	Function
GND	1	P	Ground
3V3	2	P	Power supply.
EN	3	I	Chip-enable signal. Active high.
SENSOR_VP	4	I	GPIO36, SENSOR_VP, ADC_H, ADC1_CH0, RTC_GPIO0
SENSOR_VN	5	I	GPIO39, SENSOR_VN, ADC1_CH3, ADC_H, RTC_GPIO3
IO34	6	I	GPIO34, ADC1_CH6, RTC_GPIO4
IO35	7	I	GPIO35, ADC1_CH7, RTC_GPIO5
IO32	8	I/O	GPIO32, XTAL_32K_P (32.768 kHz crystal oscillator input), ADC1_CH4, TOUCH9, RTC_GPIO9
IO33	9	I/O	GPIO33, XTAL_32K_N (32.768 kHz crystal oscillator output), ADC1_CH5, TOUCH8, RTC_GPIO8
IO25	10	I/O	GPIO25, DAC_1, ADC2_CH8, RTC_GPIO6, EMAC_RXD0
IO26	11	I/O	GPIO26, DAC_2, ADC2_CH9, RTC_GPIO7, EMAC_RXD1
IO27	12	I/O	GPIO27, ADC2_CH7, TOUCH7, RTC_GPIO17, EMAC_RX_DV

Name	No.	Type	Function
IO14	13	I/O	GPIO14, ADC2_CH6, TOUCH6, RTC_GPIO16, MTMS, HSPICLK, HS2_CLK, SD_CLK, EMAC_TXD2
IO12	14	I/O	GPIO12, ADC2_CH5, TOUCH5, RTC_GPIO15, MTDI, HSPIQ, HS2_DATA2, SD_DATA2, EMAC_TXD3
GND	15	P	Ground
IO13	16	I/O	GPIO13, ADC2_CH4, TOUCH4, RTC_GPIO14, MTCK, HSPID, HS2_DATA3, SD_DATA3, EMAC_RX_ER
SHD/SD2*	17	I/O	GPIO9, SD_DATA2, SPIHD, HS1_DATA2, U1RXD
SWP/SD3*	18	I/O	GPIO10, SD_DATA3, SPIWP, HS1_DATA3, U1TXD
SCS/CMD*	19	I/O	GPIO11, SD_CMD, SPICSO, HS1_CMD, U1RTS
SGK/CLK*	20	I/O	GPIO8, SD_CLK, SPICLK, HS1_CLK, U1CTS
SD0/SD0*	21	I/O	GPIO7, SD_DATA0, SPI0, HS1_DATA0, U2RTS
SD1/SD1*	22	I/O	GPIO8, SD_DATA1, SPI0, HS1_DATA1, U2CTS
IO15	23	I/O	GPIO15, ADC2_CH3, TOUCH3, MTD0, HSPICSO, RTC_GPIO13, HS2_CMD, SD_CMD, EMAC_RXD3
IO2	24	I/O	GPIO2, ADC2_CH2, TOUCH2, RTC_GPIO12, HSPWP, HS2_DATA0, SD_DATA0
IO0	25	I/O	GPIO0, ADC2_CH1, TOUCH1, RTC_GPIO11, CLK_OUT1, EMAC_TX_CLK
IO4	26	I/O	GPIO4, ADC2_CH0, TOUCH0, RTC_GPIO10, HSPHD, HS2_DATA1, SD_DATA1, EMAC_TX_ER
IO16	27	I/O	GPIO15, HS1_DATA4, U2RXD, EMAC_CLK_OUT
IO17	28	I/O	GPIO17, HS1_DATA5, U2TXD, EMAC_CLK_OUT_180
IO5	29	I/O	GPIO5, VSPICSO, HS1_DATA6, EMAC_RX_CLK
IO18	30	I/O	GPIO18, VSPICLK, HS1_DATA7
IO19	31	I/O	GPIO19, VSPIQ, U0CTS, EMAC_TXD0
NC	32	-	-
IO21	33	I/O	GPIO21, VSPHD, EMAC_TX_EN
RxD0	34	I/O	GPIO3, U0RXD, CLK_OUT2
TxD0	35	I/O	GPIO1, U0TXD, CLK_OUT3, EMAC_RXD2
IO22	36	I/O	GPIO22, VSPWP, U0RTS, EMAC_TXD1
IO23	37	I/O	GPIO23, VSPID, HS1_STROBE
GND	38	P	Ground

7. Peripheral Schematics

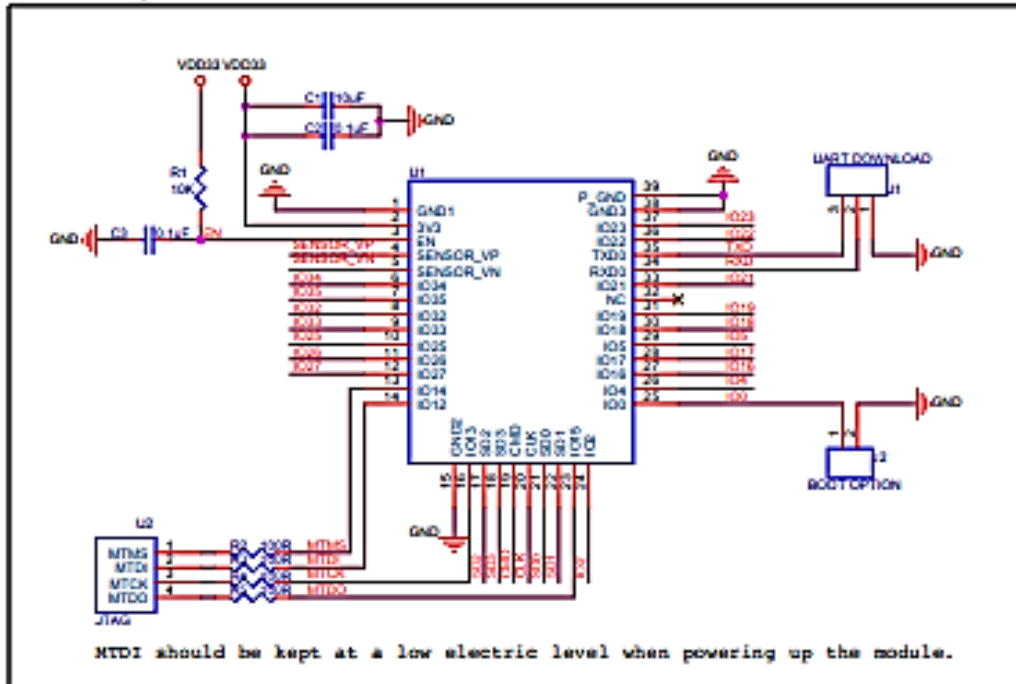


Figure 4: ESP32-WROOM-32 (ESP-WROOM-32) Peripheral Schematics

Note:

Soldering Pad 39 to the Ground of the base board is not necessary for a satisfactory thermal performance. If users do want to solder it, they need to ensure that the correct quantity of soldering paste is applied.

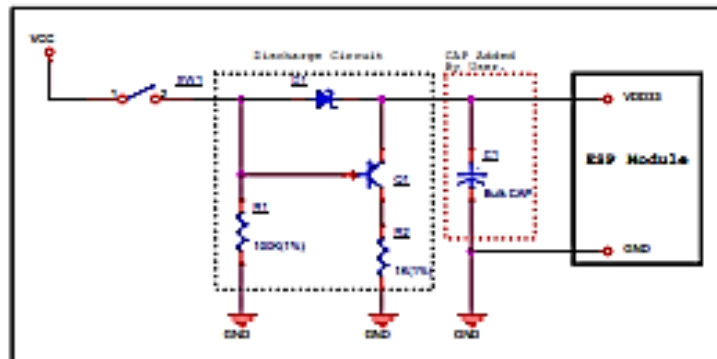


Figure 5: Discharge Circuit for VDD33 Rail

I2C Serial Interface 20x4 LCD Module

This is I2C interface 20x4 LCD display module, a new high-quality 4 line 20 character LCD module with on-board contrast control adjustment, backlight and I2C communication interface. For Arduino beginners, no more cumbersome and complex LCD driver circuit connection. The real significance advantages of this I2C Serial LCD module will simplify the circuit connection, save some I/O pins on Arduino board, simplified firmware development with widely available Arduino library.



SKU: [DSP-1165](#)

Brief Data:

- Compatible with Arduino Board or other controller board with I2C bus.
- Display Type: Black on yellow green backlight.
- I2C Address: 0x38-0x3F (0x3F default)
- Supply voltage: 5V
- Interface: I2C to 4bits LCD data and control lines.
- Contrast Adjustment : built-in Potentiometer.
- Backlight Control: Firmware or jumper wire.
- Board Size: 98x60 mm.

Setting Up:

Hitachi's HD44780 based character LCD are very cheap and widely available, and is an essential part for any project that displays information. Using the LCD piggy-back board, desired data can be displayed on the LCD through the I2C bus. In principle, such backpacks are built around PCF8574 (from NXP) which is a general purpose bidirectional 8 bit I/O port expander that uses the I2C protocol. The PCF8574 is a silicon CMOS circuit provides general purpose remote I/O expansion (an 8-bit quasi-bidirectional) for most microcontroller families via the two-line bidirectional bus (I2C-bus). Note that most piggy-back modules are centered around PCF8574T (SO16 package of PCF8574 in DIP16 package) with a default slave address of 0x27. If your piggy-back board holds a PCF8574AT chip, then the default slave address will change to 0x3F. In short, if the piggy-back board is based on PCF8574T and the address connections (A0-A1-A2) are not bridged with solder it will have the slave address 0x27.



Address selection pads in the I2C-to-LCD piggy-back board.

Table 5. PCF8574A address map

Pin connectivity			Address of PCF8574A								Address byte value		7-bit hexadecimal address without R/W
A2	A1	A0	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	R/W	Write	Read	
V _{SS}	V _{SS}	V _{SS}	0	1	1	1	0	0	0	-	70h	71h	38h
V _{SS}	V _{SS}	V _{DD}	0	1	1	1	0	0	1	-	72h	73h	39h
V _{SS}	V _{DD}	V _{SS}	0	1	1	1	0	1	0	-	74h	75h	3Ah
V _{SS}	V _{DD}	V _{DD}	0	1	1	1	0	1	1	-	76h	77h	3Bh
V _{DD}	V _{SS}	V _{SS}	0	1	1	1	1	0	0	-	78h	79h	3Ch
V _{DD}	V _{SS}	V _{DD}	0	1	1	1	1	0	1	-	7Ah	7Bh	3Dh
V _{DD}	V _{DD}	V _{SS}	0	1	1	1	1	1	0	-	7Ch	7Dh	3Eh
V _{DD}	V _{DD}	V _{DD}	0	1	1	1	1	1	1	-	7Eh	7Fh	3Fh

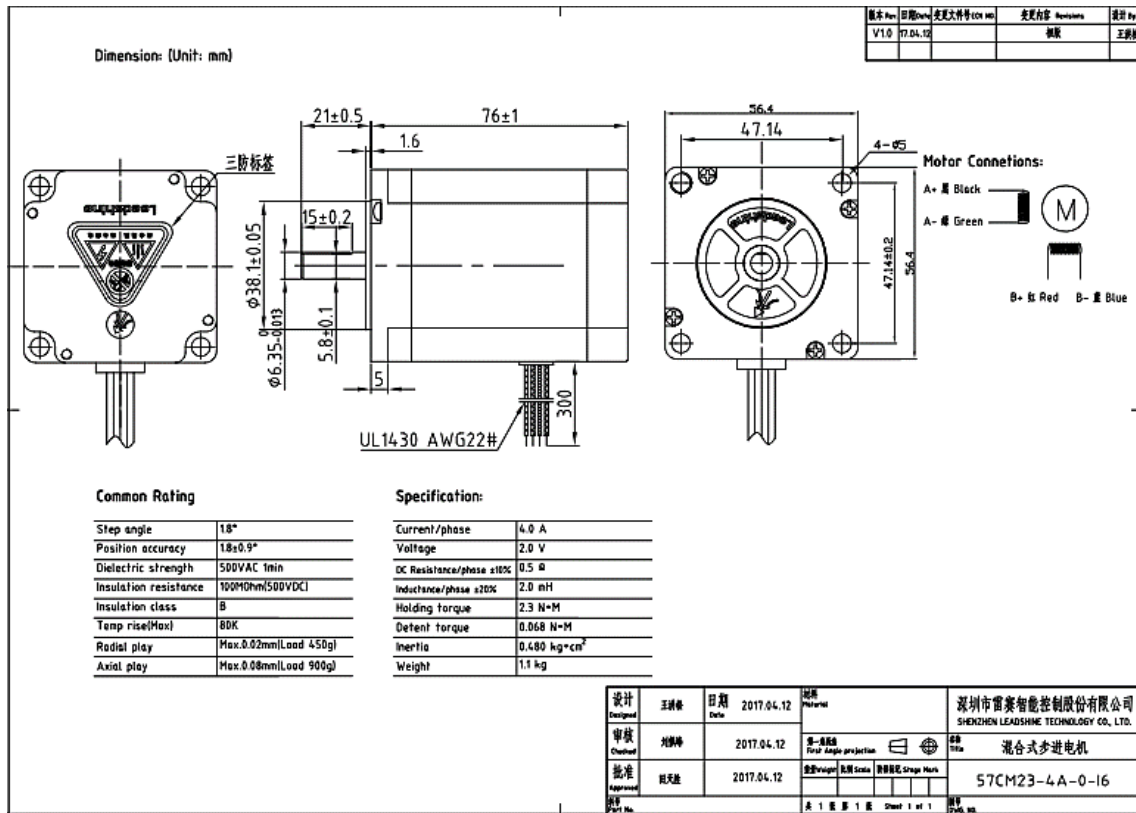
Address Setting of PCF8574A (extract from PCF8574A data specs).

Note: When the pad A0-A2 is open, the pin is pull up to VDD. When the pin is solder shorted, it is pull down to VSS.

The default setting of this module is A0-A2 all open, so is pull up to VDD. The address is 3Fh in this case.

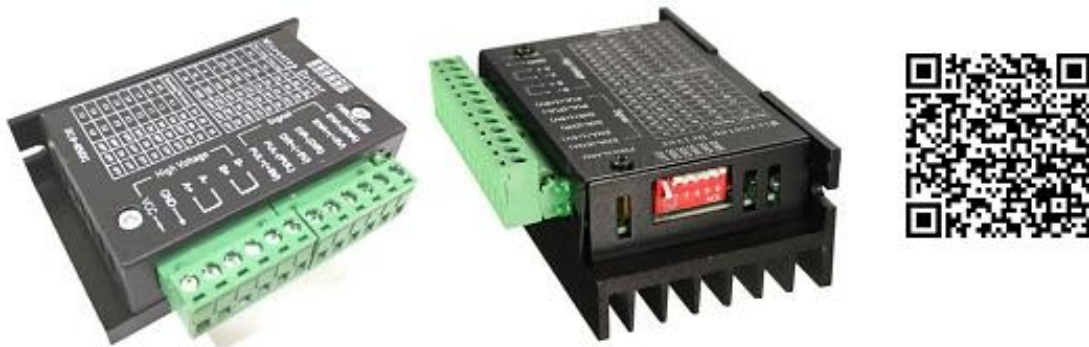
Reference circuit diagram of an Arduino-compatible LCD backpack is shown below. What follows next is information on how to use one of these inexpensive backpacks to interface with a microcontroller in ways it was exactly intended.

Lampiran A. 3. Data sheet Motor Stepper NEMA 23 4A



TB6600 4.0A Stepper Motor Driver

TB6600 is an easy-to-use professional stepper motor driver, which could control a two-phase stepping motor. It is compatible with Arduino and other microcontrollers that can output a 5V digital pulse signal. TB6600 stepper motor driver has a wide range power input. And it is able to output 4A peak current, which is enough for the most of stepper motors. 6 DIP switch for micro steps and output drive current setting. All signal terminals adopt high-speed opto-coupler isolation, enhancing its ground loop interference ability. As a professional device, it is able to drive 57, 42-type 2-phase, 4-phase, hybrid stepper motors.



SKU: [MDU1059](#)

Specifications:

- Input Voltage: 9V~40V.
- Input Current: 0~5A.
- Output Current: 0.5-4.0A.
- Power (MAX): 160W.
- Micro Step: 1, 2/A, 2/B, 4, 8, 16, 32.
- Temperature: -10~45°C
- Dimension: 96x56x33 mm.
- Weight: 0.2 kg.

DIP Switch Setting:

You can set the current and microsteps using the dip switches SW1-SW6 on the side. Refer to the following tables for details.

Microsteps

Micro steps	Pulse/rev	SW1	SW2	SW3
-	-	ON	ON	ON
1	20	ON	ON	OFF
2/A	400	ON	OFF	ON
2/B	400	OFF	ON	ON
4	800	ON	OFF	OFF
8	1600	OFF	ON	OFF
16	3200	OFF	OFF	ON
32	6400	OFF	OFF	OFF

Current setting

Current (A)	Peak current	SW4	SW5	SW6
0.5	0.7	ON	ON	ON
1.0	1.2	ON	OFF	ON
1.5	1.7	ON	ON	OFF
2.0	2.2	ON	OFF	OFF
2.5	2.7	OFF	ON	ON
2.8	2.9	OFF	OFF	ON
3.0	3.2	OFF	ON	OFF
3.5	4.0	OFF	OFF	OFF



TSOP18..
Vishay Telefunken

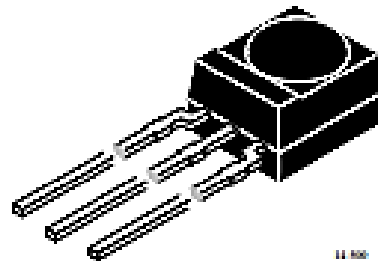
Photo Modules for PCM Remote Control Systems

Available types for different carrier frequencies

Type	f ₀	Type	f ₀
TSOP1830	30 kHz	TSOP1833	33 kHz
TSOP1836	36 kHz	TSOP1837	36.7 kHz
TSOP1838	38 kHz	TSOP1840	40 kHz
TSOP1856	56 kHz		

Description

The TSOP18... series are miniaturized receivers for infrared remote control systems. PIN diode and preamplifier are assembled on lead frame, the epoxy package is designed as IR filter. The demodulated output signal can directly be decoded by a microprocessor. The main benefit is the reliable function even in disturbed ambient and the protection against uncontrolled output pulses.



11.502

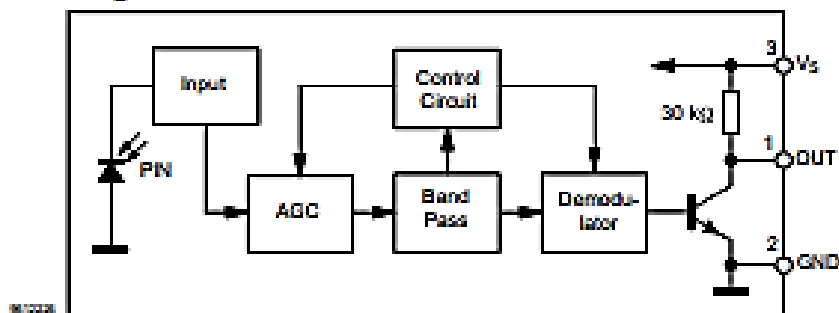
Features

- Photo detector and preamplifier in one package
- Internal filter for PCM frequency
- TTL and CMOS compatibility
- Output active low
- Improved shielding against electrical field disturbance
- Suitable burst length ≥ 6 cycles/burst

Special Features

- Small size package
- Enhanced immunity against all kinds of disturbance light
- No occurrence of disturbance pulses at the output
- Short setting time after power on ($< 200 \mu\text{s}$)

Block Diagram



TSOP18..

Vishay Telefunken



Absolute Maximum Ratings

$T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$

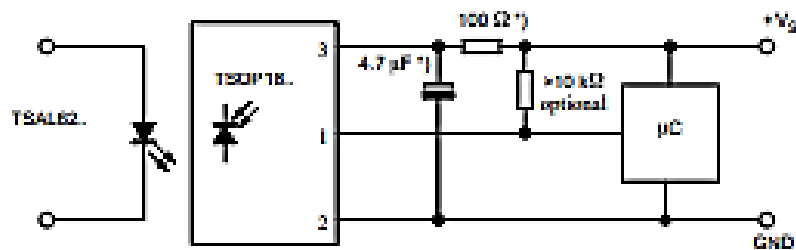
Parameter	Test Conditions	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	(Pin 3)	V_S	-0.3...6.0	V
Supply Current	(Pin 3)	I_S	5	mA
Output Voltage	(Pin 1)	V_O	-0.3...6.0	V
Output Current	(Pin 1)	I_O	5	mA
Junction Temperature		T_J	100	$^{\circ}\text{C}$
Storage Temperature Range		T_{stg}	-25...+85	$^{\circ}\text{C}$
Operating Temperature Range		T_{amb}	-25...+85	$^{\circ}\text{C}$
Power Consumption	($T_{amb} \leq 85^{\circ}\text{C}$)	P_{tot}	50	mW
Soldering Temperature	$t \leq 10$ s, 1 mm from case	T_{sol}	250	$^{\circ}\text{C}$

Basic Characteristics

$T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$

Parameter	Test Conditions	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Supply Current (Pin 3)	$V_S = 5$ V, $E_o = 0$	I_{SP}	0.9	1.2	1.5	mA
	$V_S = 5$ V, $E_o = 40$ kb, sunlight	I_{SH}		1.3		
Supply Voltage (Pin 3)		V_S	4.5		5.5	V
Transmission Distance	$E_o = 0$, test signal see fig.6, IR diode TSAL6200, $I_o = 300$ mA	d		35		m
Output Voltage Low (Pin 1)	$I_{OVL} = 0.5$ mA, $E_o = 0.7$ mW/m ² , $f = 1_s$	V_{OVL}			250	mV
Irradiance (30 – 40 kHz)	Pulse width tolerance: $t_{pw} - 4t_{pd} < t_{pd} < t_{pw} < t_{pd} + 6t_{pd}$, test signal see fig.6	E_o min		0.3	0.5	mW/m ²
Irradiance (56 kHz)				0.4	0.7	
Irradiance		E_o max	30			W/m ²
Directivity	Angle of half transmission distance	$\Phi_{1/2}$		± 45		deg

Application Circuit

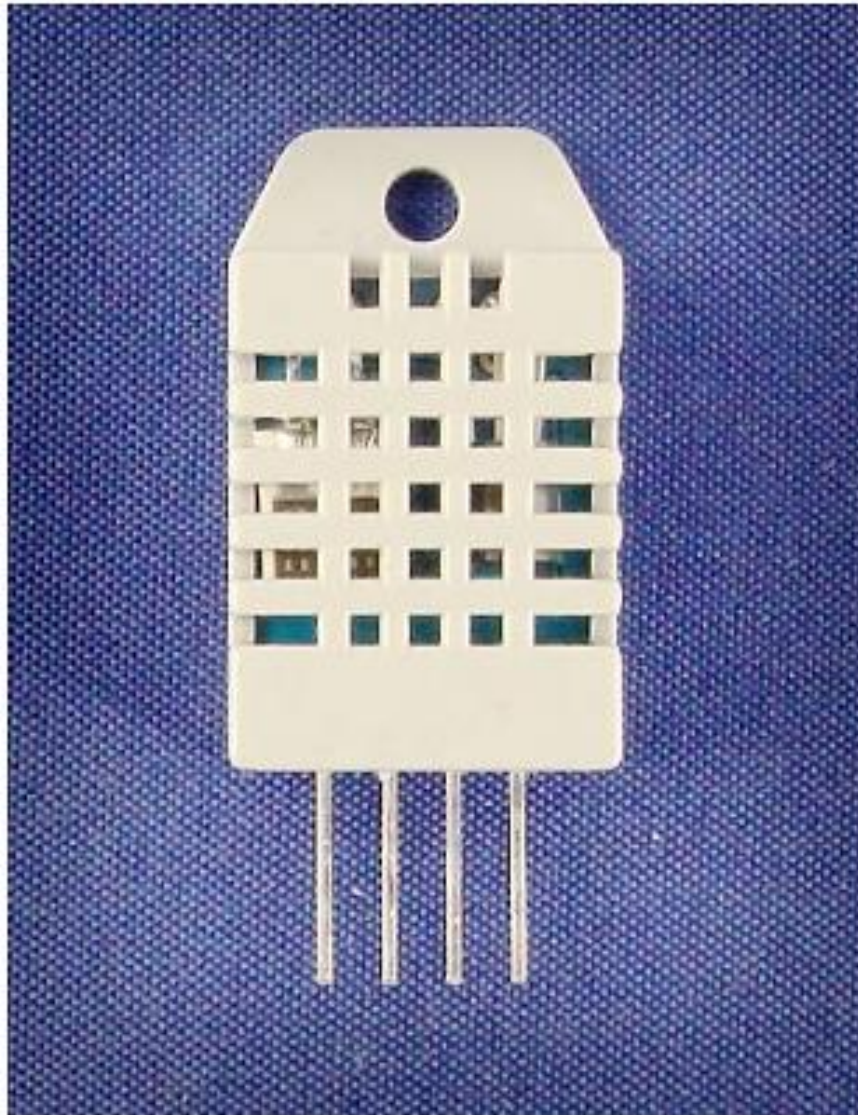


181028

*) recommended to suppress power supply disturbances

Lampiran A. 6. Datasheet Sensor DHT 22S

**Digital-output relative humidity & temperature sensor/module
DHT22 (DHT22 also named as AM2302)**



Capacitive-type humidity and temperature module/sensor

1

1. Feature & Application:

- * Full range temperature compensated
- * Relative humidity and temperature measurement
- * Calibrated digital signal
- * Outstanding long-term stability
- * Extra components not needed
- * Long transmission distance
- * Low power consumption
- * 4 pins packaged and fully interchangeable

2. Description:

DHT22 output calibrated digital signal. It utilizes exclusive digital-signal-collecting-technique and humidity sensing technology, assuring its reliability and stability. Its sensing elements is connected with 8-bit single-chip computer.

Every sensor of this model is temperature compensated and calibrated in accurate calibration chamber and the calibration-coefficient is saved in type of programme in OTP memory, when the sensor is detecting, it will cite coefficient from memory.

Small size & low consumption & long transmission distance(20m) enable DHT22 to be suited in all kinds of harsh application occasions.

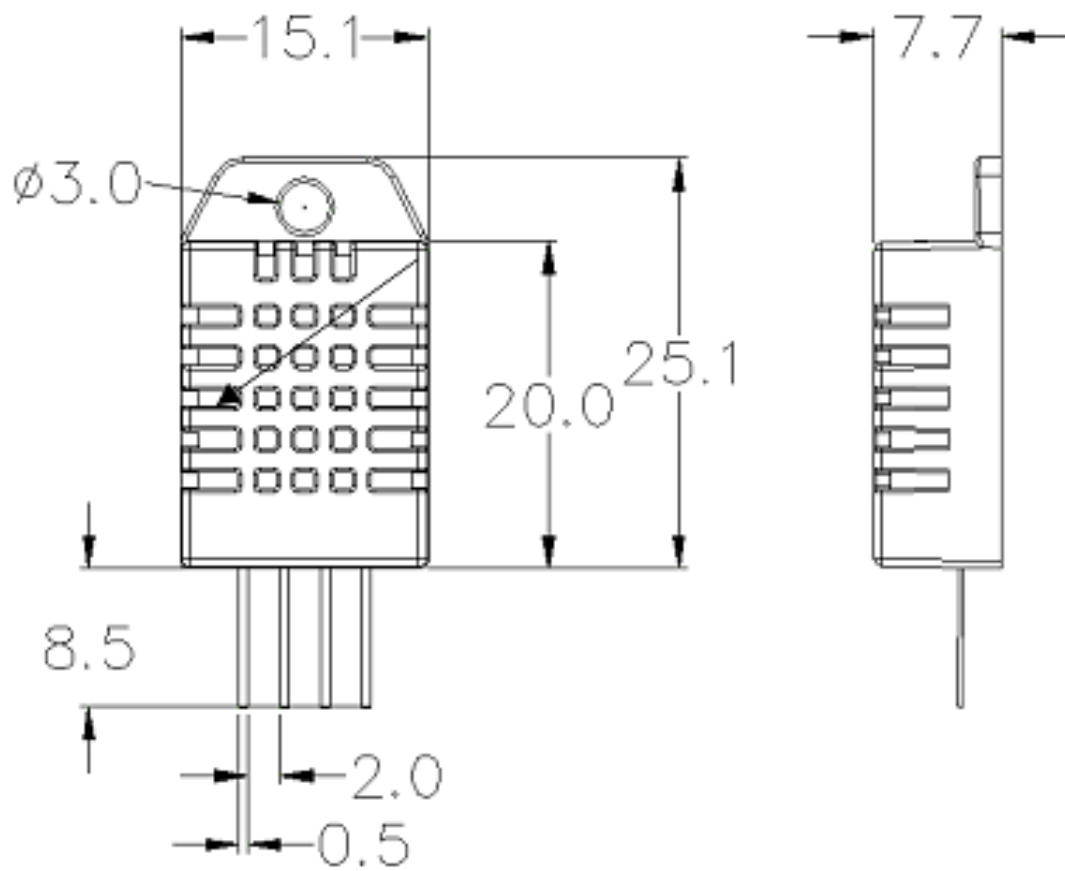
Single-row packaged with four pins, making the connection very convenient.

3. Technical Specification:

Model	DHT22
Power supply	3.3-6V DC
Output signal	digital signal via single-bus
Sensing element	Polymer capacitor
Operating range	humidity 0-100%RH; temperature -40-80Celsius
Accuracy	humidity +2%RH(Max +5%RH); temperature <+0.5Celsius
Resolution or sensitivity	humidity 0.1%RH; temperature 0.1Celsius
Repeatability	humidity +-1%RH; temperature +-0.2Celsius
Humidity hysteresis	+0.3%RH
Long-term Stability	+0.5%RH/year
Sensing period	Average: 2s
Interchangeability	fully interchangeable
Dimensions	small size 14*18*5.5mm; big size 22*28*5mm

4. Dimensions: (unit---mm)

1) Small size dimensions: (unit---mm)



Pin sequence number: 1 2 3 4 (from left to right direction).

Pin	Function
1	VDD—power supply
2	DATA—signal
3	NULL
4	GND

Lampiran B

Lampiran B 1 Program Keseluruhan

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include "DHT.h"
#include <IRremote.h>
#include <NTPClient.h>
#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <ArduinoJson.h>
#include <WiFiUdp.h>
#include <TimeLib.h>

// Inisialisasi DHT22
#define DHTPIN 19 // Pin data DHT22 (sesuaikan dengan koneksi Anda)
#define DHTTYPE DHT22
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

// Inisialisasi LCD dengan alamat I2C (sesuaikan jika berbeda)
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);

// Inisialisasi IRsend
#define IR_SEND_PIN 4 // Pin untuk IR Blaster (TX)
IRsend irsend;

// Status AC dan Motor
bool AC_Status = false; // false = off, true = on
bool Motor1_Status = false; // false = off, true = on
bool Motor2_Status = false; // false = off, true = on
|
// Informasi Wi-Fi
const char* ssid = "Redmi 9";
const char* password = "12345678";

// URL server API
const char* server = "http://api.aladhan.com";

// Inisialisasi NTP
WiFiUDP ntpUDP;
NTPClient timeClient(ntpUDP, "pool.ntp.org", 7 * 3600, 60000); // WITA
(GMT+7), timeout 60 detik

void setup() {
  Serial.begin(115200);

  // Inisialisasi DHT sensor
  dht.begin();

  // Inisialisasi LCD
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.clear();
```

```

// Inisialisasi IR Blaster
irsend.begin(IR_SEND_PIN);

// Koneksi ke Wi-Fi
Serial.print("Menghubungkan ke Wi-Fi...");
WiFi.begin(ssid, password);
unsigned long startAttemptTime = millis();

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
  if (millis() - startAttemptTime >= 10000) { // Timeout lebih lama (10
detik)
    Serial.println("Gagal terhubung ke Wi-Fi dalam 10 detik!");
    return;
  }
  delay(500);
  Serial.print(".");
}

Serial.println("\nTerhubung ke Wi-Fi");
Serial.print("IP Address: ");
Serial.println(WiFi.localIP());

// Mulai sinkronisasi waktu (hanya sekali setelah Wi-Fi terhubung)
timeClient.begin();
while (!timeClient.update()) {
  Serial.println("Menunggu sinkronisasi waktu...");
  delay(1000);
}
Serial.println("Sinkronisasi waktu berhasil!");
}

void loop() {
  // Tampilan pertama: Suhu dan kelembapan
  tampilkanSuhuKelembapan();
  delay(5000); // Delay 5 detik

  // Tampilan kedua: Status AC dengan remote
  tampilkanStatusAC();
  delay(5000); // Delay 5 detik

  // Tampilan ketiga: Status motor
  tampilkanStatusMotor();
  delay(5000); // Delay 5 detik

  // Tampilan keempat: Waktu shalat
  tampilkanWaktuShalat();
  delay(5000); // Delay 5 detik
}

void tampilkanSuhuKelembapan() {
  // Membaca suhu dan kelembapan dari sensor DHT
  float suhu = dht.readTemperature();
  float kelembapan = dht.readHumidity();

  // Cek jika pembacaan gagal
  if (isnan(suhu) || isnan(kelembapan)) {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Error membaca DHT");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Cek koneksi sensor");
    delay(2000);
  }
}

```

```

    return;
}

int suhuBulat = round(suhu);

// Menampilkan suhu dan kelembapan ke LCD
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Suhu: ");
lcd.print(suhuBulat);
lcd.print((char)223); // Simbol derajat
lcd.print("C");

lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Kelembapan: ");
lcd.print(kelembapan);
lcd.print("%");
}

void tampilkanStatusAC() {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Status AC: ");
    lcd.print(AC_Status ? "ON" : "OFF");

    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Gunakan Remote");
}

void tampilkanStatusMotor() {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Motor 1: ");
    lcd.print(Motor1_Status ? "ON" : "OFF");

    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Motor 2: ");
    lcd.print(Motor2_Status ? "ON" : "OFF");
}

void tampilkanWaktuShalat() {
    // Format tanggal (dd-mm-yyyy)
    time_t rawTime = timeClient.getEpochTime();
    int year = ::year(rawTime); // Gunakan namespace TimeLib
    int month = ::month(rawTime); // Gunakan namespace TimeLib
    int day = ::day(rawTime); // Gunakan namespace TimeLib
    char tanggal[11];
    sprintf(tanggal, "%02d-%02d-%04d", day, month, year);

    // Buat URL untuk API
    String url = String(server) + "/v1/timingsByCity/" + tanggal +
"?city=Bandung&country=Indonesia&method=2";

    HTTPClient http;
    http.begin(url);
    http.setTimeout(5000); // Set timeout untuk HTTP request menjadi 5 detik
    int httpCode = http.GET();

    // Debugging untuk mengecek status HTTP
    Serial.print("Kode HTTP: ");
    Serial.println(httpCode);

    if (httpCode > 0) {

```

```

String payload = http.getString();
Serial.println("Respons dari server:");
Serial.println(payload);

// Parsing JSON
StaticJsonDocument<1024> doc; // Mengurangi ukuran buffer JSON
DeserializationError error = deserializeJson(doc, payload);
if (error) {
  Serial.print("Gagal parsing JSON: ");
  Serial.println(error.c_str());
} else {
  // Ambil waktu sholat
  String fajr = doc["data"]["timings"]["Fajr"];
  String dhuhr = doc["data"]["timings"]["Dhuhr"];
  String asr = doc["data"]["timings"]["Asr"];
  String maghrib = doc["data"]["timings"]["Maghrib"];
  String isha = doc["data"]["timings"]["Isha"];

  // Tampilkan waktu sholat di LCD
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Waktu Sholat:");

  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Fajr: " + fajr);

  lcd.setCursor(0, 2);
  lcd.print("Dhuhr: " + dhuhr);

  lcd.setCursor(0, 3);
  lcd.print("Asr: " + asr);

  delay(5000); // Tampilkan selama 5 detik

  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Maghrib: " + maghrib);

  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Isha: " + isha);

  delay(5000); // Tampilkan selama 5 detik
}
} else {
  // Debugging jika HTTP request gagal
  Serial.print("HTTP GET gagal, kode error: ");
  Serial.println(httpCode);
}

http.end();
delay(1000); // Tunggu 1 menit (60 detik) sebelum permintaan berikutnya
}

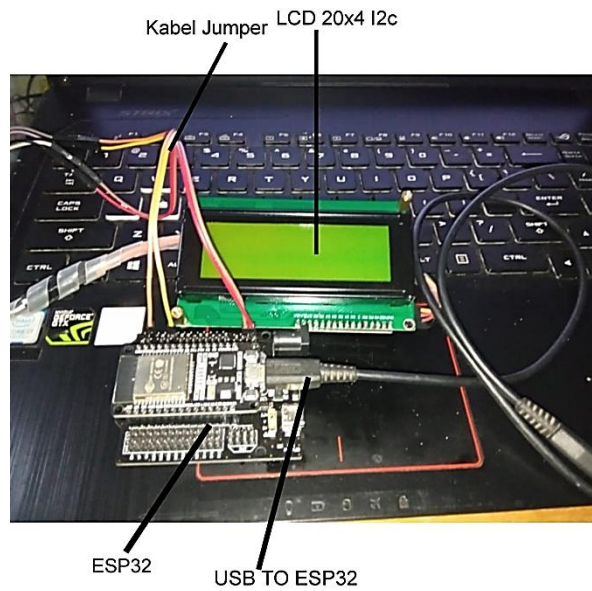
void remoteControlAC() {
  // Fungsi untuk mengirimkan sinyal IR untuk menyalakan/mematikan AC
  if (AC_Status) {
    irsend.sendNEC(0x20DF10EF, 32); // Contoh kode IR untuk menyalakan AC
    Serial.println("AC dinyalakan");
  } else {
    irsend.sendNEC(0x20DF906F, 32); // Contoh kode IR untuk mematikan AC
    Serial.println("AC dimatikan");
  }
}
}

```

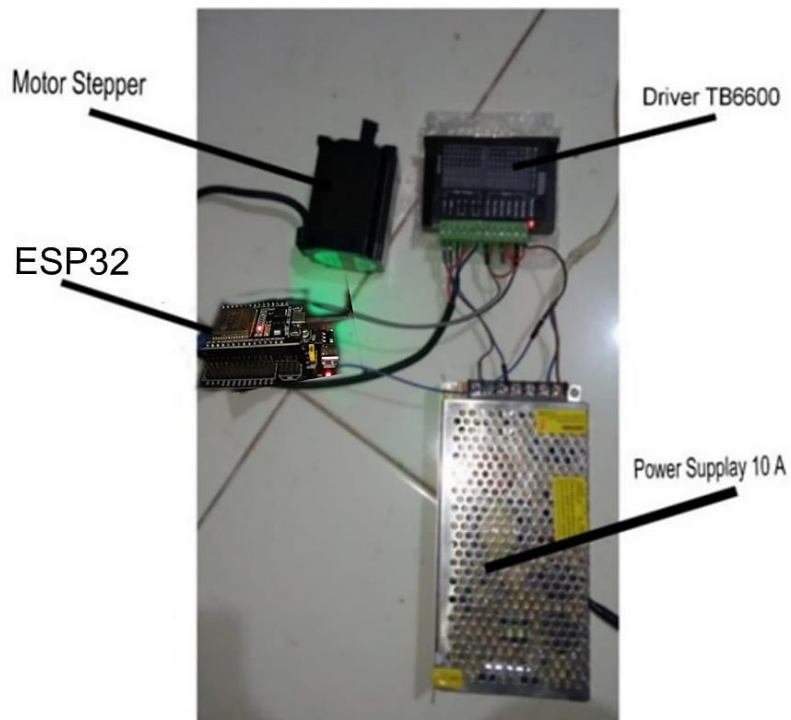
```
void toggleMotor1() {  
  // Fungsi untuk mengubah status Motor 1  
  Motor1_Status = !Motor1_Status;  
  Serial.print("Motor 1: ");  
  Serial.println(Motor1_Status ? "ON" : "OFF");  
}  
  
void toggleMotor2() {  
  // Fungsi untuk mengubah status Motor 2  
  Motor2_Status = !Motor2_Status;  
  Serial.print("Motor 2: ");  
  Serial.println(Motor2_Status ? "ON" : "OFF");  
}
```

Lampiran C

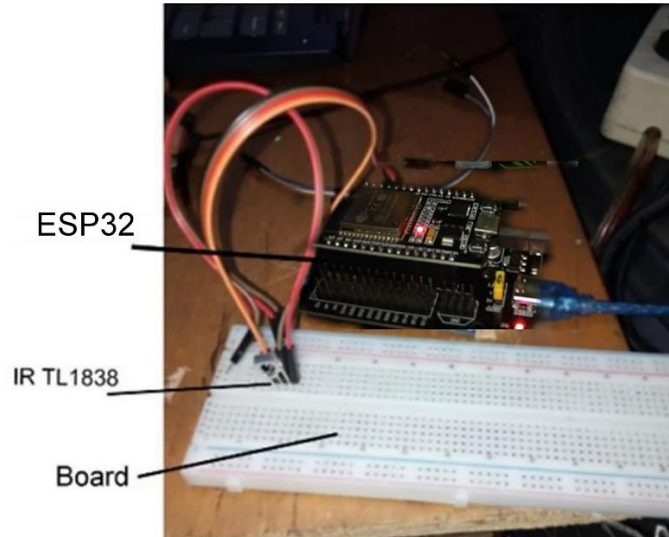
Lampiran C 1 Dokumentasi Pengujian LCD



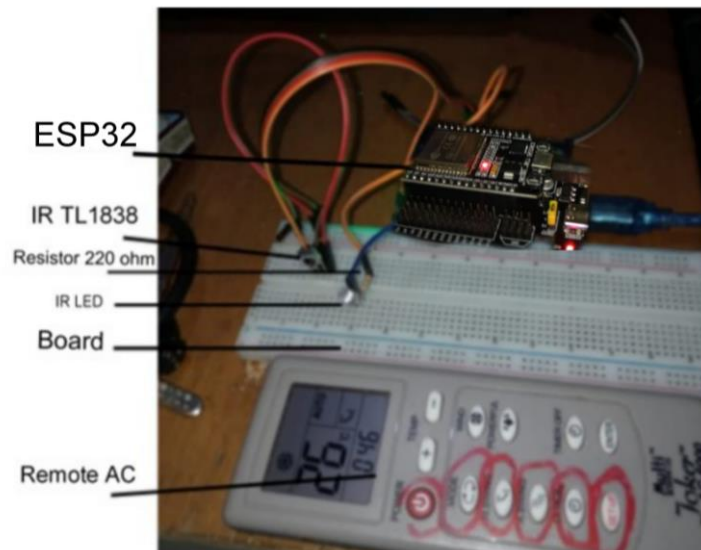
Lampiran C 2 Dokumentasi Pengujian Motor Stepper



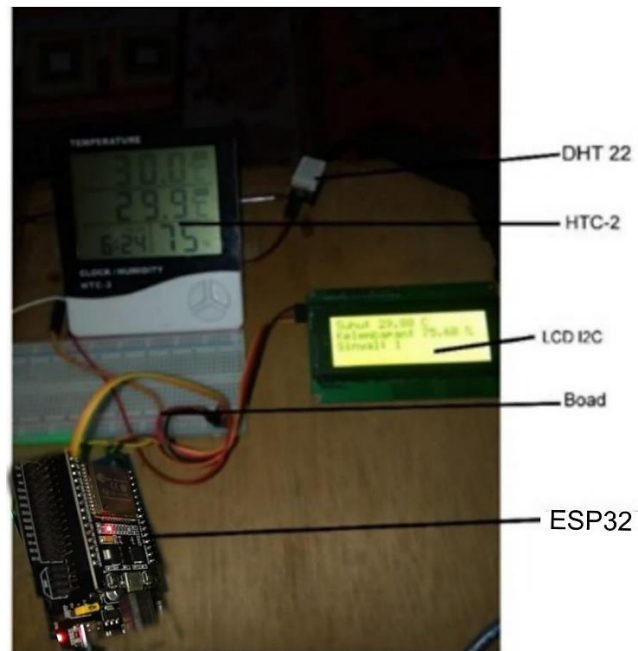
Lampiran C 3 Dokumentasi Pengujian Perekaman Remote



Lampiran C 4 Dokumentasi Pengujian Kloning Remote



Lampiran C 5 Dokumentasi Pengujian DHT 22



Lampiran D

BIODATA

I. PERSONAL

Nama : Wahyu Syahputra
NIM : 210150012
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Alamat : Dusun III A Suka Makmur, Desa Pantai Gemi,
Kecamatan Stabat, Kabupaten Langkat,
Sumatera Utara, 20812
No. HP : 081275277645
Email : wahyu.210150032@mhs.unimal.ac.id



II. ORANG TUA

Nama Ayah : M. AL Fazri
Pekerjaan : Wiraswasta
Umur : 54 Tahun
Alamat : Dusun III A Suka Makmur, Desa Pantai Gemi,
Kecamatan Stabat, Kabupaten Langkat, Sumatera Utara, 20812
Nama Ibu : Amalia
Pekerjaan : Ibu Rumah Tangga
Umur : 50 Tahun
Alamat : Dusun III A Suka Makmur, Desa Pantai Gemi,
Kecamatan Stabat, Kabupaten Langkat, Sumatera Utara, 20812

III. PENDIDIKAN FORMAL

Asal SLTA (Tahun) : SMK N 1 Stabat (2018-2021)
Asal SLTP (Tahun) : SMP N 1 Stabat (2015-2018)
Asal SD (Tahun) : SDN 054906 Stabat (2009-2015)

IV. SOFTWARE KOMPUTER YANG DIKUASAI

Jenis Software : ETAP
Tingkat Penguasaan : Basic
Jenis Software : Solidwork CAD FEA
Tingkat Penguasaan : Basic
Jenis Software : Microsoft Office
Tingkat Penguasaan : Basic

Lhokseumawe, 27 April 2026
Mahasiswa yang bersangkutan

Wahyu Syahputra
Nim. 210150012