

LAPORAN AKHIR CAPSTONE PROJECT

RANCANG BANGUN ALAT MONITORING TEGANGAN, ARUS, DAYA DAN FREKUENSI PADA SISTEM KELISTRIKAN 3 PHASE GEDUNG TEKNIK ELEKTRO DAN SISTEM INFORMASI



Oleh:

Ketua : Zizki Wahyudi (G1D021052)
Anggota : Warnisa Gulo (G1D021054)
Febri Siswanto (G1D021063)
Ramayuda Kharinda (G1D021071)

DOSEN PEMBIMBING:

Ir. Novalio Daratha, S.T., M.Sc., Ph.D.
Ir. Adhadi Kurniawan, S.T., M.Eng.
Muhammad Arfan, S.T., M.T.

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BENGKULU
Desember 2024**

HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN AKHIR CAPSTONE PROJECT

**RANCANG BANGUN ALAT MONITORING
TEGANGAN, ARUS, DAYA DAN FREKUENSI PADA
SISTEM KELISTRIKAN 3 PHASE GEDUNG TEKNIK
ELEKTRO DAN SISTEM INFORMASI**

Oleh:

Ketua : Zizki Wahyudi (G1D021052)
Anggota : Warnisa Gulo (G1D021054)
Febri Siswanto (G1D021063)
Ramayuda Kharinda (G1D021071)

Menyetujui,

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

Dosen Pembimbing 3

Ir. Novalio Daratha, S.T., M.Sc., Ph.D **Ir. Adhadi Kurniawan, S.T., M.Eng.** **Muhammad Arfan, S.T., M.T.**
NIP. 19791113 200312 1 002 **NIP. 19881127 201903 1 007** **NIP. 199404182024061001**

Bengkulu, Desember 2024

Mengesahkan.

Koordinator Program Studi Teknik Elektro

Ir. Afriyastuti Herawati, S.T., M.T.
NIP. 19820501 200812 2 002

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT. atas berkat limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulis diberikan kesempatan maupun kesehatan dalam menyelesaikan Laporan Capstone Project dengan judul “Rancang Bangun Alat Monitoring Tegangan, Arus, Daya Dan Frekuensi Pada Sistem Kelistrikan 3 Phase Gedung Teknik Elektro Dan Sistem Informasi”. Dalam melaksanakan dan menyelesaikan laporan ini, tidak lepas dari bimbingan serta arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya sehingga kegiatan ini dapat terselesaikan dengan lancar.
2. Dosen dan Tenaga Kependidikan Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu.
3. Ibu Ir. Afriyastuti Herawati, S.T., M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknik Elektro Universitas Bengkulu.
4. Bapak Ir. Novalio Daratha, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing 1 Program Capstone Project.
5. Bapak Ir. Adhadi Kurniawan, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing 2 Program Capstone Project.
6. Bapak Muhammad Arfan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 3 Program Capstone Project.
7. Teman-teman Teknik Elektro Angkatan 2021 yang selalu memberikan semangat dan dukungan dalam kegiatan ini.

Penulis berharap kebaikan yang diterima dibalas oleh Allah SWT. Laporan ini membahas Capstone Project Teknik Elektro Universitas Bengkulu tentang "Rancang Bangun Sistem Pengendalian Beban Untuk Optimasi Keseimbangan Fasa." Penulis menyadari kekurangan laporan ini dan menerima kritik serta saran yang membangun. Terima kasih.

Bengkulu, Desember 2024

Penulis

ABSTRAK

Konsumsi energi Listrik Pada gedung Teknik elektro dan sistem informasi kebanyakan bersifat beban induktif seperti AC dan kipas angin. Beban listrik yang bersifat reaktif induktif pada gedung tersebut, menyebabkan gelombang arus tertinggal dari gelombang tegangan, sehingga akan menyebabkan turunnya faktor daya. Menurunnya kualitas faktor daya dalam suatu sistem tenaga listrik adalah sebuah masalah yang harus diminimalisir. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat monitoring yang dapat mengukur tegangan, arus, daya, faktor daya, dan frekuensi pada gedung Teknik Elektro dan Sistem Informasi. Alat ini diharapkan dapat memberikan solusi yang efektif dalam pengelolaan konsumsi energi di lingkungan kampus. Alat ini menggunakan sensor-sensor yang terintegrasi dengan mikrokontroler untuk mengumpulkan data secara *real-time* yang dapat dimonitoring secara langsung melalui LCD. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa alat yang dirancang mampu memberikan informasi yang akurat dan tepat waktu mengenai parameter kelistrikan, serta memberikan rekomendasi untuk penghematan energi. Dengan demikian, alat ini tidak hanya berfungsi sebagai alat monitoring, tetapi juga sebagai sarana edukasi bagi mahasiswa dalam memahami pentingnya pengelolaan energi yang berkelanjutan.

Kata kunci: PZEM, monitoring kelistrikan, efisiensi energi, mikrokontroler.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Penelitian Terdahulu	3
2.2 Prinsip Kerja Alat Monitoring Listrik	5
2.2.1 Modul PZEM-004T	6
2.2.2 NodeMCU ESP8266.....	7
2.3 Faktor Daya dan Frekuensi pada Sistem Kelistrikan	9
2.3.1 Faktor Daya.....	9
2.3.2 Frekuensi.....	9
2.4 Pentingnya Monitoring Tegangan, Arus, Daya dan Frekuensi	10
BAB III METODELOGI PENELITIAN.....	11
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan	11
3.2 Metode Penelitian.....	11
3.3 Alat dan Bahan	11
3.3.1 Alat.....	11
3.3.2 Bahan	12
3.4 Studi Literatur.....	12
3.5 Perancangan Software	12
3.6 Perancangan Alat Monitoring.....	12
3.7 Diagram Alir Perancangan Sistem	13
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	15

4.1 Target Luaran	15
4.2 Rekapitulasi Biaya	15
4.3. Bentuk Fisik Alat	15
4.4 Sistem Operasi Alat Monitoring	16
4.5 Tahap Pengambilan Data Pengukuran	17
4.6 Hasil Pengambilan Data Pengukuran.....	17
4.6.1 Pengujian Spesifikasi kebutuhan 1 fasa	18
4.6.2 Pengujian Spesifikasi kebutuhan 3 fasa	18
4.7 Perhitungan Selisih Hasil Pengukuran pada Alat Ukur PZEM dengan Wattmeter.....	19
4.8 Hasil Analisa Spesifikasi Kebutuhan	20
BAB V PENUTUP	23
5.1 Kesimpulan	23
5.2 Saran	23
DAFTAR PUSTAKA	25
LAMPIRAN	27

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1	Spesifikasi Kebutuhan	2
Tabel 2.1	Penelitian yang Membahas Mengenai Alat Monitoring Penggunaan Energi Listrik.....	3
Tabel 4. 1	Rekapitulasi Biaya Komponen Perancangan.....	15
Tabel 4. 2	Data Hasil Pengukuran untuk Beban 1 Fasa.....	18
Tabel 4. 3	Data Hasil Pengukuran untuk Beban 3 Fasa.....	19
Tabel 4. 4	Hasil Selisih Pengukuran Alat Ukur PZEM dengan Wattmeter dengan satuan (%).....	20
Tabel 4. 5	Hasil Analisa Spesifikasi Kebutuhan Yang Terpenuhi dan Tidak Terpenuhi.....	20

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Modul PZEM-004T	6
Gambar 2. 2 <i>Datasheet</i> Modul PZEM004T	7
Gambar 2. 3 NudeMCU ESP8266.....	8
Gambar 2. 4 <i>Datasheet</i> ESP82	8
Gambar 3. 1 SLD Perancangan Alat Monitoring	13
Gambar 3. 2 Diagram Alir Perancangan Sistem.....	13
Gambar 4. 1 Bentuk Fisik Alat Monitoring.....	16

DAFTAR LAMPIRAN

Kode Program	25
Gambar 1 Datasheet ESP8266.....	34
Gambar 2 Datasheet Modul Pzem-0041	35
Gambar 3 Alat pengukur daya, tegangan, arus dan frekuensi	35
Gambar 4 Pengambilan Data	36
Gambar 5 Alat Saat Pengambilan Data	36
Gambar 6 bimbingan dan peninjauan langsung oleh dosen pembimbing	37
Gambar 7 Pembuatan Kotak Alat	37

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring perkembangan zaman semakin lama penduduk di dunia semakin banyak terutama di Indonesia. tingkat pertumbuhan penduduk di Indonesia cukup cepat, pertumbuhan pembangunan infrastruktur pun mengikutinya. Kebutuhan mendasar listrik sebagai sumber energi kehidupan, tidak heran seiring berjalannya waktu dan zaman perkembangan teknologi di bidang kelistrikan telah berkembang.

Konsumsi energi listrik pada Gedung Teknik Elektro dan Sistem Informasi kebanyakan bersifat beban induktif seperti AC dan kipas angin. Beban listrik yang bersifat reaktif induktif pada gedung tersebut, menyebabkan gelombang arus tertinggal dari gelombang tegangan, sehingga akan menyebabkan turunnya faktor daya. Penggunaan beban yang bersifat induktif akan menimbulkan daya reaktif, dimana daya reaktif yang besar akan menurunkan nilai faktor daya. Semakin besar daya reaktif semakin besar pula daya semu yang harus disuplai ke sistem. Menurunnya kualitas faktor daya dalam suatu sistem tenaga listrik adalah sebuah masalah yang harus diminimalisir. Menurunnya kualitas faktor daya akan menyebabkan kerugian contohnya bagi pemakai tenaga listrik kerugian yang didapat tegangan sistem menjadi menurun, kapasitas daya tidak dipakai secara maksimal, mengakibatkan rendahnya efisiensi tenaga listrik dan kapasitas daya yang terpasang menjadi berkurang. Sedangkan bagi penyedia layanan tenaga listrik kerugian yang didapat adalah harus mensuplai kapasitas daya yang lebih besar ke sistem.

Pada gedung Teknik elektro sering terjadi tegangan dan frekuensi yang tidak stabil yang ditandai dengan alat elektronik yang beroperasi tidak maksimal seperti kecepatan putaran kipas angin yang berubah-ubah, suhu AC yang tidak mencapai suhu yang diatur, serta lampu yang kedap kedip dan redup. Sehingga hal tersebut berpotensi menyebabkan kerusakan pada alat-alat listrik yang ada pada gedung teknik elektro dan sistem informasi.

Pada penelitian ini, tim peneliti akan merancang sebuah alat monitoring yang dibutuhkan untuk mengukur tegangan pada sistem kelistrikan tiga fasa dengan

tujuan untuk memantau kestabilan tegangan pada setiap fasa. Rentang tegangan setiap fasa yang dapat diukur yaitu 85-260 VAC, daya aktif 0 – 23kW, faktor daya dan frekuensi 45-65 Hz, sesuai dengan sistem kelistrikan yang ada pada gedung Teknik Elektro dan Sistem Informasi. Kondisi listrik dapat dipantau secara mudah dikarenakan alat yang akan dirancang sudah terdapat LCD untuk menampilkan hasil pengukuran secara *real-time*. Alat ini juga akan dirancang dengan tampilan sederhana dan cara penggunaan yang praktis. Sehingga tim peneliti mengangkat judul “Rancang bangun alat monitoring tegangan, arus, daya, faktor daya dan frekuensi pada Gedung Teknik elektro dan system informasi”.

1.2 Tujuan

Tujuan dari tim peneliti menjalankan proyek ini yaitu sebagai berikut:

1. Membuat alat monitoring tegangan, arus, daya, factor daya dan frekuensi.
2. Memantau penggunaan tegangan, arus, daya, factor daya dan frekuensi dengan akurat dan praktis.

1.3 Batasan Masalah

Agar laporan ini dapat terfokus pada tujuan, maka batasan masalah serta spesifikasi kebutuhan yang akan dicapai pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.1 berikut:

Tabel 1. 1 Spesifikasi Kebutuhan

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Tegangan	120 – 370	Volt
2	Arus	0 – 100	Ampere
3	Daya Aktif	0 – 23	kW
4	Daya Reaktif	0 – 23	VAR
5	Daya Semu	0 – 23	kVA
6	Faktor Daya	0 – 1	PF
7	Frekuensi	45 – 65	Hz
8	Jumlah Fasa	3 Fasa	Volt
9	Koneksi ke Server	Ya	-
10	Upload Data Server	Ya	-

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Alat monitoring tegangan, arus, daya, cos phi, dan frekuensi sebagai salah satu solusi untuk memudahkan pengumpulan penggunaan energi dan dapat memonitoring dalam jarak jauh. Tujuan dari Sistem monitoring energi adalah untuk menjadi dasar efisiensi penggunaan energi dan manajemen di Gedung Teknik elektro dan sistem informasi. Monitoring energi dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa Solusi seperti yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya baik dalam memonitoring tegangan, arus, frekuensi dan monitoring daya pada suatu gedung, bangunan, ataupun dalam rumah tangga.

Sudah banyak penelitian yang membahas mengenai alat untuk memonitoring energi listrik. Diantaranya peneliti menggunakan dalam literasi seperti yang dirumuskan dalam Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Penelitian yang Membahas Mengenai Alat Monitoring Penggunaan Energi Listrik

Acuan /Tahun	Masalah	Metode	Indeks	Asumsi-asumsi
[1] /2018	Ketidakstabilan tegangan yang dapat menyebabkan masalah	Modul PZEM-004T, Arduino ATmega sebagai mikrokontroller dan Esp8266 untuk mengirim data melalui jaringan wifi.	Dapat memonitoring nilai dari arus, tegangan, dan daya pada sistem kelistrikan	PZEM-004T sebagai alat untuk membaca nilai dari arus, tegangan, dan daya pada listrik
[2] /2019	Pemborosan atau penggunaan listrik yang	Modul PZEM-004T, Arduino Mega 2560 sebagai	Mengatasi masalah pemborosan penggunaan	PZEM-004T sebagai alat untuk pengukuran

	diluar kebiasaan, akan menyebabkan pembayaran rekening listrik melambung tinggi.	microkontroller dan LCD 20x4 untuk menampilkan data pengukuran.	listrik dilakukan dengan pengukuran energi listrik dalam penggunaannya .	energi listrik dalam penggunaannya .
[3] /2016	Penggunaan daya listrik boros pada kamar kos yang menyebabkan pembayaran listrik cenderung tinggi.	Sensor arus ACS712, Sensor tegangan, mikrokontroler ATmega 328P pada Arduino UNO R3, LCD dan dikirimkan melalui SMS dengan modul GSM Shield SIM900.	Menghasilkan nilai arus, tegangan, daya, faktor daya, energi dan biaya pemakaian	sensor arus ACS712 dan sensor tegangan menghasilkan nilai arus, tegangan, daya, faktor daya, energi dan biaya pemakaian energi
[4] /2018	Diperlukannya alat kontrol pemakaian energi listrik pada rumah indekos dari jarak jauh.	mikrokontroler ATmega 328P, sensor arus ACS712, dan modul GSM SIM900	Menampilkan secara jarak jauh dengan SMS, untuk mengontrol jarak dekat dengan keypad dan untuk mengontrol jarak jauh juga	ATmega 328P, sensor arus ACS712 untuk mendapatkan nilai arus, sensor tegangan ZMPT101 untuk mendapatkan nilai tegangan, modul GSM

			bisa dengan SMS	SIM900 sebagai penyedia informasi dan pengontrol alat dari jarak jauh melalui SMS
[5] /2019	Penelitian smart socket untuk smart home	mikrokontroler Wemos D1 Mini, sensor arus ACS712, sensor tegangan ZMPT101B dan modul MQTT.	Pemantauan arus, tegangan dan pengendalian penggunaan energi bisa melalui web atau Android.	Sensor arus ACS712 untuk mendapatkan nilai arus, sensor tegangan ZMPT101B untuk mendapatkan nilai tegangan, MQTT untuk bisa dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh.

2.2 Prinsip Kerja Alat Monitoring Listrik

Alat monitoring listrik dirancang untuk mengukur parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, daya, faktor daya, dan frekuensi. Prinsip kerjanya melibatkan penggunaan sensor untuk menangkap sinyal listrik, konversi sinyal tersebut menjadi data digital menggunakan mikrokontroler, yang dapat diintegrasikan melalui IoT [7]. Sistem ini memungkinkan pengawasan kondisi listrik pada perangkat atau instalasi tertentu dengan akurasi yang tinggi. Diantara ssensor-sensor yang digunakan antara lain:

2.2.1 Modul PZEM-004T

Modul PZEM-004T adalah sensor yang bisa digunakan untuk mengukur tegangan rms, arus rms, dan daya aktif yang dapat dihubungkan melalui Arduino Uno atau NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler untuk memproses sinyal yang diterima. Dengan kelengkapan fungsi ini, maka modul PZEM-004T sangat ideal untuk digunakan sebagai proyek maupun eksperimen alat pengukur daya pada sebuah jaringan listrik seperti rumah atau gedung.

NodeMCU ESP8266 akan digunakan sebagai mikrokontroler pada penelitian ini. Bentuk fisik dari papan model PZEM-004T berukuran 3,1 x 7,4 cm. modul PZEM-004T dibundel dengan kumparan trafo arus diameter 30mm yang dapat digunakan untuk mengukur arus maksimal sebesar 100A, CT inilah yang akan dipasangkan pada setiap fasa yang berfungsi untuk mengukur arus yang lewat ketika fasa dibebankan. Bentuk modul PZEM-004T dapat dilihat pada gambar 2.1 di bawah ini:



Gambar 2.1 Modul PZEM-004T

2.3.1.1 Datasheet Modul PZEM-004T

Datasheet Modul Pzem004T sangat perlu diperhatikan untuk pengoperasian yang lebih optimal dan datasheet ini juga berfungsi menampilkan daya maksimal dan minimal untuk operasi alat. Datasheet Modul Pzem004T dapat dilihat pada gambar 2.2

Function	Measuring Range	Starting Measure Current/Power	Resolution	Measurement Accuracy	Display Format
Voltage	80–260V	-	0.1V	0.5%	-
Current	0–10A / 0–100A	0.01A / 0.02A	0.001A	0.5%	-
Active Power	0–2.3kW / 0–23kW	0.4W	0.1W	0.5%	< 1000W: 1 decimal (e.g., 999.9W); ≥ 1000W: integer only (e.g., 1000W)
Power Factor	0.00–1.00	-	0.01	1%	-
Frequency	45Hz–65Hz	-	0.1Hz	0.5%	-
Active Energy	0–9999.99kWh	-	1Wh	0.5%	< 10kWh: unit in Wh (e.g., 9999Wh); ≥ 10kWh: unit in kWh (e.g., 9999.99kWh)
Size	-	-	-	-	Length × Width × Height = 73.7 × 30 × 14.3mm (Bare PCB)

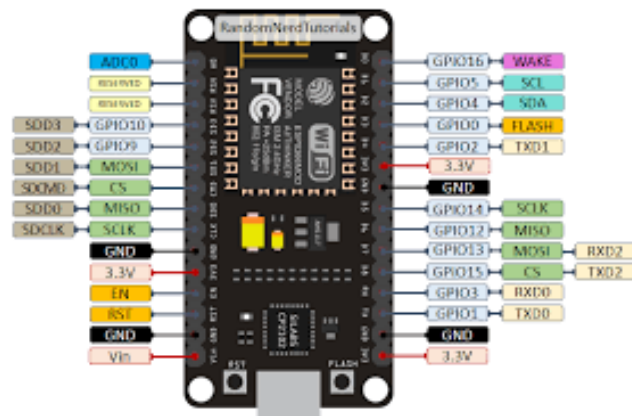
Gambar 2. 2 Datasheet Modul PZEM004T

Untuk dapat bekerja modul sensor PZEM004T dihubungkan dengan sumber tegangan AC sehingga nilai daya dan energy listrik dapat diketahui oleh modul sensor PZEM-004T tersebut. Sesuai datasheet, spesifikasi modul sensor PZEM-004T memiliki prinsip kerja yaitu bekerja pada tegangan 80~260VAC, tegangan test yaitu 80~260VAC, daya 100A/22.000W, dan frekuensi 45~65Hz.

2.2.2 NodeMCU ESP8266

NodeMCU ESP8266 adalah sebuah perangkat keras berupa Sistem On Chip ESP8266, Espressif Sistem, firmware yang digunakan dan menggunakan bahasa pemrograman scripting lua. NodeMCU dapat dianalogikan sebagai board arduino-nya ESP8266, namun NodeMCU telah digabungkan dengan ESP8266 ke dalam sebuah board yang kompleks dengan berbagai fitur layaknya mikrokontroler include dengan kapabilitas akses terhadap Wifi juga chip komunikasi USB to serial,

sehingga untuk memprogramnya hanya diperlukan ekstensi kabel data USB persis yang digunakan sebagai kabel data atau kabel charging mobile Android. Bentuk dari NodeMCU ESP8266 dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2. 3 NodeMCU ESP8266

2.3.2.1 Datasheet ESP8266

Datasheet ESP8266 dapat dilihat pada gambar 2.4

	Official NodeMCU	NodeMCU Carrier Board	LoLin NodeMCU
Microcontroller	ESP-8266 32-bit	ESP-8266 32-bit	ESP-8266 32-bit
NodeMCU Model	Amica	Amica	Clone LoLin
NodeMCU Size	49mm x 26mm	49mm x 26mm	58mm x 32mm
Carrier Board Size	n/a	102mm x 51mm	n/a
Pin Spacing	0.9" (22.86mm)	0.9" (22.86mm)	1.1" (27.94mm)
Clock Speed	80 MHz	80 MHz	80 MHz
USB to Serial	CP2102	CP2102	CH340G
USB Connector	Micro USB	Micro USB	Micro USB
Operating Voltage	3.3V	3.3V	3.3V
Input Voltage	4.5V-10V	4.5V-10V	4.5V-10V
Flash Memory/SRAM	4 MB / 64 KB	4 MB / 64 KB	4 MB / 64 KB
Digital I/O Pins	11	11	11
Analog In Pins	1	1	1
ADC Range	0-3.3V	0-3.3V	0-3.3V
UART/SPI/I2C	1 / 1 / 1	1 / 1 / 1	1 / 1 / 1
WiFi Built-In	802.11 b/g/n	802.11 b/g/n	802.11 b/g/n
Temperature Range	-40C - 125C	-40C - 125C	-40C - 125C
Product Link		NodeMCU	NodeMCU

Gambar 2. 4 Datasheet ESP82

Pada Gambar 2.2 dapat dilihat juga untuk fungsi dari setiap pin pada Node MCU ESP8266. Untuk tegangan kerja ESP8266 menggunakan standar tegangan JEDEC (tegangan 3.3V) untuk bisa berfungsi. Tidak seperti mikrokontroler AVR dan sebagian besar board Arduino yang memiliki tegangan TTL 5V. Meskipun begitu, NodeMCU masih bisa terhubung dengan 5V namun melalui port microUSB atau pin Vin yang disediakan oleh board-nya. Namun karena semua pin pada ESP8266 tidak toleran terhadap masukan 5V. Maka jangan sekali-kali langsung mencatunya dengan tegangan TTL jika tidak ingin merusak board. Bisa menggunakan Level Logic Converter untuk mengubah tegangan ke nilai aman yaitu pada 3.3V.

2.3 Faktor Daya dan Frekuensi pada Sistem Kelistrikan

2.3.1 Faktor Daya

Faktor daya merupakan parameter penting dalam sistem kelistrikan yang menunjukkan efisiensi penggunaan energi listrik. Faktor daya dihitung sebagai rasio antara daya aktif (P) dan daya semu (S), dengan Persamaan 2.1:

$$\text{Faktor Daya (PF)} = \frac{P}{S} \quad (2.1)$$

Faktor daya yang ideal adalah 1 (atau 100%), yang berarti semua daya listrik yang dikonsumsi digunakan secara efektif. Faktor daya rendah dapat mengakibatkan pemborosan energi, seperti peningkatan panas pada kabel dan peralatan. Oleh karena itu, memonitor faktor daya penting untuk memastikan efisiensi sistem dan menghindari biaya tambahan akibat penalti faktor daya rendah dari penyedia listrik [8].

2.3.2 Frekuensi

Frekuensi listrik adalah jumlah siklus arus bolak-balik (AC) yang terjadi dalam satu detik, dinyatakan dalam Hertz (Hz) [9]. Di Indonesia dan sebagian besar negara lainnya, frekuensi standar adalah 50 Hz, sedangkan di beberapa negara seperti Amerika Serikat, frekuensi standar adalah 60 Hz. Frekuensi yang stabil penting untuk menjaga kinerja dan keandalan peralatan listrik. Variasi frekuensi

dapat disebabkan oleh perubahan beban listrik yang signifikan atau gangguan pada pembangkit listrik.

2.4 Pentingnya Monitoring Tegangan, Arus, Daya dan Frekuensi

Monitoring tegangan, arus, daya, faktor daya dan frekuensi dalam sistem kelistrikan memberikan banyak manfaat, seperti meningkatkan efisiensi energi, mengurangi resiko kerusakan peralatan elektronik, mengoptimalkan biaya listrik serta meningkatkan keandalan sistem.

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan mulai dari 30 Agustus 2024 sampai 20 September 2024. Sedangkan untuk tempat pelaksanaan penelitian dilakukan di Gedung Teknik elektro dan Sistem Informasi.

3.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan untuk dapat menyelesaikan penelitian ini yaitu:

1. Studi literatur, seperti buku referensi, jurnal, artikel, serta bahan kuliah yang terkait dengan penelitian ini.
2. Metode diskusi, diskusi dengan dosen pembimbing serta teman teman sesama mahasiswa.
3. Perancangan alat dan coding dengan menggunakan Arduino uno.
4. Pengujian dan pengambilan data hasil perancangan.
5. Penulisan laporan.

3.3 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang dibutuhkan pada penelitian ini, yaitu:

3.3.1 Alat

1. Solder
2. Gunting
3. Obeng
4. Testpen
5. Node MCU ESP 8622
6. Modul PZEM-004T
7. Kabel Jumper
8. Power Supply
9. Liquid Chrystal Display (LCD)
10. Akrilik
11. Lem Akrilik

3.3.2 Bahan

1. Lampu Pijar 100 w
2. Kipas Angin
3. Charger Laptop
4. Motor Induksi 3 Fasa

3.4 Studi Literatur

Studi literatur ini ialah tahapan awal yang dilakukan dalam menyelesaikan permasalahan dalam penelitian ini. Dimana dilakukan sekurang-kurangnya proses survey mengenai penelitian yang akan dilakukan melalui review untuk mengumpulkan berbagai sumber informasi baik melalui karya ilmiah, jurnal ilmiah, buku, media massa maupun internet. Adapun salah satu sumber penelitian yang digunakan sebagai acuan pada penelitian ini yaitu penelitian yang dilakukan oleh Alipudin dkk (2018:1) membuat sebuah sistem monitoring daya listrik dan penelitiannya masih menggunakan sensor PZEM-004T sebagai alat untuk membaca nilai dari arus, tegangan, dan daya pada listrik. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan aplikasi blynk sebagai server dan juga untuk memonitor nilai yang dihasilkan oleh sensor. Peneliti menggunakan Arduino Mega sebagai mikrokontrollernya dan Esp8266 untuk mengirim data melalui jaringan wifi dan internet

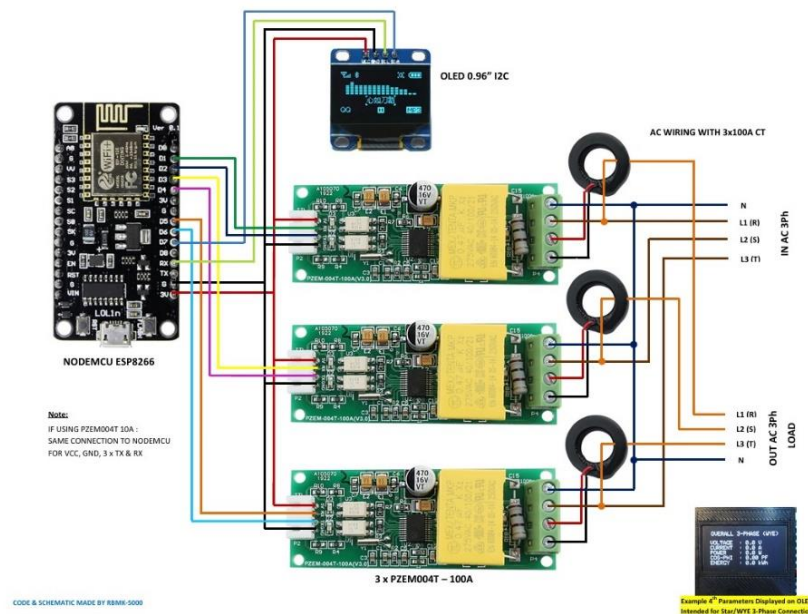
3.5 Perancangan Software

Pada penelitian ini dilakukan perancangan software atau perancangan perangkat lunak berupa pembuatan kode atau bahasa pemrograman mikrokontroler, yang mana sistem keseluruhan penelitian ini akan diprogram menggunakan software Arduino yang terintegrasi dengan Arduino ESP8266 yang digunakan. Untuk program yang sudah dibuat pada penelitian ini dapat dilihat pada lampiran laporan.

3.6 Perancangan Alat Monitoring

Proses perancangan alat monitoring tegangan, arus, daya, faktor daya, dan frekuensi dilakukan secara sistematis untuk memastikan alat yang dirancang memiliki fungsi sesuai dengan kebutuhan, keandalan yang tinggi, serta kemudahan

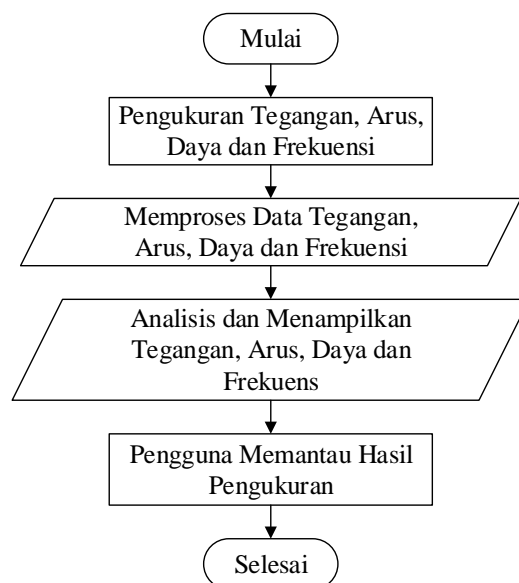
dalam pengoperasian. Alat dirancang dan dihubungkan berdasarkan single line diagram yang dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3. 1 SLD Perancangan Alat Monitoring

3.7 Diagram Alir Perancangan Sistem

Untuk memudahkan dalam memahami perancangan hardware alat monitoring menggunakan alat modul PZEM-004T dan NudeMCU ESP8266, dapat dilihat pada Gambar 3.2 Diagram Alir Perancangan Sistem.



Gambar 3.2 Diagram Alir Perancangan Sistem

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Target Luaran

Adapun luaran yang diharapkan dari penelitian ini adalah dihasilkannya sebuah alat monitoring konsumsi energi listrik 3 fasa di Gedung Teknik elektro dan Sistem informasi. Dengan adanya alat ini, semoga dapat membantu para konsumen dalam memonitoring pemakaian energi listrik secara otomatis dan real time.

4.2 Rekapitulasi Biaya

Sebelum melakukan perancangan, terlebih dahulu menentukan komponen dan harga yang dibutuhkan agar dapat mengetahui efisiensi biaya untuk merancang sebuah alat monitoring. Yang mana rekapitulasi biaya pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Biaya Komponen Perancangan

No	Komponen	Jumlah	Harga
1	Esp32	1	Rp.31.500
2	Kabel Jumper	Secukupnya	Rp.15.000
3	I2c Oled	1	Rp.30.000
4	Modul Pzem-004t	3	Rp.330.000
5	Expansion shield Esp	1	Rp.28.000
6	Power Supplay	1	Rp 63.000
Total			Rp.487.000

4.3. Bentuk Fisik Alat

Komponen-komponen yang telah dikumpulkan akan dirancang sesuai dengan bentuk yang diinginkan dengan tujuan supaya pengguna dapat menggunakan alat dengan sepraktis mungkin. Desain kotak yang tim peneliti rancang menggunakan akrilik dikarenakan mudah didapatkan dan mudah dibentuk dengan ukuran yang diinginkan. Bentuk fisik dari alat monitoring tegangan, arus, frekuensi, daya, faktor daya yang sudah dirancang dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 1 Bentuk Fisik Alat Monitoring

Berdasarkan pada Gambar 4.1 bentuk fisik alat monitoring tegangan, arus, daya, faktor daya dan frekuensi dapat dilihat bahwa alat telah dibuat dengan perancangan berupa kotak persegi panjang dan komponen-komponen yang sudah terhubung satu sama lain seperti mikrokontroler ESP8266, modul sensor PZEM-004T serta CT, display Oled yang dimasukkan kedalam kotak alat serta telah berfungsi dengan baik.

Kotak alat ini berfungsi untuk melindungi komponen-komponen alat yang telah dibuat sehingga memudahkan peneliti dalam melakukan pengujian dalam pengambilan data dan alat dapat dengan mudah dibawa dan praktis untuk digunakan.

4.4 Sistem Operasi Alat Monitoring

Sensor PZEM-004T: Masing-masing PZEM-004T ditempatkan pada masing-masing fasa dari sistem listrik tiga fasa. Sensor ini akan mengukur parameter listrik seperti tegangan, arus, daya, dan faktor daya pada fasa yang diukur. Data hasil pengukuran kemudian dikirimkan ke NodeMCU melalui pin komunikasi serial (TX dan RX).

NodeMCU: NodeMCU menerima data dari ketiga PZEM-004T. Data ini kemudian diproses oleh mikrokontroler NodeMCU. NodeMCU akan melakukan

perhitungan-perhitungan yang diperlukan, seperti menghitung total daya, faktor daya rata-rata, dan sebagainya.

Layar OLED: Setelah data diproses, NodeMCU akan mengirimkan data yang sudah jadi ke layar OLED. Layar OLED kemudian akan menampilkan data tersebut dalam bentuk yang mudah dibaca, seperti nilai numerik atau grafik.

4.5 Tahap Pengambilan Data Pengukuran

Pada tahap penelitian ini dilakukan pengambilan data dengan menggunakan alat yang telah dirancang yaitu PZEM, dengan parameter yang akan diambil antara lain yaitu tegangan, arus, frekuensi dan daya. Wattmeter digunakan pada pengukuran ini bertujuan untuk perbandingan ke akuratan hasil data yang terukur menggunakan PZEM. Adapun beban yang digunakan pada tahap pengambilan data ini yaitu menggunakan beban 1 fasa seperti lampu pijar 100 watt, kipas angin dan juga charger laptop yang sedang beroperasi.

Untuk pengujian pada penelitian ini juga dilakukan pada beban 3 fasa, dengan tujuan untuk mengetahui apakah alat berfungsi dengan baik pada sistem kelistrikan 3 fasa dan juga untuk melihat apakah alat ini memenuhi spesifikasi alat yang dibutuhkan oleh konsumen atau tidak. Beban 3 fasa yang digunakan pada pengujian ini adalah motor listrik 3 fasa terhubung Y. Pada pengujian ini juga akan diambil data berupa tegangan, arus, daya, frekuensi serta faktor daya pada beban yang digunakan.

4.6 Hasil Pengambilan Data Pengukuran

Pengambilan data yang telah dilakukan menggunakan alat PZEM akan disajikan dalam bentuk tabel yang menampilkan beberapa parameter yang diukur seperti tegangan, arus, daya aktif, daya reaktif, daya semu, faktor daya dan frekuensi. Hasil data yang diperoleh dari pengujian yang dilakukan akan menunjukkan bahwa alat tersebut memenuhi spesifikasi kebutuhan atau tidak. Hasil pengujian pengukuran menggunakan beban 1 fasa dan 3 fasa menggunakan PZEM yang akan dibandingkan dengan hasil pengukuran dengan alat ukur wattmeter guna mengetahui keakuratan pada alat yang dirancang.

4.6.1 Pengujian Spesifikasi kebutuhan 1 fasa

Pengujian spesifikasi kebutuhan 1 fasa dilakukan dengan menggunakan beberapa beberapa beban antara lain lampu pijar 100 watt, kipas angin dan charger laptop yang sedang beroperasi. Dari pengukuran beban tersebut diambil beberapa parameter yang akan diukur, seperti tegangan, arus, daya, faktor daya dan frekuensi. Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4. 2 Data Hasil Pengukuran untuk Beban 1 Fasa

Parameter	Nilai	Satuan	Beban					
			Lampu Pijar		Kipas Angin		Charger Laptop	
			Pzem	Wattmeter	Pzem	Wattmeter	Pzem	Wattmeter
Tegangan	120-370	Volt	231	229,3	232,7	231,3	231,8	230,4
Arus	0-100	Ampere	0,4	0,43	0,2	0,17	0,4	0,35
Daya Aktif	0-23.000	W	101	99	40,9	38	43,3	40
Daya Reaktif	0-23.000	Va	0	-	13,4	-	71,1	-
Daya Semu	0-23.000	Var	101	-	43,1		83,3	-
Faktor Daya	0-1	Pf	1	1	0,95	95	0,52	0,5
Frekuensi	45-65	Hz	50,1	-	50,1	-	50,1	-

Berdasarkan hasil data yang telah diperoleh pada Tabel 4.2 yaitu hasil pengukuran pada beban 1 fasa berupa lampu pijar, kipas angin dan charger laptop. Dapat dilihat bahwa pengukuran pada PZEM dan wattmeter memiliki selisih yang tidak terlalu besar. Seperti pada parameter tegangan hasil pengukuran PZEM, pada hasil pengukuran menunjukkan bahwa tegangan sebesar 231 Volt sedangkan pada wattmeter sebesar 229.3 Volt pada lampu pijar. Bahkan, pada parameter arus hasil pengukuran PZEM dan wattmeter menunjukkan hasil yang hampir sama yaitu 0.4 A dan 0,43 A pada lampu pijar. Begitu pula hasil pada hasil pengukuran terhadap beban kipas angin dan charger laptop yang menunjukkan hasil perbandingan yang tidak terlalu besar.

4.6.2 Pengujian Spesifikasi kebutuhan 3 fasa

Pengujian spesifikasi kebutuhan 3 fasa dilakukan dengan menggunakan beban motor induksi 3 fasa. Dari pengukuran beban tersebut diambil beberapa

parameter yang akan diukur, seperti tegangan, arus, daya, faktor daya dan frekuensi pada setiap fasa. Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4. 3 Data Hasil Pengukuran untuk Beban 3 Fasa

Parameter	Nilai	Satuan	Beban Motor Induksi 3 Fasa					
			Fasa R		Fasa S		Fasa T	
			Pzem	Wattmeter	Pzem	Wattmeter	Pzem	Wattmeter
Tegangan	120-370	Volt	220,7	219,3	223,6	222,2	214	213,5
Arus	0-100	Ampere	0,8	0,81	1,3	1,32	1,3	1,3
Daya Aktif	0-23.000	W	27,7	27	116,2	115,9	7,8	7,7
Daya Reaktif	0-23.000	Va	170,9	-	266,2	-	259,9	-
Daya Semu	0-23.000	Var	173,1	-	290,5	-	260	-
Faktor Daya	0-1	Pf	0,16	0,15	0,4	0,41	0,03	0,03
Frekuensi	45-65	Hz	50	-	50	-	50	-

Berdasarkan hasil data yang telah diperoleh pada Tabel 4.3 yaitu hasil pengukuran pada beban 3 fasa berupa motor induksi 3 fasa. Dapat dilihat bahwa ketiga fasa dapat terukur menggunakan alat yang telah dirancang. Untuk selisih hasil pengukuran yang dibandingkan dengan alat ukur wattmeter juga tidak terlalu besar. Seperti pada fasa R, tegangan yang terukur menggunakan PZEM sebesar 220,7 Volt sedangkan pada wattmeter menghasilkan hasil pengukuran sebesar 219,3 volt. Begitupun pada fasa S dan fasa T pengukuran menggunakan PZEM dan wattmeter memiliki selisih yang tidak terlalu besar pada setiap parameter yang diukur.

4.7 Perhitungan Selisih Hasil Pengukuran pada Alat Ukur PZEM dengan Wattmeter

Pada penelitian ini, perhitungan perbandingan dilakukan untuk mengetahui tingkat keakuratan antara hasil pengukuran alat ukur PZEM yang dirancang dengan hasil pengukuran alat ukur Wattmeter. Perbandingan ini penting untuk dilakukan, bertujuan mengevaluasi keakuratan sistem dan validasi hasil penelitian. Perhitungan dilakukan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Selisih Pengukuran} = \frac{|\text{Hasil Pengukuran PZEM} - \text{Hasil Pengukuran Wattmeter}|}{\text{Hasil Pengukuran Wattmeter}} \times 100\% \quad (4.1)$$

Setelah melakukan perhitungan, maka didapatkan hasil perhitungan perbandingan antara hasil pengukuran alat ukur PZEM dengan alat ukur Wattmeter yang dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4. 4 Hasil Selisih Pengukuran Alat Ukur PZEM dengan Wattmeter dengan satuan (%)

Parameter	Nilai	Satuan	Beban 1 Fasa			Beban Motor Induksi 3 Fasa		
			Lampu Pijar	Kipas Angin	Charger Laptop	Phase R	Phase S	Phase T
Tegangan	120-370	Volt	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.2
Arus	0-100	Ampere	7.0	17.6	14.3	1.2	1.5	0.0
Daya Aktif	0-23.000	W	2.0	7.6	8.2	2.6	0.3	1.3
Daya Reaktif	0-23.000	Va	-	-	-	-	-	-
Daya Semu	0-23.000	Var	-	-	-	-	-	-
Faktor Daya	0-1	Pf	0.0	0.0	4.0	6.7	2.4	0.0
Frekuensi	45-65	Hz	-	-	-	-	-	-

4.8 Hasil Analisa Spesifikasi Kebutuhan

Setelah melakukan pengujian dan mendapatkan hasil pengukuran dari pengujian spesifikasi kebutuhan beban 1 fasa dan 3 fasa, maka dapat dianalisa dari nilai yang diperoleh apakah memenuhi spesifikasi kebutuhan atau tidak memenuhi spesifikasi kebutuhan. Agar mudah untuk memahami hasil analisa, maka spesifikasi kebutuhan akan disajikan dalam bentuk tabel. Dalam tabel tersebut akan ditampilkan beberapa parameter yang terpenuhi maupun tidak terpenuhi yang dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4. 5 Hasil Analisa Spesifikasi Kebutuhan Yang Terpenuhi dan Tidak Terpenuhi

No	Parameter	Nilai	Satuan	Terpenuhi
1	Tegangan	120 – 370	Volt	Ya
2	Arus	0 – 100	Ampere	Ya
3	Daya Aktif	0 – 23	kW	Ya
4	Daya Reaktif	0 – 23	VAR	Ya
5	Daya Semu	0 – 23	kVA	Ya
6	Faktor Daya	0 – 1	PF	Ya
7	Frekuensi	45 – 65	Hz	Ya
8	Jumlah Fasa	3 Fasa	Volt	Ya

No	Parameter	Nilai	Satuan	Terpenuhi
9	Koneksi ke Server	Ya	-	Tidak
10	Upload Data Server	Ya	-	Tidak

Berdasarkan pada Tabel 4.4 Hasil Analisa Spesifikasi Kebutuhan, dapat dilihat ada beberapa parameter yang tidak terpenuhi, koneksi ke server dan upload data server. Pada alat yang dibuat belum dirancang untuk dapat terhubung ke server, dikarenakan pada penelitian ini belum mengupload dan merancang server untuk monitoring secara online.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian pengambilan data yang telah dilakukan pada “alat monitoring tegangan, arus, daya, faktor daya dan frekuensi” dapat di ambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Alat monitoring tegangan, arus, daya, faktor daya dan frekuensi berhasil dibuat dan memperoleh nilai yang akurat, dengan membandingkan nilai pengukuran dengan alat ukur wattmeter yang memperoleh nilai eror dibawah 5% pada pengukuran tegangan. Alat ini dibuat dengan beberapa komponen serta menggunakan PZEM-004T sebagai sensor utama yang digunakan untuk mengukur tegangan, arus, daya, dan faktor daya pada sistem listrik AC.
2. Alat pengukuran ini dapat memantau penggunaan tegangan. Arus, daya, fator daya dan frekuensi secara praktis yang dapat dilihat secara *real time* pada LCD.

5.2 Saran

Setelah melakukan perancangan alat monitoring, terdapat beberapa saran untuk penelitian selanjutnya, yang diantaranya adalah:

1. Pengembangan kotak alat dapat dirancang dengan desain yang lebih ergonomis sehingga memudahkan pengguna dalam proses pemasangan, perawatan dan penggantian komponen di masa depan.
2. Kotak alat dapat dirancang lebih kokoh agar dapat melindungi komponen didalamnya ketika terjadi hal yang tak diinginkan.
3. Alat yang sudah dibuat kurang praktis dikarenakan memerlukan probe tambahan untuk mengoperasikannya.
4. Peingkatan akurasi pengukuran dapat dilakukan lebih lanjut, tingkat akurasi yang lebih tinggi agar hasil pengukuran menjadi lebih akurat. Terutama jika digunakan pada beban listrik yang lebih sensitif.
5. Diharapkan alat yang dirancang dapat terhubung ke server dan dapat menampilkan data hasil pengukuran pada server.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Prayitno, P. Palupiningsih, H.B. Agtiadi. Prototipem Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Peralatan Elektronik Rumah Tangga Berbasis Internet of Things. Jurnal Petir, v. 12, n. 1, p. 72-80, Maret 2019
- [2] Alipudin. Asep Muhammad, Notosudjono. Didik, dan Fiddiansyah. Dimas 2018. Rancang Bangun Alat Monitoring Biaya Listrik Terpakai Berbasis Internet Of Things (IoT). Bogor: Universitas Pakuan, 1 (1).
- [3] M. S. Yulizar, Ira Devi Sara, “Pada Kamar Kos Dalam Satu Hunian Berbasis Arduino Uno R3 Dan Gsm Shield Sim900,” J. Online Tek. Elektro, vol. 1, no. 3, pp. 47–56, 2016.
- [4] Y. I. Indra, B. L. Pahanop, and I. Sanubary, “Rancang Bangun Alat Kontrol Pemakaian Energi Listrik Berbasis Mikrokontroler Atmega 328P pada Rumah Indekos,” Prism. Fis. Vol. 6, No. 3 (2018), Hal. 220 - 227, vol. 6, no. 3, pp. 220–227, 2018.
- [5] S. Anwar, T. Artono, N. Nasrul, D. Dasrul, and A. Fadli, “Pengukuran Energi Listrik Berbasis PZEM004T,” Pros. Semin. Nas. Politek. Negeri Lhokseumawe, vol. 3, no. 1, pp. 272–276, 2019.
- [6] J. W. Jokanan, Arif Widodo, “Rancang Bangun Alat Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT Menggunakan Firebase Dan Aplikasi Android”, Jurnal Teknik Elektro. Volume 11 Nomor 1 Tahun 2022, 47-55
- [7] A. Mulyana and M. N. Arifin, “Smart Socket untuk Smart Home berbasis Message Queuing Telemetry Transport (MQTT),” Komputika J. Sist. Komput., vol. 8, no. 2, pp. 111–117, 2019.
- [8] A. S. Ance, S. Tansa, I. Zulkarnain, “Rancang Bangun Prototipe Loss Daya Listrik Berskala Rumah Tangga Berbasis Arduino ESP8266”, Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering, Volume 5 Nomor 2 Juli 2023
- [9] T. O. Priyono, R. A. Setiawan, “Rancang Bangun Alat Pengukur Daya pada Sistem Ats(Automatic Transfer Switch) Panel Menggunakanaplikasi Blynk”, Jurnal Elektro Vol 12 No.1 Januari 2024

LAMPIRAN

Kode Program

```
#include <PZEM004Tv30.h>

#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>

#define DISPLAY_ADDRESS 0x3C // or 0x3D
#define DISPLAY_SCL_PIN 3 // OLED SCL to Rx Pin - Don't ask
why, just follow - we've run out of pin.
#define DISPLAY_SDA_PIN 13 // OLED SDA to GPIO 13(D7)
#define DISPLAY_WIDTH 128 // OLED display width, in pixels
#define DISPLAY_HEIGHT 64 // OLED display height, in pixels
#define DISPLAY_RESET_PIN -1 // Reset pin # (or -1 if sharing
with ESP8266 reset pin)

Adafruit_SSD1306 display(DISPLAY_WIDTH, DISPLAY_HEIGHT, &Wire,
DISPLAY_RESET_PIN);

PZEM004Tv30 pzem1(4, 5); // GPIO4(D2) to Tx PZEM004; GPIO5(D1)
to Rx PZEM004
PZEM004Tv30 pzem2(2, 0); // GPIO2(D4) to Tx PZEM004; GPIO0(D3)
to Rx PZEM004
PZEM004Tv30 pzem3(12, 14); // GPIO12(D6) to Tx PZEM004; GPIO14(D5)
to Rx PZEM004

float voltage1, current1, power1, energy1, frequency1, pf1, va1,
VAR1;
float voltage2, current2, power2, energy2, frequency2, pf2, va2,
VAR2;
float voltage3, current3, power3, energy3, frequency3, pf3, va3,
VAR3;
float voltage3ph, current3ph, power3ph, energy3ph, frequency3ph,
pf3ph, va3ph, VAR3ph;

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

void SetupDisplay() {
  Wire.begin(DISPLAY_SDA_PIN, DISPLAY_SCL_PIN);
  display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, DISPLAY_ADDRESS);

  display.clearDisplay();
```

```

display.setCursor(12, 0);
display.setTextSize(2);
display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
display.println("PZEM-004T");
display.setCursor(15, 20);
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
display.println("3-PHASE AC METER");
display.setCursor(12, 46);
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(SSD1306_WHITE);

display.display();
}

void loop() {
  voltage1 = pzem1.voltage();
  voltage1 = zeroIfNan(voltage1);
  current1 = pzem1.current();
  current1 = zeroIfNan(current1);
  power1 = pzem1.power();
  power1 = zeroIfNan(power1);
  energy1 = pzem1.energy() / 1000; //kwh
  energy1 = zeroIfNan(energy1);
  frequency1 = pzem1.frequency();
  frequency1 = zeroIfNan(frequency1);
  pf1 = pzem1.pf();
  pf1 = zeroIfNan(pf1);
  if (pf1 == 0) {
    val = 0;
  } else {
    val = power1 / pf1;
  }
  if (pf1 == 0) {
    VAR1 = 0;
  } else {
    VAR1 = power1 / pf1 * sqrt(1-sq(pf1));
  }

  voltage2 = pzem2.voltage();
  voltage2 = zeroIfNan(voltage2);
  current2 = pzem2.current();
  current2 = zeroIfNan(current2);
  power2 = pzem2.power();
  power2 = zeroIfNan(power2);
  energy2 = pzem2.energy() / 1000; //kwh
  energy2 = zeroIfNan(energy2);
  frequency2 = pzem2.frequency();
  frequency2 = zeroIfNan(frequency2);
  pf2 = pzem2.pf();
  pf2 = zeroIfNan(pf2);

```

```

if (pf2 == 0) {
    va2 = 0;
} else {
    va2 = power2 / pf2;
}
if (pf2 == 0) {
    VAR2 = 0;
} else {
    VAR2 = power2 / pf2 * sqrt(1-sq(pf2));
}

voltage3 = pzem3.voltage();
voltage3 = zeroIfNan(voltage3);
current3 = pzem3.current();
current3 = zeroIfNan(current3);
power3 = pzem3.power();
power3 = zeroIfNan(power3);
energy3 = pzem3.energy() / 1000; //kwh
energy3 = zeroIfNan(energy3);
frequency3 = pzem3.frequency();
frequency3 = zeroIfNan(frequency3);
pf3 = pzem3.pf();
pf3 = zeroIfNan(pf3);
if (pf3 == 0) {
    va3 = 0;
} else {
    va3 = power3 / pf3;
}
if (pf3 == 0) {
    VAR3 = 0;
} else {
    VAR3 = power3 / pf3 * sqrt(1-sq(pf3));
}

// 3-Phase Parameter Calculation and Determination (Star/WYE)

voltage3ph = sqrt(sq(voltage1) + sq(voltage2) + sq(voltage3));

if ((current1 > 0) && (current2 > 0) && (current3 > 0)) {
    current3ph = 1/3 * (current1+current2+current3);
} else {
    if ((current1 == 0) && (current2 > 0) && (current3 > 0)) {
        current3ph = 1/2 * (current2+current3);
    }
    if ((current1 > 0) && (current2 == 0) && (current3 > 0)) {
        current3ph = 1/2 * (current1+current3);
    }
    if ((current1 > 0) && (current2 > 0) && (current3 == 0)) {
        current3ph = 1/2 * (current1+current2);
    }
    if ((current1 > 0) && (current2 == 0) && (current3 == 0)) {

```

```

    current3ph = current1;
}
if ((current1 == 0) && (current2 > 0) && (current3 == 0)) {
    current3ph = current2;
}
if ((current1 == 0) && (current2 == 0) && (current3 > 0)) {
    current3ph = current3;
}
if ((current1 == 0) && (current2 == 0) && (current3 == 0)) {
    current3ph = 0;
}
}

power3ph = (power1 + power2 + power3);
energy3ph = (energy1 + energy2 + energy3);
va3ph = (va1 + va2 + va3);
VAR3ph = (VAR1 + VAR2 + VAR3);

if ((frequency1 > 0) && (frequency2 > 0) && (frequency3 > 0)) {
    frequency3ph = 1/3 * (frequency1 + frequency2 + frequency3);
} else {
    if((frequency1 > 0) && (frequency2 > 0) && (frequency3 == 0))
    {
        frequency3ph = 1/2 * (frequency1+frequency2);
    }
    if((frequency1 > 0) && (frequency2 == 0) && (frequency3 > 0))
    {
        frequency3ph = 1/2 * (frequency1+frequency3);
    }
    if((frequency1 == 0) && (frequency2 > 0) && (frequency3 > 0))
    {
        frequency3ph = 1/2 * (frequency2+frequency3);
    }
    if((frequency1 > 0) && (frequency2 == 0) && (frequency3 == 0))
    {
        frequency3ph = frequency1;
    }
    if((frequency1 == 0) && (frequency2 > 0) && (frequency3 == 0))
    {
        frequency3ph = frequency2;
    }
    if((frequency1 == 0) && (frequency2 == 0) && (frequency3 > 0))
    {
        frequency3ph = frequency3;
    }
    if((frequency1 == 0) && (frequency2 == 0) && (frequency3 ==
0)) {
        frequency3ph = 0;
    }
}
}

```

```

if ((pf1 > 0) && (pf2 > 0) && (pf3 > 0)) {
pf3ph = 1/3 * (pf1+pf2+pf3);
} else {
    if((pf1 > 0) && (pf2 > 0) && (pf3 == 0)) {
        pf3ph = 1/2 * (pf1+pf2);
    }
    if((pf1 > 0) && (pf2 == 0) && (pf3 > 0)) {
        pf3ph = 1/2 * (pf1+pf3);
    }
    if((pf1 == 0) && (pf2 > 0) && (pf3 > 0)) {
        pf3ph = 1/2 * (pf2+pf3);
    }
    if((pf1 > 0) && (pf2 == 0) && (pf3 == 0)) {
        pf3ph = pf1;
    }
    if((pf1 == 0) && (pf2 > 0) && (pf3 == 0)) {
        pf3ph = pf2;
    }
    if((pf1 == 0) && (pf2 == 0) && (pf3 > 0)) {
        pf3ph = pf3;
    }
    if((pf1 == 0) && (pf2 == 0) && (pf3 == 0)) {
        pf3ph = 0;
    }
}

// Print to Serial - You can delete this part (up to line324), to
me this is useless as everything displayed on Oled anyway.
Serial.println("");
Serial.printf("3Ph Voltage          : %.2f\ V\n", voltage3ph);
Serial.printf("3Ph Current          : %.2f\ A\n", current3ph);
Serial.printf("3Ph Power RMS          : %.2f\ W\n", power3ph);
Serial.printf("3Ph Frequency          : %.2f\ Hz\n", frequency3ph);
Serial.printf("3Ph Cos Phi          : %.2f\ PF\n", pf3ph);
Serial.printf("3Ph Energy          : %.2f\ kWh\n", energy3ph);
Serial.printf("3Ph Apparent Power : %.2f\ VA\n", va3ph);
Serial.printf("3Ph Reactive Power : %.2f\ VAR\n", VAR3ph);
Serial.printf("----- END -----");
Serial.println("");

Serial.println("");
Serial.printf("Ph1 (R) Voltage          : %.2f\ V\n", voltage1);
Serial.printf("Ph1 (R) Current          : %.2f\ A\n", current1);
Serial.printf("Ph1 (R) Power RMS          : %.2f\ W\n", power1);
Serial.printf("Ph1 (R) Frequency          : %.2f\ Hz\n",
frequency1);
Serial.printf("Ph1 (R) Cos Phi          : %.2f\ PF\n", pf1);
Serial.printf("Ph1 (R) Energy          : %.2f\ kWh\n", energy1);
Serial.printf("Ph1 (R) Apparent Power : %.2f\ VA\n", va1);
Serial.printf("Ph1 (R) Reactive Power : %.2f\ VAR\n", VAR1);

```

```

Serial.printf("----- END -----");
Serial.println("");

Serial.println("");
Serial.printf("Ph2 (S) Voltage      : %.2f\ V\n", voltage2);
Serial.printf("Ph2 (S) Current      : %.2f\ A\n", current2);
Serial.printf("Ph2 (S) Power RMS      : %.2f\ W\n", power2);
Serial.printf("Ph2 (S) Frequency      : %.2f\ Hz\n",
frequency2);
Serial.printf("Ph2 (S) Cos Phi      : %.2f\ PF\n", pf2);
Serial.printf("Ph2 (S) Energy      : %.2f\ kWh\n", energy2);
Serial.printf("Ph2 (S) Apparent Power : %.2f\ VA\n", va2);
Serial.printf("Ph2 (S) Reactive Power : %.2f\ VAR\n", VAR2);
Serial.printf("----- END -----");
Serial.println("");

Serial.println("");
Serial.printf("Ph3 (T) Voltage      : %.2f\ V\n", voltage3);
Serial.printf("Ph3 (T) Current      : %.2f\ A\n", current3);
Serial.printf("Ph3 (T) Power RMS      : %.2f\ W\n", power3);
Serial.printf("Ph3 (T) Frequency      : %.2f\ Hz\n",
frequency3);
Serial.printf("Ph3 (T) Cos Phi      : %.2f\ PF\n", pf3);
Serial.printf("Ph3 (T) Energy      : %.2f\ kWh\n", energy3);
Serial.printf("Ph3 (T) Apparent Power : %.2f\ VA\n", va3);
Serial.printf("Ph3 (T) Reactive Power : %.2f\ VAR\n", VAR3);
Serial.printf("----- END -----");
Serial.println("");

display.clearDisplay();
display.setCursor(32, 0);
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
display.println("PHASE-1 (R)");
display.setCursor(0, 9);
display.setTextSize(1);
display.printf("VOLTAGE : %.1f\ V\n", voltage1);
display.printf("CURRENT : %.1f\ A\n", current1);
display.printf("POWER : %.1f\ W\n", power1);
display.printf("COS-PHI : %.2f\ PF\n", pf1);
display.printf("APPN PWR : %.1f\ VA\n", va1);
display.printf("REAC PWR : %.1f\ VAR\n", VAR1);
display.printf("FREQ. : %.1f\ Hz\n", frequency1);
//display.printf("ENR Ph1: %.1f\ kWh\n", energy1);
display.display();
delay(5000);

display.clearDisplay();
display.setCursor(32, 0);
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(SSD1306_WHITE);

```



```

display.println("PHASE-2 (S)");
display.setCursor(0, 9);
display.setTextSize(1);
display.printf("VOLTAGE : %.1f\ V\n", voltage2);
display.printf("CURRENT : %.1f\ A\n", current2);
display.printf("POWER : %.1f\ W\n", power2);
display.printf("COS-PHI : %.2f\ PF\n", pf2);
display.printf("APPN PWR : %.1f\ VA\n", va2);
display.printf("REAC PWR : %.1f\ VAR\n", VAR2);
display.printf("FREQ. : %.1f\ Hz\n", frequency2);
//display.printf("ENR Ph2: %.1f\ kWh\n", energy2);
display.display();
delay(5000);

display.clearDisplay();
display.setCursor(32, 0);
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
display.println("PHASE-3 (T)");
display.setCursor(0, 9);
display.setTextSize(1);
display.printf("VOLTAGE : %.1f\ V\n", voltage3);
display.printf("CURRENT : %.1f\ A\n", current3);
display.printf("POWER : %.1f\ W\n", power3);
display.printf("COS-PHI : %.2f\ PF\n", pf3);
display.printf("APPN PWR : %.1f\ VA\n", va3);
display.printf("REAC PWR : %.1f\ VAR\n", VAR3);
display.printf("FREQ. : %.1f\ Hz\n", frequency3);
//display.printf("ENR Ph3: %.1f\ kWh\n", energy3);
display.display();
delay(5000);

display.clearDisplay();
display.setCursor(2, 0);
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
display.println("OVERALL 3-PHASE (WYE)");
display.setCursor(0, 16);
display.setTextSize(1);
display.printf("VOLTAGE : %.1f\ V\n", voltage3ph);
display.setCursor(0, 25);
display.printf("CURRENT : %.1f\ A\n", current3ph);
display.setCursor(0, 34);
display.printf("POWER : %.1f\ W\n", power3ph);
display.setCursor(0, 43);
display.printf("COS-PHI : %.2f\ PF\n", pf3ph);
//display.printf("APPN PWR : %.1f\ VA\n", va3ph);
//display.printf("REAC PWR : %.1f\ VAR\n", VAR3ph);
//display.printf("FREQ. : %.1f\ Hz\n", frequency3ph);
display.setCursor(0, 52);
display.printf("ENERGY : %.1f\ kWh\n", energy3ph);

```

```

    display.display();
    delay(2000);

}

void printValue(String label, float value) {
    if (value != NAN) {
        Serial.print(label); Serial.println(value);
    } else {
        Serial.println("Error Reading");
    }
}

float zeroIfNan(float v) {
    if (isnan(v)) {
        v = 0;
    }
    return v;
}

```

Datasheet ESP8266

	Official NodeMCU	NodeMCU Carrier Board	LoLin NodeMCU
Microcontroller	ESP-8266 32-bit	ESP-8266 32-bit	ESP-8266 32-bit
NodeMCU Model	Amica	Amica	Clone LoLin
NodeMCU Size	49mm x 26mm	49mm x 26mm	58mm x 32mm
Carrier Board Size	n/a	102mm x 51mm	n/a
Pin Spacing	0.9" (22.86mm)	0.9" (22.86mm)	1.1" (27.94mm)
Clock Speed	80 MHz	80 MHz	80 MHz
USB to Serial	CP2102	CP2102	CH340G
USB Connector	Micro USB	Micro USB	Micro USB
Operating Voltage	3.3V	3.3V	3.3V
Input Voltage	4.5V-10V	4.5V-10V	4.5V-10V
Flash Memory/SRAM	4 MB / 64 KB	4 MB / 64 KB	4 MB / 64 KB
Digital I/O Pins	11	11	11
Analog In Pins	1	1	1
ADC Range	0-3.3V	0-3.3V	0-3.3V
UART/SPI/I2C	1 / 1 / 1	1 / 1 / 1	1 / 1 / 1
WiFi Built-In	802.11 b/g/n	802.11 b/g/n	802.11 b/g/n
Temperature Range	-40C - 125C	-40C - 125C	-40C - 125C
Product Link		NodeMCU	NodeMCU

Gambar 1 Datasheet ESP8266

Datasheet Modul Pzem-0041

Function	Measuring Range	Starting Measure Current/Power	Resolution	Measurement Accuracy	Display Format
Voltage	80–260V	-	0.1V	0.5%	-
Current	0–10A / 0–100A	0.01A / 0.02A	0.001A	0.5%	-
Active Power	0–2.3kW / 0–23kW	0.4W	0.1W	0.5%	< 1000W: 1 decimal (e.g., 999.9W); ≥ 1000W: integer only (e.g., 1000W)
Power Factor	0.00–1.00	-	0.01	1%	-
Frequency	45Hz–65Hz	-	0.1Hz	0.5%	-
Active Energy	0–9999.99kWh	-	1Wh	0.5%	< 10kWh: unit in Wh (e.g., 9999Wh); ≥ 10kWh: unit in kWh (e.g., 9999.99kWh)
Size	-	-	-	-	Length × Width × Height = 73.7 × 30 × 14.3mm (Bare PCB)

Gambar 2 Datasheet Modul Pzem-0041

Alat pengukur daya, tegangan, arus dan frekuensi



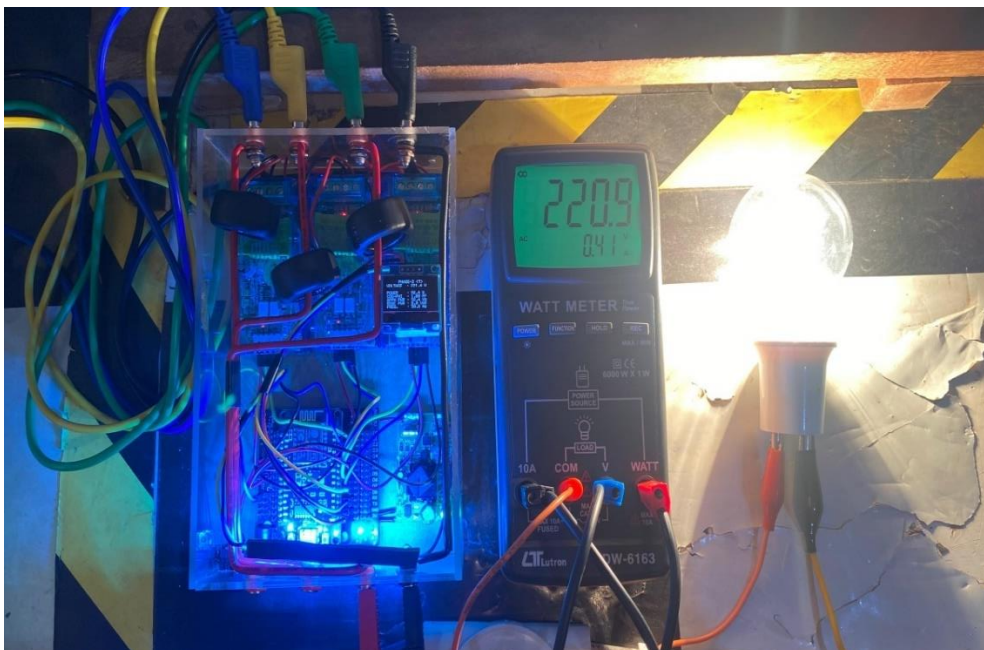
Gambar 3 Alat pengukur daya, tegangan, arus dan frekuensi

Pengambilan Data



Gambar 4 Pengambilan Data

Alat Saat Pengambilan Data



Gambar 5 Alat Saat Pengambilan Data

Bimbingan dan peninjauan langsung dengan dosen pembimbing



Gambar 6 bimbingan dan peninjauan langsung oleh dosen pembimbing

Pembuatan Kotak Alat



Gambar 7 Pembuatan Kotak Alat