BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pesatnya laju kemajuan teknologi sudah menghasilkan kemajuan yang substansial dan menyeluruh di berbagai bidang, yang berujung pada munculnya metode dan sistem yang inovatif. Perkembangan ini memfasilitasi berbagai penemuan, terutama teknologi *Internet of Things* (IoT). IoT mengacu pada kerangka kerja canggih yang memungkinkan kontrol sistem jarak jauh dan nirkabel dalam jarak yang cukup jauh. Aplikasinya beragam dan bisa diimplementasikan secara efektif dalam berbagai organisasi, termasuk PLN (Persero), yang bisa dimanfaatkan untuk mengoptimalkan operasi di Gardu Induk.

Gardu Induk PLN mendistribusikan listrik daerah secara efisien, menjamin pasokan listrik yang andal bagi masyarakat setempat. Kestabilan suhu ruangan pada gardu induk sangat penting untuk menjaga kinerja optimal peralatan, mencegah kerusakan akibat *overheat*, serta menjamin keamanan operasional secara keseluruhan. Fluktuasi suhu yang ekstrim bisa menyebabkan gangguan pada peralatan elektronik sensitif, mengurangi efisiensi, dan berpotensi menimbulkan risiko kebakaran.

Kendali *On/Off* ruangan secara berkala menjadi krusial untuk mengantisipasi masalah tersebut. Namun, metode kendali konvensional yang

memerlukan pengecekan langsung ke lokasi memiliki beberapa keterbatasan, seperti :

1. Tidak efisien karena membutuhkan waktu dan tenaga untuk melakukan pengecekan secara berkala.
2. Berpotensi terjadinya keterlambatan dalam kendali *On/Off*, sehingga bisa menyebabkan kerusakan pada peralatan sebelum tindakan korektif bisa dilakukan.
3. Beberapa gardu induk memiliki beberapa ruangan sehingga untuk diakses karena berada di lokasi yang berbeda sehingga mempersulit untuk kendali *On/Off*.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dibutuhkan sistem kendali ruangan yang modern, efisien, dan bisa diakses secara real-time. Pemanfaatan teknologi *Internet of Things* (IoT) memungkinkan pengembangan sistem kendali suhu ruangan.

Sistem kendali ini diharapkan bisa meningkatkan efisiensi kendali dan memudahkan pengontrolan suhu ruangan di gardu induk PLN, sehingga menjamin kelancaran operasional dan keandalan pasokan listrik.

B. Rumusan Masalah

Rumusan Masalah pada studi ini ialah, bagaimana memonitoring suhu dan mengendalikan *On/Off* AC pada ruangan yang berbeda melalui jaringan wifi?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian pada studi ini ialah, merancang dan membangun sistem monitoring dan kendali o*n/off* AC pada Gardu Induk PLN dengan berbasis IoT memakai jaringan WiFi pada 3 ruang berbeda di gardu induk PLN.

D. Batasan Masalah

Batasan masalah pada studi ini ialah, yakni;

1. Penelitian difokuskan pada gardu induk PLN dengan 3 ruangan berbeda yang memerlukan monitoring suhu dan kendali *on/off* AC melalui jaringan Wifi.
2. Studi ini berfokus pada perancangan, pembangunan, dan pengujian sistem komunikasi dan sistem kendali *On/Off*.
3. Sistem kendali *On/Off* AC yang dirancang bersifat manual yang dikendalikan oleh operator jaga pada ruang control.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian pada studi ini ialah, yakni;

1. Memudahkan monitoring dan kendali *on/off* AC di gardu induk dari jarak jauh.
2. Melihat efektivitas sistem kendali *on/off* AC melalui Jaringan Wifi.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Tinjauan Pustaka

Dasar teori yang dipakai pada studi ini ialah pengambilan dari teori-teori terkait, berupa artikel, jurnal, makalah tugas akhir, dan buku yang ada. Adapun pembahasan teori – teori tersebut yakni :

1. Gardu Induk PLN

Gardu induk ialah fasilitas yang berfungsi sebagai penyalur dari sistem transmisi jaringan tegangan tinggi (150kV) ke sistem distribusi jaringan menengah (20kV). Gardu induk ialah denyut nadi transmisi daya modern, yang mengintegrasikan peralatan penting secara mulus guna memastikan distribusi listrik yang efisien, andal, dan aman di seluruh jaringan, serta mendukung kebutuhan energi harian kita dengan mudah.

a. Jenis-jenis peralatan gardu induk

Beberapa peralatan peralatan yang ada di gardu induk,

- **Trafo Tenaga**

  Trafo tenaga (Transformator Tenaga) berperan penting dalam jaringan distribusi listrik dengan mengatur level tegangan.

- **Pemutus Tenaga**

Pemutus Tenaga (PMT) ialah perangkat canggih yang penting untuk sistem tegangan tinggi, seperti jaringan 150 kV, yang memastikan distribusi daya yang andal.

- **Pemisah**

  Pemisah (PMS) ialah peralatan listrik yang dipakai untuk memutus atau menghubungkan bagian dari sistem tenaga listrik dalam kondisi tanpa beban.

- **Trafo Arus**

  Trafo arus (*Current Transformer / CT*) ialah transformator yang dipakai untuk mengukur arus listrik tinggi dalam sistem tenaga listrik dengan cara menurunkannya ke nilai yang lebih kecil agar bisa dibaca oleh alat ukur atau relay proteksi. CT banyak dipakai pada jaringan transmisi dan distribusi listrik, termasuk sistem 150kV.

- **Trafo Tegangan**

  Trafo tegangan / *Potensial Trafo* (PT) ialah transformator yang dipakai untuk mengukur tegangan listrik tinggi dalam sistem tenaga listrik dengan cara menurunkannya ke nilai yang lebih kecil agar bisa dibaca oleh alat ukur atau relay proteksi. PT banyak dipakai pada jaringan transmisi dan distribusi listrik, termasuk sistem 150kV.

- ***Lightning Arrester* / Penangkal Petir**

  Lightning Arrester 150kV ialah perangkat perlindungan listrik yang dipakai untuk melindungi sistem tenaga listrik dengan tegangan hingga 150kV dari lonjakan tegangan akibat sambaran petir atau gangguan lainnya.

- ***Panel* Proteksi**

  Panel Proteksi ialah sistem perlindungan yang berfungsi untuk mendeteksi,mengisolasi, dan mengamankan peralatan listrik dari gangguan atau kesalahan operasi. Sistem ini memastikan keandalan dan keamanan dalam distribusi tenaga listrik, menghindari kerusakan peralatan, serta mencegah pemadaman listrik yang luas.

- **Scada *(Supervisory Kontrol and Data Acquisition)***

  Scada (Supervisory Kontrol anda Data Acquisition ialah sistem otomatisasi dan kontrol yang dipakai dalam jaringan listrik tegangan tinggi, khususnya di gardu induk 150kV. Sistem ini memungkinkan operator untuk memantau, mengendalikan, dan mengumpulkan data dari peralatan listrik dalam sistem tenaga.

b. Ruangan dan area pada Gardu Induk

- **Switchyard / Serandang**

  Area terbuka pada gardu induk yang menjadi tempat utama dari instalasi peralatan kelistrikan tegangan tinggi seperti PMT, PMS, Trafo dan lainnya.

- **Ruang lobby**

  Ruang merupakan ruangan depan dari bangunan gardu induk (GI) yang berfungsi sebagai titik masuk awal sebelum menuju ke ruangan lainnya.

- **Ruang Kontrol**

  Ruang yang merupakan ruangan utama tempat pengontrolan dan pengendalian seluruh sistem peralatan dan kelistrikan yang dilakukan oleh operator gardu induk.

- **Ruang HMI & KWH**

  Ruang yang merupakan ruangan panel untuk monitoring dan pengukuran sistem HMI & kWh.

- **Ruang Scada**

  Ruang yang merupakan ruangan panel untuk pengawasn dan pengendalian otomatis sistem komputerisasi terintegrasi.

- **Ruang AC/DC**

  Ruang yang merupakan ruangan panel dari pusat catu daya dalam lingkup gardu induk, tempat panel kelistrikan arus AC dan DC di distribusikan dan dikendalikan untuk mendukung aktivitas seluruh sistem proteksi, kontrol dan komunikasi.

- **Ruang Proteksi**

  Ruang yang merupakan ruangan panel yang mengelola sistem proteksi kelistrikan yang melindungi dan mengamankan peralatan dan sistem jaringan kelistrikan dari gangguan.

- **Ruang Bay Kiosk (BK)**

  Ruang yang merupakan ruangan yang berada dalam *switchyard* pada gardu induk yang berfungsi sebagai lokasi panel kendali dan proteksi satu jalur (*bay*) tertentu, seperti *line, trafo* dan *busbar.*

- **Ruang Spv**

  Ruang yang merupakan ruangan kepala gardu induk yang bertanggung jawab atas operasi, koordinasi, komunikasi dan pemeliharaan pada gardu induk

2. Sistem kendali

Sistem kendali ialah sistem yang dirancang untuk mengatur atau mengontrol perilaku dari suatu perangkat atau proses agar bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

Jenis-jenis Sistem Kendali yakni :

- Sistem Kendali Terbuka (*Open Loop Kontrol System*)

  Sistem yang bekerja tanpa memperhitungkan keluaran atau umpan balik.

- Sistem Kendali Tertutup (*Closed Loop Kontrol System*)

  Sistem yang memakai umpan balik (feedback) untuk menyesuaikan keluaran agar sesuai dengan yang diinginkan.

3. *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) ialah konsep teknologi yang memperluas manfaat konektivitas internet dengan menghubungkan berbagai perangkat fisik di sekitar kita ke jaringan internet. IoT memungkinkan objek-objek ini untuk saling berkomunikasi, bertukar data, dan dikendalikan dari jarak jauh tanpa campur tangan manusia secara langsung. Kevin Ashton memperkenalkan istilah "*Internet of Things*" pada tahun 2002 untuk menggambarkan konsep ini.

a. Komponen utama IoT

1. Perangkat IoT

Perangkat ialah objek nyata yang dilengkapi dengan sensor dan aktuator, yang memungkinkannya mengumpulkan data atau berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya. Contohnya termasuk kamera, yang menangkap gambar, dan detektor gerakan yang merasakan gerakan, semuanya bekerja

sama dengan lancar untuk meningkatkan otomatisasi dan interaksi lingkungan dalam dunia yang cerdas dan saling terhubung.

2. Konektivitas internet

Perangkat IoT terhubung ke internet atau jaringan lain melalui berbagai teknologi komunikasi seperti *Wi-Fi*, *Bluetooth*, seluler, dan lainnya. Konektivitas ini memungkinkan perangkat untuk mengirim dan menerima data.

b. Platform IoT

Platform IoT yang inovatif mengintegrasikan perangkat yang terhubung dengan aplikasi serbaguna secara mulus, menyediakan alat manajemen yang komprehensif, solusi penyimpanan data yang aman, dan analisis canggih untuk mengoptimalkan kinerja, meningkatkan wawasan, dan mendorong pengambilan keputusan yang lebih cerdas di berbagai lingkungan.

c. Aplikasi IoT

Aplikasi IoT ialah perangkat lunak yang memanfaatkan data yang dikumpulkan oleh perangkat IoT untuk memberikan nilai tambah kepada pengguna. Aplikasi ini bisa berupa sistem pemantauan, kontrol otomatis, analitik prediktif, dan berbagai layanan lainnya di berbagai bidang.

d. Cara kerja IoT

Alamat Protokol Internet (IP) berfungsi sebagai pengenal digital unik yang ditetapkan untuk setiap perangkat dalam jaringan, yang memudahkan komunikasi dan pengelolaan yang tepat. Dengan menetapkan alamat yang berbeda, perangkat bisa terhubung dengan lancar ke internet, yang

memungkinkan interaksi, pertukaran data, dan kendali jarak jauh. Komponen penting ini memastikan konektivitas yang lancar di seluruh objek dan sistem di seluruh dunia, yang memberdayakan interaksi digital modern.

Di dunia yang saling terhubung saat ini, perangkat IoT sangat bergantung pada konektivitas internet agar bisa berfungsi dengan lancar. Manusia memainkan peran penting sebagai pemantau yang waspada, mengawasi pengoperasian perangkat, menyesuaikan pengaturan, dan memberikan panduan untuk memastikan semuanya berjalan lancar dan efisien dalam ekosistem cerdas ini.

4. Mikrokontroler ESP8266

NodeMCU ESP8266 ialah modul pengembangan yang berasal dari keluarga ESP8266, khususnya varian ESP-12, dan dirancang untuk berfungsi sebagai komponen dasar dalam platform IoT *(Internet of Things*). Secara fungsional, modul ini sangat mirip dengan papan pengembangan berbasis Arduino; namun, perbedaan utamanya terletak pada kemampuan khususnya untuk konektivitas Internet yang lancar, sehingga sangat cocok untuk aplikasi IoT.

Modul ini termasuk dalam keluarga ESP8266 dan dilengkapi dengan fitur-fitur penting. Tidak seperti modul ESP-01 sebelumnya, yang hanya berupa chip silikon tanpa fungsionalitas USB UART terintegrasi, versi ini menyertakan sistem minimal beserta antarmuka USB UART. Integrasi ini sangat menyederhanakan proses pemrograman dan antarmuka dengan modul.

Mengingat banyaknya keuntungan ini, modul ini sangat cocok sebagai mikrokontroler untuk aplikasi IoT (*Internet of Things*), menawarkan manfaat

tambahan karena menghilangkan kebutuhan untuk menghubungkan antarmuka USB UART ke modul ESP8266.

Sampai saat ini, setidaknya ada tiga versi dari NodeMCU yang diantaranya yakni :

NodeMCU ialah platform IoT sumber terbuka. Platform ini terdiri dari perangkat keras berbasis *System-on-Chip* (SoC) ESP8266 yang dikembangkan oleh Espressif Systems, beserta firmware terkait yang memakai bahasa skrip Lua. Secara tegas, istilah "*NodeMCU*" biasanya merujuk pada firmware itu sendiri, bukan perangkat keras pengembangan.

NodeMCU bisa dianggap setara dengan papan Arduino untuk platform ESP8266. Dalam rangkaian tutorial ESP8266, disoroti bahwa pemrograman ESP8266 bisa menjadi agak menantang karena perlunya beberapa konfigurasi kabel dan konverter USB-ke-serial eksternal untuk pengunggahan firmware. Sebaliknya, NodeMCU mengintegrasikan modul ESP8266 ke dalam papan pengembangan ringkas yang mencakup fitur-fitur tambahan seperti mikrokontroler internal, konektivitas Wi-Fi, dan antarmuka komunikasi USB-ke-serial terintegrasi. Akibatnya, pemrograman NodeMCU hanya memerlukan kabel data USB standar mirip dengan yang dipakai untuk telepon pintar Android sehingga menghilangkan kebutuhan akan kabel yang rumit atau perangkat keras tambahan.

1. Sejarah NodeMCU

Asal usul NodeMCU terkait erat dengan peluncuran ESP8266, yang diluncurkan oleh *Espressif Systems* pada tanggal 30 Desember 2013. Espressif mulai memproduksi ESP8266, sebuah *System-on-Chip (SoC)* Wi-Fi yang dilengkapi

prosesor Tensilica Xtensa LX106 terintegrasi. Pengembangan NodeMCU dimulai pada tanggal 13 Oktober 2014, ketika Hong mengunggah versi awal firmware NodeMCU ke *GitHub*. Sekitar dua bulan sesudahnya, proyek tersebut berkembang menjadi platform perangkat keras dengan kontribusi Huang R. berupa berkas dari papan pengembangan ESP8266, yang dikenal sebagai DevKit v0.9.

Selanjutnya, pada akhir bulan yang sama, Tn. PM berhasil memindahkan pustaka klien MQTT dari Contiki ke platform System-on-Chip ESP8266 dan mengintegrasikannya ke dalam proyek NodeMCU, yang memungkinkan dukungan untuk protokol IoT MQTT melalui skrip Lua. Perkembangan signifikan berikutnya terjadi pada tanggal 30 Januari 2015, ketika Devsaurus memindahkan pustaka grafis u8glib ke platform NodeMCU, yang memfasilitasi kompatibilitas dengan layar LCD, OLED, dan VGA. Hasilnya, proyek NodeMCU terus berkembang, didorong oleh kontribusi komunitas sumber terbuka. Pada musim panas tahun 2016, proyek tersebut mencakup sekitar 40 modul fungsional, yang menyediakan perangkat serbaguna bagi pengembang yang disesuaikan dengan berbagai kebutuhan aplikasi.

2. Tegangan Kerja

ESP8266 beroperasi sesuai dengan standar tegangan JEDEC, yang membutuhkan tegangan suplai sebesar 3,3V. Sebaliknya, mikrokontroler AVR dan sebagian besar papan Arduino memakai level logika TTL 5V. Meskipun simpul unit mikrokontroler (MCU) bisa diberi daya melalui suplai 5V melalui port micro USB atau pin Vin pada papan, penting untuk mengetahui bahwa pin I/O ESP8266 tidak toleran terhadap 5V. Menerapkan sinyal 5V secara langsung ke pin ini bisa mengakibatkan kerusakan permanen pada perangkat. Untuk berinteraksi dengan

tegangan yang lebih tinggi secara aman, disarankan untuk memakai konverter level logika yang menurunkan tegangan dari 5V ke level 3,3V yang aman.

3. Versi NodeMCU

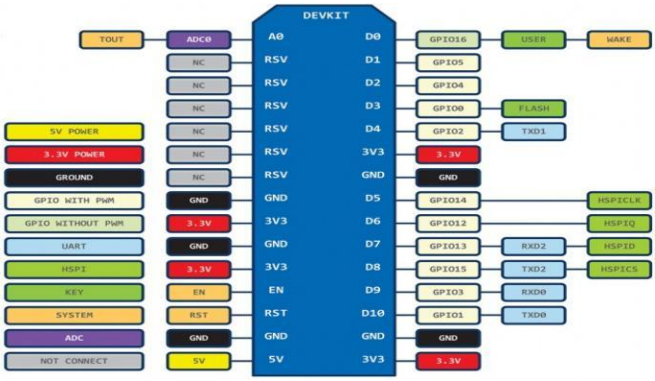
Beberapa pengguna awal masih agak bingung dengan keberadaan beberapa papan NodeMCU. Mengingat fondasinya sebagai sumber terbuka, wajar saja jika banyak produsen sudah mengembangkan dan memproduksi berbagai variasi platform tersebut. Saat ini, tiga produsen utama *Amica*, *DOIT*, dan *Lolin/WeMos* menawarkan versi NodeMCU mereka di pasaran. Ini termasuk beberapa varian papan, terutama versi V1, V2, dan V3.

- **Generasi pertama / *board* v.0.9 (Biasa disebut V1)**



Gambar 2. 1 NodeMCU Devkit v0.9

Board versi 0.9, yang secara umum disebut di pasaran sebagai V.1, ialah iterasi awal perangkat ini, yang memiliki dimensi 47mm x 31mm. Board ini dilengkapi dengan inti ESP-12 dan memiliki memori flash sebesar 4MB. Berikut ini ialah diagram pinout terperinci untuk board v.0.9



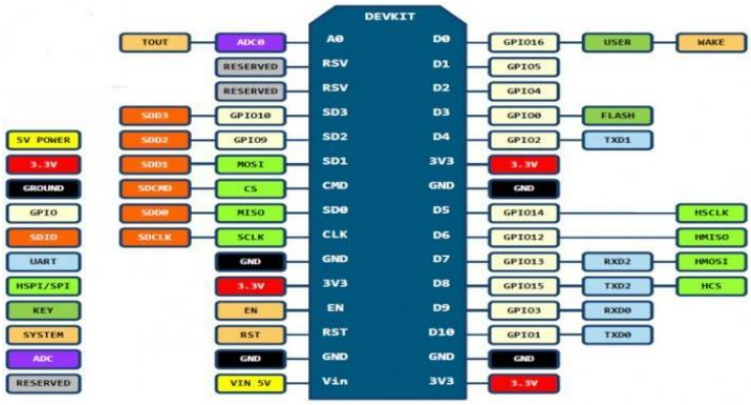
Gambar 2. 2 Skematik posisi pin nodemcu devkit v1

- **Generasi kedua / *board* v 1.0 (biasa disebut V2)**



Gambar 2. 3 NodeMCU Devkit v2,0

Generasi kedua ialah kemajuan evolusioner atas pendahulunya, yang menampilkan chip mikrokontroler yang ditingkatkan dari ESP12 ke ESP12E yang lebih canggih. Selain itu, sirkuit terpadu antarmuka serial sudah dialihkan dari CH340 ke CP2102 yang lebih tangguh, sehingga meningkatkan kinerja dan kompatibilitas secara keseluruhan



Gambar 2. 4 Skematik posisi pin nodemcu devkit v2

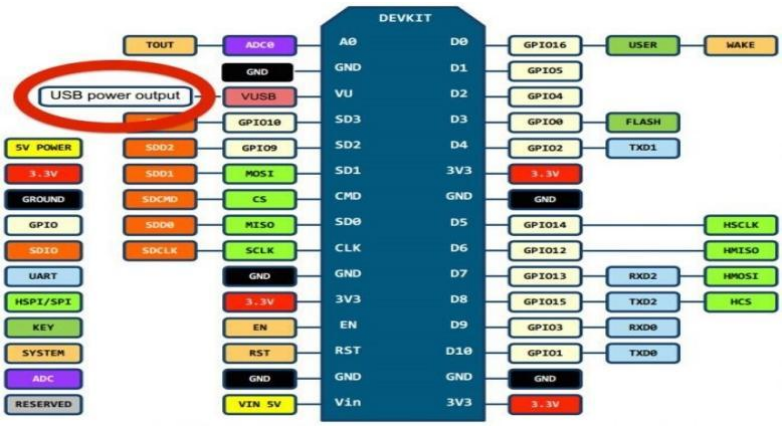
- **Generasi ketiga / *board* v 1.0 (biasa disebut V3 Lolin)**



Gambar 2. 5 NodeMCU Devkit v3,0

Mengenai V3, penting untuk dicatat bahwa ini bukanlah versi yang dirilis secara resmi oleh NodeMCU. Pada saat postingan ini ditulis, belum ada versi V3 resmi yang tersedia oleh proyek NodeMCU. Sebutan V3 mengacu pada varian yang dikembangkan oleh produsen LoLin, yang menampilkan penyempurnaan kecil dibandingkan model V2, termasuk klaim antarmuka USB yang lebih cepat

.



Gambar 2. 6 Skematik posisi Pin NodeMcu Dev Kit v3

Berikut tabel perbandingan dari ketiga versi di atas :

Tabel 2. 1 Perbandingan Versi NodeMCU

Spesifikasi	NodeMCU		
	0.9	1.0 (Official board)	1.0 (Unofficial board)
Vendor Pembuat	Amica	Amica	LoLin
Tipe ESP8266	ESP12	ESP-12E	ESP-12E
USB port	Micro Usb		
GPIO Pin	11	13	13
ADC	1 pin (10 bit)		
Usb to Serial Converter	CH340G	CP2102	CH340G
Power Input	5 Vdc		
Ukuran Module	47 x 31 mm	47 x 24 mm	57 x 30 mm

Ketiga varian ini diharapkan akan berevolusi dan berkembang seiring waktu karena sifatnya yang *open-source*. Kemungkinan besar, dalam beberapa bulan atau tahun sesudah artikel ini dipublikasikan, versi-versi tambahan akan muncul dan beredar. Ke depannya, kita akan memulai eksplorasi praktis NodeMCU DevKit, dimulai dengan pengaturan lingkungan dan prosedur flashing firmware. Perangkat NodeMCU generasi ketiga bukanlah rilis ESP8266 resmi; melainkan, ini ialah versi modifikasi yang dikembangkan oleh produsen LoLin, yang menggabungkan beberapa penyempurnaan yang konon meningkatkan kinerja dan kecepatan dibandingkan dengan iterasi sebelumnya. Modul generasi ketiga ini sudah memperoleh adopsi yang luas saat ini, terutama mengingat bahwa versi-versi sebelumnya sekarang jarang dipakai. Modul NodeMCU secara tradisional memakai Lua sebagai bahasa pemrograman default-nya. Namun, bagi mereka yang tidak terbiasa dengan Lua, sepenuhnya mungkin untuk memprogram perangkat memakai

bahasa C melalui Arduino IDE, seperti biasa. Pinout V.1 dengan ESP-12E memakai driver USB CP212.

Spesifikasi dari nodemcu ESP-12E **:**

- Ukuran flash: 4Mbyte
- Seperangkat alat yang bagus untuk mengembangkan ESP8266
- Tidak perlu mengunduh pengaturan ulang
- ESP8266 memiliki IO Pin
- Tipe Drive: Driver H-bridge ganda berdaya tinggi
- Suhu kerja: -40 Deg ~ + 125 Deg
- Tumpukan protokol TCP / IP bawaan untuk mendukung beberapa koneksi Klien TCP (5 MAX)
- Tegangan antarmuka komunikasi: 3.3V.
- Jenis antena: Tersedia antena PCB internal.
- Standar nirkabel 802.11 b / g / n
- WiFi di 2.4GHz, mendukung mode keamanan WPA / WPA2
- Mendukung tiga mode operasi STA / AP / STA + AP
- D0 ~ D8, SD1 ~ SD3: dipakai sebagai GPIO, PWM, IIC, dll.,
- Kemampuan driver port 15mA
- AD0: 1 saluran ADC
- Input daya: 4.5V ~ 9V (10VMAX), bertenaga USB
- Saat ini: transmisi kontinu: 70mA (200mA MAX), Siaga: 200uA
- Kecepatan transfer: 110-460800bps
- Mendukung antarmuka komunikasi data UART / GPIO

- Pembaruan firmware jarak jauh (OTA)
- Mendukung Smart Link Smart Networking

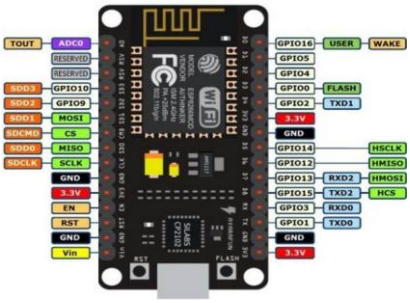
Spesifikasi NodeMCU ESP8266

Spesifikasi NodeMCU ESP8266 yang terbaru ialah yakni.

- PCB Antenna
- Clock Speed: 80 MHz
- SRAM: 64 KB
- Flash Memory: 4 MB
- I2Cs: 1
- SPIs: 1
- Miktrokontroler: Tensilica 32-bit RISC CPU Xtensa LX106
- Tegangan operasi: 3.3V
- Tegangan Masukan: 7-12V
- Pin Digital I/O (DIO): 16
- Pin Analog Input (ADC): 1
- UARTs: 2

Pin NodeMCU ESP8266

Penempatan pin untuk NodeMCU ialah yakni.



Gambar 2. 7 Diagram Pinout ESP8266

Keterangan:

Micro-USB	:	Secara umum diasumsikan bahwa fungsi ini dikenal luas. Peran utamanya ialah sebagai sumber daya yang bisa disuplai melalui port USB. Selain itu, fungsi ini umumnya dipakai untuk mengirimkan sketsa atau memantau komunikasi serial memakai monitor serial dalam lingkungan Arduino IDE.
3.3V	:	Berfungsi sebagai catu daya untuk berbagai perangkat. Sistem ini menyediakan tiga port 3,3V yang sering kali diberi label 3V; namun, penting untuk dicatat bahwa tegangan sebenarnya masih 3,3V
GND	:	Ground berfungsi sebagai titik referensi dengan tegangan nol atau potensial negatif, yang memungkinkan arus mengalir sesuai dengan itu.
Vin	:	Sumber daya eksternal bisa memengaruhi output semua pin. Untuk memanfaatkannya secara efektif, sambungkan ke sumber tegangan berkisar antara 7 hingga 12 volt.
EN, RST	:	PIN berfungsi sebagai mekanisme pengaturan ulang untuk program mikrokontroler.
A0	:	Pin analog, dipakai untuk akuisisi sinyal analog.

GPIO 1–16 : Pin yang berfungsi sebagai antarmuka input dan output, yang mampu membaca dan mengirimkan data secara analog.

SD1,CMD, SD0,CLK : Pin SPI ditujukan untuk komunikasi Serial Peripheral Interface, dipakai untuk menyinkronkan penerimaan bit melalui sinyal clock.

TXD0, RXD0,TXD2,RXD2 : Dalam protokol komunikasi UART, pasangan transmisi data utama terdiri dari TXD0 yang dipasangkan dengan RXD0 dan TXD2 yang dipasangkan dengan RXD2. Selain itu, TXD1 ditujukan khusus untuk pengunggahan firmware dan program.

SDA, SCL (I2C Pins) : Dipakai untuk device yang membutuhkan I2C.

Dukungan Fungsi NodeMCU ESP8266

NodeMCU ESP8266 ialah platform pengembangan Internet of Things (IoT) yang dibangun berdasarkan modul Wi-Fi ESP8266. Platform ini memungkinkan para peneliti dan pengembang untuk membuat dan memprogram aplikasi IoT dengan memakai bahasa skrip Lua atau Lingkungan Pengembangan Terpadu (IDE) Arduino, yang memfasilitasi pembuatan prototipe dan penerapan perangkat yang serbaguna dan efisien.

NodeMCU ESP8266 memiliki berbagai macam fungsi yang bisa dijalankan, yakni:

1. Membangun koneksi nirkabel untuk perangkat IoT ke jaringan Wi-Fi lokal dan memfasilitasi transmisi data ke platform cloud seperti Firebase atau AWS IoT Core untuk penyimpanan dan analisis.
2. Memanfaatkan protokol MQTT atau HTTP untuk mengelola dan mengatur perangkat IoT secara efisien, termasuk sistem pencahayaan, kipas angin, dan sensor.
3. Menjalankan protokol jaringan fundamental termasuk TCP, UDP, dan HTTP untuk memfasilitasi transmisi dan komunikasi data.
4. Memperoleh data dari berbagai sensor termasuk suhu, kelembapan, tekanan, dan deteksi gerakan dan mengirimkan informasi ini ke penyimpanan cloud atau mengarsipkannya dalam basis data lokal.
5. Tingkatkan sistem dengan mengintegrasikan mekanisme kontrol aktuator eksternal, seperti motor stepper dan servo, untuk memungkinkan pengembangan aplikasi IoT yang lebih maju dan rumit.
6. Mengembangkan logika pemrograman yang canggih atau aturan otomatisasi cerdas untuk perangkat IoT yang memanfaatkan platform seperti Node-RED atau IFTTT.
7. Mengawasi perangkat IoT secara terus-menerus untuk mengumpulkan data komprehensif mengenai status operasional dan metrik kinerjanya, termasuk waktu aktif, konektivitas jaringan, dan penggunaan memori.
8. Mengembangkan aplikasi seluler atau berbasis web yang membangun komunikasi dengan perangkat IoT.

Fitur NodeMCU ESP8266 yang luas membuatnya sangat cocok untuk pengembangan dan pembuatan prototipe berbagai perangkat Internet of Things (IoT), memungkinkan konektivitas internet yang lancar dan kemampuan kendali jarak jauh.

5. Modul relay

Modul *relay* berfungsi sebagai perangkat elektromekanis yang memanfaatkan prinsip elektromagnetik untuk mengaktifkan kontaktor, sehingga mengubahnya antara kondisi ON dan OFF melalui penerapan energi listrik. Pembukaan dan penutupan kontaktor digerakkan oleh induksi magnetik yang dihasilkan dalam kumparan elektromagnetik, yang membedakan relai dari sakelar konvensional. Tidak seperti sakelar manual, yang memerlukan intervensi fisik untuk mengubah kondisi, relai mengotomatiskan proses ini melalui aliran arus listrik, yang memungkinkan kontrol jarak jauh atau otomatis.

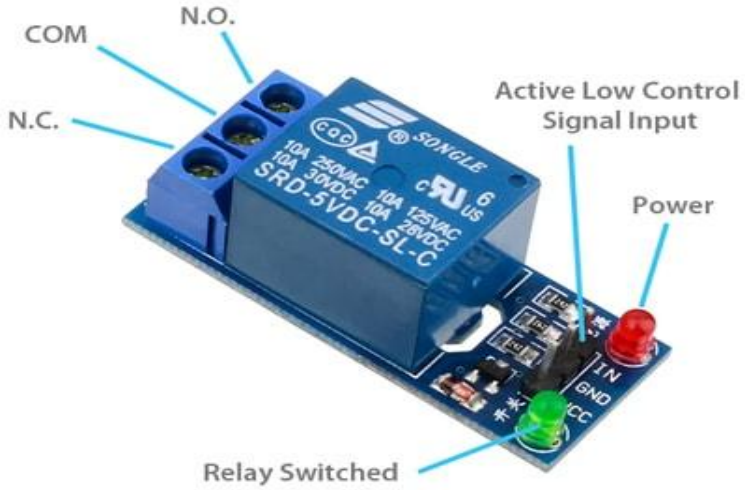
Pada dasarnya, fungsi modul relai ialah sebagai sakelar listrik, di mana relai akan beroperasi secara otomatis berdasarkan perintah logika yang diberikan. Relai DC 5 Volt terutama dipakai dalam proyek-proyek yang salah satu komponennya memerlukan tegangan tinggi atau arus bolak-balik (AC). Penggunaan relai yang lebih spesifik meliputi:

- Menerapkan operasi logika dan rutinitas kontrol yang memanfaatkan platform mikrokontroler seperti Arduino
- Suatu metode untuk mengatur level tegangan tinggi dengan hanya memanfaatkan sinyal tegangan rendah

- Mengurangi kemungkinan fluktuasi dan penurunan tegangan
- Memungkinkan penggunaan fungsi penundaan waktu atau fungsi *time delay function*
- Memberikan perlindungan untuk komponen yang berdekatan terhadap lonjakan tegangan yang bisa menyebabkan korsleting.
- Optimalkan desain sirkuit untuk meningkatkan kesederhanaan dan efisiensinya.

Secara umum kondisi atau posisi pada *relay* terbagi menjadi dua,yakni:

- **NC (*Normally Close*)**, Kondisi awal mengacu pada keadaan di mana relai tetap tertutup karena tidak adanya arus listrik.
- **NO (** ai tetap dalam konfi



Gambar 2. 8 Skema Kerja Relay

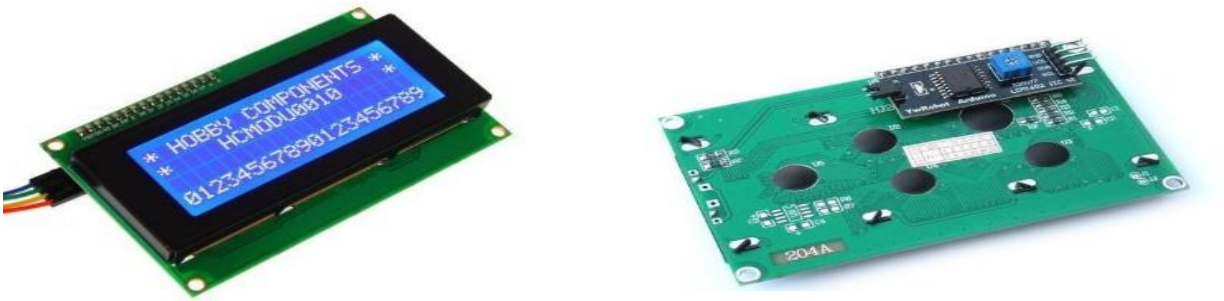
Berdasarkan skema relai yang digambarkan di atas, berikut ini memberikan ikhtisar terperinci tentang tiga pin penting yang harus pahami:

- **COM (*Common*),** Ini ialah pin yang harus dihubungkan ke salah satu dari dua ujung kabel yang dimaksudkan untuk dipakai.

- **NO (*Normally Open*),** Pin berfungsi sebagai konektor krusial yang menentukan posisi terbuka awal kabel atau pemutusan total, memastikan kontrol yang tepat dan keamanan dalam pengoperasian sistem.
- **NC (*Normally Close*),** Pin menyambungkan kabel dengan aman, menetapkan posisi tertutup awal atau suplai, memastikan pengoperasian yang andal dan sambungan mulus untuk kinerja sistem yang optimal.

6. Liquid Crystall Display 20x4

LCD (*Liquid Crystal Display*) ialah teknologi tampilan yang memakai molekul kristal cair sebagai media utama untuk keluaran visual. LCD sudah dipakai secara luas di berbagai aplikasi, termasuk perangkat media elektronik seperti televisi, kalkulator, dan monitor komputer.



Gambar 2. 9 LCD Character Display 20x4 dengan modul I2C

Layar yang dipakai ialah LCD karakter 20x4 yang terintegrasi dengan modul antarmuka I2C, yang memfasilitasi akses dan kontrol yang lebih efisien bagi para programmer. Pemanfaatan protokol I2C secara signifikan mengurangi jumlah pin Arduino yang diperlukan; khususnya, hanya empat pin yang diperlukan: SCL, SDA, VCC, dan GND. Pilihan desain ini mengoptimalkan penggunaan pin dan menyederhanakan keseluruhan proses pemasangan kabel dan implementasi.

1. Sistem dan Material LCD 20x4

   Liquid Crystal Display (LCD) terdiri dari lapisan bahan organik yang terletak di antara substrat kaca transparan, yang dilengkapi dengan elektroda indium tin oxide (ITO) yang disusun sebagai segmen, dan lapisan elektroda di bawahnya. Sesudah tegangan listrik diterapkan ke elektroda ini, molekul kristal cair di dalam lapisan organik tersebut kembali sejajar sebagai respons terhadap medan listrik, sehingga memodulasi tampilan layar

   Lapisan LCD ini terdiri dari beberapa strata, termasuk filter polarisasi vertikal depan dan filter polarisasi horizontal belakang, dengan lapisan reflektif yang diposisikan selanjutnya. Cahaya yang dipantulkan terhalang oleh molekul-molekul yang sudah menyelaraskan diri, sehingga segmen yang diaktifkan tampak lebih gelap. Daerah yang gelap ini secara kolektif membentuk karakter yang diinginkan.

2. Memori LCD 20 x 4

   Di dalam modul LCD, mikrokontroler berfungsi sebagai pengontrol tampilan karakter. Mikrokontroler ini terintegrasi dengan komponen memori dan register khusus. Mikrokontroler internal LCD memanfaatkan sumber daya memorinya sendiri untuk beroperasi:

   a. **DDRAM (Display Data Random Access Memory)**

      Ini ialah area penyimpanan dan pemrosesan yang ditujukan untuk karakter yang ingin ditampilkan.

   b. **CGRAM (Character Generator Random Access Memory)**

      Ini ialah kerangka konseptual yang menggambarkan pembentukan pola

karakter, yang tetap bisa beradaptasi dan bisa dimodifikasi sesuai dengan preferensi.

c. **CGROM (Character Generator Read Only Memory)**

Memori ini berfungsi untuk menentukan pola karakter yang sudah tertanam secara permanen oleh produsen LCD. Akibatnya, pengguna hanya bisa mengakses pola tersebut melalui alamat memori yang sudah ditentukan dan tidak bisa mengubah karakter dasar yang tersimpan dalam memori CGROM.

3. Register pada LCD 20x4

LCD memakai dua jenis register berbeda untuk memfasilitasi fungsi kontrolnya sebagai konstruktor karakter:

a. **Register perintah** Secara khusus, ini merujuk pada register yang menyimpan perintah yang dikeluarkan dari mikrokontroler ke LCD selama fase transfer data.

b. **Register data** Secara khusus, register yang ditujukan untuk memfasilitasi transfer data ke atau dari DDRAM, bergantung pada alamat yang sudah ditetapkan sebelumnya.

4. Konfigurasi Pin LCD 20 x 4

Beriku ialah konfigurasi kaki-kaki LCD karakter 20x4 untuk mengkoneksikannya ke *board* arduino:

Tabel 2. 2 Konfigurasi Pin LCD 20x4

Pin No	Symbol	Details
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	D0 to D7	Data
15	VB1	Backlight +5V
16	VB0	Backlight ground

7. I2C (*inter integrated circuit*)

inter integrated circuit *(I2C)*, standar komunikasi serial dua kabel yang diadopsi secara luas, secara khusus dirancang untuk kontrol dan transfer data yang efisien antara sirkuit terpadu. Pada dasarnya, sistem I2C terdiri dari dua jalur komunikasi utama: *Serial Clock Line* (SCL), yang bertanggung jawab untuk menyinkronkan transfer data, dan *Serial Data Line* (SDA), yang mentransmisikan data aktual. Saluran ini memfasilitasi komunikasi yang andal dan tersinkronisasi antara perangkat I2C dan sistem pengontrolnya.



Gambar 2. 10 LCD Modul I2C

Perangkat yang terintegrasi ke dalam jaringan komunikasi I2C bisa beroperasi dalam peran master atau slave. Perangkat master memulai transfer data dengan membuat kondisi mulai dan berhenti, serta menyediakan sinyal jam yang diperlukan untuk sinkronisasi. Sebaliknya, perangkat slave merespons perintah master dan diidentifikasi di bus melalui alamat unik yang ditetapkan oleh master.

Berikut ini ialah beberapa prasyarat untuk menjalankan transfer data pada bus I2C: pertama, transmisi data hanya bisa terjadi saat bus bebas dan tidak terlibat dalam komunikasi lain; kedua, selama transfer, keadaan jalur SDA harus tetap stabil selama jalur SCL tetap dalam keadaan logika tinggi. (Rudi Hartono, 2016).

8. Sensor Suhu DHT22

Suhu ialah ukuran kuantitatif yang mencerminkan derajat panas atau dinginnya suatu benda. Pada tingkat mikroskopis, suhu menandakan jumlah energi yang dimiliki oleh partikel-partikel dalam suatu zat. Setiap atom dalam suatu benda terus bergerak, baik berosilasi atau bergetar di tempat. Semakin tinggi energi partikel-partikel atom ini, semakin tinggi suhu benda tersebut. Untuk menentukan suhu, alat yang disebut termometer dipakai. Menurut Sistem Satuan Internasional (SI), satuan standar suhu ialah Kelvin (K). Namun, skala suhu lainnya juga umum dipakai, termasuk Celsius, Fahrenheit, dan Rankine. Di Indonesia, skala Celsius dominan dipakai; pada skala ini, 0 °C sesuai dengan titik beku air, sementara 100 °C menandai titik didihnya pada tekanan atmosfer standar. Skala Celsius dan Kelvin berhubungan langsung, dengan peningkatan satu derajat pada skala Celsius setara dengan peningkatan satu Kelvin. Perbedaan utama terletak pada titik nol mereka; Secara khusus, ketika skala Celsius memperlihatkan 0°C, skala Kelvin

bersesuaian dengan 273,15 K. Akibatnya, mengubah suhu dari Celsius ke Kelvin melibatkan penambahan 273,15 pada nilai Celsius.

Sensor DHT22 dipakai untuk mengukur nilai suhu dan kelembapan. Untuk menghubungkan sensor ini dengan Arduino, beberapa komponen tambahan—terutama resistor—diperlukan untuk mengondisikan sinyal tegangan yang diterima oleh sensor. Pada perangkat yang dibuat, modul sensor DHT22 yang sudah dirakit sebelumnya dipakai, yang memudahkan integrasi langsung dengan papan Arduino Uno. DHT22 terdiri dari dua elemen penginderaan utama: sensor kelembapan kapasitif, yang mendeteksi tingkat kelembapan dengan memantau perubahan kapasitansi yang disebabkan oleh molekul air di udara, dan sensor suhu yang dibuat dari bahan semikonduktor. Komponen suhu berfungsi dengan memanfaatkan variasi resistansi intrinsik dalam semikonduktor, yang memungkinkan pengukuran suhu yang tepat melalui perubahan resistansi listrik.

Komponen semikonduktor dalam sensor suhu dan kelembapan memperoleh parameter lingkungan masing-masing dan mengirimkan pembacaan digitalnya secara bersamaan ke mikrokontroler Wemos. Latensi transfer data antara pengukuran suhu dan kelembapan sangat minimal—kurang dari 40 milidetik—sehingga pembacaan muncul hampir bersamaan. Untuk memfasilitasi transmisi data digital, mikrokontroler awalnya mengirimkan hasil pengukuran suhu, diikuti segera oleh data kelembapan, yang memastikan pengiriman data yang tersinkronisasi. (Abdul Kadir, 2017).



Gambar 2. 11 Sensor Suhu DHT22

1. Supply Voltage : 5V
2. Temperature Range : -40-80° / resolution 0.1°C / error < ± 0.5°C
3. Humidity Range : 0-100%RH / resolution 0.1%RH error±2%RH Size : 38 x 20mm.

B. Kajian Terdahulu

Pada penelitian kali ini, peneliti memperoleh referensi dari beberapa peneliti yang terdahulu yang mengunakan system yang hampir sama. Adapun kajian terdahulu yakni ;

Penelitian yang dilakukan oleh Farhan, Alya Previa Mufidah (2022) yang berjudul "Sistem Pengendali Pendingin Ruangan dan *Monitoring* Suhu Memakai *Bot* Telegram", Studi ini melibatkan pengembangan prototipe yang dirancang untuk memfasilitasi kendali jarak jauh dan pemantauan suhu sistem pendingin udara yang memanfaatkan mikrokontroler NodeMCU ESP8266, modul Wi-Fi serbaguna. Sistem ini memakai LED IR sebagai pemancar sinyal dan menggabungkan sensor suhu DHT22 untuk pembacaan lingkungan yang akurat. Fungsionalitas kontrol bisa diakses melalui aplikasi telepon pintar, khususnya melalui platform Telegram. Evaluasi eksperimental memperlihatkan latensi rata-rata sekitar 124 milidetik antara transmisi perintah dan eksekusi. Selain itu, kemampuan pemantauan suhu sistem sudah dinilai dalam berbagai kondisi operasional.

Penelitian yang dilakukan oleh Akip Maulana Ibrahim, Didik Setiyadi (2021) dengan judul "*Prototype* Pengendalian Lampu dan AC Jarak Jauh dengan Jaringan Internet Memakai Aplikasi Telegram Berbasis NodeMCU ESP8266" Studi ini berupaya mengembangkan sistem kontrol yang memanfaatkan teknologi jaringan internet, khususnya memanfaatkan aplikasi Telegram untuk menjalankan fungsi kontrol. Sistem ini mencakup empat fitur utama: kontrol lampu individual, yang memungkinkan menyalakan satu lampu; kontrol lampu agregat, yang memungkinkan aktivasi semua lampu secara bersamaan; kontrol pendingin udara (AC), yang memungkinkan pengguna menyalakan atau mematikan AC; dan fitur pemantauan yang menyediakan pembaruan status waktu nyata untuk lampu dan AC, yang memperlihatkan apakah keduanya aktif atau tidak aktif. Temuan ini memperlihatkan bahwa mengintegrasikan Telegram sebagai platform komunikasi meningkatkan kenyamanan pengguna dengan memfasilitasi pemantauan dan kontrol jarak jauh terhadap sistem pencahayaan dan iklim saat mereka jauh dari rumah.

Penelitian yang dilakukan oleh Sugihardi, Solekhan dan Mohammad Dahlan (2022) dengan judul "Sistem *Monitoring* Pemakaian Listrik Memakai LoRa Berbasi Aplikasi". Studi ini berupaya mengembangkan perangkat kontrol yang memanfaatkan teknologi komunikasi nirkabel, khususnya memakai LoRa. Pengujian komprehensif dilakukan untuk menilai jangkauan komunikasi maksimum yang bisa dicapai dengan LoRa. Sesudah pengembangan dan pengoptimalan yang ekstensif, peneliti berhasil menerapkan sistem pemantauan

konsumsi listrik yang memakai teknologi LoRa, yang memperlihatkan kinerja yang efektif dan fungsionalitas yang andal.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Pada studi ini memakai metode (R&D) *Research and Development* dengan mengacu pada referensi yang terdahulu. Dikarenakan metode ini dianggap efektif untuk melaksanakan studi ini.

Dengan memakai metodeologi penelitian R&D , nantinya studi ini akan menghasilkan sistem kendali *On/Off* AC pada tiga ruangan di Gardu Induk PLN. Tahapan yang akan dipakai meliputi *study* literatur, perancangan, pengujian, dan analisis hasil dari penelitian.

B. Lokasi dan Waktu

Studi ini dilakukan di Kantor PLN ULTG Palopo dan waktu pelaksanaan studi ini dilakukan selama 1 bulan dimulai pada bulan Maret 2025 sampai April 2025.

C. Alat dan Bahan

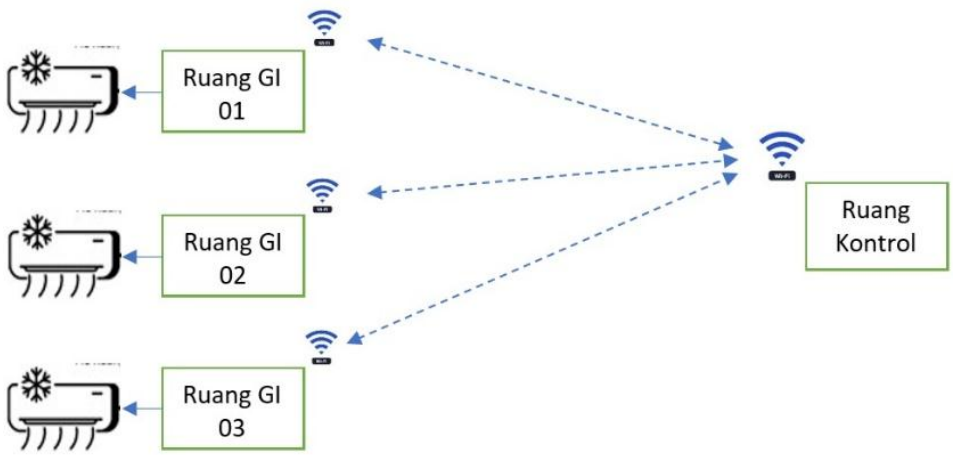
Adapun alat dan bahan yang dipakai dalam melaksanakan studi ini ialah yakni:

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan Penelitian

No	URAIAN
1	ESP8266
2	Modul Relay
3	Modul LCD 20x4 + I2C Driver LCD
4	Switch
5	Sensor Suhu DHT22

D. Rancangan Penelitian

Pada dasarnya, alat yang dibuat dalam tugas akhir ini memiliki 2 (dua) unsur utama yakni, perangkat keras (*hardware*) berupa rangkaian mikrokontroler dan perangkat lunak (*software*) yang berupa *sketch* pada esp8266. Gambar 3.1 ialah bagan rancangan Sistem Monitoring dan Kendali On/Off AC pada Ruang Gardu Induk PLN berbasis ESP8266.



Gambar 3. 1 Perancangan Sistem Kontrol

Pada Gambar 3.1 di atas bisa dijelaskan bahwa ada 3 ruang gardu induk yang akan dikontrol dan dimonitoring serta 1 ruang kontrol terpusat. Pada ruang gardu induk ada sensor suhu untuk mendeteksi suhu ruangan dan sebuah relay untuk On/Off AC. Pada ruang kontrol ada display untuk menampilkan suhu dan status relay dari ketiga ruang gardu induk tersebut. Informasi mengenai suhu ruang

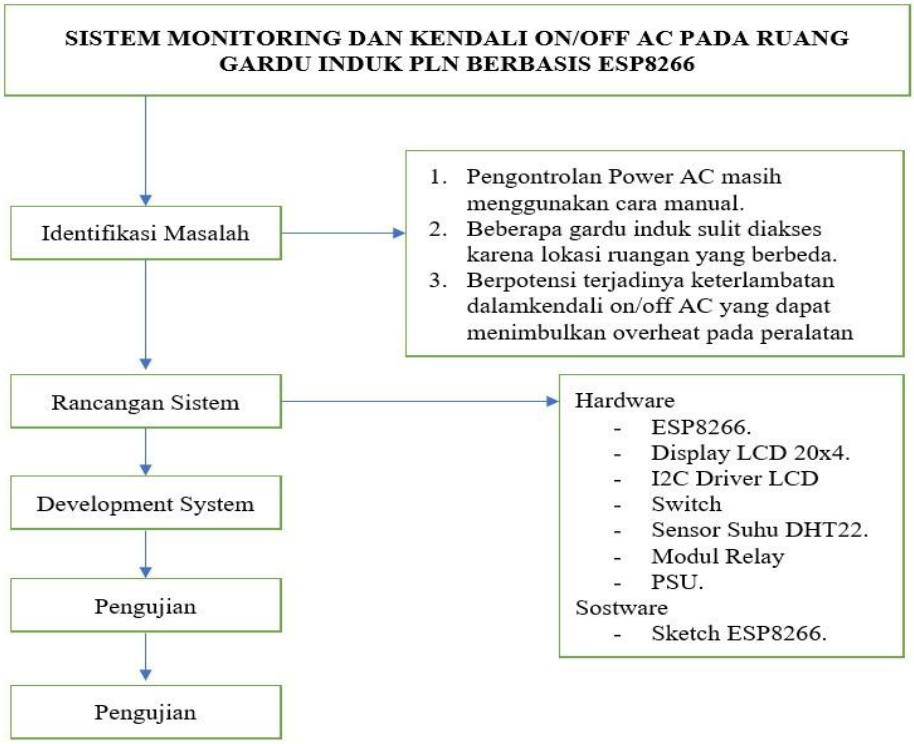
gardu induk diperoleh secara *realtime* melalui jalur transmisi nirkabel wifi. Jika suhu pada ruang gardu induk yang termonitoring di ruang kontrol tidak memadai, maka cukup dengan menekan tombol On/Off masing-masing ruang. Kendali On/Off AC ini dilakukan oleh operator yang ada di ruang kontrol.

E. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan pada studi ini terdiri dari beberapa tahapan, yakni :

1. *Study literature*, tahapan ini dilakukan untuk memahami konsep dasar sistem yang dirancang meliputi *hardware* dan *software*.
2. Pengumpulan alat dan bahan yang dibutuhkan.
3. Perakitan.
4. Pengujian masing-masing komponen/modul
5. Finalisasi system dengan uji keseluruhan system.

F. Kerangka Pikir



Gambar 3. 2 Kerangka Pikir

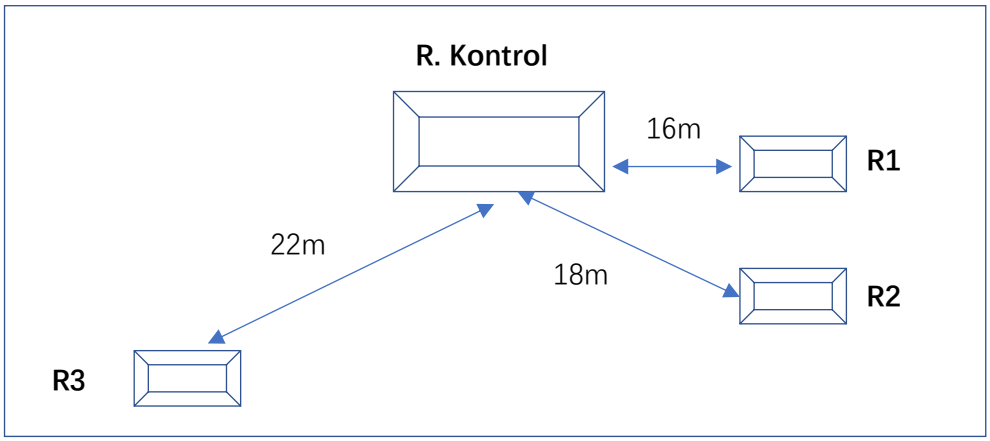
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Seperti yang dijelaskan pada bab sebelum, bahwa ada tiga ruang gardu induk yang akan dikontrol dan dimonitoring serta satu ruang pengontrol. Pada ruang gardu induk yang dimonitoring ialah suhu ruang dan yang dikontrol ialah on/off AC.

Sistem Kendali on/off AC Pada Gardu Induk PLN terdiri dari dua bagian, yakni perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras terdiri dari ESP8266, LCD 20x4, I2C driver LCD, Push Button, Sensor Suhu DHT22, Relay , Led, da Power Supply Unit(PSU).

Posisi ruang kontrol dan tiga ruang gardu induk diperlihatkan dalam gambar berikut ini :



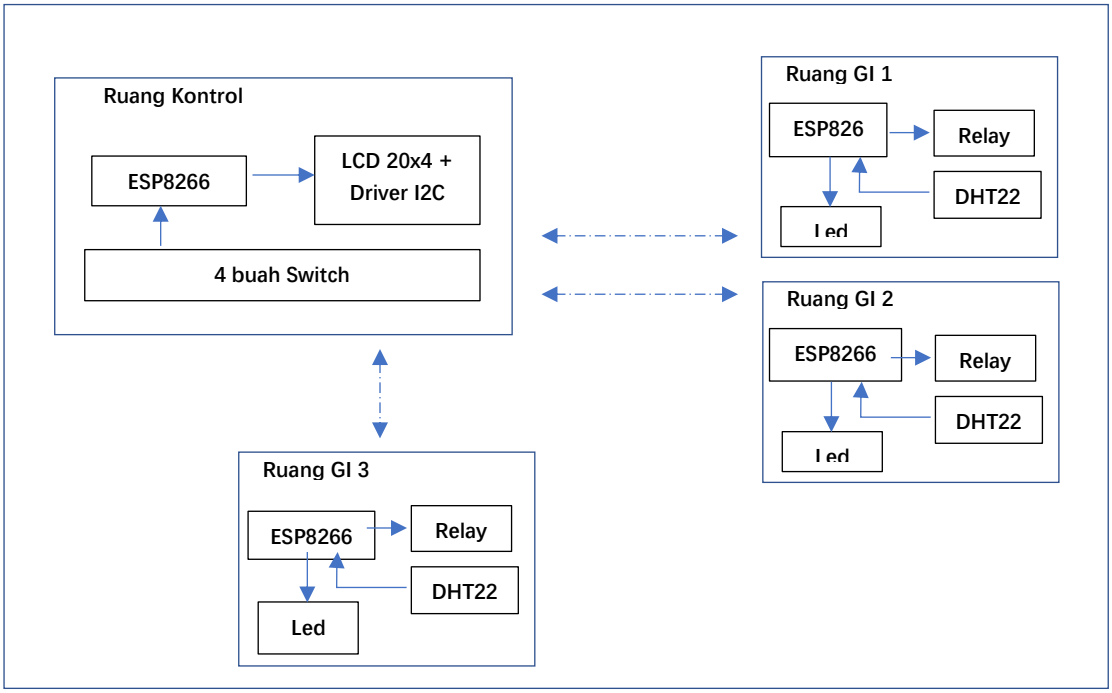
Gambar 4. 1 Posisi Ruang Kontrol dan Ruang Gardu Induk

Dari gambar 4.1 di atas terlihat bahwa terdapat 3 buah ruang GI yang masing-masing berjarak 16m, 18m dan 30m. Dalam satu area terdapat jaringan Wifi yang sama sehingga memungkinkan untuk membangun system nirkabel

dengan menggunakan jaringan wifi ini. Pada masing-masing GI terdapat satu buah pendingin ruangan (AC) merek DAIKIN 2PK dengan daya 1524W. Ketiga AC di ruang GI inilah yang akan dikontrol oleh operator di ruang kontrol.

A. Perancangan Perangkat Keras (hardware)

Pada perancangan perangkat keras ada dua bagian yakni perangkat keras pada ruang pengontrol dan perangkat keras ruang gardu induk. Blok diagram keseluruhan system diperlihatkan dalam gambar di bawah ini.

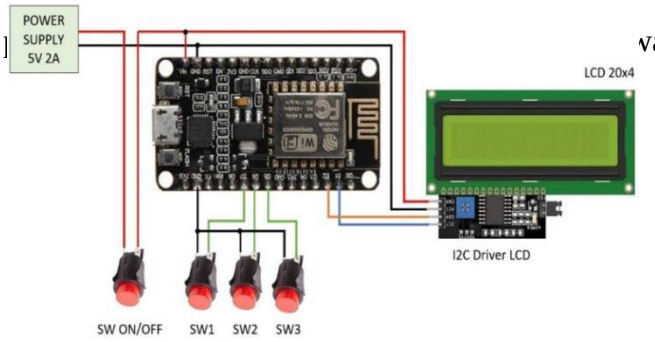


Gambar 4. 2 Blok Diagram Keseluruhan Sistem

Rancangan dari blok diagram tersebut diuraikan sebagai berikut.

a. Perancangan Rangkaian Ruang Pengontrol

Rangkaian Pengontrol terdiri dari 1 buah ESP8266, 1 buah LCD 20x4, 1 buah I2C Driver LCD, 4 buah Switch, dan 1 unit Power Supply. Gambar rangkaian ruang p vah ini.



Gambar 4. 3 Rangkaian Pengontrol

Dari gambar 4.3 terlihat bahwa, I2C driver LCD dikoneksikan langsung dengan LCD 20x4. Pin SDA, SCL, dan GND dari I2C Driver dihubungkan ke pin SDA (D2), SCL(D1), dan GND ESP8266. Pin VCC I2C Driver dan Pin Vin Esp8266 dihubungkan ke Power Supply 5V melalui switch on/off. Untuk pin 1 SW1, SW2, dan SW3 secara berurut dihubungkan ke pin D7, D6, dan D5 ESP8266. Sedangkan pin 2 dari ketiga switch tersebut dihubungkan ke GND ESP8266.

Adapun koneksi pin dan fungsi masing-masing modul/komponen ditunjukkan dalam tabel 4.1 dan 4.2.

Tabel 4. 1 Koneksi Pin antar modul/komponen Rangkaian Kontrol

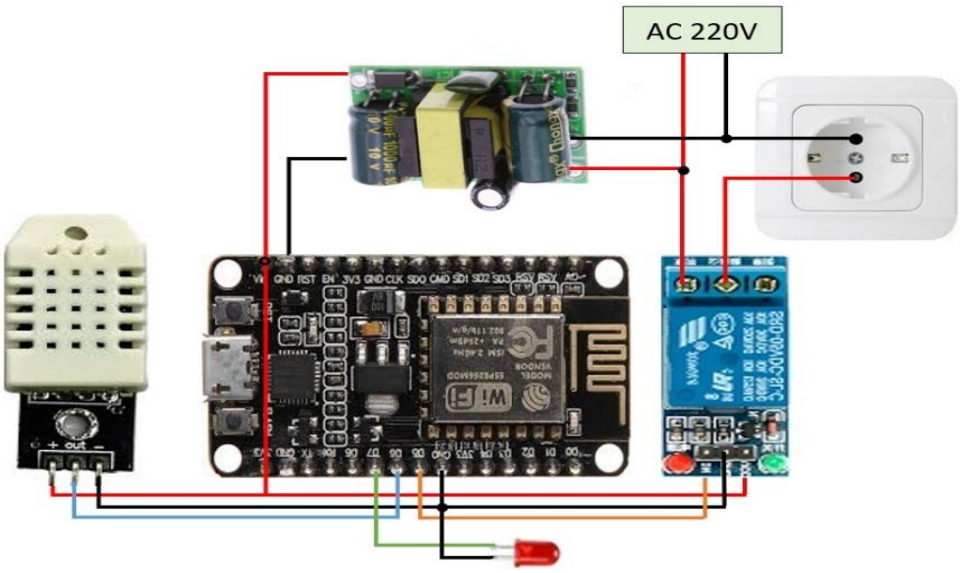
ESP8266	I2C LCD	SW-ON/OFF	SW1	SW2	SW3	PSU
SDA	SDA	-	-	-	-	-
SCL	SCL	-	-	-	-	-
Vin	VCC	2	-	-	-	-
GND	GND	-	2	2	2	GND
-	-	1	-	-	-	+5V
D7	-	-	1	-	-	-
D6	-	-	-	1	-	-
D5	-	-	-	-	1	-

Tabel 4. 2 Fungsi modul/komponen Rangkaian Kontrol

No	Modul/Komponen	Fungsi
1	ESP8266	- Koneksi ke WiFi - Membaca kondisi suhu pada ruang Gardu Induk. - Membaca status SW1, SW2, SW3 (data On/Off AC) - Mengirimkan data suhu dan Status SW ke LCD untuk ditampilkan.
2	LCD 20x4 + I2C Driver	- Menampilkan dan suhu dan status On/Of AC pada ruang Gardu Induk
3	SW On/Off	- Menghubungkan/memutus suplly tegangan ke ESP8266 dan LCD.
4	SW1	- Kendali On/Off AC pada Ruang 1.
5	SW2	- Kendali On/Off AC pada Ruang 2.
6	SW3	- Kendali On/Off AC pada Ruang 3.
7	Power Supply	- Sumber Tegangan +5V untuk ESP8266 dan LCD.

b. Perancangan Rangkaian Ruang Gardu Induk

Rangkaian Ruang Gardu Induk terdiri dari 1 buah ESP8266, 1 buah Sensor Suhu DHT22, 1 buah Modul Relay, 1 buah Stop Kontak, 2 buah led, dan 1 unit Power Supply. Gambar rangkaian ruang pengontrol diperlihatkan dalam gambar 4.4 di bawah ini.



Gambar 4. 4 Rangkaian Ruang Gardu Induk

Dari gambar 4.4 terlihat bahwa, Pin Vcc DHT22, Vcc Modul Relay, dan Vin ESP8266 dihubungkan ke +5V modul Power Supply. Gnd DHT22, Gnd Modul Relay, dan pin Katoda Led dihubungkan ke Gnd ESP8266. Sedangkan Gnd ESP8266 juga dihubungkan dengan (-) Modul Power Suplly. Untuk pin Out DHT22 dihubungkan dengan D6 ESP8266 dan pin In Modul Relay dihubungkan dengan D5 ESP8266. Sumber tegangan 220V dihubungkan langsung ke Input Tegangan Modul Power Supply, sedangkan Stop Kontak terhubung ke tegangan 220V melalui output Modul Relay.

Penentuan relay yang digunakan berdasarkan besarnya daya beban AC yaitu 1524W. Relay yang dipilih adalah 220V-10A. sehingga daya beban maksimum relay sebesar 2200W.

Adapun koneksi pin dan fungsi masing-masing modul/komponen ditunjukkan dalam tabel 4.3 dan tabel 4.4.

Tabel 4. 3 Koneksi Pin antar modul/komponen Rangkaian Ruang Gardu Induk

ESP8266	DHT22	Modul Relay	Led1	Stop Kontak	PSU	220V
Vin	VCC	VCC	-	-	+5V	-
GND	-	-	-	-	Gnd	-
GND	GND	GND	Katoda	-	-	-
D6	Out	-	-	-	-	-
D5	-	IN	-	-	-	-
D7	-	-	Anoda	-	-	-
-	-	OUT1	-	-	L	L
-	-	-	-	N	N	N
-	-	OUT2	-	L	-	-

Tabel 4. 4 Fungsi modul/komponen Rangkaian Ruang Gardu Induk

No	Modul/Komponen	Fungsi
1	ESP8266	- Koneksi ke WiFi - Menyalakan Led1 jika perangkat terhubung ke Wifi. - Menyalakan/mematikan Led2 jika Relay On/Off. - Membaca data suhu DHT22. - Membaca data On/Off Relay AC - Mengirimkan data suhu ke ruang kontrol.
2	DHT22	- Membaca suhu ruang Gardu Induk
3	Modul Relay	- Menghubungkan/memutus sumber listrik 220V ke AC.
4	Led1	- Indikator WiFi terkoneksi
5	Stop Kontak	- Sambungan Listrik Ke AC
6	Power Supply	- Sumber Tegangan +5V untuk ESP8266, DHT22, dan Modul Relay.

Untuk Rangkaian Ruang Gardu Induk dibuat sebanyak 3 set dengan modul/komponen dan pola sambungan yang sama.

B. Perancangan Perangkat Lunak (software)

Pada perancangan perangkat lunak ada dua bagian yakni perangkat lunak pada ruang pengontrol dan perangkat lunak ruang gardu induk. Rancangan kedua bagian tersebut diuraikan yakni

1. Perancangan Perangkat Lunak Ruang Pengontrol

Perangkat lunak ruang pengontrol berfungsi untuk mengendalikan kinerja perangkat keras yang ada di rangkaian ruang pengontrol. Untuk mendukung kinerja perangkat keras yang dimaksud dipakai beberapa library yakni <ESP8266WiFi.h> untuk ESP8266, <Wire.h> dan <LiquidCrystal_I2C.h> untuk display LCD 20x4 dan I2C Driver LCD. Hal yang penting dalam perancangan perangkat lunak ruang kontrol ini ialah format pembacaan data suhu dari tiga ruang gardu induk karena data terbaca secara kontinyu berasal dari tiga sumber yang berbeda maka untuk

membedakannya dipakai format yakni.

x	x1	x2	x3	x4	x5	x6

Dimana x : kode ruang (a=ruang1; b=ruang2; c=ruang3)

x1 .. x6 : data suhu

misalkan data yang dikirim oleh ruang gardu induk ke ruang kontrol ialah b32,74. Ini berarti suhu ruang **gardu induk 2** ialah **32,74 ºC**

Sedangkan untuk menyalakan atau mematikan relay pada ruang gardu induk dipakai format pengiriman data yakni.

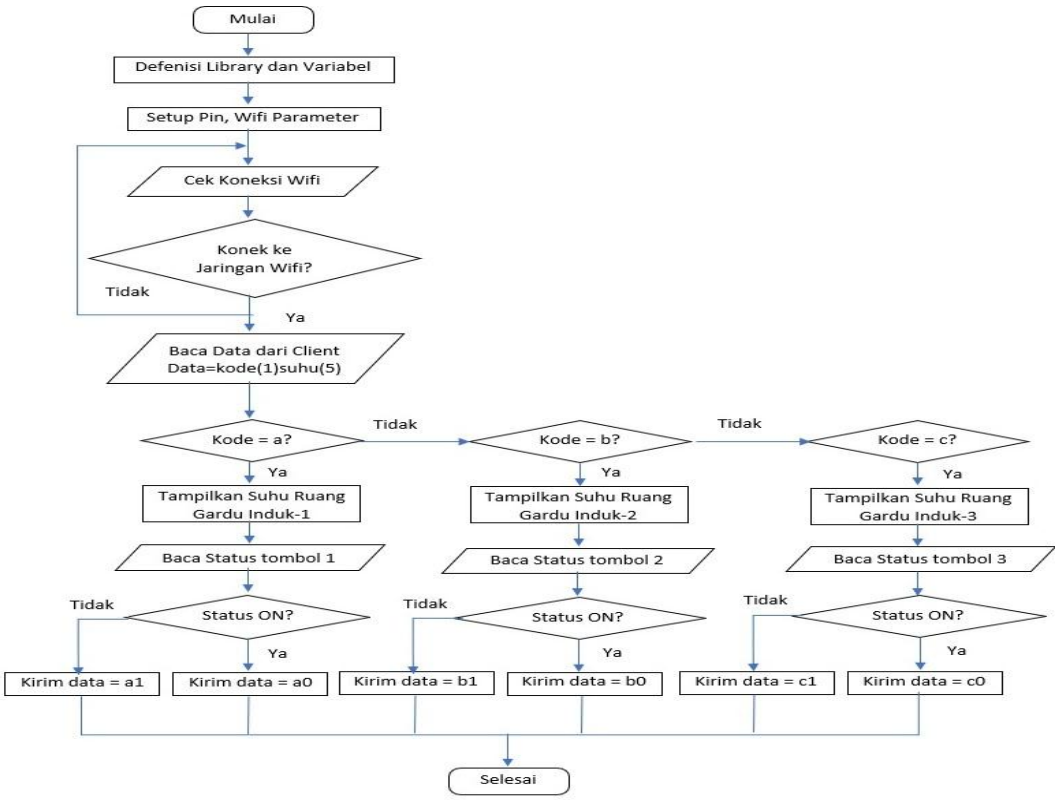
x	x1

Dimana x : kode ruang (a = ruang1; b = ruang2; c = ruang3)

x1 : data on/off relay (0 = ON; 1 = OFF)

misalkan data yang dikirim ke ruang gardu induk ialah a1. Ini berarti perintah untuk mematikan relay pada gardu induk 1.

Adapun flowchart perangkat lunak pada ruang kontrol diperlihatkan dalam



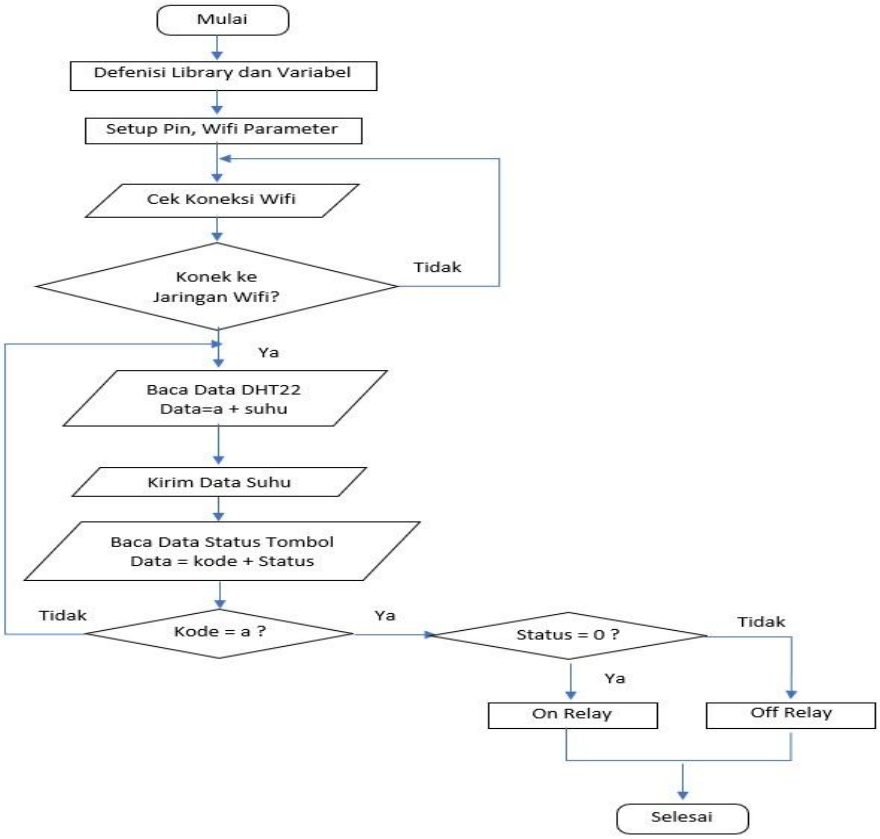
Gambar 4. 5 Flowchart Perangkat Lunak Ruang Kontrol

2. Perancangan Perangkat Lunak Ruang Gardu Induk

Perangkat lunak ruang gardu induk berfungsi untuk mengendalikan kinerja perangkat keras yang ada di rangkaian ruang gardu induk. Untuk mendukung kinerja perangkat keras yang dimaksud dipakai beberapa library yakni <ESP8266WiFi.h> untuk ESP8266 dan <DHT22.h> untuk sensor suhu DHT22.

Hal yang penting dalam perancangan perangkat lunak ruang gardu induk ini ialah format pengiriman data suhu dari tiga ruang gardu induk dan format pembacaan data kendali on/off relay masing-masing ruang gardu induk. Format data tersebut sama dengan yang dipakai pada ruang kontrol.

Adapun flowchart perangkat lunak pada ruang gardu induk diperlihatkan dalam gambar 4.6 berikut ini



Gambar 4. 6 Flowchart Perangkat Lunak Ruang Gardu Induk

Oleh karena ada tiga ruang gardu induk, pada dasarnya flowchart dan perangkat lunak yang dibuat ialah sama, yang berbeda ialah kode masing-masing gardu induk yang ada dalam program yakni a untuk ruang gardu induk 1, b untuk ruang gardu induk 2 dan c untuk ruang gardu induk 3.

Sketch/perangkat lunak pada ruang kontrol dan ruang gardu induk diperlihatkan di lampiran.

C. Pengujian

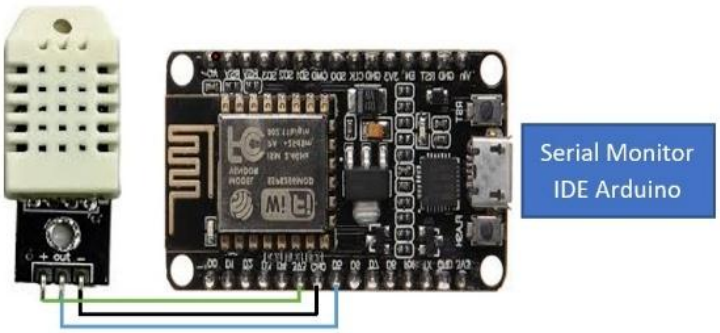
Pengujian dilakukan untuk memastikan komponen/modul maupun sketch yang dipakai bisa berfungsi baik. Dalam rancangan ini dilakukan beberapa pengujian yakni :

1. Pengujian Pembacaan Suhu
2. Pengujian Relay
3. Pengujian LCD
4. Pengujian Tombol Kontrol
5. Pengujian Koneksi Wifi
6. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian-pengujian tersebut di atas diuraikan yakni :

1. Pengujian Pembacaan Suhu

Pengujian Pembacaan suhu bertujuan ntuk memastikan sensor suhu DHT22 yang dipasang pada masing-masing perangkat berhasil membaca suhu ruang. Gambar Rangkaian dan Sketch diperlihatkan sebagai berikut :



Gambar 4. 7 Rangkaian Pengujian Sensor Suhu

Sketch pengujian :

```
#include <DHT22.h>
#define pinDATA  12  //D6
DHT22 dht22(pinDATA);
```

```
float t=0.0;
float h=0.0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  t = dht22.getTemperature();
  Serial.println(t,2);
  delay(1000);
}
```

Pengujian dilakukan dengan merangkai komponen sesuai dengan gambar 4.5, kemudian sketch program dibuat dan diunggah ke dalam board memakai IDE Arduino. Sesudah berhasil terunggah, hasil pembacaan sensor suhu DHT22 diamati dan dicatat melalui Serial Monitor. Proses ini kemudian diulangi untuk perangkat kedua dan ketiga guna memastikan konsistensi hasil pengukuran sensor pada setiap perangkat. Hasil pengujian ditampilkan dalam tabel 4.5 berikut ini;

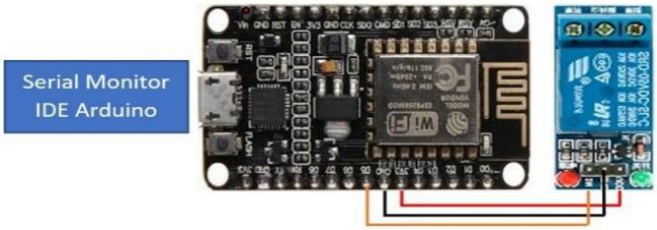
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Sensor DHT22

Perangkat	Sensor Suhu DHT22
Ruang 1	32,00 ºC
Ruang 2	31,97 ºC
Ruang 3	31,85 ºC

Dari hasil pengujian tersebut terlihat bahwa sensor suhu DHT22 sudah berhasil membaca suhu pada masing-masing ruang.

2. Pengujian Relay

Pengujian Relay bertujuanntuk memastikan Relay pada perangkat pada ruang 1, ruang 2, dan ruang 3 berfungsi dengan baik. Gambar Rangkaian dan Sketch diperlihatkan sebagai berikut.



Gambar 4. 8 Rangkaian Pengujian Relay

Sketch pengujian :

```
#define pinRelay 14  //D5

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(pinRelay, OUTPUT);
}
void loop() {
  digitalWrite(pinRelay, LOW);
  delay(4000);
  digitalWrite(pinRelay, HIGH);
  delay(4000);
}
```

Pengujian dilakukan dengan cara merakit rangkaian sesuai dengan gambar 4.8, sketch program dibuat dan diunggah ke modul ESP8266 memakai IDE Arduino. Program dijalankan, dilakukan pengukuran tegangan pada pin D5 serta pencatatan status relay yang aktif atau tidak. Langkah-langkah ini diulangi pada perangkat kedua dan ketiga untuk memperoleh data pembanding dan memastikan fungsi relay bekerja dengan baik pada tiap perangkat. Hasil pengujian ditampilkan dalam tabel 4.6 berikut ini

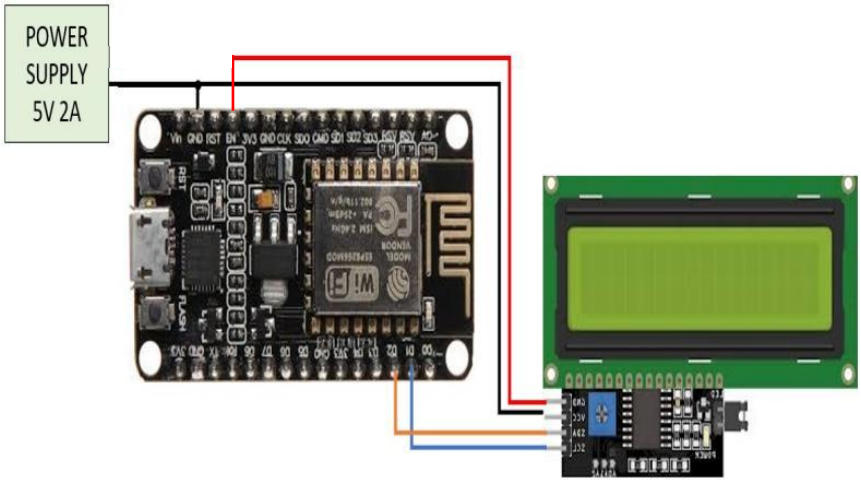
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Relay

Perangkat	Data ke pin D5	Tegangan pin D5	Status Relay
Ruang 1	LOW HIGH	0,00V 3,68V	OFF ON
Ruang 2	LOW HIGH	0,02V 3,70V	OFF ON
Ruang 3	LOW HIGH	0,00V 3,69V	OFF ON

Dari hasil pengujian tersebut terlihat bahwa Relay pada masing-masing perangkat sudah sudah berfungsi dengan baik. Untuk logika 0 (LOW), tegangan pada pin D5 esp8266 berada dikisaran 0 – 0,02V yang menyebabkan relay OFF. Sedangkan untuk logika 1 (HIGH) tegangan pada pin D5 ESP8266 ada dikisaran 3,68V – 3,7V yang menyebabkan Relay ON.

3. Pengujian LCD

Pengujian LCD bertujuan untuk memastikan LCD 20x4 berhasil menampilkan teks yang dikirim. Gambar Rangkaian dan Sketch diperlihatkan sebagai berikut.



Gambar 4. 9 Rangkaian Pengujian LCD

Sketch pengujian :

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);

void setup()
{
   Serial.begin(9600);
   lcd.init();
   lcd.init();
   lcd.backlight();
   lcd.clear();
   lcd.setCursor(0,0);  lcd.print("_________ Sta Suhu C");
   lcd.setCursor(0,1);  lcd.print("Ruang 1 : -   -");
   lcd.setCursor(0,2);  lcd.print("Ruang 2 : -   -");
   lcd.setCursor(0,3);  lcd.print("Ruang 3 : -   -");
}
```

```
void loop() {

}
```

Pengujian dilakukan dengan merangkai komponen sesuai dengan gambar 4.9, sketch yang telah program dibuat dan diunggah ke board melalui IDE Arduino. Saat perangkat aktif dan program berjalan, tampilan pada LCD akan menampilkan hasil dan didokumentasikan dengan pengambilan gambar untuk mencatat hasil visual dari proses pengujian. Hasil pengujian ditampilkan dalam gambar 4.8 berikut ini

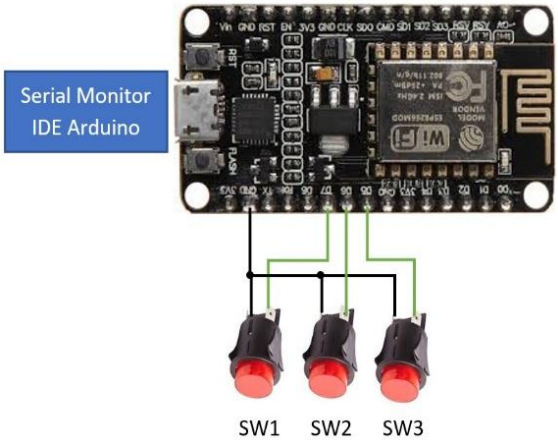


Gambar 4. 10 Hasil Pengujian LCD 20x4

Dari hasil pengujian di atas terlihat bahwa LCD berfungsi dengan baik dengan berhasil menampilkan teks sesuai yang dituliskan di sketch.

4. Pengujian Tombol Kontrol

Pengujian tombol control bertujuan untuk memastikan tombol-tombol pada perangkat kontrol berfungsi dengan baik. Gambar Rangkaian dan Sketch diperlihatkan sebagai berikut.



Gambar 4. 11 Rangkaian Pengujian Tombol

Sketch pengujian :

```
int pRg1 = 13;
int pRg2 = 12;
int pRg3 = 14;

void setup() {
   Serial.begin(9600);
   pinMode(pRg1, INPUT_PULLUP);
   pinMode(pRg2, INPUT_PULLUP);
   pinMode(pRg3, INPUT_PULLUP);
}

void loop() {
  if (digitalRead(pRg1)==0) {
         Serial.println("Tombol ruang 1 : 0");
  } else {
      Serial.println("Tombol ruang 1 : 1");
    }

  if (digitalRead(pRg2)==0) {
      Serial.println("Tombol ruang 2 : 0");
  } else {
      Serial.println("Tombol ruang 2 : 1");
    }

  if (digitalRead(pRg3)==0) {
      Serial.println("Tombol ruang 3 : 0");
  } else {
      Serial.println("Tombol ruang 1 : 1");
    }
}
```

Pengujian dimulai dengan merakit rangkaian sesuai gambar 4.11, sketch program dibuat dan diunggah ke ESP8266 memakai IDE Arduino. Tombol/SW 1 ditekan, kemudian dilakukan pengukuran dan pencatatan tegangan pada pin D7 serta data biner yang muncul pada Serial Monitor. Selanjutnya, tombol dilepas dan kembali

dilakukan pengukuran tegangan serta pencatatan data biner. Prosedur ini diulangi untuk perangkat kedua dan ketiga guna memastikan respon sistem terhadap input tombol bekerja secara konsisten. Hasil pengujian ditampilkan dalam tabel 4.7 berikut ini

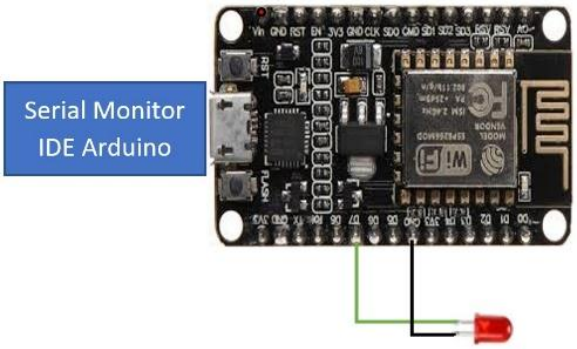
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Tombol Kontrol

Perangkat	Status Tombol	Tegangan	Pin	Data Biner
Ruang 1	ditekan tdk ditekan	0,00V 3,60V	D7	0 1
Ruang 2	ditekan tdk ditekan	0,00V 3,67V	D6	0 1
Ruang 3	ditekan tdk ditekan	0,00V 3,67V	D5	0 1

Dari hasil pengujian di atas terlihat bahwa jika tombol ditekan (On) maka tegangan pada pin D5 ESP8266 ialah 0V dan data digital ialah logika 0 (LOW). Sedangkan jika tidak ditekan/dilepas (Off) maka tegangan pada pin D5 berada dikisaran 3,60V – 3,67V dan data digital ialah logika 1 (HIGH). Adanya logika terbalik dari status tombol kontrol dengan output data logika yang dihasilkan disebabkan karena pendefenisian mode pin D5 ialah INPUT_PULLUP.

5. Pengujian Koneksi Wifi

Pengujian koneksi wifi bertujuan untuk memastikan bahwa ESP8266 bisa terkoneksi ke jaringan Wifi. Gambar Rangkaian dan Sketch dipelihatkan sebagai berikut.



Gambar 4. 12 Rangkaian Pengujian Koneksi Wifi

Sketch pengujian :

```
#include <ESP8266WiFi.h>;
char ssid[] = "xxxxxxxx";
char pass[] = "12345678";
IPAddress server(111,111,1,11);
WiFiClient client;

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  WiFi.mode(WIFI_STA);
  WiFi.begin(ssid, pass);

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
      digitalWrite(pinLed,HIGH);
      delay(200);
      digitalWrite(pinLed,LOW);
      delay(200);
    }
  digitalWrite(pinLed,HIGH);
}

void loop() {

}
```

Pengujian dilakukan dengan merakit rangkaian sesuai gambar 4.12, kemudian sketch program dibuat dan diunggah ke board memakai IDE Arduino. Sesudah perangkat dijalankan, kondisi LED koneksi diamati dan dicatat untuk mengetahui status konektivitas perangkat selama proses pengujian. Hasil pengujian ditampilkan dalam tabel 4.8 berikut ini

Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Koneksi Wifi

Perangkat	Power Supply	Led Koneksi	Status
Ruang 1	Off On On	Padam Blink (kedip) Nyala	- Belum terhubung Terhubung
Ruang 2	Off On On	Padam Blink (kedip) Nyala Tanpa Kedip	- Belum terhubung Terhubung
Ruang 3	Off On On	Padam Blink (kedip) Nyala Tanpa Kedip	- Belum terhubung Terhubung

Dari hasil pengujian di atas terlihat bahwa, untuk kenoksi perangkan ke jaringan wifi sudah berfungsi dengan baik yang ditandai dengan led koneksi akan berkedip jika perangkat sedang berusaha untuk koneksi ke internet. Jika perangkat sudah terkoneksi, maka led akan menyala tanpa kedip.

6. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan system bertujuan untuk melihat unjuk kerja keseluruhan system yang dirancang. Pada pengujian ini alat dan bahan yang dibutuhkan :

- 1 buah access point
- 3 unit perangkat untuk ruang gardu induk.
- 1 unit perangkat untuk ruang kontrol.
- 3 buah lampu led 5W sebagai indicator ON/OFF AC.

Sketch pengujian :

- Untuk peralatan kontrol, lampiran a.
- Untuk peralatan ruang 1, lampiran b1.
- Untuk peralatan ruang 2, lampiran b2.

- Untuk peralatan ruang 3, lampiran b3.

Pengujian dilakukan dengan menyalakan Access Point terlebih dahulu, kemudian seluruh tombol kontrol (SW1, SW2, SW3) pada peralatan kontrol dimatikan. Sesudah itu, peralatan kontrol dinyalakan dan dibiarkan hingga terkoneksi dengan jaringan WiFi. Selanjutnya, peralatan pada ruang 1, 2, dan 3 juga dinyalakan dan ditunggu hingga terhubung ke jaringan WiFi. Data suhu yang dikirim oleh peralatan di masing-masing ruang diamati dan dicatat melalui tampilan pada LCD peralatan kontrol. Status lampu di tiap ruang juga diamati dan dicatat. Tombol SW1, SW2, dan SW3 kemudian ditekan secara bergantian maupun bersamaan, dan pengamatan suhu serta status lampu diulang untuk setiap kombinasi penekanan tombol. Hasil Pengujian diperlihatkan dalam tabel berikut.

Tabel 4. 9 Hasil Uji Keseluruhan Sistem

Perangkat Kontrol		**Perangkat Ruang**
SW	**Suhu Ruang :**	**Status Lampu Ruang :**
1 = On 2 = Off 3 = Off	1 = 32,27 2 = 31,59 3 = 32,67	1 = Nyala 2 = Padam 3 = Padam
1 = Off 2 = On 3 = Off	1 = 32,54 2 = 31,55 3 = 32,47	1 = Padam 2 = Nyala 3 = Padam
1 = Off 2 = Off 3 = On	1 = 32,28 2 = 31,56 3 = 32,64	1 = Padam 2 = Padam 3 = Nyala
1 = On 2 = On 3 = Off	1 = 32,27 2 = 32,15 3 = 32,67	1 = Nyala 2 = Nyala 3 = Padam
1 = Off 2 = On 3 = On	1 = 32,33 2 = 32,13 3 = 32,67	1 = Padam 2 = Nyala 3 = Nyala
1 = On 2 = On 3 = On	1 = 32,57 2 = 32,48 3 = 32,62	1 = Nyala 2 = Nyala 3 = Nyala

Dari hasil pengujian di atas terlihat bahwa, peralatan pada masing-masing ruang gardu induk sudah berhasil mengirimkan data suhu ke ruang kontrol secara *real-time* melalui jaringan wifi yang ditampilkan melalui display LCD. Selain itu, On/Off relay lampu/AC sudah berhasil dikendalikan melalui ruang kontrol melalui indikator lampu. Adapun untuk jarak maksimal wifi yang dapat dijangkau 24 meter.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

- ESP8266 sebagai piranti IoT bisa difungsikan untuk membaca dan mengirim data ke satu atau beberapa ESP8266 lainya melalui jaringan wifi.
- Berdasarkan hasil pengujian, Perancangan Sistem Kendali ON/OFF AC Pada Tiga Ruangan Gardu Induk PLN sudah bisa diwujudkan dengan memakai DHT22, Relay, dan ESP8266 baik pada ruang control maupun ruang gardu induk dengan jalur komunikasi nirkabel Wifi.

B. Saran

- Untuk pengembangan selanjutnya, bisa dilakukan kendali On/Off AC pada ruang Gardu Induk dengan koneksi internet agar bisa diakses melalui aplikasi berbasis android maupun web.
- Untuk pengembangan selanjutnya, bisa dilakukan kendali On/Off AC ruang Gardu Induk secara otomatis.
- Sistem kendali dapat dibuat secara otomatis dengan menetapkan nilai ambang (threshold) suhu ruangan, sehingga On/Off AC dapat bekerja secara otomatis berdasarkan parameter suhu yang telah ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

Akip. M. I, Didik. S. (2021). Prototype Pengendalian Lampu dan AC Jarak Jauh dengan Jaringan Internet Memakai Aplikasi Telegram Berbasis NodeMCU ESP8266. *Infotech*. 7(1): 27.

Arief, S., Gerald, D. A., M Andra, A., M Izdhihar, B. W., Muhammad, N. F., Mulil, K., Muhammad, E. (2022). Internet of Things. *OJS UNIDA*. 1(6): 861-862.

Chusnul, N. R. C., & Roviati, E. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Protista dan Fungi Melalui Bot Aplikasi Telegram (Development of Learning Media for Protists and Fungi through Telegram Application Bot) Chendra Wibawa dalam penelitiannya yang berjudul " The Design And Implementation Of. BIODIK: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi, 07, 61–69.

Farhan, Alya. P.M. (2022). *Sistem Pengendali Pendingin Ruangan dan Monitoring Suhu Memakai Bot Telegram*. Skripsi tidak dipublikasikan. Makassar: Universitas Hasanuddin.

Heri, K., Rizky, P., Haidar, A. K., Dimas, A. S. (2021). Pemanfaatan Bot Telegram Sebagai E-Learning Ujian Berbasis File. *Jurnal Informatika Polinema*. 7(4): 65–72.

Infinite Level Tech. (2025). *Mari Kita Berkenalan dengan Modul LoRa*. Diperoleh dari: https://www.infinitelevel.tech/mari-kita-berkenalan-dengan-modul-lora. (Diakses 15 Februari 2025).

Iswahyudhi, U. T., Firman, J., Dadang, W. (2021). Analisa Dukungan Internet of Things (IoT) terhadap Peran Intelejen dalam Pengamanan Daerah Maritim Indonesia Wilayah Timur. *JTMI*. 7(1): 30.

Muhammad, I. W., Lily, S. P., Sartje, S. (2021). Analisa Kinerja Transformator Distribusi Kawanua Emerald City – Amethyst. *UNSRAT Repository*. 3.

Mulyanto, A. D. (2020). Pemanfaatan Bot Telegram Untuk Media Informasi Penelitian. *Matics*, 12(1): 49

Paun, D. (2014). Gardu Distribusi. *Scribd*. 2-7.

Rika, Y., Lilik, S. H., Udik, Y. (2023). Media Learning Telegram Bot. *JRPE*. 8(1): 78-79.

Sugihardi, Solekhan, Mohammad Dahlan (2022). Sistem Monitoring Pemakaian Listrik Memakai LoRa Berbasis Aplikasi. Jurnal ELKON, Vol.2