



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**RANCANG BANGUN SISTEM PERINGATAN PENCEGAHAN
PEMUTUSAN DAYA LISTRIK MENGGUNAKAN ANTENA
MICROSTRIP RECTANGULAR ARRAY 2x1 2,4 GHZ**

**“Perancangan Alat IoT Untuk Sistem Pencegahan Pemutusan
Daya Listrik Di Rumah”**

**TUGAS AKHIR
POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Nur’Azizah Ananda Praptiwi

2303332065

**PROGRAM STUDI TELEKOMUNIKASI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**RANCANG BANGUN SISTEM PERINGATAN PENCEGAHAN
PEMUTUSAN DAYA LISTRIK MENGGUNAKAN ANTENA
MICROSTRIP RECTANGULAR ARRAY 2X1 2,4 GHZ**

**“Perancangan Alat IoT Untuk Sistem Pencegahan Pemutusan
Daya Listrik Di Rumah”**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Diploma Tiga

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Nur'Azizah Ananda Praptiwi

2303332065

**PROGRAM STUDI TELEKOMUNIKASI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir ini Adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan benar.

Nama : Nur'Azizah Ananda Praptiwi

NIM : 2303332065

Tanda Tangan : 

Tanggal : 2 Juli 2026

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir diajukan oleh:

Nama : Nur'Azizah Ananda Praptiwi
NIM : 2303332065
Program Studi : Telekomunikasi
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Sistem Peringatan Pencegahan Pemutusan Daya Listrik Menggunakan Antena *Microstrip* Rectangular Array 2x1 2,4 GHz

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada 2 Juli 2026 dan dinyatakan **LULUS**.

Pembimbing I : Shita Fitria Nurjihan, S.T., M.T.
NIP. 199206202019032028

(.....)

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**
Depok, 17 Juli 2026

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr. Murie Dwiyaniti, S.T., M.T.
NIP. 197803312003122002



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT. Karena atas berkat dan Rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Peringatan Pencegahan Pemutusan Daya Listrik Menggunakan Antena Microstrip Rectangular Array 2x1 2,4 GHz”. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Diploma Tiga Politeknik.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, darim asa perkuliahan sampai pada penyusunan tugas akhir ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Shita Fitria Nurjihan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral.
3. Divina Velda Faesa Bayu selaku rekan tugas akhir yang mau berjuang dan membantu bersama selama kuliah hingga kelulusan.
4. Teman-teman TTC'23 serta sahabat yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Akhir kata, penulis berharap kepada Allah SWT. berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tugas akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 26 Maret 2026

Penulis

Nur'Azizah Ananda Praptiwi



RANCANG BANGUN SISTEM PERINGATAN PENCEGAHAN PEMUTUSAN DAYA LISTRIK MENGGUNAKAN ANTENA *MICROSTRIP* RECTANGULAR ARRAY 2X1 2,4 GHZ

“Perancangan Alat IoT Untuk Sistem Pencegahan Pemutusan Daya Listrik Di
Rumah”

Abstrak

Penggunaan peralatan listrik berdaya besar secara bersamaan pada rumah tangga pelanggan pascabayar sering menyebabkan lonjakan beban yang memicu Miniatur Circuit Breaker (MCB) memutuskan aliran listrik secara otomatis. Permasalahan tersebut terjadi karena belum tersedianya sistem yang mampu memantau konsumsi daya listrik secara real time serta memberikan peringatan dini sebelum terjadi beban berlebih di rumah tangga. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan merealisasikan sistem peringatan pencegahan pemutusan daya listrik berbasis Internet of Things (IoT) yang mengintegrasikan antena microstrip rectangular array 2×1 pada frekuensi 2,4 GHz untuk mempercepat dan menstabilkan transmisi data. Sistem ini dilengkapi dengan empat sensor PZEM-004T, ESP32-U, modul RTC DS3231, relay, LED dan buzzer. Data pemakaian listrik akan dibaca oleh sensor dan dikirim ke Firebase Realtime Database menggunakan koneksi WiFi. Pengujian dilakukan dengan memasang beban listrik solder, catokan hairdryer dan kompor listrik ke setiap stop kontak, sampai sistem mendapatkan 3 kondisi, yakni: normal, warning dan overload. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berfungsi dengan baik, pada saat sistem diatur ke pemakaian 900 VA dengan 80% batas warning, pada kondisi normal saat pemakaian listrik sebesar < 720 VA, saat warning daya terbaca ≥ 720 VA dan saat kondisi overload terbaca sebesar ≥ 900 VA. Saat kondisi sistem warning, sistem akan memberikan peringatan dengan LED kuning berkedip dan buzzer berbunyi putus-putus, sedangkan saat terjadi kondisi overload, LED kuning mati, LED merah sistem akan menyala, buzzer berbunyi selama 10 detik dan LED merah stop kontak yang diputus akan menyala. Seluruh data tersebut akan dikirim ke Firebase secara real time.

Kata kunci: Antena Microstrip, Daya Listrik, ESP32-U, IoT, PZEM-004T

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN ELECTRICAL POWER
DISCONNECTION PREVENTION WARNING SYSTEM USING A 2.4 GHz 2X1
RECTANGULAR MICROSTRIP ARRAY ANTENNA**

“Design Of An IoT Device For An Electrical Power Disconnection Prevention System At Home”

Abstract

The Simultaneous Use of High-Power Electrical Appliances in Postpaid Household Customers Often Causes Load Surges That Trigger the Miniature Circuit Breaker (MCB) to Automatically Cut Off the Electricity Supply. This problem occurs because there is no system available that can monitor real-time electrical power consumption and provide early warnings before an overload occurs in the household. This research aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based electrical power disconnection prevention warning system that integrates a 2×1 rectangular microstrip array antenna operating at a frequency of 2.4 GHz to accelerate and stabilize data transmission. The system is equipped with four PZEM-004T sensors, an ESP32-U, an RTC DS3231 module, relays, LEDs, and a buzzer. Electrical usage data is read by the sensors and sent to the Firebase Realtime Database via a WiFi connection. Testing was carried out by connecting a soldering iron, a hair curler, a hairdryer, and an electric stove load to each outlet until the system reached three conditions: normal, warning, and overload. The test results show that the system functions properly; when the system is set to a usage capacity of 900 VA with an 80% warning threshold, the normal condition occurs when power usage is below 720 VA, the warning condition is triggered when the reading reaches ≥ 720 VA, and the overload condition is triggered at ≥ 900 VA. During the warning condition, the system issues an alert through a blinking yellow LED and an intermittent buzzer sound, while during the overload condition, the yellow LED turns off, the system's red LED turns on, the buzzer sounds for 10 seconds, and the red LED of the disconnected outlet turns on. All of this data is sent to Firebase in real time.

Keywords: *Microstrip Antenna, ESP32-U, Electrical Power, IoT, PZEM-004T*



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iv
KATA PENGANTAR.....	v
Abstrak.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Luaran	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1. IoT (<i>Internet of Things</i>)	3
2.2. WiFi 2,4 GHz.....	3
2.3. ESP32	3
2.4. PZEM 004T – 100A	4
2.5. Modul RTC DS3231	4
2.6. Relay 5V.....	5
2.7. Buzzer	6
2.8. Arduino IDE dan Bahasa Pemrograman Arduino IDE	6
2.9. Power Supply.....	8
2.10. Sistem Kelistrikan Rumah Tangga	8
2.11. Parameter Kelistrikan	9
2.11.1. Tegangan (<i>voltage</i>).....	9
2.11.2. Arus Listrik (<i>Current</i>).....	10
2.11.3. Daya Listrik (<i>Power</i>)	11
2.11.4. Energi Listrik	11
2.11.5. Frekuensi.....	12
2.11.6. Faktor Daya (<i>Power Factor</i>).....	12

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.12. <i>Quality of Service (QoS)</i>	13
2.12.1. <i>Throughput</i>	13
2.12.2. <i>Packet loss</i>	14
2.12.3. <i>Delay</i>	15
2.13. <i>Firestore</i>	15
BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI	17
3.1. <i>Rancangan Alat</i>	17
3.1.1. <i>Deskripsi Alat</i>	17
3.1.2. <i>Cara Kerja Alat</i>	18
3.1.3. <i>Spesifikasi Alat</i>	21
3.1.4. <i>Diagram Blok</i>	22
3.1.4. <i>Rancangan ESP32 dan PZEM-004T</i>	23
3.1.5. <i>Rancangan ESP32 dan Buzzer</i>	24
3.1.6. <i>Rancangan ESP32 dan Relay</i>	25
3.1.7. <i>Rancangan ESP32 dan RTC</i>	25
3.1.8. <i>Rancangan Printed Circuit Board (PCB)</i>	26
3.1.9. <i>Rancangan Rumah Instalasi</i>	27
3.2. <i>Flowchart ESP32 Slave</i>	28
3.3. <i>Flowchart ESP32 Master</i>	29
3.4. <i>Realisasi Alat</i>	30
3.4.1. <i>Realisasi Pemrograman ESP32</i>	30
3.5.1. <i>Realisasi Printed Circuit Board (PCB)</i>	35
BAB IV PEMBAHASAN	37
4.1. <i>Pengujian Koneksi Wifi dengan Antena Yang Terintegrasi Dengan Sistem</i>	37
4.1.1. <i>Deskripsi Pengujian</i>	37
4.1.2. <i>Prosedur Pengujian</i>	38
4.1.3. <i>Data Hasil Pengujian</i>	39
4.1.4. <i>Analisis Data/Evaluasi</i>	44
4.2. <i>Pengujian Koneksi ESP32 dengan WiFi dan Firestore</i>	46
4.2.1. <i>Deskripsi Pengujian</i>	46
4.2.2. <i>Posedur Pengujian</i>	46
4.2.3. <i>Data Hasil Pengujian</i>	46
4.2.4. <i>Analisis Data / Evaluasi</i>	47
4.3. <i>Pengujian QoS Pengiriman Data ke Firestore</i>	48



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.3.1. Deskripsi Pengujian	48
4.3.2. Prosedur Pengujian	48
4.3.3. Data Hasil Pengujian	49
4.3.4. Analisis Data / Evaluasi	50
4.4. Pengujian Sensor PZEM-004T	50
4.4.1 Deskripsi pengujian	50
4.4.2 Prosedur pengujian	51
4.4.3 Data hasil pengujian.....	51
4.4.4 Analisis data / evaluasi	51
4.5. Pengujian Kinerja Keseluruhan Sistem	52
4.5.1. Deskripsi Pengujian	52
4.5.2. Prosedur Pengujian	52
4.5.3. Data Hasil Pengujian	53
4.5.4. Analisis Data / Evaluasi	54
BAB V KESIMPULAN.....	56
5.1. Kesimpulan	56
5.2. Saran	57
DAFTAR PUSTAKA.....	58
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	59
LAMPIRAN.....	60



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. ESP-32U	4
Gambar 2. 2 Sensor PZEM-004T A	4
Gambar 2. 3. Modul RTC DS3231	5
Gambar 2. 4. Modul Relay 5V	5
Gambar 2. 5. Buzzer Active High	6
Gambar 2. 6. Power Supply	8
Gambar 3. 1. Flowchart Kerja Sistem	18
Gambar 3. 2. Diagram Blok Sistem Monitoring Daya Listrik	22
Gambar 3. 3. Skematik Koneksi ESP32-U dengan Sensor PZEM-004T	23
Gambar 3. 4. Skematik ESP32-U dengan Buzzer	24
Gambar 3. 5. Skematik ESP2-U dengan Relay	25
Gambar 3. 6. Skematik ESP2-U dengan RTC	26
Gambar 3. 7. Layout PCB Double Layer untuk Sistem Monitoring Daya Listrik	27
Gambar 3. 8. Desain Awal Rumah	27
Gambar 3. 9. Flowchart Pemograman ESP32 Slave	29
Gambar 3. 10. Flowchart Pemograman ESP32 Master	30
Gambar 3. 11. Hasil PCB Dengan Header Dan Terminal Block	36
Gambar 4.1. Pengujian LoS Tanpa Antena	41
Gambar 4.2. Pengujian Obstacle Tanpa Antena	44

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Spesifikasi Komponen.....	21
Tabel 3. 2. Tabel Koneksi pin ESP32-U dengan Sensor PZEM-004T.....	24
Tabel 3. 3. Koneksi pin ESP32-U dengan Buzzer	24
Tabel 3. 4. Koneksi pin ESP32-U dengan Relay	25
Tabel 3. 5. Koneksi pin ESP32-U dengan RTC	26
Tabel 4. 1. Pengujian dengan antena microstrip 2,4 GHz.....	39
Tabel 4. 2. Pengujian dengan antena router 2,4 GHz.....	40
Tabel 4. 3. Pengujian Dengan Antena Microstrip 2,4 GHz.....	42
Tabel 4. 4. Pengujian dengan antena router 2,4 GHz.....	43
Tabel 4. 5. Pengujian koneksi Wifi (sistem menggunakan antena microstrip).....	47
Tabel 4. 6. Hasil Pengujian QoS di Wireshark.....	49
Tabel 4. 7. Tabel Hasil Perhitungan QoS	49
Tabel 4. 8. Hasil Pengukuran konsumsi listrik per stop kontak.....	51
Tabel 4. 9. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem	53

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



DAFTAR LAMPIRAN

L - 1 Realisasi Rumah	60
L - 2 Casing Komponen	61
L - 3 Casing Komponen	62
L - 4 Skematik	63
L - 5 Perancangan Jalur PCB Double Layer	64
L - 6 Realisasi PCB	65
L - 7 Codingan ESP32 Master.....	66
L - 8 Codingan ESP32 Slave.....	113



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penggunaan energi listrik pada pelanggan pascabayar sektor rumah tangga sering meliatkan pengoperasioan beberapa peralatan berdaya besar secara bersamaan, misalnya air conditioner, kulkas, mesin cuci dan pemanas air yang dinyalakan pada waktu yang sama. Kondisi ini dapat menyebabkan menyebabkan lonjakan beban melebihi kapasitas daya terpasang sehingga mengakibatkan *Miniature Circuit Breaker* (MCB) bekerja dengan memutus aliran listrik secara otomatis, Pemutusan ini tidak hanya mengganggu aktivitas pengguna, tetapi juga berpotensi merusak peralatan elektronik yang sedang beroperasi,

Pada sistem kelistrikan konvensional, pelanggan pascabayar tidak memiliki akses informasi konsumsi daya secara *real time* maupun peringatan dini sebelum MCB trip. Keterbatasan ini membuat pengguna tidak dapat mengantisipasi terjadinya beban berlebih sehingga Tindakan pencegahan tidak dapat dilakukan tepat waktu. Untuk mengantisipasi permasalahan tersebut, diperlukan sistem monitoring dan peringatan dini yang mampu memantau arus, tegangan dan daya secara *real time* serta memberikan notifikasi ketika konsumsi daya mendekati atau melebihi batas maksimum.

Dalam mendukung keandalan komunikasi data pada sistem ini, digunakan jaringan WiFi frekuensi 2,4 GHz yang dilengkapi dengan antena microstrip rectangular array 2x1 hasil dari fabrikasi. Antena microstrip dipilih karena memiliki ukuran yang ringkas, bobot ringan, serta mudah diintegrasikan dengan perangkat elektronik. Konfigurasi array 2x1 digunakan untuk meningkatkan gain dibandingkan patch tunggal sehingga kualitas transmisi data menjadi lebih baik dan delay pengiriman informasi ke aplikasi dapat diperkecil (Alam & Nugroho, 2018).

Sistem yang dibangun menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama yang terintegrasi dengan sensor PZEM004T untuk mengukur parameter listrik secara akurat.

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan diatas, didapat permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini ialah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membuat sistem monitoring konsumsi daya listrik di rumah agar tidak *overload*?
2. Bagaimana merealisasikan sistem monitoring konsumsi daya listrik?
3. Bagaimana melakukan pengujian pada sistem monitoring konsumsi daya listrik?

1.3. Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah:

1. Merancang dan membuat sistem monitoring konsumsi daya listrik.
2. Merealisasikan sistem monitoring konsumsi daya listrik.
3. Melakukan pengujian pada sistem monitoring konsumsi daya listrik

1.4. Luaran

Pada tugas akhir ini diperoleh luaran berupa:

1. Alat *monitoring* dan *controlling* untuk mencegah pemutusan penggunaan daya listrik rumah tangga agar tidak *overload*.
2. Laporan Tugas Akhir.
3. Naskah artikel ilmiah pada jurnal nasional terakreditasi.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan pada sistem *SmartWatt*, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Sistem monitoring dan pencegahan pemutusan daya listrik berhasil dirancang menggunakan dua buah ESP32-U sebagai *master* dan *slave*, empat sensor PZEM-004T sebagai pembaca parameter kelistrikan, modul RTC DS3231 sebagai pencatat waktu, relay sebagai pemutus beban, LED dan buzzer sebagai indikator peringatan, serta Firebase *Realtime Database* sebagai media penyimpanan dan sinkronisasi data secara *real-time*. Komunikasi antar ESP32 menggunakan protokol ESP-NOW, sedangkan komunikasi menuju Firebase memanfaatkan koneksi WiFi yang didukung oleh antena *microstrip Rectangular Array* 2×1 pada frekuensi 2,4 GHz. Tujuan perancangan sistem telah tercapai sesuai spesifikasi yang direncanakan
2. Sistem berhasil direalisasikan dan berfungsi sesuai rancangan. Berdasarkan pengujian konsumsi daya pada setiap stopkontak, sensor PZEM-004T mampu membaca parameter kelistrikan berupa tegangan, arus, daya, energi, frekuensi, dan faktor daya secara *real-time*. Hasil pengujian menunjukkan beban solder menghasilkan daya sebesar 11,30 W, catokan 45,50 W, *hair dryer* 128,30 W, dan *heat gun* 155,60 W, dengan tegangan yang terukur berada pada rentang 225,90–229,10 V dan frekuensi stabil sebesar 50 Hz. Data hasil pengukuran tersebut berhasil diproses oleh ESP32 dan dikirimkan ke aplikasi Android melalui Firebase.
3. Hasil pengujian menunjukkan sistem bekerja sesuai dengan fungsi yang dirancang dalam mencegah terjadinya pemutusan daya listrik akibat beban berlebih. Pada pengujian koneksi WiFi menggunakan antena *microstrip*, ESP32 berhasil terhubung ke jaringan WiFi, melakukan komunikasi ESP-NOW, serta mengirimkan data sensor ke Firebase secara *real-time*. Pengujian QoS menunjukkan nilai delay berada pada rentang 22–57 ms, jitter sebesar 2–35 ms,



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

packet loss sebesar 0% pada seluruh pengujian, serta *throughput* berkisar antara 1–62 kbps bergantung pada jarak pengujian. Hasil tersebut menunjukkan komunikasi data tetap berjalan dengan baik meskipun kualitas sinyal menurun seiring bertambahnya jarak.

4. Sistem berhasil memberikan peringatan dan melakukan tindakan pencegahan sesuai batas daya yang ditentukan. Pada kapasitas listrik rumah sebesar 900 VA dengan batas warning 80%, sistem berada pada kondisi normal ketika total penggunaan daya masih di bawah 720 VA. Saat total daya mencapai 708,9 W (sekitar 78,8% dari kapasitas 900 VA), sistem mulai memasuki kondisi warning, ditandai dengan LED kuning berkedip dan buzzer berbunyi putus-putus. Ketika total daya meningkat menjadi 765,4 W (sekitar 85,0% dari kapasitas 900 VA), sistem masuk ke kondisi overload, sehingga LED merah sistem menyala, buzzer berbunyi selama 10 detik, dan relay secara otomatis memutus stopkontak terakhir yang mendeteksi penambahan beban. Hal tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan peringatan dini sekaligus mencegah terjadinya pemutusan listrik oleh MCB melalui pemutusan beban secara selektif.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan sebagai pengembangan pada penelitian selanjutnya, yaitu sebagai berikut.

1. Pengujian pengaruh jarak terhadap delay pengiriman data pada kondisi sinyal lemah masih terbatas pada satu titik pengujian (RSSI < -80 dBm dengan delay 7 detik). Disarankan agar pengujian dilanjutkan dengan variasi jarak yang lebih beragam dan terukur untuk mendapatkan hubungan yang lebih lengkap antara nilai RSSI dan delay pengiriman data.
2. Pada sistem dapat menambahkan LCD agar memudahkan user untuk melihat langsung tampilan data dari sistem tanpa harus membuka handphone terlebih dahulu.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- Selay, A., Andigha, G. D., Alfarizi, A., Wahyudi, M. I. B., Falah, M. N., Khaira, M., & Encep, M. (2022). Internet Of Things. *Karimah Tauhid*, 1(6), 860-868.
- FIRMAN, I. N. (2021). Rancang bangun alat monitoring penggunaan daya listrik pada instalasi rumah berbasis IoT. [Tugas Akhir].
- Ibrahim, R. R., & Yulianti, B. (2022). Rancang bangun monitoring pemakaian arus listrik PLN berbasis IoT. *Jurnal Teknologi Industri*, 11(2).
- Pratama, A. Y., Setiawan, I., Hendrawan, D., & Rizky, W. Y. (2025). Sistem monitoring energi listrik menggunakan sensor HLW8012 dan mikrokontroler. *Journal Scientific of Mandalika (JSM)*, 6(3), 552–557.
- Suarna, D., & Zainuddin, Z. (2023). Rancang bangun pengontrolan alat elektronik berbasis Internet of Things. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 5(2), 136–142.
- Nababan, A. J. N., & Lasut, D. (2025). Analisis Kualitas Jaringan Internet Berbasis Wireless LAN Menggunakan Metode QoS (*Quality of Service*) pada BJ's Coffee. *ALGOR*, 6(2), 1–10.
- E. A. Prastyo, “Belajar Pemrograman Arduino dengan Mudah - Sintaks Dasar yang Perlu Anda Ketahui,” *Arduino Indonesia*, Aug. 29, 2023.
- Sudirham, S. Analisis Rangkaian Listrik. *Bandung: Penerbit ITB*.
- Hirasawa, K., & Haneishi, M. (1992). *Analysis, Design, and Measurement of Small and Low-Profile Antennas*. Artech House.
- Listiyarini, R. (2018). *Dasar Listrik dan Elektronika*. Deepublish.
- Pratama, F.A., Adam, K.B., & Sumaryo, S. (2021), "Real Time Data Logger Untuk KWH Meter Digital Tiga Fasa Berbasis Internet of Things (IoT) dan Cloud Storage," *Jurnal Telkatika*, 1(1), 1–8.
- Umurani, K., Rahmatullah, R., Muharnif, M., Asfiati, S., & Sandi, D. M. (2025). Pembuatan Alat Pelipat Baju Otomatis Berbasis Arduino Uno Untuk UMKM Laundry. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 8(1), 97-106.
- Alzi, A., & Haeruddin, H. (2023). Pengaruh manajemen bandwidth terhadap QoS dengan standar TIPHON pada alur monitoring SNMP. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia*, 17(1), 9-20.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nur'Azizah Ananda Praptiwi, lahir di Jakarta, 2 Maret 2005. Lulus dari SDN Manggarai 01 Pagi di tahun 2017. Lalu melanjutkan pendidikan di SMPN 3 Jakarta dan lulus tahun 2020. Lalu melanjutkan ke jenjang menengah di SMAS Muhammadiyah 5 Jakarta dan lulus tahun 2023. Lalu melanjutkan pendidikan perguruan tinggi di Politeknik Negeri Jakarta pada Program Studi Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro dan memperoleh Gelar Diploma Tiga (D3) tahun 2026.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

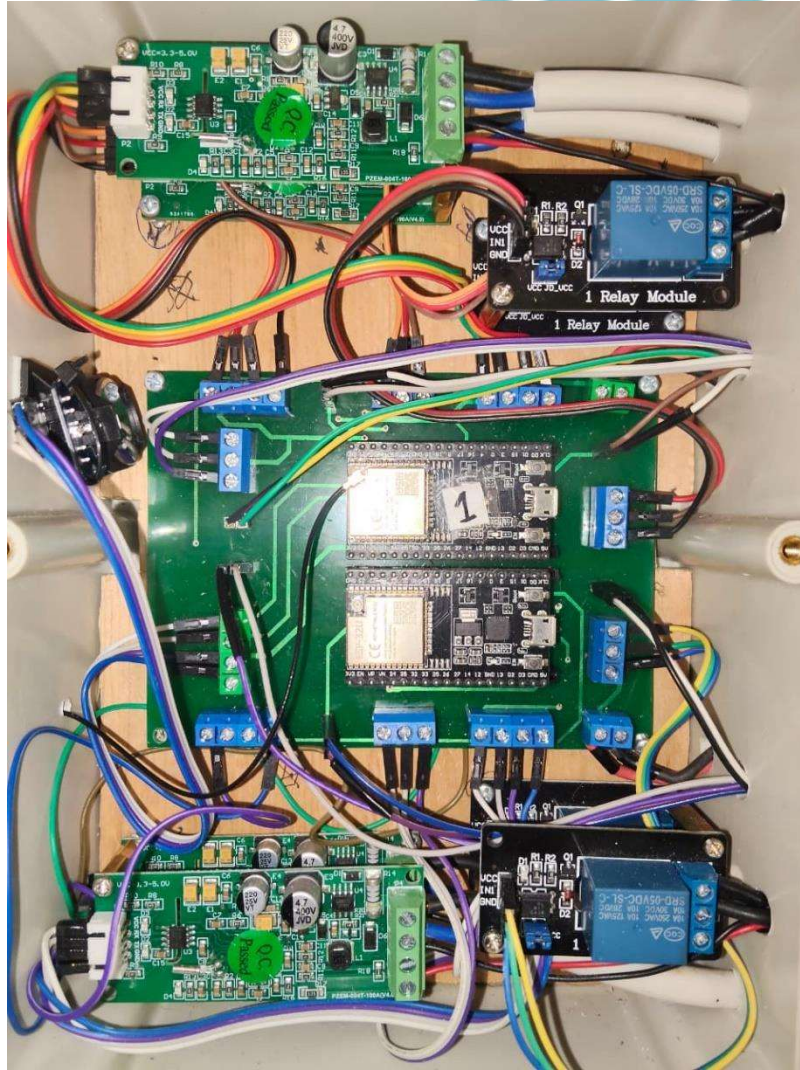
L - 1 Realisasi Rumah

	REALISASI RUMAH	
	Nur' Azizah Ananda Pratiwi	
	POLITEKNIK NEGERI JAKARTA	TT6C 22 Juli 2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

L - 2 Casing Komponen



L2

CASING KOMPONEN



POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

Nur' Azizah Ananda Praptiwi

TT6C

22 Juli 2026

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

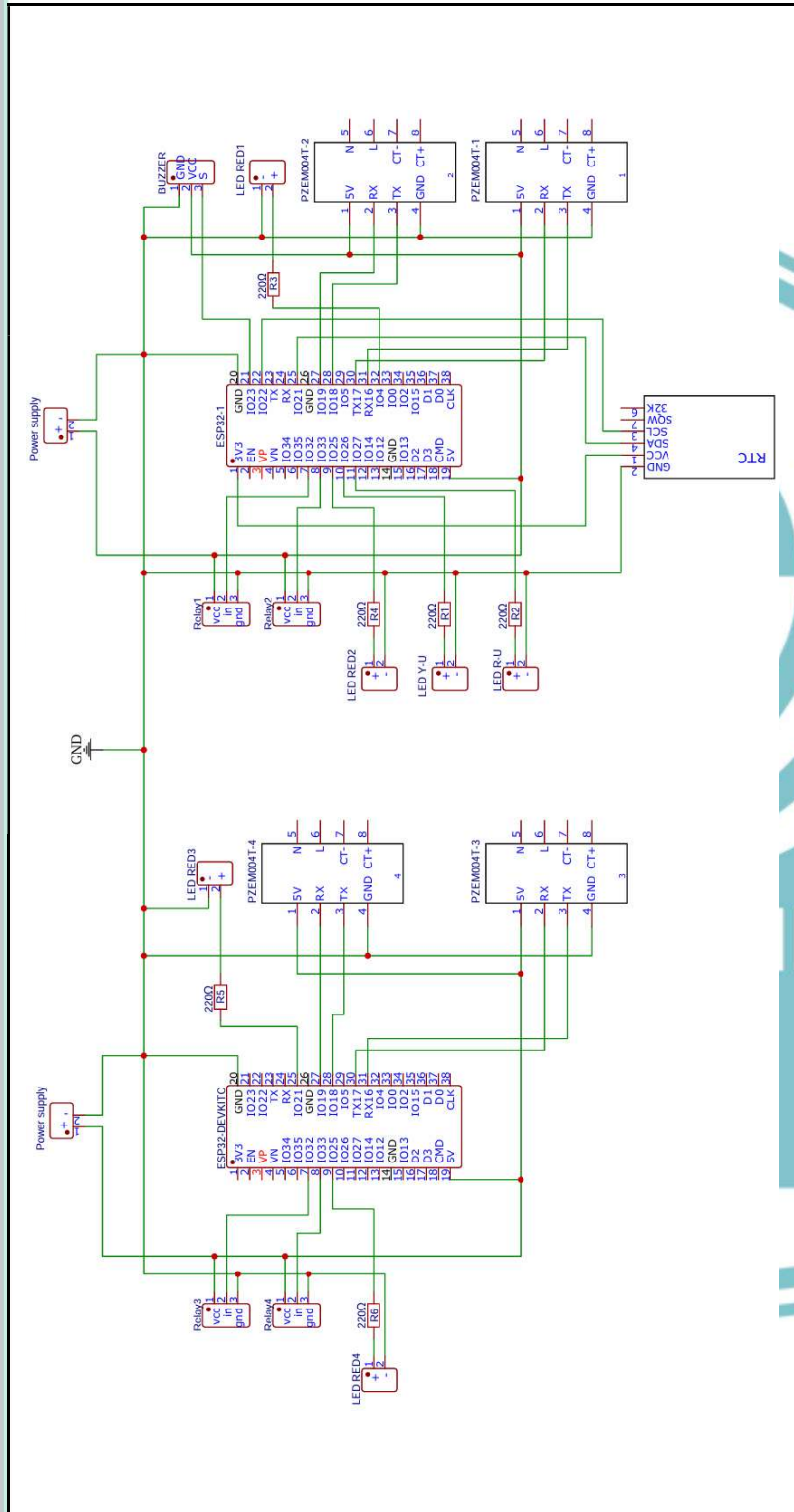
L - 3 Casing Komponen



L3	PENGUJIAN ALAT	
	Nur' Azizah Ananda Praptiwi	
	TT6C	22 Juli 2026
 POLITEKNIK NEGERI JAKARTA		

Hak Cipta :

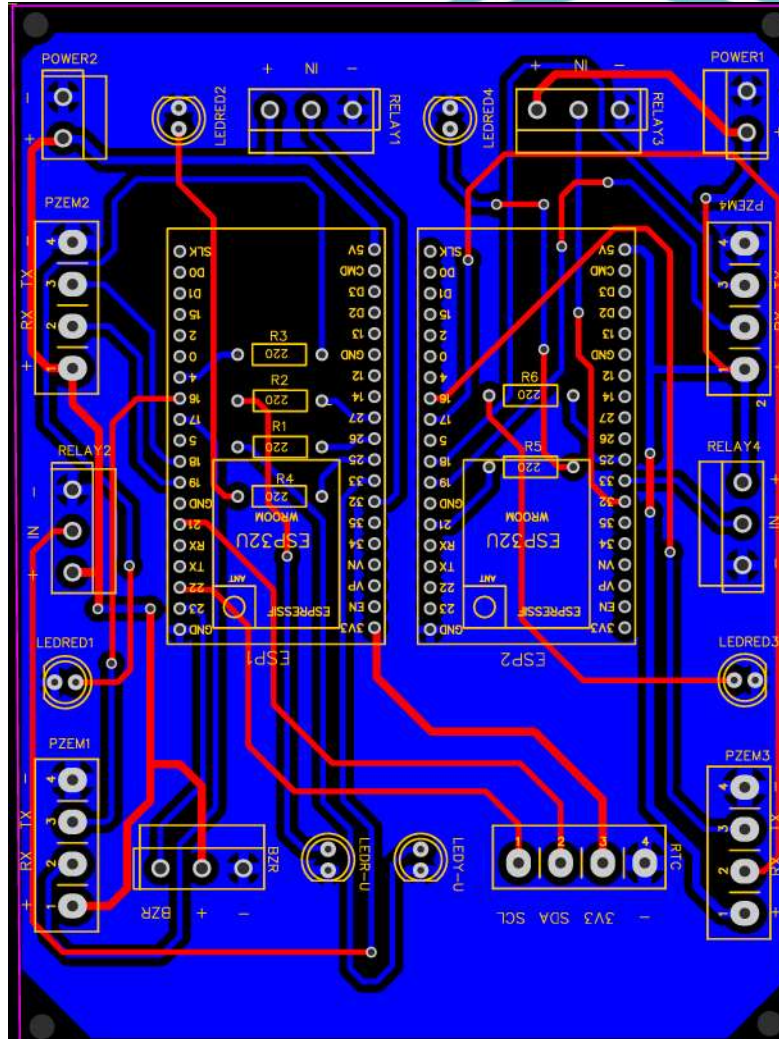
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	L3 SKEMAATIK ALAT  POLITEKNIK NEGERI JAKARTA Nur'Azizah Ananda Praptiwi TT6C 22 Juli 2026
---	--



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

L - 5 Perancangan Jalur PCB *Double Layer*



L3

PERANCANGAN JALUR PCB *DOUBLE LAYER*



POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

Nur'Azizah Ananda Praptiwi

TT6C

22 Juli 2026

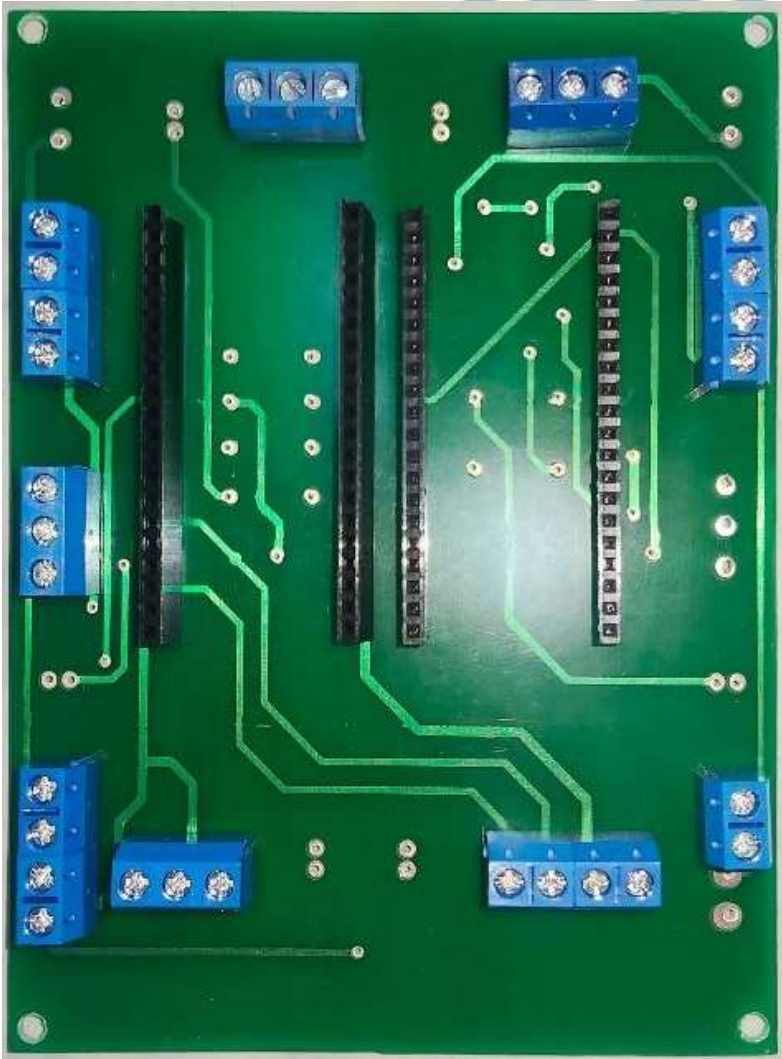


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

L - 6 Realisasi PCB

	L3	POLITEKNIK NEGERI JAKARTA	PERANCANGAN JALUR PCB DOUBLE LAYER	
			Nur'Azizah Ananda Praptiwi	
			TT6C	
			22 Juli 2026	



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

L - 7 Codingan ESP32 Master

```
#include <WiFi.h>
#include <Wire.h>
#include <RTCLib.h>
#include <esp_now.h>
#include <esp_wifi.h>
#include <HardwareSerial.h>
#include <Firebase_ESP_Client.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <ArduinoJson.h>

#define WIFI_SSID "TaAzDiv"
#define WIFI_PASSWORD "12345678"
#define API_KEY "AIzaSyAvyRLyXyD3SbtM2VPoj2swHj12rZb9rzQ"
#define DATABASE_URL "https://SmartWatt-8f3bc-default-rtdb.asia-southeast1.firebaseio.com/"
#define USER_EMAIL "SmartWattesp32@gmail.com"
#define USER_PASSWORD "SmartWatt123"

// ===== ESP-NOW CHANNEL =====
#define ESPNOW_CHANNEL 11

// ===== WIFI MONITORING =====

const float ANTENNA_FREQ_GHZ = 2.4;
const float ANTENNA_SWR = 1.5;
const float ANTENNA_RL_DB = -14.0;

const unsigned long WIFI_MONITOR_INTERVAL_MS = 30000;

unsigned long lastWifiMonitor = 0;

int prevLatency = 0;
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
volatile int8_t noiseFloorDbm = -95; // default sebelum sniffer dapat data
volatile bool sinrDataReady = false;

// ===== PZEM PORT =====
HardwareSerial PZEM1Serial(2); // UART2
HardwareSerial PZEM2Serial(1); // UART1

// ===== PZEM CONFIG =====
#define PZEM_ADDR 0xF8 // alamat (address) default sensor PZEM-004T
                        // pada komunikasi Modbus.
#define CMD_RIR 0x04
#define RESPONSE_SIZE 25
#define READ_TIMEOUT 300

#define PZEM1_RX_PIN 16
#define PZEM1_TX_PIN 17
#define PZEM2_RX_PIN 18
#define PZEM2_TX_PIN 19

// ===== OUTPUT =====
#define RELAY1_PIN 33
#define RELAY2_PIN 32
#define LED_RED1_PIN 4
#define LED_RED2_PIN 25
#define LED_RED_SYS_PIN 27
#define LED_YELLOW_PIN 26
#define BUZZER_PIN 23
#define RTC_SDA_PIN 21
#define RTC_SCL_PIN 22

// ===== RELAY LEVEL =====
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
// HIGH = stop kontak tetap nyala, LOW = relay memutus
const uint8_t RELAY_ON_LEVEL = HIGH;
const uint8_t RELAY_OFF_LEVEL = LOW;

// ===== BATAS DAYA =====
float maxCapacityVA = 900.0;
int warningPercent = 70;
float warningVA = maxCapacityVA * (warningPercent / 100.0f);

unsigned long lastPowerSettingSync = 0;
const unsigned long POWER_SETTING_SYNC_MS = 5000;

unsigned long lastPowerSettingPrint = 0;
const unsigned long POWER_SETTING_PRINT_MS = 60000; // 1 menit

// ===== TRIP TIMER =====
const unsigned long TRIP_DURATION_MS = 60000; // 1 menit

// ===== DETEKSI BEBAN BARU =====
const float POWER_RISE_THRESHOLD = 2.0; // naik > 2 W dianggap beban
baru

// ===== SLAVE MAC =====
// GANTI DENGAN MAC ESP SLAVE ASLI
uint8_t slaveMac[] = {0xB0, 0xCB, 0xD8, 0x9B, 0x96, 0x1C};

// ===== DATA STRUCT =====
typedef struct __attribute__((packed)) struct_message {
    float voltage1, current1, power1, energy1, frequency1, pf1;
    float voltage2, current2, power2, energy2, frequency2, pf2;
    float totalCurrent, totalPower;
    bool relay1On, relay2On;
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

uint8_t sourceId; // 2 = slave
} struct_message;

struct_message slaveData;
struct_message commandToSlave;

unsigned long lastSlaveDataTime = 0;
const unsigned long SLAVE_TIMEOUT_MS = 15000;
bool slaveOnline = false;

bool slaveDataReady = false;
bool slavePeerAdded = false;

bool manualMode = true;
bool overloadLock = false;

bool load1Cmd = true;
bool load2Cmd = true;
bool load3Cmd = true;
bool load4Cmd = true;

// ===== AKUMULASI DAYA =====
float totalDayaHariIni = 0.0;
float totalDayaMingguIni = 0.0;
float totalDayaBulanIni = 0.0;
int lastResetDay = -1;
int lastResetWeek = -1;
int lastResetMonth = -1;

// ===== FIREBASE OBJECTS =====
FirebaseData fbdo;
FirebaseAuth auth;

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

FirebaseConfig config;

// ===== RTC =====

RTC_DS3231 rtc;

// ===== SYSTEM MODE =====

```
enum SystemMode {
    MODE_NORMAL,
    MODE_WARNING,
    MODE_OVERLOAD
};
```

SystemMode currentSystemMode = MODE_NORMAL;

// ===== ESP-NOW CHANNEL STATE =====

uint8_t currentEspNowChannel = ESPNOW_CHANNEL;

// ===== STATUS =====

float prevPower1 = 0.0;

float prevPower2 = 0.0;

float prevPower3 = 0.0;

float prevPower4 = 0.0;

int lastActiveSocket = 0; // 1..4

bool relay1On = true;

bool relay2On = true;

bool slaveRelay1On = true;

bool slaveRelay2On = true;



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

bool socket1Tripped = false;
bool socket2Tripped = false;
bool socket3Tripped = false;
bool socket4Tripped = false;

unsigned long socket1TripStart = 0;
unsigned long socket2TripStart = 0;
unsigned long socket3TripStart = 0;
unsigned long socket4TripStart = 0;

unsigned long lastBlinkTime = 0;
bool blinkState = false;

bool overloadBuzzerActive = false;
unsigned long overloadBuzzerStart = 0;
const unsigned long OVERLOAD_BUZZER_DURATION = 10000; // 10 detik

bool historyBusy = false;
unsigned long lastHistorySave = 0;
const unsigned long HISTORY_INTERVAL_MS = 60000; // 1 menit

unsigned long lastFirebaseRead = 0;
unsigned long lastFirebasePublish = 0;
unsigned long lastHeartbeat = 0;

const unsigned long FIREBASE_READ_INTERVAL_MS = 5000;
const unsigned long FIREBASE_PUBLISH_INTERVAL_MS = 10000; // update
realtime lebih cepat
const unsigned long HEARTBEAT_INTERVAL = 2000;

// ===== DATA STRUCT =====
struct PZEMData {

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

bool ok;

float voltage;

float current;

float power;

float energy;

float frequency;

float pf;

};

PZEMData lastPzem1 = {false, 0, 0, 0, 0, 0, 0};
PZEMData lastPzem2 = {false, 0, 0, 0, 0, 0, 0};

// ===== WAKTU DARI RTC =====
const char* HARI_ID[] = {
    "Minggu", "Senin", "Selasa", "Rabu", "Kamis", "Jumat", "Sabtu"
};

const char* BULAN_ID[] = {
    "Januari", "Februari", "Maret", "April", "Mei", "Juni",
    "Juli", "Agustus", "September", "Oktober", "November", "Desember"
};

uint8_t getDow(const DateTime &dt) {
    return dt.dayOfTheWeek();
}

// "2026-06-13"
String getDateString(const DateTime &dt) {
    char buf[11];
    sprintf(buf, "%04d-%02d-%02d", dt.year(), dt.month(), dt.day());
    return String(buf);
}

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
// "19:23 WIB"
String getDateLabel(const DateTime &dt) {
    char buf[16];
    sprintf(buf, "%02d:%02d WIB", dt.hour(), dt.minute());
    return String(buf);
}

// "2026-W22"
String getWeekKey(const DateTime &dt) {
    uint16_t yday = dt.day();
    uint8_t daysInMonth[] = {31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31};
    bool leap = (dt.year() % 4 == 0 && (dt.year() % 100 != 0 || dt.year() % 400 ==
0));
    if (leap) daysInMonth[1] = 29;
    for (uint8_t m = 1; m < dt.month(); m++) yday += daysInMonth[m-1];

    uint8_t week = (yday - 1) / 7 + 1;
    char buf[12];
    sprintf(buf, "%04d-W%02d", dt.year(), week);
    return String(buf);
}

// "2026-06"
String getMonthKey(const DateTime &dt) {
    char buf[8];
    sprintf(buf, "%04d-%02d", dt.year(), dt.month());
    return String(buf);
}

// Minggu ke-berapa dalam bulan (1..5)
int getWeekOfMonth(const DateTime &dt) {
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

return ((dt.day() - 1) / 7) + 1;
}

// ===== CRC =====
uint16_t modbusCRC16(const uint8_t *buf, int len) {
    uint16_t crc = 0xFFFF;
    for (int i = 0; i < len; i++) {
        crc ^= buf[i];
        for (int j = 0; j < 8; j++) {
            if (crc & 0x0001) {
                crc = (crc >> 1) ^ 0xA001;
            } else {
                crc >>= 1;
            }
        }
    }
    return crc;
}

// ===== RELAY CONTROL =====
void setRelay(uint8_t pin, bool socketOn) {
    digitalWrite(pin, socketOn ? RELAY_ON_LEVEL : RELAY_OFF_LEVEL);
}

// ===== FIREBASE HELPERS =====
const char* systemModeToText(SystemMode mode) {
    switch (mode) {
        case MODE_WARNING: return "WARNING";
        case MODE_OVERLOAD: return "OVERLOAD";
        case MODE_NORMAL:
        default: return "NORMAL";
    }
}

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

}

bool firebaseSetFloat(const char *path, float value) {
    if (WiFi.status() != WL_CONNECTED || !Firebase.ready()) return false;

    if (Firebase.RTDB.setFloat(&fbdo, path, value)) return true;

    Serial.print("Firebase setFloat failed [");
    Serial.print(path);
    Serial.print("]: ");
    Serial.println(fbdo.errorReason());
    return false;
}

bool firebaseSetBool(const char *path, bool value) {
    if (WiFi.status() != WL_CONNECTED || !Firebase.ready()) return false;

    if (Firebase.RTDB.setBool(&fbdo, path, value)) return true;

    Serial.print("Firebase setBool failed [");
    Serial.print(path);
    Serial.print("]: ");
    Serial.println(fbdo.errorReason());
    return false;
}

bool firebaseSetInt(const char *path, int value) {
    if (WiFi.status() != WL_CONNECTED || !Firebase.ready()) return false;

    if (Firebase.RTDB.setInt(&fbdo, path, value)) return true;

    Serial.print("Firebase setInt failed [");

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

Serial.print(path);
Serial.print("]: ");
Serial.println(fbdo.errorReason());
return false;
}

bool firebaseSetString(const char *path, const char *value) {
  if (WiFi.status() != WL_CONNECTED || !Firebase.ready()) return false;

  if (Firebase.RTDB.setString(&fbdo, path, value)) return true;

  Serial.print("Firebase setString failed [");
  Serial.print(path);
  Serial.print("]: ");
  Serial.println(fbdo.errorReason());
  return false;
}

// ===== POWER SETTINGS =====
void syncPowerSettingFromFirebase() {
  if (WiFi.status() != WL_CONNECTED || !Firebase.ready()) return;

  static float lastMaxCapacity = -1;
  static int lastWarningPercent = -1;

  float newMaxCapacity = maxCapacityVA;
  int newWarningPercent = warningPercent;

  if (Firebase.RTDB.getFloat(&fbdo, "/settings/power/maxCapacityVA"))
    newMaxCapacity = fbdo.floatData();

  if (Firebase.RTDB.getInt(&fbdo, "/settings/power/warningPercent"))

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

newWarningPercent = fbdo.intData();

if (newMaxCapacity != lastMaxCapacity ||
    newWarningPercent != lastWarningPercent) {

    maxCapacityVA = newMaxCapacity;
    warningPercent = newWarningPercent;
    warningVA = maxCapacityVA * (warningPercent / 100.0f);

    Firebase.RTDB.setFloat(&fbdo,
        "/settings/power/warningVA", warningVA);

    lastMaxCapacity = newMaxCapacity;
    lastWarningPercent = newWarningPercent;

    Serial.println("POWER SETTING UPDATED");
}
}

void sendFirebaseSnapshot(float totalCurrent, float totalPower) {
    if (WiFi.status() != WL_CONNECTED || !Firebase.ready()) return;

    // LOAD 1 = MASTER SOCKET 1
    firebaseSetString("/loads/load1/status", (relay1On && lastPzem1.power > 1) ?
"active" : "inactive");
    firebaseSetFloat("/loads/load1/voltage", lastPzem1.voltage);
    firebaseSetFloat("/loads/load1/current", lastPzem1.current);
    firebaseSetFloat("/loads/load1/power", lastPzem1.power);

    // LOAD 2 = MASTER SOCKET 2
    firebaseSetString("/loads/load2/status", (relay2On && lastPzem2.power > 1) ?
"active" : "inactive");

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

firebaseSetFloat("/loads/load2/voltage", lastPzem2.voltage);
firebaseSetFloat("/loads/load2/current", lastPzem2.current);
firebaseSetFloat("/loads/load2/power", lastPzem2.power);

// LOAD 3 = SLAVE SOCKET 3
firebaseSetString("/loads/load3/status", (slaveRelay1On && slaveData.power1
> 1) ? "active" : "inactive");
firebaseSetFloat("/loads/load3/voltage", slaveData.voltage1);
firebaseSetFloat("/loads/load3/current", slaveData.current1);
firebaseSetFloat("/loads/load3/power", slaveData.power1);

// LOAD 4 = SLAVE SOCKET 4
firebaseSetString("/loads/load4/status", (slaveRelay2On && slaveData.power2
> 1) ? "active" : "inactive");
firebaseSetFloat("/loads/load4/voltage", slaveData.voltage2);
firebaseSetFloat("/loads/load4/current", slaveData.current2);
firebaseSetFloat("/loads/load4/power", slaveData.power2);

// TOTAL / STATUS
firebaseSetFloat("/main/totalPower", totalPower);
firebaseSetFloat("/main/totalCurrent", totalCurrent);

firebaseSetBool("/main/status/slaveOnline", slaveOnline);

int activeLoadCount = 0;
if (lastPzem1.power > 1) activeLoadCount++;
if (lastPzem2.power > 1) activeLoadCount++;
if (slaveData.power1 > 1) activeLoadCount++;
if (slaveData.power2 > 1) activeLoadCount++;

firebaseSetInt("/main/activeLoadCount", activeLoadCount);
firebaseSetInt("/main/lastActiveSocket", lastActiveSocket);

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

firebaseSetString("/main/status/system",
systemModeToText(currentSystemMode));

firebaseSetBool("/main/status/manualMode", manualMode);
firebaseSetBool("/main/status/overloadLock", overloadLock);
firebaseSetBool("/main/status/relay1", relay1On);
firebaseSetBool("/main/status/relay2", relay2On);
firebaseSetBool("/main/status/slave_relay1", slaveRelay1On);
firebaseSetBool("/main/status/slave_relay2", slaveRelay2On);

Serial.print("Firebase Power = ");
Serial.println(totalPower);
}

// ===== SAVE HISTORY =====
void saveHistory(float totalPower) {
  if (WiFi.status() != WL_CONNECTED || !Firebase.ready()) return;

  DateTime now = rtc.now();

  // ===== FORMAT WAKTU =====
  char tanggal[11];
  sprintf(tanggal, "%04d-%02d-%02d",
    now.year(), now.month(), now.day());

  char jamPath[6];
  sprintf(jamPath, "%02d_%02d", now.hour(), now.minute());

  char jamTeks[12];
  sprintf(jamTeks, "%02d:%02d WIB", now.hour(), now.minute());

```



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
// ===== HITUNG NOMOR MINGGU =====
uint16_t yday = now.day();
uint8_t daysInMonth[] = {31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31};
bool leap = (now.year() % 4 == 0 &&
              (now.year() % 100 != 0 || now.year() % 400 == 0));
if (leap) daysInMonth[1] = 29;
for (uint8_t m = 1; m < now.month(); m++) yday += daysInMonth[m-1];
int nomorMinggu = ((yday - 1) / 7) + 1;

char mingguPath[12];
sprintf(mingguPath, "%04d_w%02d", now.year(), nomorMinggu);

char bulanPath[8];
sprintf(bulanPath, "%04d_%02d", now.year(), now.month());

// ===== PATH FIREBASE =====
String pathHarian = "history/harian/" + String(tanggal);
String pathMingguan = "history/mingguan/" + String(mingguPath);
String pathBulanan = "history/bulanan/" + String(bulanPath);

// ===== NAMA HARI & BULAN =====
String dayName = String(HARI_ID[now.dayOfTheWeek()]);
String monthName = String(BULAN_ID[now.month() - 1]);

// ===== KONVERSI ke Wh (daya * 1 menit / 60) =====

// totalPower dalam Watt, interval 1 menit = 1/60 jam
float energiMenit = totalPower * (HISTORY_INTERVAL_MS / 1000.0f /
3600.0f); // Wh

// ===== RESET AKUMULASI =====
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
// ===== RESET / RESTORE AKUMULASI
=====

if (lastResetDay == -1) {
    // Baru boot/reconnect - pulihkan dulu, jangan langsung nolkan
    float existingDay = 0;
    if (Firebase.RTDB.getFloat(&fbdo, (pathHarian +
"/total_daya_hari_ini").c_str())) {
        existingDay = fbdo.floatData();
    }
    totalDayaHariIni = existingDay;
    Serial.printf("[History] Restore harian = %.2f Wh\n", totalDayaHariIni);
} else if (now.day() != lastResetDay) {
    totalDayaHariIni = 0.0;
    Serial.println("[History] Reset akumulasi harian (hari baru)");
}
lastResetDay = now.day();

if (lastResetWeek == -1) {
    float existingWeek = 0;
    if (Firebase.RTDB.getFloat(&fbdo, (pathMingguan +
"/total_daya_minggu").c_str())) {
        existingWeek = fbdo.floatData();
    }
    totalDayaMingguIni = existingWeek;
    Serial.printf("[History] Restore mingguan = %.2f Wh\n", totalDayaMingguIni);
} else if (nomorMinggu != lastResetWeek) {
    totalDayaMingguIni = 0.0;
    Serial.println("[History] Reset akumulasi mingguan (minggu baru)");
}
lastResetWeek = nomorMinggu;

if (lastResetMonth == -1) {
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

float existingMonth = 0;
    if      (Firebase.RTDB.getFloat(&fbdo,      (pathBulanan      +
"/total_daya_bulan").c_str())) {
        existingMonth = fbdo.floatData();
    }
    totalDayaBulanIni = existingMonth;
    Serial.printf("[History] Restore bulanan = %.2f Wh\n", totalDayaBulanIni);
} else if (now.month() != lastResetMonth) {
    totalDayaBulanIni = 0.0;
    Serial.println("[History] Reset akumulasi bulanan (bulan baru)");
}
lastResetMonth = now.month();

// ===== AKUMULASI =====
totalDayaHariIni  += energiMenit;
totalDayaMingguIni += energiMenit;
totalDayaBulanIni += energiMenit;

Serial.printf("[History] Energi menit ini: %.4f Wh | Hari: %.2f Wh | Minggu:
%.2f Wh\n",
            energiMenit, totalDayaHariIni, totalDayaMingguIni);

String statusDaya = (totalPower >= warningVA) ? "Boros" : "Normal";

FirebaseJson json;

// =====
// HARIAN — detail per menit
// =====

Firebase.RTDB.setString(&fbdo, (pathHarian + "/tanggal").c_str(), tanggal);
    Firebase.RTDB.setString(&fbdo,  (pathHarian  +  "/nama_hari").c_str(),
dayName.c_str());
  
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

    Firebase.RTDB.setFloat(&fbdo, (pathHarian + "/total_daya_hari_ini").c_str(),
totalDayaHariIni);

    json.clear();
    json.add("jam", jamTeks);
    json.add("daya", totalPower); // Watt sesaat untuk grafik per menit
    json.add("status", statusDaya);

    Firebase.RTDB.setJSON(&fbdo, (pathHarian + "/detail/" +
String(jamPath)).c_str(), &json);

    // MINGGUAN
    float dayaHarianFinal = totalDayaHariIni;
    if (Firebase.RTDB.getFloat(&fbdo, (pathHarian +
"/total_daya_hari_ini").c_str())) {
        float fromFirebase = fbdo.floatData();
        if (fromFirebase > dayaHarianFinal) {
            dayaHarianFinal = fromFirebase;
        }
    }

    json.clear();
    json.add("hari_tanggal", tanggal);
    json.add("nama_hari", dayName);
    json.add("daya", dayaHarianFinal);
    json.add("status", (dayaHarianFinal >= warningVA) ? "Boros" : "Normal");
    Firebase.RTDB.setJSON(&fbdo, (pathMingguan + "/list_hari/" +
String(tanggal)).c_str(), &json);

    Firebase.RTDB.setString(&fbdo, (pathMingguan + "/minggu").c_str(),
mingguPath);
    Firebase.RTDB.setFloat(&fbdo,
(pathMingguan + "/total_daya_minggu").c_str(), totalDayaMingguIni);
  
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
// =====
// BULANAN
// =====

int mingguDalamBulan = ((now.day() - 1) / 7) + 1;
char mingguKey[4];
sprintf(mingguKey, "w%d", mingguDalamBulan);
char rangeLabel[20];
sprintf(rangeLabel, "Minggu %d", mingguDalamBulan);

    Firebase.RTDB.setString(&fbdo, (pathBulanan + "/nama_bulan").c_str(),
monthName.c_str());
    Firebase.RTDB.setString(&fbdo, (pathBulanan + "/bulan").c_str(), bulanPath);
    Firebase.RTDB.setFloat(&fbdo,
    (pathBulanan + "/total_daya_bulan").c_str(), totalDayaBulanIni);

    json.clear();
    json.add("minggu_ke", mingguDalamBulan);
    json.add("label", rangeLabel);
    json.add("daya", totalDayaMingguIni);

    Firebase.RTDB.setJSON(&fbdo, (pathBulanan + "/list_minggu/" +
String(mingguKey)).c_str(), &json);
}

// ===== FIREBASE RELAYS =====

void readFirebaseLoadCommands() {
    if (WiFi.status() != WL_CONNECTED || !Firebase.ready()) return;

    if (Firebase.RTDB.getInt(&fbdo, "/loads/load1/relayState"))
        load1Cmd = fbdo.intData();

    if (Firebase.RTDB.getInt(&fbdo, "/loads/load2/relayState"))
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

load2Cmd = fbdo.intData();

if (Firebase.RTDB.getInt(&fbdo, "/loads/load3/relayState"))
    load3Cmd = fbdo.intData();

if (Firebase.RTDB.getInt(&fbdo, "/loads/load4/relayState"))
    load4Cmd = fbdo.intData();
}

void applyFirebaseRelayCommands() {
    if (!manualMode) return;

    bool target1 = load1Cmd;
    bool target2 = load2Cmd;
    bool target3 = load3Cmd;
    bool target4 = load4Cmd;

    if (relay1On != target1) {
        relay1On = target1;

        if (relay1On) {
            socket1Tripped = false;
        }

        setRelay(RELAY1_PIN, relay1On);
        digitalWrite(LED_RED1_PIN, relay1On ? LOW : HIGH);
    }

    if (relay2On != target2) {
        relay2On = target2;

        if (relay2On) {

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

socket2Tripped = false;
}

setRelay(RELAY2_PIN, relay2On);
digitalWrite(LED_RED2_PIN, relay2On ? LOW : HIGH);
}

bool slaveChanged = false;

if (slaveRelay1On != target3) {
    slaveRelay1On = target3;

    if (slaveRelay1On) {
        socket3Tripped = false;
    }

    slaveChanged = true;
}

if (slaveRelay2On != target4) {
    slaveRelay2On = target4;

    if (slaveRelay2On) {
        socket4Tripped = false;
    }

    slaveChanged = true;
}

if (slaveChanged) {
    sendSlaveRelayState();
}

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

}

// ===== READ PZEM =====

PZEMData readPZEM(HardwareSerial &port) {
    PZEMData data;
    data.ok = false;
    data.voltage = 0;
    data.current = 0;
    data.power = 0;
    data.energy = 0;
    data.frequency = 0;
    data.pf = 0;

    uint8_t cmd[8];
    uint8_t response[RESPONSE_SIZE];

    cmd[0] = PZEM_ADDR;
    cmd[1] = CMD_RIR;
    cmd[2] = 0x00;
    cmd[3] = 0x00;
    cmd[4] = 0x00;
    cmd[5] = 0x0A;

    uint16_t crc = modbusCRC16(cmd, 6);
    cmd[6] = crc & 0xFF;
    cmd[7] = (crc >> 8) & 0xFF;

    while (port.available()) port.read();
    port.write(cmd, 8);

    unsigned long startTime = millis();
    int index = 0;
  
```



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

while ((millis() - startTime) < READ_TIMEOUT && index <
RESPONSE_SIZE) {
    if (port.available()) {
        response[index++] = port.read();
    }
}

if (index != RESPONSE_SIZE) return data;

uint16_t respCRC = modbusCRC16(response, RESPONSE_SIZE - 2);
uint16_t receivedCRC = (response[RESPONSE_SIZE - 1] << 8) |
response[RESPONSE_SIZE - 2];

if (respCRC != receivedCRC) return data;
if (response[0] != PZEM_ADDR || response[1] != CMD_RIR) return data;

data.voltage = ((response[3] << 8) | response[4]) / 10.0;
data.current = (((uint32_t)((response[7] << 8) | response[8]) << 16) |
(uint32_t)((response[5] << 8) | response[6])) / 1000.0;
data.power = (((uint32_t)((response[11] << 8) | response[12]) << 16) |
(uint32_t)((response[9] << 8) | response[10])) / 10.0;
data.energy = (((uint32_t)((response[15] << 8) | response[16]) << 16) |
(uint32_t)((response[13] << 8) | response[14])) / 1000.0;
data.frequency = ((response[17] << 8) | response[18]) / 10.0;
data.pf = ((response[19] << 8) | response[20]) / 100.0;

data.ok = true;
return data;
}

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
// ===== ESP-NOW SEND CALLBACK
=====

void onDataSent(const wifi_tx_info_t *tx_info, esp_now_send_status_t status) {
    (void)tx_info;

    Serial.print("Send to slave: ");
    Serial.println(status == ESP_NOW_SEND_SUCCESS ? "Success" : "Failed");
}

// ===== ESP-NOW RECV CALLBACK
=====

void onDataRecv(const esp_now_recv_info_t *recv_info, const uint8_t
*incomingData, int len) {
    (void)recv_info;

    if (len == sizeof(struct_message)) {
        memcpy(&slaveData, incomingData, sizeof(slaveData));
        slaveDataReady = true;
        lastSlaveDataTime = millis();
        slaveOnline = true;

        slaveRelay1On = slaveData.relay1On;
        slaveRelay2On = slaveData.relay2On;

        Serial.println("Data received from slave");
    } else {
        Serial.print("Invalid packet size: ");
        Serial.println(len);
    }
}
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
// ===== SEND COMMAND TO SLAVE
=====

void sendSlaveRelayState() {
    if (!slavePeerAdded) return;

    commandToSlave.relay1On = slaveRelay1On;
    commandToSlave.relay2On = slaveRelay2On;
    commandToSlave.sourceId = 1;

    esp_err_t result = esp_now_send(slaveMac, (uint8_t *)&commandToSlave,
    sizeof(commandToSlave));

    if (result != ESP_OK) {
        Serial.print("Command send error: ");
        Serial.println(result);
    }
}

// ===== DETEKSI SOCKET TERAKHIR
=====

void detectLastActiveSocket(float p1, float p2, float p3, float p4) {
    float d1 = p1 - prevPower1;
    float d2 = p2 - prevPower2;
    float d3 = p3 - prevPower3;
    float d4 = p4 - prevPower4;

    int chosen = 0;
    float biggestRise = 0.0;

    if (relay1On && d1 > POWER_RISE_THRESHOLD && d1 > biggestRise) {
        biggestRise = d1;
        chosen = 1;
    }
}
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

}
if (relay2On && d2 > POWER_RISE_THRESHOLD && d2 > biggestRise) {
    biggestRise = d2;
    chosen = 2;
}
if (slaveRelay1On && d3 > POWER_RISE_THRESHOLD && d3 >
biggestRise) {
    biggestRise = d3;
    chosen = 3;
}
if (slaveRelay2On && d4 > POWER_RISE_THRESHOLD && d4 >
biggestRise) {
    biggestRise = d4;
    chosen = 4;
}

if (chosen != 0) {
    lastActiveSocket = chosen;
}

prevPower1 = p1;
prevPower2 = p2;
prevPower3 = p3;
prevPower4 = p4;
}

// ===== TRIP SOCKET =====

void tripSocket(int socketId) {
    if (socketId == 1 && relay1On && !socket1Tripped) {
        relay1On = false;
        socket1Tripped = true;
        socket1TripStart = millis();
    }

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

setRelay(RELAY1_PIN, false);
digitalWrite(LED_RED1_PIN, HIGH);
Firebase.RTDB.setInt(&fbdo, "/loads/load1/relayState", 0);
Serial.println(">>> SOCKET 1 DIPUTUS");
}

else if (socketId == 2 && relay2On && !socket2Tripped) {
    relay2On = false;
    socket2Tripped = true;
    socket2TripStart = millis();
    setRelay(RELAY2_PIN, false);
    digitalWrite(LED_RED2_PIN, HIGH);
    Firebase.RTDB.setInt(&fbdo, "/loads/load2/relayState", 0);
    Serial.println(">>> SOCKET 2 DIPUTUS");
}

else if (socketId == 3 && slaveRelay1On && !socket3Tripped) {
    slaveRelay1On = false;
    socket3Tripped = true;
    socket3TripStart = millis();
    sendSlaveRelayState();
    Firebase.RTDB.setInt(&fbdo, "/loads/load3/relayState", 0);
    Serial.println(">>> SOCKET 3 DIPUTUS");
}

else if (socketId == 4 && slaveRelay2On && !socket4Tripped) {
    slaveRelay2On = false;
    socket4Tripped = true;
    socket4TripStart = millis();
    sendSlaveRelayState();
    Firebase.RTDB.setInt(&fbdo, "/loads/load4/relayState", 0);
    Serial.println(">>> SOCKET 4 DIPUTUS");
}
}

```



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
// ===== UPDATE INDIKATOR =====

void updateIndicator(float totalVA, float p1, float p2, float p3, float p4) {
    overloadLock = (totalVA >= maxCapacityVA) ||
        socket1Tripped || socket2Tripped ||
        socket3Tripped || socket4Tripped;

    if (totalVA >= maxCapacityVA) {
        currentSystemMode = MODE_OVERLOAD;
        Serial.println("!!! OVERLOAD: DAYA MELEBIHI BATAS !!!");

        int socketToTrip = lastActiveSocket;
        if (socketToTrip < 1 || socketToTrip > 4) {
            // fallback aman
            socketToTrip = 0;
            float best = -1.0;
            if (relay1On && p1 > best) { best = p1; socketToTrip = 1; }
            if (relay2On && p2 > best) { best = p2; socketToTrip = 2; }
            if (slaveRelay1On && p3 > best) { best = p3; socketToTrip = 3; }
            if (slaveRelay2On && p4 > best) { best = p4; socketToTrip = 4; }
        }

        if (socketToTrip == 1) Serial.println(">>> STOP KONTAK 1 DIPUTUS");
        else if (socketToTrip == 2) Serial.println(">>> STOP KONTAK 2 DIPUTUS");
        else if (socketToTrip == 3) Serial.println(">>> STOP KONTAK 3 DIPUTUS");
        else if (socketToTrip == 4) Serial.println(">>> STOP KONTAK 4 DIPUTUS");
        else Serial.println(">>> SEMUA STOP KONTAK SUDAH OFF");

        if (socketToTrip != 0) {
            tripSocket(socketToTrip);
        }
    }
}
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

}

digitalWrite(LED_YELLOW_PIN, LOW);
digitalWrite(LED_RED_SYS_PIN, HIGH);

// Mulai buzzer hanya sekali saat pertama overload
if (!overloadBuzzerActive) {
    overloadBuzzerActive = true;
    overloadBuzzerStart = millis();
    digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);
}
}

else if (totalVA >= warningVA) {
    currentSystemMode = MODE_WARNING;
    Serial.println("!!! WARNING: DAYA HAMPIR MELEBIHI BATAS !!!");

    digitalWrite(LED_RED_SYS_PIN, LOW);

    if (millis() - lastBlinkTime >= 500) {
        lastBlinkTime = millis();
        blinkState = !blinkState;
    }

    digitalWrite(LED_YELLOW_PIN, blinkState ? HIGH : LOW);
    digitalWrite(BUZZER_PIN, blinkState ? HIGH : LOW);
}

else {
    currentSystemMode = MODE_NORMAL;
    Serial.println("System normal");

    digitalWrite(LED_RED_SYS_PIN, LOW);
    digitalWrite(LED_YELLOW_PIN, HIGH);

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
overloadBuzzerActive = false;
blinkState = false;
}

if (socket1Tripped || socket2Tripped || socket3Tripped || socket4Tripped) {
    digitalWrite(LED_RED_SYS_PIN, HIGH);
    digitalWrite(LED_YELLOW_PIN, LOW);

    if (overloadBuzzerActive) {
        if (millis() - overloadBuzzerStart < OVERLOAD_BUZZER_DURATION) {
            digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);
        } else {
            digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
            overloadBuzzerActive = false;
        }
    }
}

setRelay(RELAY1_PIN, relay1On);
setRelay(RELAY2_PIN, relay2On);
}

// ===== PRINT DATA =====

void printPZEMData(const char *label, const PZEMData &d, bool readOk) {
    if (strlen(label) > 0) {
        Serial.println(label);
    }

    if (!readOk) {
        Serial.println("*** PEMBACAAN GAGAL, MENAMPILKAN DATA TERAKHIR ***");
    }
}

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

}

Serial.print("Voltage  : "); Serial.print(d.voltage); Serial.println(" V");
Serial.print("Current  : "); Serial.print(d.current); Serial.println(" A");
Serial.print("Power    : "); Serial.print(d.power); Serial.println(" W");
Serial.print("Energy   : "); Serial.print(d.energy); Serial.println(" kWh");
Serial.print("Frequency : "); Serial.print(d.frequency); Serial.println(" Hz");
Serial.print("PF       : "); Serial.println(d.pf);
}

// ===== WIFI MONITORING FUNCTIONS =====
void wifiSnifferCallback(void *buf, wifi_promiscuous_pkt_type_t type) {
    if (type != WIFI_PKT_MGMT && type != WIFI_PKT_DATA) return;

    wifi_promiscuous_pkt_t *pkt = (wifi_promiscuous_pkt_t *)buf;
    noiseFloorDbm = pkt->rx_ctrl.noise_floor;
    snrDataReady = true;
}

int hitungLatency() {
    WiFiClient client;
    long t = millis();
    if (client.connect("8.8.8.8", 53)) {
        int lat = millis() - t;
        client.stop();
        return lat;
    }
    return 999; // gagal = anggap 999ms
}

float hitungPacketLoss() {

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

int total = 5, gagal = 0;
for (int i = 0; i < total; i++) {
    WiFiClient client;
    if (!client.connect("8.8.8.8", 53)) gagal++;
    client.stop();
    delay(100);
}
return ((float)gagal / total) * 100.0;
}

float estimasiThroughput(int rssi) {
    if (rssi >= -50) return 54.0;
    if (rssi >= -60) return 36.0;
    if (rssi >= -70) return 18.0;
    if (rssi >= -80) return 6.0;
    return 1.0;
}

float hitungSINR(int rssi) {
    if (!sinrDataReady) return 0.0;
    float sinr = (float)rssi - (float)noiseFloorDbm;
    return sinr;
}

int hitungSkorQoS(int rssi, int latency, float packetLoss, float throughput, int
jitter, float sinr) {
    int skor = 100;
    if (rssi < -80) skor -= 30;
    else if (rssi < -70) skor -= 15;
    else if (rssi < -60) skor -= 5;

    if (latency > 200) skor -= 25;
  
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

else if (latency > 100) skor -= 10;

if (packetLoss > 5) skor -= 20;
else if (packetLoss > 1) skor -= 10;

if (throughput < 1.0) skor -= 15;
if (jitter > 20) skor -= 10;

if (sinr < 10) skor -= 20; // SINR < 10 dB = sinyal buruk
else if (sinr < 20) skor -= 10; // SINR < 20 dB = cukup

return max(skor, 0);
}

void sendWifiMonitorToFirebase() {
    if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) return;

    int rssi = WiFi.RSSI();
    int latency = hitungLatency();
    float packetLoss = hitungPacketLoss();
    float throughput = estimasiThroughput(rssi);
    int jitter = abs(latency - prevLatency);
    prevLatency = latency;
    float sinr = hitungSINR(rssi);
    int skorQoS = hitungSkorQoS(rssi, latency, packetLoss, throughput, jitter,
sinr);

    // Kirim ke Firebase via HTTPClient (path /qos)
    StaticJsonDocument<512> doc;
    doc["rssi"] = rssi;
    doc["latency"] = latency;
    doc["packetLoss"] = packetLoss;

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

doc["throughput"] = throughput;
doc["jitter"]     = jitter;
doc["sinr"]       = sinr;
doc["skorQoS"]    = skorQoS;

String jsonBody;
serializeJson(doc, jsonBody);

HTTPClient http;

http.begin("https://SmartWatt-8f3bc-default-rtdb.asia-
southeast1.firebaseio.com/app/qos.json");
http.addHeader("Content-Type", "application/json");
int httpCode = http.PUT(jsonBody);

if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
  Serial.println("WiFi Connected");
} else {
  Serial.println("WiFi Disconnected");
}

Serial.print("RSSI="); Serial.print(rssi);
Serial.print(" | Latency="); Serial.print(latency);
Serial.print("ms | PacketLoss="); Serial.print(packetLoss);
Serial.print("% | Throughput="); Serial.print(throughput);
Serial.print("Mbps | Jitter="); Serial.print(jitter);
Serial.print(" | SINR="); Serial.print(sinr); Serial.println("dB");
Serial.print("ms | QoS="); Serial.println(skorQoS);

http.end();
}

// ===== SETUP =====

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  delay(1000);

  Wire.begin(RTC_SDA_PIN, RTC_SCL_PIN);
  if (!rtc.begin()) {
    Serial.println("RTC DS3231 TIDAK TERDETEKSI!");
    while (1) delay(100);
  }

  if (rtc.lostPower()) {
    Serial.println("RTC kehilangan daya! Waktu mungkin salah.");
    rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
  }

  Serial.println("RTC DS3231 OK");

  DateTime now = rtc.now();
  Serial.printf("Waktu RTC: %04d-%02d-%02d %02d:%02d:%02d\n",
    now.year(), now.month(), now.day(),
    now.hour(), now.minute(), now.second());

  PZEM1Serial.begin(9600, SERIAL_8N1, PZEM1_RX_PIN,
PZEM1_TX_PIN);
  PZEM2Serial.begin(9600, SERIAL_8N1, PZEM2_RX_PIN,
PZEM2_TX_PIN);

  pinMode(RELAY1_PIN, OUTPUT);
  pinMode(RELAY2_PIN, OUTPUT);
  pinMode(LED_RED1_PIN, OUTPUT);
  pinMode(LED_RED2_PIN, OUTPUT);
  pinMode(LED_RED_SYS_PIN, OUTPUT);
}
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
pinMode(LED_YELLOW_PIN, OUTPUT);
pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);

relay1On = true;
relay2On = true;
slaveRelay1On = true;
slaveRelay2On = true;

setRelay(RELAY1_PIN, true);
setRelay(RELAY2_PIN, true);

digitalWrite(LED_RED1_PIN, LOW);
digitalWrite(LED_RED2_PIN, LOW);
digitalWrite(LED_RED_SYS_PIN, LOW);
digitalWrite(LED_YELLOW_PIN, HIGH);
digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);

WiFi.mode(WIFI_STA);
WiFi.setSleep(false);
WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);

Serial.print("Connecting to WiFi");
unsigned long wifiStart = millis();
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED && (millis() - wifiStart) < 20000)
{
    delay(500);
    Serial.print(".");
}
Serial.println();

if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
    Serial.println("WiFi connected");
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
Serial.println(WiFi.localIP());

configTime(7 * 3600, 0, "pool.ntp.org", "time.nist.gov");

Serial.print("Sync NTP");
struct tm timeinfo;
unsigned long ntpStart = millis();
while (!getLocalTime(&timeinfo) && millis() - ntpStart < 10000) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
}
Serial.println();

if (getLocalTime(&timeinfo)) {
    // Set RTC dengan waktu dari NTP
    rtc.adjust(DateTime(
        timeinfo.tm_year + 1900,
        timeinfo.tm_mon + 1,
        timeinfo.tm_mday,
        timeinfo.tm_hour,
        timeinfo.tm_min,
        timeinfo.tm_sec
    ));
    Serial.printf("RTC diupdate dari NTP: %04d-%02d-%02d %02d:%02d:%02d
WIB\n",
        timeinfo.tm_year + 1900, timeinfo.tm_mon + 1, timeinfo.tm_mday,
        timeinfo.tm_hour, timeinfo.tm_min, timeinfo.tm_sec);
} else {
    Serial.println("NTP gagal, RTC tetap pakai waktu sebelumnya");
}
}
else {
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

Serial.print("WiFi failed. Status = ");
Serial.println(WiFi.status());

Serial.println("Tidak bisa sync NTP karena WiFi gagal connect, RTC pakai
waktu terakhir.");
}

delay(3000);

currentEspNowChannel = (WiFi.status() == WL_CONNECTED) ?
WiFi.channel() : ESPNOW_CHANNEL;

esp_wifi_set_channel(currentEspNowChannel,
WIFI_SECOND_CHAN_NONE);

esp_wifi_set_promiscuous(true);
esp_wifi_set_promiscuous_rx_cb(&wifiSnifferCallback);

Serial.print("ESP-NOW Channel : ");
Serial.println(currentEspNowChannel);

Serial.print("MASTER MAC: ");
Serial.println(WiFi.macAddress());

// --- Firebase ---
config.api_key = API_KEY;
config.database_url = DATABASE_URL;

auth.user.email = USER_EMAIL;
auth.user.password = USER_PASSWORD;

Firebase.begin(&config, &auth);

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

Serial.print("Waiting for Firebase");
unsigned long fbStart = millis();
while (!Firebase.ready() && (millis() - fbStart) < 10000) {
  delay(500);
  Serial.print(".");
}
Serial.println();
if (Firebase.ready()) {
  Serial.println("Firebase ready!");
} else {
  Serial.println("Firebase timeout");
}

syncPowerSettingFromFirebase();

Serial.println("==== POWER SETTINGS =====");
Serial.print("maxCapacityVA : "); Serial.println(maxCapacityVA);
Serial.print("warningPercent : "); Serial.println(warningPercent);
Serial.print("warningVA : "); Serial.println(warningVA);

if (Firebase.RTDB.getFloat(&fbdo, "/settings/power/maxCapacityVA")) {
  float val = fbdo.floatData();
  if (val > 0) maxCapacityVA = val;
} else {
  Firebase.RTDB.setFloat(&fbdo, "/settings/power/maxCapacityVA",
maxCapacityVA);
}

if (Firebase.RTDB.getInt(&fbdo, "/settings/power/warningPercent")) {
  int val = fbdo.intData();
  if (val >= 50 && val <= 90) warningPercent = val;
} else {

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

        Firebase.RTDB.setInt(&fbdo,      "/settings/power/warningPercent",
warningPercent);
    }

    warningVA = maxCapacityVA * (warningPercent / 100.0f);

    Firebase.reconnectWiFi(true);
    Firebase.setDoubleDigits(5);

    DateTime nowRtc = rtc.now();
    char tanggalInit[11];
    sprintf(tanggalInit, "%04d-%02d-%02d", nowRtc.year(), nowRtc.month(),
nowRtc.day());

    if (Firebase.RTDB.getFloat(&fbdo,
        (String("history/harian/") + tanggalInit + "/total_daya_hari_ini").c_str())) {
        float saved = fbdo.floatData();
        if (saved > 0) {
            totalDayaHariIni = saved;
            lastResetDay = nowRtc.day();
            Serial.print("[Init] Loaded totalDayaHariIni = ");
            Serial.println(totalDayaHariIni);
        }
    }

    // Sync akumulasi mingguan
    uint16_t yday = nowRtc.day();
    uint8_t dim[] = {31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31};
    bool lp = (nowRtc.year() % 4 == 0 && (nowRtc.year() % 100 != 0 ||
nowRtc.year() % 400 == 0));
    if (lp) dim[1] = 29;
    for (uint8_t m = 1; m < nowRtc.month(); m++) yday += dim[m-1];

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
int nomorMingguInit = ((yday - 1) / 7) + 1;
char mingguInit[12];
sprintf(mingguInit, "%04d_w%02d", nowRtc.year(), nomorMingguInit);

if (Firebase.RTDB.getFloat(&fbdo,
    (String("history/mingguan/") + mingguInit +
    "/total_daya_minggu").c_str())) {
    float saved = fbdo.floatData();
    if (saved > 0) {
        totalDayaMingguIni = saved;
        lastResetWeek = nomorMingguInit;
        Serial.print("[Init] Loaded totalDayaMingguIni = ");
        Serial.println(totalDayaMingguIni);
    }
}

// Sync akumulasi bulanan
char bulanInit[8];
sprintf(bulanInit, "%04d_%02d", nowRtc.year(), nowRtc.month());

if (Firebase.RTDB.getFloat(&fbdo,
    (String("history/bulanan/") + bulanInit + "/total_daya_bulan").c_str())) {
    float saved = fbdo.floatData();
    if (saved > 0) {
        totalDayaBulanIni = saved;
        lastResetMonth = nowRtc.month();
        Serial.print("[Init] Loaded totalDayaBulanIni = ");
        Serial.println(totalDayaBulanIni);
    }
}

if (esp_now_init() != ESP_OK) {
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

Serial.println("ESP-NOW init failed");
return;
}

Serial.print("Channel setelah ESP-NOW init: ");
Serial.println(WiFi.channel());
esp_now_register_recv_cb(onDataRecv);
esp_now_register_send_cb(onDataSent);

esp_now_del_peer(slaveMac);

esp_now_peer_info_t peerInfo = {};
memcpy(peerInfo.peer_addr, slaveMac, 6);
peerInfo.channel = currentEspNowChannel;
peerInfo.encrypt = false;
peerInfo.ifidx = WIFI_IF_STA;

if (esp_now_add_peer(&peerInfo) != ESP_OK) {
    Serial.println("Failed to add slave as peer");
    return;
}

Serial.println("SLAVE PEER ADDED");
Serial.print("Slave peer channel = ");
Serial.println(peerInfo.channel);

slavePeerAdded = true;
delay(2000);

commandToSlave.relay1On = true;
commandToSlave.relay2On = true;
commandToSlave.sourceId = 1;

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

sendSlaveRelayState();

Serial.println("MASTER READY");
Serial.println("Waiting for data from slave...");
}

void checkSlaveTimeout() {
    if (slaveOnline && (millis() - lastSlaveDataTime > SLAVE_TIMEOUT_MS))
    {
        slaveOnline = false;

        // Reset semua data slave ke 0
        slaveData.voltage1 = 0; slaveData.current1 = 0; slaveData.power1 = 0;
        slaveData.energy1 = 0; slaveData.frequency1 = 0; slaveData.pf1 = 0;
        slaveData.voltage2 = 0; slaveData.current2 = 0; slaveData.power2 = 0;
        slaveData.energy2 = 0; slaveData.frequency2 = 0; slaveData.pf2 = 0;
        slaveData.totalCurrent = 0; slaveData.totalPower = 0;

        Serial.println(">>> SLAVE TIMEOUT - data direset ke 0");
    }
}

// ===== LOOP =====

void loop() {
    checkSlaveTimeout();

    DateTime now = rtc.now();

    Serial.print("[RTC] ");
    Serial.print(now.year()); Serial.print("-");
    Serial.print(now.month()); Serial.print("-");
    Serial.print(now.day()); Serial.print(" ");
  
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

Serial.print(now.hour()); Serial.print(":");
Serial.print(now.minute()); Serial.print(":");
Serial.print(now.second()); Serial.println(" WIB");

Serial.print("ESP-NOW Channel: ");
Serial.println(currentEspNowChannel);

PZEMData p1 = readPZEM(PZEM1Serial);
PZEMData p2 = readPZEM(PZEM2Serial);

if (p1.ok) {
  lastPzem1 = p1;
} else {
  lastPzem1 = {};
}

if (p2.ok) {
  lastPzem2 = p2;
} else {
  lastPzem2 = {};
}

float slaveCurrent1 = slaveData.current1;
float slaveCurrent2 = slaveData.current2;
float slavePower1 = slaveData.power1;
float slavePower2 = slaveData.power2;

float totalCurrent = lastPzem1.current + lastPzem2.current + slaveCurrent1 +
slaveCurrent2;

float totalVA =
(lastPzem1.voltage * lastPzem1.current) +

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
(lastPzem2.voltage * lastPzem2.current) +
(slaveData.voltage1 * slaveData.current1) +
(slaveData.voltage2 * slaveData.current2);

float totalPower = lastPzem1.power + lastPzem2.power + slavePower1 +
slavePower2;

float totalPF = 0.0;
if (totalVA > 0) {
    totalPF = totalPower / totalVA;
}

detectLastActiveSocket(lastPzem1.power, lastPzem2.power, slavePower1,
slavePower2);

if (millis() - lastPowerSettingSync >= POWER_SETTING_SYNC_MS) {
    lastPowerSettingSync = millis();
    syncPowerSettingFromFirebase();

    Serial.println("==== POWER SETTINGS ====");
    Serial.print("maxCapacityVA : "); Serial.println(maxCapacityVA);

    Serial.print("warningPercent : "); Serial.println(warningPercent);

    Serial.print("warningVA : "); Serial.println(warningVA);

    Serial.println("=====");
}

if (millis() - lastFirebaseRead >= FIREBASE_READ_INTERVAL_MS) {
    lastFirebaseRead = millis();
    readFirebaseLoadCommands();
}
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

    applyFirebaseRelayCommands();
  }

  updateIndicator(totalVA, lastPzem1.power, lastPzem2.power, slavePower1,
slavePower2);

  Serial.println("===== MASTER SOCKET 1 =====");
  printPZEMData("", lastPzem1, p1.ok);

  Serial.println("===== MASTER SOCKET 2 =====");
  printPZEMData("", lastPzem2, p2.ok);

  Serial.println("===== SLAVE SOCKET 3 =====");
  Serial.print("Voltage : "); Serial.print(slaveData.voltage1); Serial.println(" V");
  Serial.print("Current : "); Serial.print(slaveData.current1); Serial.println(" A");
  Serial.print("Power : "); Serial.print(slaveData.power1); Serial.println(" W");
  Serial.print("Energy : "); Serial.print(slaveData.energy1); Serial.println("
kWh");
  Serial.print("Frequency : "); Serial.print(slaveData.frequency1); Serial.println("
Hz");
  Serial.print("PF : "); Serial.println(slaveData.pf1);

  Serial.println("===== SLAVE SOCKET 4 =====");
  Serial.print("Voltage : "); Serial.print(slaveData.voltage2); Serial.println(" V");
  Serial.print("Current : "); Serial.print(slaveData.current2); Serial.println(" A");
  Serial.print("Power : "); Serial.print(slaveData.power2); Serial.println(" W");
  Serial.print("Energy : "); Serial.print(slaveData.energy2); Serial.println("
kWh");
  Serial.print("Frequency : "); Serial.print(slaveData.frequency2); Serial.println("
Hz");
  Serial.print("PF : "); Serial.println(slaveData.pf2);

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

Serial.println("===== TOTAL =====");

Serial.print("Total Current : "); Serial.print(totalCurrent); Serial.println(" A");
Serial.print("Total Power   : "); Serial.print(totalPower); Serial.println(" W");
Serial.print("Total PF      : "); Serial.println(totalPF, 2);
Serial.print("Total VA       : "); Serial.print(totalVA); Serial.println(" VA");

Serial.print("Last Active Socket : ");
Serial.println(lastActiveSocket);

Serial.println("=====");
Serial.println();

if (millis() - lastFirebasePublish >= FIREBASE_PUBLISH_INTERVAL_MS)
{
    lastFirebasePublish = millis();
    sendFirebaseSnapshot(totalCurrent, totalPower);
}

if (millis() - lastWifiMonitor >= WIFI_MONITOR_INTERVAL_MS) {
    lastWifiMonitor = millis();
    sendWifiMonitorToFirebase();
}

if (!historyBusy && millis() - lastHistorySave >= HISTORY_INTERVAL_MS)
{
    historyBusy = true;
    saveHistory(totalPower);
    lastHistorySave = millis();
    historyBusy = false;
}

if (millis() - lastHeartbeat >= HEARTBEAT_INTERVAL) {

```



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

lastHeartbeat = millis();
sendSlaveRelayState();
}

delay(1000);
}

```

L - 8 Codingan ESP32 Slave

```

#include <WiFi.h>
#include <esp_now.h>
#include <esp_wifi.h>
#include <HardwareSerial.h>

// ===== ESP-NOW CHANNEL =====
#define ESPNOW_CHANNEL 11

// ===== PZEM PORT =====
HardwareSerial PZEM1Serial(2); // UART2
HardwareSerial PZEM2Serial(1); // UART1

// ===== PZEM CONFIG =====
#define PZEM_ADDR 0xF8
#define CMD_RIR 0x04

#define RESPONSE_SIZE 25
#define READ_TIMEOUT 300

#define PZEM1_RX_PIN 26
#define PZEM1_TX_PIN 27

#define PZEM2_RX_PIN 18
#define PZEM2_TX_PIN 19

// ===== OUTPUT =====
#define RELAY1_PIN 33
#define RELAY2_PIN 32
#define LED_RED1_PIN 25
#define LED_RED2_PIN 21

// Relay board kamu: HIGH = relay tidak memutus, LOW = relay memutus
const uint8_t RELAY_ON_LEVEL = HIGH;
const uint8_t RELAY_OFF_LEVEL = LOW;

// ===== ESP-NOW PAYLOAD =====

```



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
typedef struct __attribute__((packed)) struct_message {
    float voltage1, current1, power1, energy1, frequency1, pf1;
    float voltage2, current2, power2, energy2, frequency2, pf2;
    float totalCurrent, totalPower;
    bool relay1On, relay2On;
    uint8_t sourceId;
} struct_message;

struct_message dataToSend;
struct_message commandFromMaster;

// GANTI dengan MAC address ESP master kamu
uint8_t masterMac[] = {0x00, 0x70, 0x07, 0x26, 0x5C, 0x48};

// ===== STATE =====
bool relay1On = true;
bool relay2On = true;

float lastV1=0, lastC1=0, lastP1=0, lastE1=0, lastF1=0, lastPF1=0;
float lastV2=0, lastC2=0, lastP2=0, lastE2=0, lastF2=0, lastPF2=0;

// ===== CRC =====
uint16_t modbusCRC16(const uint8_t *buf, int len) {
    uint16_t crc = 0xFFFF;
    for (int i = 0; i < len; i++) {
        crc ^= buf[i];
        for (int j = 0; j < 8; j++) {
            if (crc & 0x0001) {
                crc = (crc >> 1) ^ 0xA001;
            } else {
                crc >>= 1;
            }
        }
    }
    return crc;
}

// ===== RELAY CONTROL =====
void setRelay(uint8_t pin, bool socketOn) {
    digitalWrite(pin, socketOn ? RELAY_ON_LEVEL : RELAY_OFF_LEVEL);
}

// ===== READ PZEM =====
bool readPZEM(HardwareSerial &port,
              float &voltage,
              float &current,
              float &power,
              float &energy,
```



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

float &frequency,
float &pf) {
uint8_t cmd[8];
uint8_t response[RESPONSE_SIZE];

cmd[0] = PZEM_ADDR;
cmd[1] = CMD_RIR;
cmd[2] = 0x00;
cmd[3] = 0x00;
cmd[4] = 0x00;
cmd[5] = 0x0A;

uint16_t crc = modbusCRC16(cmd, 6);
cmd[6] = crc & 0xFF;
cmd[7] = (crc >> 8) & 0xFF;

while (port.available()) port.read();
port.write(cmd, 8);

unsigned long startTime = millis();
int index = 0;

while ((millis() - startTime) < READ_TIMEOUT && index <
RESPONSE_SIZE) {
if (port.available()) {
response[index++] = port.read();
}
}

if (index != RESPONSE_SIZE) return false;

uint16_t respCRC = modbusCRC16(response, RESPONSE_SIZE - 2);
uint16_t receivedCRC = (response[RESPONSE_SIZE - 1] << 8) |
response[RESPONSE_SIZE - 2];

if (respCRC != receivedCRC) return false;
if (response[0] != PZEM_ADDR || response[1] != CMD_RIR) return false;

voltage = ((response[3] << 8) | response[4]) / 10.0;
current = (((uint32_t)((response[7] << 8) | response[8]) << 16) |
(uint32_t)((response[5] << 8) | response[6])) / 1000.0;
power = (((uint32_t)((response[11] << 8) | response[12]) << 16) |
(uint32_t)((response[9] << 8) | response[10])) / 10.0;
energy = (((uint32_t)((response[15] << 8) | response[16]) << 16) |
(uint32_t)((response[13] << 8) | response[14])) / 1000.0;
frequency = ((response[17] << 8) | response[18]) / 10.0;
pf = ((response[19] << 8) | response[20]) / 100.0;

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

return true;
}

// ===== ESP-NOW CALLBACK =====
void onDataSent(const wifi_tx_info_t *tx_info, esp_now_send_status_t status) {
    (void)tx_info;

    Serial.print("Send status = ");
    Serial.println(status);

    if(status == ESP_NOW_SEND_SUCCESS)
        Serial.println("SUCCESS");
    else
        Serial.println("FAILED");
}

// ===== RECEIVE COMMAND FROM MASTER =====
void onDataRecv(const esp_now_recv_info_t *recv_info, const uint8_t
*incomingData, int len) {
    (void)recv_info;

    if (len == sizeof(commandFromMaster)) {
        memcpy(&commandFromMaster, incomingData,
sizeof(commandFromMaster));

        relay1On = commandFromMaster.relay1On;
        relay2On = commandFromMaster.relay2On;

        setRelay(RELAY1_PIN, relay1On);
        setRelay(RELAY2_PIN, relay2On);

        digitalWrite(LED_RED1_PIN, relay1On ? LOW : HIGH);
        digitalWrite(LED_RED2_PIN, relay2On ? LOW : HIGH);

        Serial.println("Command received from master");
    } else {
        Serial.print("Invalid command size: ");
        Serial.println(len);
        Serial.print("Expected: ");
        Serial.println(sizeof(commandFromMaster));
    }
}

// ===== SEND DATA =====
void sendDataToMaster() {
    esp_err_t result = esp_now_send(masterMac, (uint8_t *)&dataToSend,
sizeof(dataToSend));

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

if (result == ESP_OK) {
    Serial.println("Data sent to master");
} else {
    Serial.print("Error sending the data: ");
    Serial.println(result);
}
}

// ===== SETUP ===== NEWWWWWW

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

    PZEM1Serial.begin(9600, SERIAL_8N1, PZEM1_RX_PIN,
PZEM1_TX_PIN);
    PZEM2Serial.begin(9600, SERIAL_8N1, PZEM2_RX_PIN,
PZEM2_TX_PIN);

    pinMode(RELAY1_PIN, OUTPUT);
    pinMode(RELAY2_PIN, OUTPUT);
    pinMode(LED_RED1_PIN, OUTPUT);
    pinMode(LED_RED2_PIN, OUTPUT);

    relay1On = true;
    relay2On = true;
    setRelay(RELAY1_PIN, true);
    setRelay(RELAY2_PIN, true);
    digitalWrite(LED_RED1_PIN, LOW);
    digitalWrite(LED_RED2_PIN, LOW);

    // ☒ Connect ke hotspot untuk sniff channel
    // ☒ Connect ke WiFi yang sama dengan master

    WiFi.mode(WIFI_STA);
    WiFi.setSleep(false);

    int retryCount = 0;
    bool wifiOk = false;

    while (!wifiOk && retryCount < 3) {
        Serial.print("Percobaan WiFi ke-");
        Serial.println(retryCount + 1);

        WiFi.begin("TaAzDiv", "12345678"); // ganti manual sesuai SSID aktif

        Serial.print("Slave connecting to WiFi");

        unsigned long t = millis();

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED && millis() - t < 10000) {
  delay(300);
  Serial.print(".");
}
Serial.println();

if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
  wifiOk = true;
} else {
  Serial.println("Gagal, disconnect dan coba lagi...");
  WiFi.disconnect();
  delay(500);
  retryCount++;
}
}

Serial.print("WiFi Status Code: ");
Serial.println(WiFi.status());

uint8_t ch;
if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
  ch = WiFi.channel();
  Serial.print("Slave connected! Channel: ");
  Serial.println(ch);
} else {
  ch = ESPNOW_CHANNEL; // fallback terakhir
  Serial.println("WiFi gagal, pakai fallback channel");
  WiFi.disconnect(true);
  delay(300);
}

Serial.print("Slave MAC: ");
Serial.println(WiFi.macAddress());

esp_err_t chResult = esp_wifi_set_channel(ch,
WIFI_SECOND_CHAN_NONE);
Serial.print("Set channel result: ");
Serial.println(chResult);

if (esp_now_init() != ESP_OK) {
  Serial.println("Error initializing ESP-NOW");
  return;
}

esp_now_register_send_cb(onDataSent);
esp_now_register_recv_cb(onDataRecv);

esp_now_del_peer(masterMac);
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

esp_now_peer_info_t peerInfo = {};
memcpy(peerInfo.peer_addr, masterMac, 6);
peerInfo.channel = ch;
peerInfo.encrypt = false;
peerInfo.ifidx = WIFI_IF_STA;

if (esp_now_add_peer(&peerInfo) != ESP_OK) {
    Serial.println("Failed to add master as peer");
    return;
}

Serial.println("MASTER PEER ADDED");
Serial.println("ESP-NOW Slave Ready");

}

// ===== LOOP =====
void loop() {
    float v1, c1, p1, e1, f1, pf1;
    float v2, c2, p2, e2, f2, pf2;

    bool ok1 = readPZEM(PZEM1Serial, v1, c1, p1, e1, f1, pf1);
    bool ok2 = readPZEM(PZEM2Serial, v2, c2, p2, e2, f2, pf2);

    if (!ok1) Serial.println("Failed to read PZEM 1");
    if (!ok2) Serial.println("Failed to read PZEM 2");

    if (ok1) {lastV1=v1; lastC1=c1; lastP1=p1; lastE1=e1; lastF1=f1; lastPF1=pf1;
    } else {lastV1=0; lastC1=0; lastP1=0; lastE1=0; lastF1=0; lastPF1=0;}

    if (ok2) { lastV2=v2; lastC2=c2; lastP2=p2; lastE2=e2; lastF2=f2; lastPF2=pf2;
    } else {lastV1=0; lastC1=0; lastP1=0; lastE1=0; lastF1=0; lastPF1=0;}

    dataToSend.voltage1 = lastV1;
    dataToSend.current1 = lastC1;
    dataToSend.power1 = lastP1;
    dataToSend.energy1 = lastE1;
    dataToSend.frequency1 = lastF1;
    dataToSend.pf1 = lastPF1;

    dataToSend.voltage2 = lastV2;
    dataToSend.current2 = lastC2;
    dataToSend.power2 = lastP2;
    dataToSend.energy2 = lastE2;
    dataToSend.frequency2 = lastF2;
    dataToSend.pf2 = lastPF2;

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

dataToSend.totalCurrent = lastC1 + lastC2;
dataToSend.totalPower = lastP1 + lastP2;

dataToSend.relay1On = relay1On;
dataToSend.relay2On = relay2On;
dataToSend.sourceId = 2;

Serial.println("===== PZEM 1 =====");
Serial.print("Voltage : "); Serial.print(dataToSend.voltage1); Serial.println("
V");
Serial.print("Current : "); Serial.print(dataToSend.current1); Serial.println("
A");
Serial.print("Power : "); Serial.print(dataToSend.power1); Serial.println("
W");
Serial.print("Energy : "); Serial.print(dataToSend.energy1); Serial.println("
kWh");
Serial.print("Frequency : "); Serial.print(dataToSend.frequency1);
Serial.println(" Hz");
Serial.print("PF : "); Serial.println(dataToSend.pf1);

Serial.println();
Serial.println("===== PZEM 2 =====");
Serial.print("Voltage : "); Serial.print(dataToSend.voltage2); Serial.println("
V");
Serial.print("Current : "); Serial.print(dataToSend.current2); Serial.println("
A");
Serial.print("Power : "); Serial.print(dataToSend.power2); Serial.println("
W");
Serial.print("Energy : "); Serial.print(dataToSend.energy2); Serial.println("
kWh");
Serial.print("Frequency : "); Serial.print(dataToSend.frequency2);
Serial.println(" Hz");
Serial.print("PF : "); Serial.println(dataToSend.pf2);

Serial.println();
Serial.println("===== TOTAL =====");
Serial.print("Total Current : "); Serial.print(dataToSend.totalCurrent);
Serial.println(" A");
Serial.print("Total Power : "); Serial.print(dataToSend.totalPower);
Serial.println(" W");
Serial.println("=====");

sendDataToMaster();

delay(10000);
}

```