



TUGAS AKHIR - VI190836

**OTOMATISASI LAMPU SELASAR DEPARTEMEN
INSTRUMENTASI MENGGUNAKAN LIGHT
INTENSITY DETECTOR BH1750 BERBASIS EXPERT
SYSTEM**

**HILMY RAHMAN
NRP. 10511710000042**

**Dosen Pembimbing:
Ir. Ahmad Fauzan Adziimaa, ST., M.Sc.
Safira Firdaus Mujiyanti, S.T., M.T.**

**Departemen Teknik Instrumentasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2022**

Halaman ini sengaja dikosongkan



FINAL PROJECT - VI190836

**LAMP AUTOMATION IN INSTRUMENTATION
DEPARTMENT HALLWAY USING LIGHT INTENSITY
DETECTOR BH1750 BASED ON EXPERT SYSTEM**

HILMY RAHMAN
NRP. 10511710000042

Supervisors:
Ir. Ahmad Fauzan Adziimaa, ST., M.Sc.
Safira Firdaus Mujiyanti, S.T., M.T.

*Department of Instrumentation Engineering
Faculty of Vocation
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2022*

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini.

Nama : Hilmy Rahman
NRP : 10511710000042
Departemen / Prodi : Teknik Instrumentasi / S. Tr Teknik Instrumentasi
Fakultas : Fakultas Vokasi (FV)
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "**OTOMATISASI LAMPU SELASAR DEPARTEMEN INSTRUMENTASI MENGGUNAKAN LIGHT INTENSITY DETECTOR BH1750 BERBASIS EXPERT SYSTEM**" adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat pada Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya-benarnya.

Surabaya, 14 Februari 2022

Yang membuat pernyataan,



Hilmy Rahman

NRP. 10511710000042

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

OTOMATISASI LAMPU SELASAR DEPARTEMEN
INSTRUMENTASI MENGGUNAKAN LIGHT INTENSITY
DETECTOR BH1750 BERBASIS EXPERT SYSTEM

Oleh:

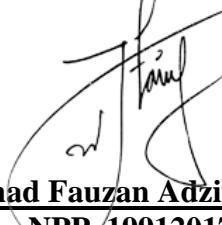


Hilmy Rahman
NRP. 10511710000042

Surabaya, 14 Februari 2021

Menyetujui,

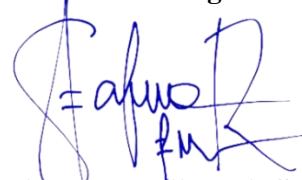
Pembimbing I



Ir. Ahmad Fauzan Adziimaa, ST., M.Sc.
NPP. 1991201711052

Menyetujui,

Pembimbing II



Safira Firdaus Mujiyanti, S.T., M.T.
NPP. 1997202012047

Mengetahui,

Kepala Departemen

Teknik Instrumentasi FV-ITS



Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA
NIP. 19650309 199002 1 001

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

OTOMATISASI LAMPU SELASAR DEPARTEMEN INSTRUMENTASI MENGGUNAKAN LIGHT INTENSITY DETECTOR BH1750 BERBASIS EXPERT SYSTEM

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Terapan
pada
Progam Studi S.Tr Departemen Teknik Instrumentasi
Fakultas Vokasi (FV)
Institut Teknologi Sepuluh Nopember



Oleh:
HILMY RAHMAN
NRP. 10511710000042

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Ir. Ahmad Fauzan Adziimaa, ST., M.Sc. (Pembimbing I)
2. Safira Firdaus Mujiyanti, S.T., M.T. (Pembimbing II)
3. Dr. Ir. Totok Soehartanto., DEA (Penguji I)
4. Putri Yeni Aisyah, S.T., M.T. (Penguji II)

SURABAYA

2022

Halaman ini sengaja dikosongkan

OTOMATISASI LAMPU SELASAR DEPARTEMEN INSTRUMENTASI MENGGUNAKAN LIGHT INTENSITY DETECTOR BH1750 BERBASIS EXPERT SYSTEM

Nama : Hilmy Rahman
NRP : 10511710000042
Departemen : Teknik Instrumentasi FV - ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Ahmad Fauzan Adziimaa, ST., M.Sc.
Safira Firdaus Mujiyanti, S.T., M.T.

ABSTRAK

Sistem rangkaian lampu di Departemen Teknik Instrumentasi yaitu menggunakan timer pada lampu di lorong lantai satu, dua, dan tiga dan masih manual untuk lampu di selasar. Teknologi yang sudah diterapkan tadi kurang efektif saat mendung yang menurunkan intensitas cahaya, juga ketika terjadinya pergeseran waktu terbit dan terbenamnya matahari. Untuk mengoptimalkannya diperlukan otomatisasi lampu yang dipengaruhi intensitas cahaya dan monitoring energi listrik agar dapat diketahui berapa besar penghematannya. Otomatisasi dan monitoring lampu dilakukan dengan penambahan lux sensor BH1750 dan module PZEM004t untuk monitoring energi listrik yang sudah termasuk sensor arus, tegangan, daya, energi (KWh), dan frekuensi listrik AC. Sensor-sensor ditanamkan dalam ESP32 dan Wemos sebagai controller yang memutus aliran listrik SSR dan dihubungan dengan webserver berbasis protokol MQTT yang diakses melalui Raspberry Pi. Komponen utama hardware terdiri dari perancangan sensor BH1750 dengan Wemos dan modul PZEM 004t dengan ESP32 sampai menghubungkan Raspberry Pi dengan monitor dan software adalah membuat program pengiriman data (subscribe) ke broker MQTT dan mendesain GUI di Node Red, selanjutnya karakterisasi sistem dilakukan untuk mengetahui performansi sistem otomatisasi dan monitoring lampu. Hasil dari Tugas Akhir ini merupakan penerapan yang akan dijadikan sebagai upaya penghematan energi listrik lampu di Departemen Teknik Instrumentasi.

**Kata Kunci: BH1750, PZEM004t, MQTT, Node Red, Otomatisasi Lampu,
Monitoring Energi Listrik**

Halaman ini sengaja dikosongkan

**LAMP AUTOMATION IN INSTRUMENTATION DEPARTMENT
HALLWAY USING LIGHT INTENSITY DETECTOR BH1750
BASED ON EXPERT SYSTEM**

ABSTRACT

The light circuit system in the Instrumentation Engineering Department uses a timer on the lights in the first, second, and third floor hallways and is still manual for the lights in the hallway. The technology that has been applied earlier is less effective when it is cloudy which reduces the light intensity, as well as when there is a shift in the time of sunrise and sunset. To optimize it, it is necessary to automate lamps that are influenced by light intensity and monitor electrical energy to know how much the savings are. Automation and monitoring of lights done with the addition of a BH1750 lux sensor and a PZEM004t module for monitoring electrical energy which includes current, voltage, power, energy (KWh) sensors, and AC power frequency. The sensors are embedded in the ESP32 and Wemos as controllers that cut off the SSR power supply then connected to a webserver based on the MQTT protocol which is accessed via the Raspberry Pi. The main hardware components consist of designing the BH1750 sensor with Wemos and the PZEM 004t module with ESP32 to connecting the Raspberry Pi with a monitor and software is making a data transmission program (subscribe) to the MQTT broker and designing a GUI in Node Red, then system characterization is carried out to determine system performance automation and light monitoring. The result of this final project is an application that will be used as an effort to save electrical energy in Instrumentation Engineering Department.

Keywords: *BH1750, PZEM004t, MQTT, Node Red, Lamp Otomation, Electrical Energy Monitoring*

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjangkan ke hadirat Allah SWT, karena atas limpahan berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“OTOMATISASI LAMPU SELASAR DEPARTEMEN INSTRUMENTASI MENGGUNAKAN LIGHT INTENSITY DETECTOR BH1750 BERBASIS EXPERT SYSTEM”** dengan baik. Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan proses perkuliahan dan sebagai persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Terapan pada Progam Studi S. Tr Departemen Teknik Instrumentasi, Fakultas Vokasi (FV), Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan kepada penulis agar dapat menyelesaikan tugas kahir ini dengan baik. Ungkapan terimakasih disampaikan kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan di waktu yang tepat.
2. Ir. Ahmad Fauzan Adziimaa, ST., M.Sc. dan Safira Firdaus Mujiyanti, S.T., M.T. selaku pembimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir, yang berperan besar dalam memberikan arahan dan saran dalam proses penelitian dan penyusunan tugas akhir.
3. Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA selaku Dosen Wali juga kepala Departemen Teknik Instrumentasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya yang selalu mendampingi dan memberikan bantuan serta dukungan selama masa perkuliahan.
4. Seluruh dosen pengajar Departemen Teknik Instrumentasi yang telah memberikan waktu dan tenaga untuk berbagi pengetahuan dan wawasan untuk penulis.
5. Keluarga penulis, khususnya orang tua (Bapak Wuryanta dan Ibu Nena Hunainatul Mazkiyah), kakak saya (Nur Faqih Wirawan) dan adik saya (Arini Hurun'in) yang telah memberikan dukungan dan doa kepada penulis.

6. Ocktalia Trisnawati sebagai partner penulis yang mau membantu fisik dan psikis penulis sehingga dapat terus mengerjakan tugas akhir ini sampai selesai.
7. Teman-teman INS-01 yang mengiringi dan menemani selama masa perkuliahan yang spesial ini

Serta pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu-persatu. Semoga laporan tugas akhir ini dapat dipergunakan dengan sebaik-baiknya.

Surabaya, 14 Februari 2022

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Laporan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1 Letak Lampu pada Selasar dan Koridor Teknik Instrumentasi	5
2.1 Teknologi Sistem Otomatisasi Lampu	6
2.2 Luxsensor BH1750FVI	7
2.3 PZEM-004T.....	7
2.4 ESP32	8
2.5 WEMOS D1 Mini	9
2.6 Solid State Relay (SSR)	10
2.7 Protokol Komunikasi MQTT	11
2.8 Graphical User Interface (Node Red).....	12
2.9 Karakteristik Statik Pengukuran.....	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Prosedur Pengerjaan Tugas Akhir	17

3.2 Studi Literatur tentang Otomatisasi Lampu dan Monitoring Energi Listrik.....	18
3.3 Perancangan Model Otomatisasi Lampu dan Monitoring Energi Listrik	18
3.4 Penentuan Komponen Otomatisasi Lampu dan Monitoring Energi Listrik	20
3.5 Perancangan Hardware dan Software	20
3.6 Pengintegrasian Hardware dan Software	26
3.7 Pemasangan Otomatisasi Lampu dan Monitoring Energi Listrik.....	27
3.8 Penyusunan Laporan.....	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Hasil Pengujian Komponen	29
4.2 Hasil Pembuatan Hardware dan Software	37
4.3 Hasil Pengujian Konektifitas Hardware dan Software	41
4.4 Hasil Pengujian Performa Alat	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	xvii
LAMPIRAN	xix
BIODATA PENULIS	23

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Denah Lantai 1 Teknik Instrumentasi	5
Gambar 2. 2 Denah Lantai 2 Teknik Instrumentasi	5
Gambar 2. 3 Denah Lantai 3 Teknik Instrumentasi	5
Gambar 2. 4 Contoh Sistem Otomatisasi Lampu (indiamart, 2021).....	6
Gambar 2. 5 Contoh BH1750 Light Sensor (Components101, 2009).	7
Gambar 2. 6 Model BH1750 Light Sensor Pinout (Components101, 2009).	7
Gambar 2. 7 Contoh PZEM-004T (Guru, 2021).....	8
Gambar 2. 8 Prinsip Kerja dari Current Transformer (Newton, 2021).....	8
Gambar 2. 9 Bentuk Fisik dari ESP32 (Prasetyo, 2019).....	9
Gambar 2. 10 Pinout dari ESP32 (Saputro, 2019).	9
Gambar 2. 11 Bentuk Fisik dari Wemos D1 Mini (Faudin, 2018)	10
Gambar 2. 12 Bentuk Fisik dari Solid State Relay (Shop, 2021).	10
Gambar 2. 13 Contoh Rangkaian Input DC SSR (Team E. T., 2021)	11
Gambar 2. 14 Arsitektur Publish/Subscribe MQTT (MQTT.org, 2020).....	11
Gambar 2. 15 Bentuk dari interface Node Red	12
Gambar 3. 1 Diagram Alir Tugas Akhir Otomatisasi Lampu dan Monitoring.....	17
Gambar 3. 2 Perancangan Model Sistem Otomatisasi Lampu dan Monitoring Energi Listrik	19
Gambar 3. 3 Diagram Blok Otomatisasi Lampu.....	19
Gambar 3. 4 Diagram Blok Monitoring Energi Listrik Lampu	20
Gambar 3. 5 Wiring Diagram Sistem Pengukuran Intensitas Cahaya	24
Gambar 3. 6 Wiring Diagram Sistem Monitoring Energi Listrik pada Lampu ...	24
Gambar 3. 7 Diagram Blok Otomatisasi Lampu.....	25
Gambar 3. 8 Diagram Blok Monitoring Energi Listrik Lampu	25
Gambar 3. 9 Penyusunan Rangkaian Pengukuran Intensitas Cahaya dan Monitoring Energi Listrik	26
Gambar 3. 10 Tampilan Monitoring Pada Node Red	26
Gambar 4. 1 Grafik Nilai Intensitas Cahaya pada Luxmeter dan BH1750.....	30
Gambar 4. 2 Grafik Nilai Arus PZEM Selasar dengan Clamp Meter.....	32

Gambar 4. 3 Grafik Nilai Tegangan PZEM Selasar dengan Clamp Meter	32
Gambar 4. 4 Grafik Nilai Arus PZEM Lantai 1 dengan Clamp Meter	33
Gambar 4. 5 Grafik Nilai Tegangan PZEM Lantai 1 dengan Clamp Meter	34
Gambar 4. 6 Grafik Nilai Arus Lantai 2 dengan Clamp Meter	35
Gambar 4. 7 Grafik Nilai Tegangan Lantai 2 dengan Clamp Meter	35
Gambar 4. 8 Grafik Nilai Arus PZEM Lantai 3 dengan Clamp Meter	36
Gambar 4. 9 Grafik Nilai Tegangan PZEM Lantai 3 dengan Clamp Meter	37
Gambar 4. 10 Hasil pembuatan rangkaian pembacaan intensitas cahaya	38
Gambar 4. 11 Hasil pembuatan rangkaian monitoring energi listrik dan SSR.....	38
Gambar 4. 12 Hasil dari Coding ESP32 Posisi Lantai 3	39
Gambar 4. 13 Hasil Pembuatan Dashboard GUI.....	40
Gambar 4. 14 Hasil Pembuatan GUI yang terkoneksi dengan Hardware	40
Gambar 4. 15 Hasil Datalogger dari Output Sensor.....	41

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1 Spesifikasi dari Wemos D1 Mini (Wider Wire & Cable Co., 2021) ..	10
Tabel 2. 2 Variabel pada persamaan error	13
Tabel 2. 3 Variabel pada persamaan akurasi.....	13
Tabel 2. 4 Variabel pada persamaan presisi.....	14
Tabel 2. 5 Variabel pada persamaan range	14
Tabel 2. 6 Variabel Peersamaan sensitifitas.....	15
Tabel 3. 1 Daftar Komponen.....	20
Tabel 3. 2 Spesifikasi BH1750.....	21
Tabel 3. 3 Spesifikasi PZEM.	21
Tabel 3. 4 Spesifikasi ESP32	22
Tabel 3. 5 Spesifikasi WEMOS D1 Mini	22
Tabel 3. 6 Spesifikasi Hilink.....	23
Tabel 3. 7 Spesifikasi Solid State Relay	23
Tabel 3. 8 Spesifikasi Raspberry Pi 3B+	23
Tabel 4. 1 Pengukuran Intensitas Cahaya.....	30
Tabel 4. 2 Tabel hasil uji kalibrasi sensor PZEM Selasar.....	31
Tabel 4. 3 Tabel hasil uji kalibrasi sensor PZEM Lantai 1	33
Tabel 4. 4 Hasil uji kalibrasi sensor PZEM Lantai 2	34
Tabel 4. 5 Hasil uji kalibrasi sensor PZEM Lantai 3	36
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Konektifitas Komponen Selasar Sebelum Menyala ..	41
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Konektifitas Lantai 1 Sebelum-Setelah Menyala	42
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Konektifitas Lantai 2 Sebelum-Setelah Menyala	42
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Konektifitas Lantai 3 Sebelum-Setelah Menyala	43
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Performa BH1750 ketika terbit.....	43
Tabel 4. 11 Hasil Pengujian Performa BH1750 ketika Mendung.....	44
Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Performa dari BH1750 di waktu petang	45

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penghematan listrik dari sektor lampu dapat menghemat sebesar 2.72% perhari menggunakan metode pengurangan waktu pemakaian (Santoso & Salim, 2019). Departemen Teknik Instrumentasi masih perlu berupaya dalam penghematan energi listrik khususnya dari sektor lampu. Penghematan ini tentu dibutuhkan dalam mendukung slogan Smart Eco-Campus milik ITS.

Departemen Teknik Instrumentasi sudah mulai menerapkan penghematan listrik dari sektor lampu pada koridor gedung A tiga lantai (lantai 1, 2, dan 3) menggunakan timer, namun pada bagian selasar Departemen Teknik Instrumentasi masih manual. Penerapan teknologi timer sudah menunjukkan hasil penghematan yang signifikan dalam mengurangi waktu pemakaian berlebih yang disebabkan kelalaian manusianya. Akan tetapi bila cuaca dalam kondisi mendung intensitas cahaya akan turun dibawah standar pencahayaan yaitu untuk koridor dan selasar sebesar 100 lux (Badan Standarisasi Nasional, 2001), juga terdapat pergeseran waktu terbit dan terbenamnya matahari yang dapat menurunkan produktifitas kegunaan koridor dan selasar.

Telah banyak dilakukan penelitian yang membahas tentang otomatisasi lampu untuk penghematan energi, diantaranya pengembangan switch otomatis yang memanfaatkan sensor Passive Infra Red (PIR) dan Solid State Relay (SSR) untuk mendeteksi siang dan malam hari (Michael, Liman, Adimula, Fajobi, & Abioye, 2018). Saat sensor-sensor dipasang terdistribusi sebagai node akhir dan membentuk jaringan yang dihubungkan ke personal computer (PC) sebagai wireless sensor network (Tan, Huynh, & Zizhen, 2013). Penyediaan Dual Mode (mode manual dan mode otomatis) switch yang memanfaatkan timer pada aplikasi android Blynk untuk mengoperasikan switch di mode otomatis (Hermanu, Maghfiroh, Santoso, Arifin, & Catur, 2021). Pengukuran Energi Listrik menggunakan PZEM-004T sehingga memunculkan pembacaan arus, tegangan

daya, dan energi yang terpadu (Anwar, Artono, Harun, N, & Fadli, 2019). Kemudian diadaptasikan di selasar Departemen Teknik Instrumentasi dalam bentuk prototype sistem smart lamp menggunakan dimmer dan monitoring biaya listrik (Ulumudin, 2021). Namun semua penelitian diatas hanya sebatas simulasi, prototype, dan belum relevan dengan lokasi Departemen Teknik Instrumentasi. Saat ini belum diterapkannya sistem otomatisasi lampu yang memanfaatkan sensor BH1750 sebagai pendekripsi intensitas cahaya, dimana intensitas cahaya akan dimanfaatkan sebagai penanda terang dan gelap dan dikirim menuju Wemos D1 Mini sebagai controller yang memutus dan hubungan aliran listrik lampu via Solid State Relay (SSR) dalam otomatisasi lampu yang berada di selasar dan koridor tiap lantai Departemen Teknik Instrumentasi dan PZEM-004T yang berfungsi untuk monitoring energi listrik yang digunakan lampu dari tiap koridor dan selasar yang terhubung dengan ESP32 yang mengirim pembacaan kedalam tampilan Graphical User Interface pada monitor menggunakan Node Red dengan perantara MQTT Broker.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah yang diangkat dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- a) Bagaimana menerapkan sistem otomatisasi lampu berbasis expert system di Departemen Teknik Instrumentasi?
- b) Bagaimana menguji performa dari sistem otomatisasi lampu berbasis expert system?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- a) Dilakukan pembuatan dan penerapan sistem otomatisasi lampu berbasis expert system di Departemen Teknik Instrumentasi.
- b) Dilakukan pengujian performa sistem otomatisasi lampu berbasis expert system.

1.4 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- a) Lingkup area yang dipasangi sistem hanya di daerah selasar dan koridor Departemen Teknik Instrumentasi.
- b) Sensor yang digunakan hanya BH1750 Digital Light Intensity Detection dan PZEM-004T.
- c) Platform monitoring yang digunakan yaitu aplikasi Node Red yang dapat diakses melalui browser di monitor yang terhubung dengan Raspberry Pi 3b+.
- d) Hidup-matinya lampu dikendalikan melalui controller berdasarkan pembacaan intensitas cahaya dan virtual switch di GUI.
- e) Variabel Kontrol yang digunakan dalam Tugas Akhir ini yaitu intensitas cahaya saat kondisi lingkungan terlalu gelap sebesar 100 lux.

1.5 Sistematika Laporan

Buku Tugas Akhir ini terdiri dari lima bab dan disusun menurut sistematika penulisan berikut ini

BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB 2: TINJAUAN PUSTAKA ATAU DASAR TEORI

Bab ini berisi tentang teori yang menunjang penelitian, berupa teori tentang Otomatisasi Lampu, sensor (intensitas cahaya, arus, tegangan, daya berbasis clamp), Kontroller (ESP32 dan Wemos D1 Mini), Aktuator (Solid State Relay/ SSR), Protokol komunikasi (*Message Queuing Telemetry Transport/ MQTT*), Graphical User Interface (GUI), dan Karakteristik Statik Pengukuran.

BAB 3: METODOLOGI PENGERJAAN

Bab ini berisi tentang perancangan perangkat keras dan spesifikasi dari tiap alat, perangkat lunak berupa dokumentasi coding, perancangan kontroler, dan perancangan GUI dan dokumentasi GUI.

BAB 4: PENGUJIAN DAN ANALISA

Bab ini berisi tentang hasil penerapan dan analisanya. Selain itu berisi tentang hasil implementasi sensor, kontroler, dan aktuator pada Selasar dan Koridor Departemen Teknik Instrumentasi gabah beserta analisa validasi sensor PZEM-004T dan BH1750.

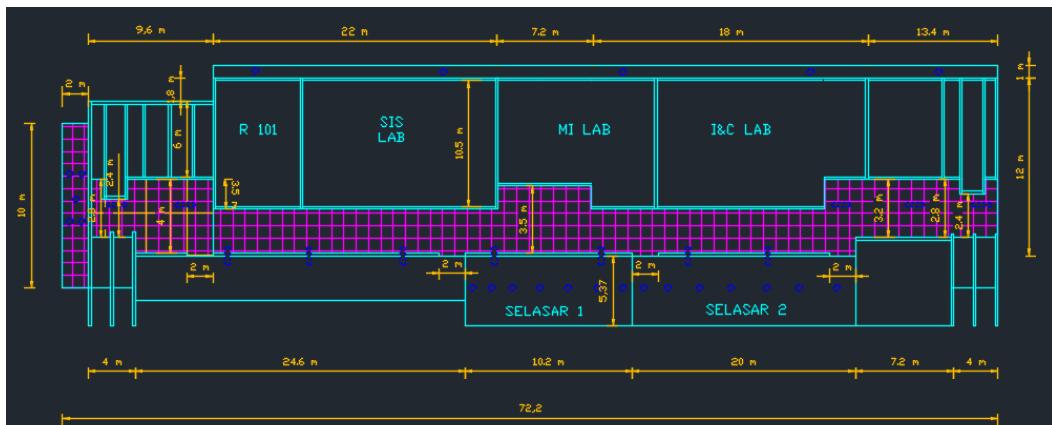
BAB 5: PENUTUP

Berisi kesimpulan dan saran yang dapat dijadikan pertimbangan pengembangan berdasarkan hasil penggerjaan tugas akhir ini.

BAB II

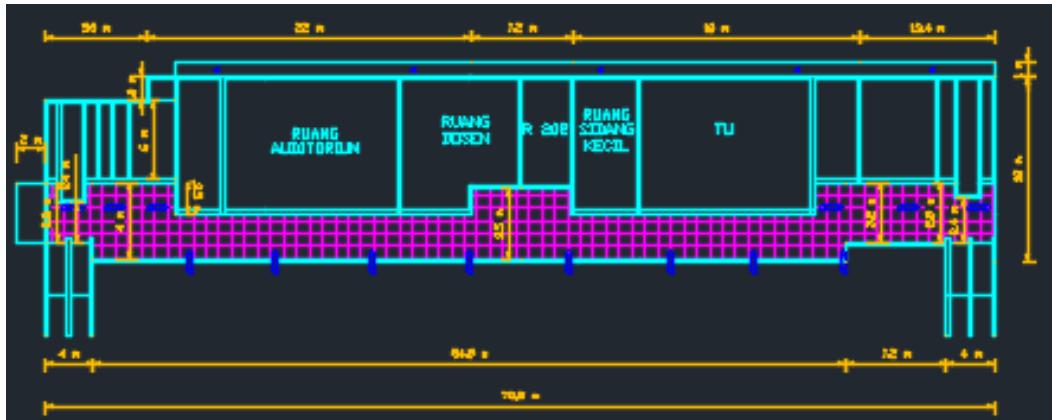
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Letak Lampu pada Selasar dan Koridor Teknik Instrumentasi



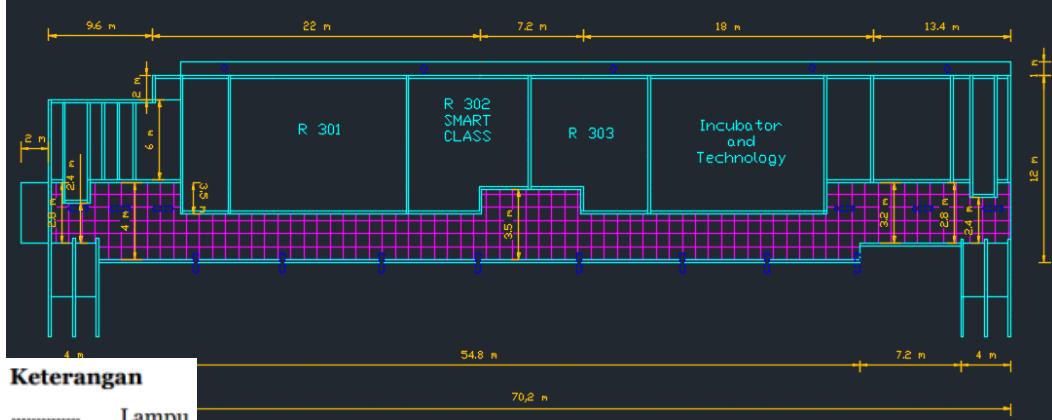
Keterangan
----- Lampu

Gambar 2.1 Denah Lantai 1 Teknik Instrumentasi



Keterangan
----- Lampu

Gambar 2.2 Denah Lantai 2 Teknik Instrumentasi



Keterangan
----- Lampu

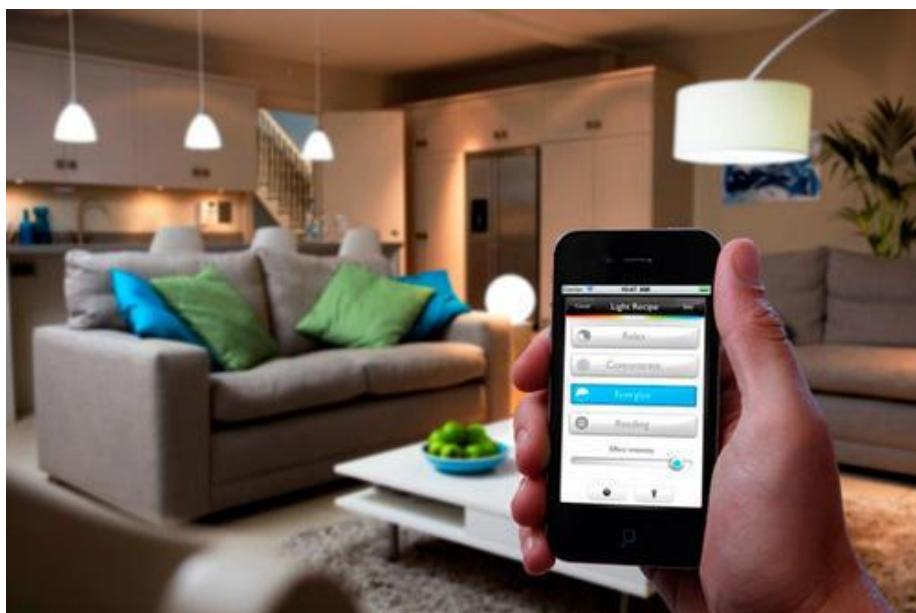
Gambar 2.3 Denah Lantai 3 Teknik Instrumentasi

Selasar Departemen Teknik Instrumentasi adalah tempat terbuka yang memiliki kanopi dan biasanya digunakan mahasiswa untuk belajar dan beristirahat. Terdapat dua selasar bersebelahan yang memiliki total lebar 5.6 meter dan panjang 30.2 meter sesuai gambar 2.1.

Koridor Departemen Teknik Instrumentasi adalah lorong yang berada di tiap lantai gedung A Departemen Teknik Instrumentasi yang memiliki pagar pembatas di tepian untuk safety dan digunakan sebagai jalur lalu lalang utama untuk mengakses tiap ruangan di gedung A. Koridor tiap lantai memiliki ukuran yang sama dan memiliki bentuk yang kompleks karena terpotong pipa air, ruangan kelas, laboratorium, ruang sidang, dan tata usaha sesuai gambar 2.1, gambar 2.2, dan gambar 2.3.

2.1 Teknologi Sistem Otomatisasi Lampu

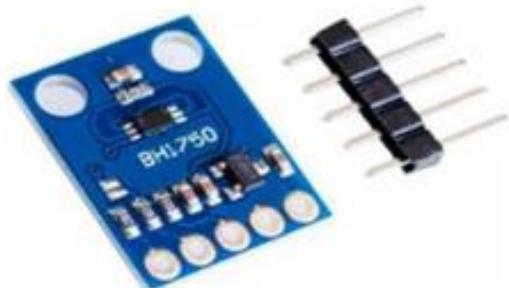
Sistem Otomatisasi Lampu merupakan istilah umum yang mencakup setiap sistem kontrol cahaya pada satu ruangan hingga sistem kontrol satu keseluruhan lampu bangunan baik lampu interior maupun exterior (Diloue, 2005). Salah satunya dengan mengontrol nyala matinya lampu pada Sistem Otomatisasi Lampu di Selasar dan Koridor Departemen Teknik Instrumentasi agar lampu dapat dihidupkan sesuai kondisi intensitas cahaya ketika “gelap” dan dimatikan sesuai kondisi intensitas cahaya ketika “terang”.



Gambar 2.4 Contoh Sistem Otomatisasi Lampu (indiamart, 2021)

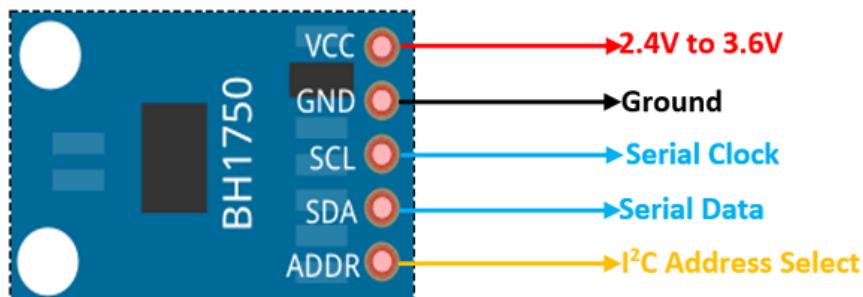
2.2 Luxsensor BH1750FVI

BH1750 adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya. BH1750 adalah sensor yang memiliki memiliki ADC 16bit dengan output digital dan memiliki range pembacaan yang luas yaitu dengan range 1-65535 lux (ROHM, 2009). Oleh karena itu sensor BH1750 dapat langsung dihubungkan dengan Wemos D1 Mini untuk selanjutnya dapat mensubscribe ke broker yang hasilnya ditunjukkan di layar monitor yang mengakses Node Red.



Gambar 2.5 Contoh BH1750 Light Sensor (Components101, 2009).

Selain output digital, sensor BH1750 juga memiliki kelebihan lain untuk pengukuran intensitas cahaya yaitu minim pengaruh dari infrared, menggunakan komunikasi I2C bus, dan tidak perlu tambahan perangkat eksternal sehingga cocok digunakan untuk pengukuran intensitas cahaya di koridor dan selasar departemen Teknik Instrumentasi.



Gambar 2.6 Model BH1750 Light Sensor Pinout (Components101, 2009).

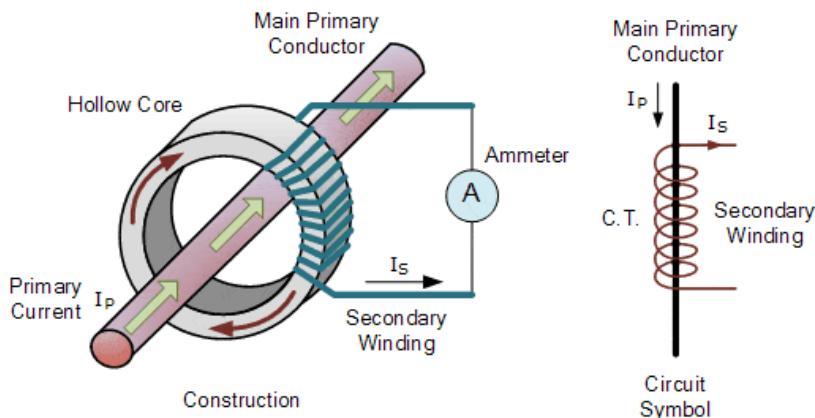
2.3 PZEM-004T

PZEM-004T merupakan sebuah modul komunikasi tanpa display yang digunakan untuk mengukur tegangan, arus, daya, energi (Wh), frekuensi, dan power faktor sehingga untuk melihat pembacaan dibutuhkan TTL (Guru, 2021)



Gambar 2.7 Contoh PZEM-004T (Guru, 2021).

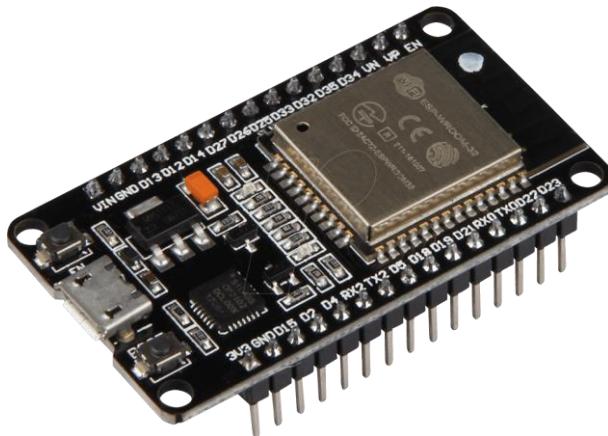
Monitoring Listrik AC dilakukan dengan memanfaatkan Current Transformer (CT) yang dipasangkan dengan PZEM-004T. Prinsip kerja dari CT sendiri mengukur medan magnet yang dianggap sebanding dengan nilai arus pada satu bagian kabel saja supaya arus searah sebagai mana yang dijelaskan dalam gambar 2.8 berikut.



Gambar 2.8 Prinsip Kerja dari Current Transformer (Newton, 2021).

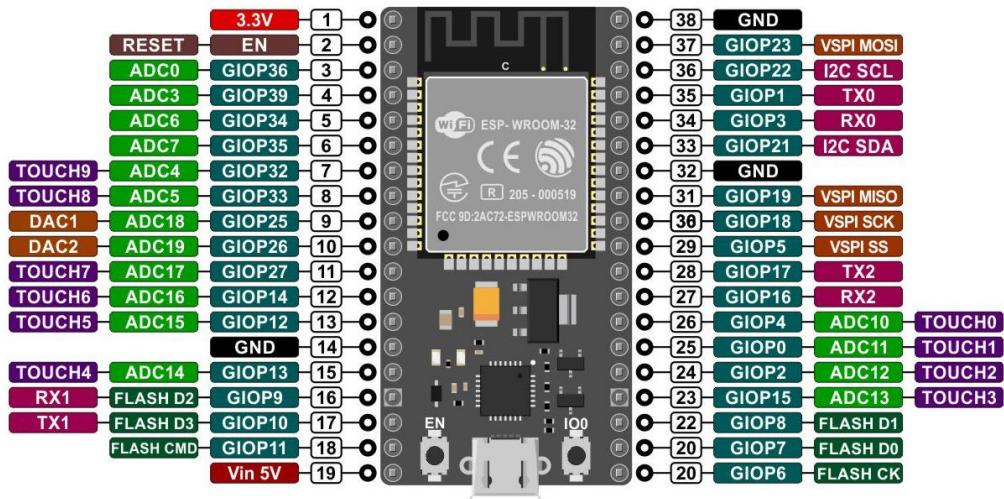
2.4 ESP32

Mikrokontroller yang digunakan adalah ESP32 yang memiliki 240 MHz dual core, 520K SRAM memori, sudah include modul wifi jadi tidak memerlukan kabel hub, memiliki 32 pin GPIO walaupun beberapa fungsi tidak bisa digunakan secara bersamaan akan tetapi cukup untuk mengcover daerah selasar dan koridor Teknik Instrumentasi dan sangat mendukung dalam otomatisasi lampu dan energi monitoring (Espressif Systems (Shanghai) Co., 2021).



Gambar 2.9 Bentuk Fisik dari ESP32 (Prasetyo, 2019).

Berikut deskripsi tiap pinout dari ESP32:



Gambar 2.10 Pinout dari ESP32 (Saputro, 2019).

Untuk penggunaan pada Tugas Akhir ini ESP32 difungsikan untuk menjadi controller menerima input intensitas cahaya dari broker kemudian memutus-sambungkan aliran ke Solid State Relay dan menerima data dari PZEM-004 untuk di subscribe menuju broker MQTT.

2.5 WEMOS D1 Mini

WEMOS D1 mini merupakan module development board yang berbasis WiFi berbasis ESP8266EX chip yang sudah mendukung transmisi data tanpa kabel (wireless data transmission).



Gambar 2.11 Bentuk Fisik dari Wemos D1 Mini (Faudin, 2018)

Wemos D1 Mini memiliki 11 digital input/output pin, semua mendukung PWM/interrupt/I2C/one-wire kecuali D0, dan memiliki 1 analog input dengan maksimal 3.3V (Wider Wire & Cable Co., 2021).

Tabel 2.1 Spesifikasi dari Wemos D1 Mini (Wider Wire & Cable Co., 2021).

Parameter	Nilai
Operating Voltage	3.3V
Digital I/O Pins	11
Analog Input Pins	1(3.2V Max)
Clock Speed	80/160MHz
Flash	4M Bytes
Size	34.2*25.6mm
Weight	3g

2.6 Solid State Relay (SSR)

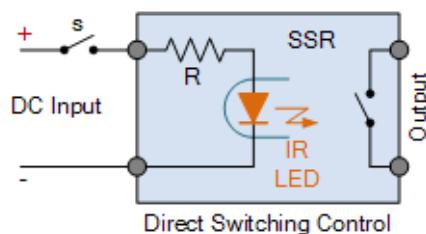
Solid State Relay (SSR) adalah sebuah relay yang didalamnya tidak memiliki komponen yang bergerak melainkan memanfaatkan karakteristik dari semikonduktor yang dapat mengisolasi input dan output juga fungsi switch.



Gambar 2.12 Bentuk Fisik dari Solid State Relay (Shop, 2021).

Solid State Relay memiliki keuntungan dibanding elektromekanikal relay diantaranya lebih awet, hemat tempat, dan cepat respon nya karena tidak dibatasi umur dan pergerakan komponen mekanik. Komponen utama dari Solid State

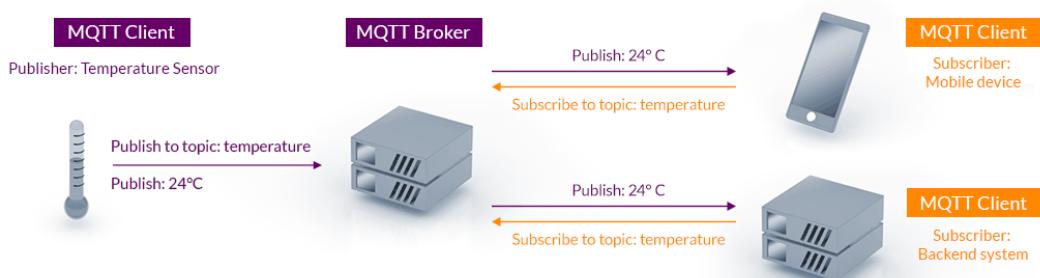
Relay adalah Opto-isolator/optocoupler (yang terdiri dari 1 atau lebih LED infra merah dan sebuah komponen fotosensitif) sebagai input baik AC maupun DC yaitu bila ada listrik mengalir maka menyalaakan led dan fotosensitif sensor akan menerima dan photo transistor/photo-triac akan mengambil tindakan “ON” begitu pula sebaliknya.



Gambar 2.13 Contoh Rangkaian Input DC SSR (Team E. T., 2021)

2.7 Protokol Komunikasi MQTT

Protokol MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) adalah protokol yang berjalan pada diatas stack TCP/IP dan mempunyai ukuran paket data dengan low overhead yang kecil (minimum 2 bytes) sehingga berefek pada konsumsi catu daya yang hemat. Protokol ini adalah jenis protokol *data-agnostic* yang artinya anda bisa mengirimkan data apapun seperti data binary, text bahkan XML ataupun JSON dan protokol ini memakai model publish/subscribe daripada model client-server (Pr., 2015).



Gambar 2.14 Arsitektur Publish/Subscribe MQTT (MQTT.org, 2020).

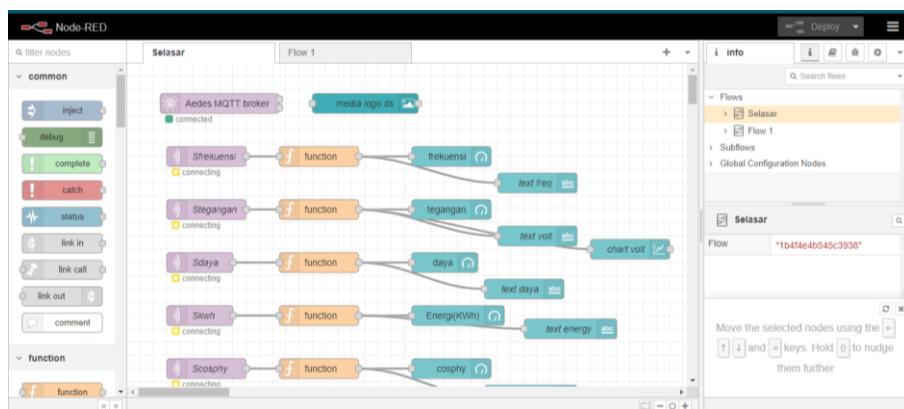
Publisher adalah peran yang memberikan suatu pesan kepada “topik” tertentu. Subscriber adalah peran yang mengikuti update “topik” yang telah dipublish. Broker adalah perantara antara publisher dan subscriber serta tempat “topik” dikumpulkan.

Topik adalah sebuah string data yang digunakan broker untuk memfilter data untuk setiap client yang terhubung (Team T. H., 2019). Setiap level dari topik dan sub-topik dipisahkan oleh slash "/" sebagai topic separator dengan contoh "Selasar/PZEM" dan "myhome/lantaidasar/ruangtamu/temperature".

Protokol MQTT memiliki pembagian menjadi tiga dalam kualitas layanan pengiriman data yang juga disebut Quality of Service. Pesan yang di publish pasti memiliki satu dari 3 level QoS. Level-level ini memberikan garansi akan konsistensi (reliability) dari pengiriman pesan. Pertama yaitu level 0 "At most once", yaitu pesan dikirim hanya sekali dan bergantung pada keberadaaan network dan tidak ada usaha untuk mentransmisikan pesan kembali. Kemudian level 1 "At least once", yaitu pesan dikirimkan setidaknya satu kali. Jika subscriber tidak mengakui (acknowledge) maka broker akan mengirimkan pesan sampai publisher menerima status pengakuan pesan dari klien. Terakhir yaitu level 2 "Exactly once", Pesan pasti diterima satu kali. Protokol dengan level ini memastikan bahwa pesan pasti tersampaikan dan tidak terjadi duplikasi pesan yang terkirim (OASIS, 2015).

2.8 Graphical User Interface (Node Red)

Node Red adalah sebuah tool pemrograman berbasis aliran (flow based programming) via browser untuk koneksi dengan hardware, API dan layanan online. Node Red menyediakan editor berbasis browser yang membuatnya mudah untuk menyatukan aliran menggunakan berbagai node di palette yang dihubungkan dengan wire dapat digunakan untuk runtime/editor dalam satu kali klik (Contributors, 2021).



Gambar 2.15 Bentuk dari interface Node Red

2.9 Karakteristik Statik Pengukuran

Karakteristik statik merupakan sifat dari sebuah peralatan instrument yang tidak bergantung terhadap waktu. Pengukuran yang disebut ideal apabila hubungan antara input dengan output dari pengukuran adalah berbanding lurus atau linier. Berikut ini merupakan bentuk karakteristik statik serta persamaannya :

a. Error

Error merupakan selisih antara nilai yang terbaca oleh alat ukur uji (BH1750 dan PZEM-004T) dengan alat ukur standar (clamp meter digital dan lux meter). Persentase error adalah perbandingan nilai error dengan nilai alat ukur lalu dikalikan 100 persen (Musyafa', 2016). Berikut ini adalah persamaan untuk memperoleh nilai error dan persentase error adalah sebagai berikut :

$$e = |C_n - P_n| \quad (2.1)$$

$$\%e = \left[\frac{C_n - P_n}{C_n} \right] \times 100\% = \left[e/C_n \right] \times 100\% \quad (2.2)$$

Tabel 2.2 Variabel pada persamaan error

No.	Simbol	Variabel (satuan)
1.	e	Nilai error absolut
2.	C_n	Nilai pembacaan alat ukur standar
3.	P_n	Nilai pembacaan alat ukur uji
4.	$\%e$	Persentase error (%)

b. Akurasi

Akurasi atau ketelitian adalah seberapa dekat hasil pengukuran suatu alat ukur (BH1750 dan PZEM-004T) terhadap suatu nilai standar yang disepakati (clamp meter digital dan lux meter) atau terhadap suatu nilai yang benar (true value). Berikut ini adalah persamaan untuk memperoleh akurasi dan persentase akurasi adalah sebagai berikut :

$$A = 1 - \left[\frac{C_n - P_n}{C_n} \right] \quad (2.3)$$

$$\%A = 100\% - \%e = A \times 100\% \quad (2.4)$$

Tabel 2.3 Variabel pada persamaan akurasi

No.	Simbol	Variabel (satuan)
1.	A	Nilai akurasi relatif
2.	C_n	Nilai pembacaan alat ukur standar
3.	P_n	Nilai pembacaan alat ukur uji
4.	$\%A$	Persentasi akurasi (%)
5.	$\%e$	Persentase error (%)

c. Presisi

Presisi adalah seberapa dekat hasil pengukuran yang dilakukan secara berulang terhadap rata-rata. Suatu alat ukur yang presisi belum menjadi alat ukur yang akurat karena presisi hanya ditentukan oleh nilai yang dihasilkan oleh alat ukur yang bersangkutan tanpa harus membandingkan dengan besaran ukur yang sebenarnya yang dihasilkan oleh peralatan ukur standard (Musyafa', 2016). Presisi secara matematik dinyatakan sebagai berikut:

$$Pr = 1 - \left[\frac{P_n - \bar{P}}{\bar{P}} \right] \quad (2.5)$$

Tabel 2.4 Variabel pada persamaan presisi

No.	Simbol	Variabel (satuan)
1.	Pr	Nilai presisi
2.	P_n	Nilai pembacaan alat ukur uji
3.	\bar{P}	Nilai rata-rata pengukuran alat uji

d. Range

Range adalah jarak pengukuran dari nilai minimum hingga nilai maksimum pada alat instrument atau alat ukur. Alat yang digunakan untuk melakukan pengukuran adalah PZEM-004T dan BH1750

$$Range = P_{min} \text{ to } P_{max} \quad (2.6)$$

Tabel 2.5 Variabel pada persamaan range

No.	Simbol	Variabel (satuan)
1.	P_{min}	Nilai minimum pembacaan alat ukur uji
2.	P_{max}	Nilai maksimal pengukuran alat uji

e. Span

Span merupakan selisih antara nilai mimimum dan nilai maksimum yang terukur oleh alat instrument atau alat ukur yang digunakan. Alat ukur yang digunakan adalah PZEM-004T dan BH1750.

$$Span = P_{max} - P_{min} \quad (2.7)$$

Penjelasan variabel dapat dilihat di tabel 2.5

f. Sensitivitas

Sensitivitas adalah tingkat kepekaan dari alat ukur dengan membandingkan perubahan nilai output/alat uji dengan perubahan nilai input/alat ukur standar.

Berikut adalah persamaan untuk menghitung sensitifitas :

$$Sensitivity = \Delta P_n / \Delta C_n \quad (2.8)$$

Tabel 2.6 Variabel Peersamaan sensitifitas

No.	Simbol	Variabel (satuan)
1.	ΔP_n	Perbandingan nilai alat ukur uji
2.	ΔC_n	Perbandingan nilai alat ukur standar

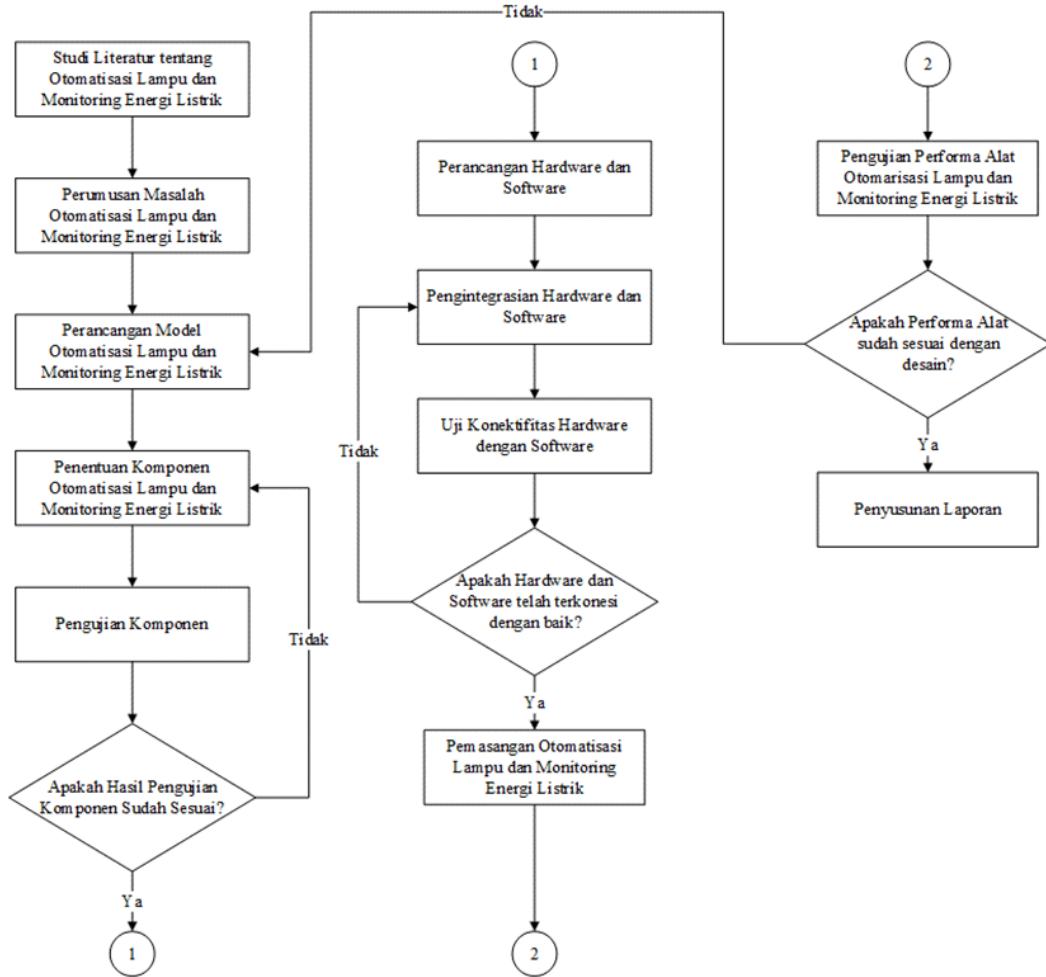
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Prosedur Pengerjaan Tugas Akhir

Pada Tugas Akhir ini, secara garis besar alur pengerjaan Tugas Akhir dapat dilihat pada gambar 3.1 sebagai berikut.



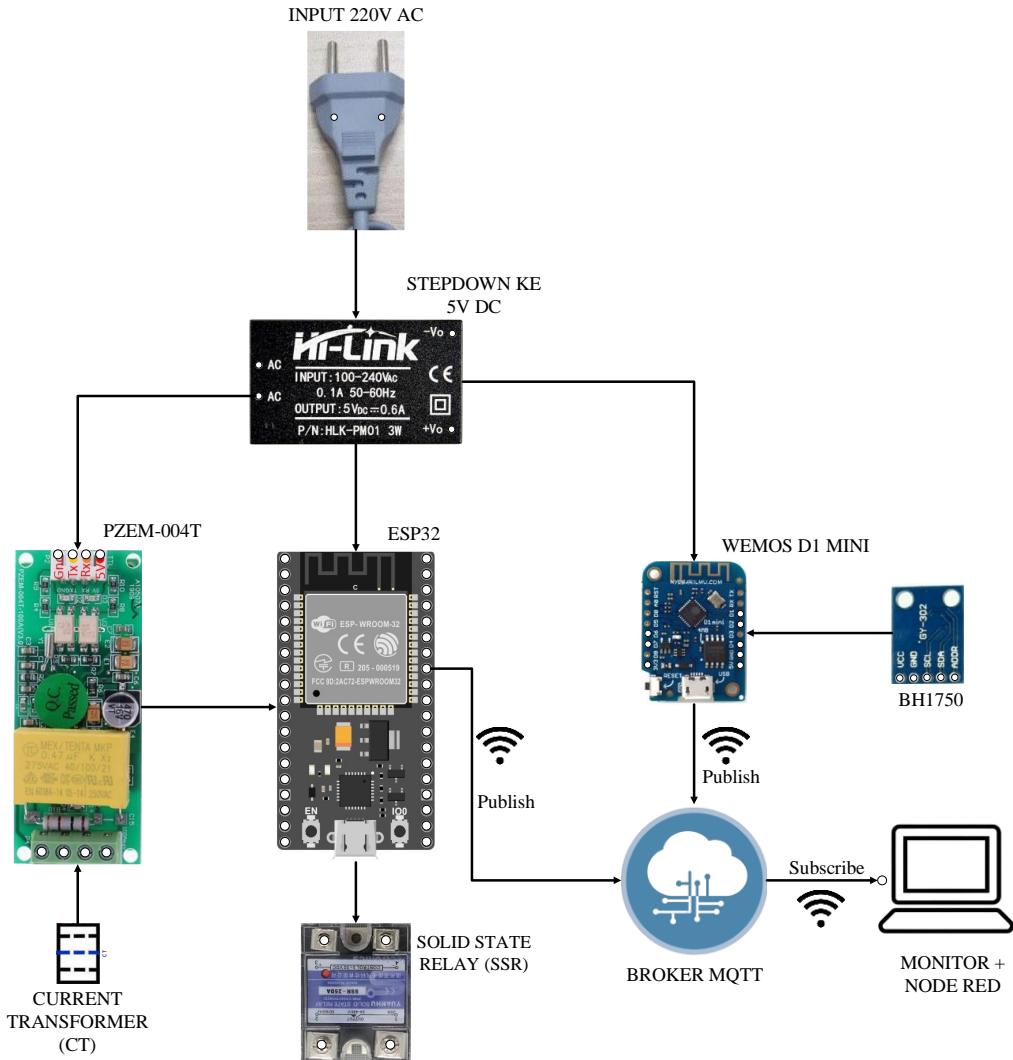
Gambar 3.1 Diagram Alir Tugas Akhir Otomatisasi Lampu dan Monitoring.

3.2 Studi Literatur tentang Otomatisasi Lampu dan Monitoring Energi Listrik

Studi Literatur merupakan proses mencari referensi yang tentang sensor BH1750, sensor PZEM 004T, Solid State Relay dan Protokol Komunikasi MQTT untuk menunjang pembuatan sistem Otomatisasi Lampu dan Monitoring yang akan digunakan di Selasar dan Koridor Teknik Instrumentasi. Metode ini sebagai langkah awal dalam mencari solusi dari gagasan yang diusung. Pencarian materi dilakukan melalui jurnal, berita, dan artikel terkait dengan gagasan ini. Dari beberapa sumber yang sudah terkumpul, maka data diolah untuk mencapai tujuan yang sudah dibuat.

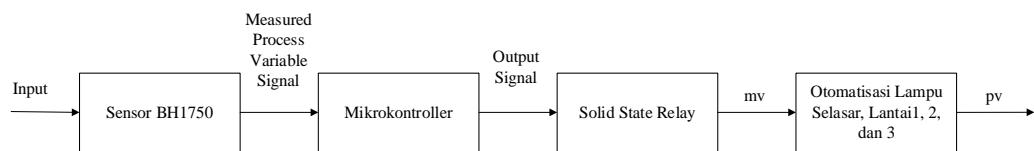
3.3 Perancangan Model Otomatisasi Lampu dan Monitoring Energi Listrik

Pada Perancangan Sistem terdapat perancangan hardware dan software. Perancangan sistem otomatisasi ini dijelaskan terkait pemodelan sistem kontrol dan monitoring. Terdapat beberapa komponen didalam perancangan sistem ini yaitu sensor BH1750 sebagai sensing nilai lux dan modul sensor PZEM004T sebagai sensing energi listrik. Pada controllernya memakai ESP32 dan WEMOS D1 Mini. ESP32 digunakan sebagai kontroller pada output PZEM yang diterima oleh CT. Display nya menggunakan aplikasi Node Red yang diakses melalui monitor PC (personal computer).



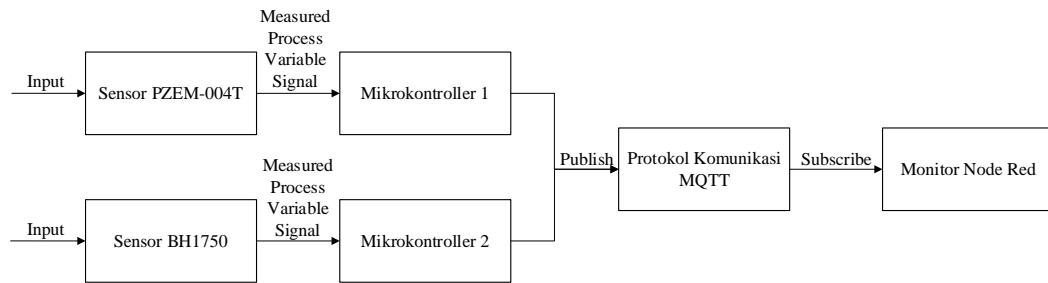
Gambar 3.2 Perancangan Model Sistem Otomatisasi Lampu dan Monitoring Energi Listrik

Sensor BH1750 mensensing intensitas cahaya yang kemudian dipublish ke Broker MQTT dan ESP32 mengirim/publish data PZEM-004T menggunakan Wi-Fi menuju broker MQTT serta mengirim sinyal ke Solid State Relay. Solid State Relay bertugas untuk menerima signal dari kontroler ESP32 sebagai saklar pada outputan lampu selasar dan lorong Teknik Instrumentasi.



Gambar 3.3 Diagram Blok Otomatisasi Lampu

WEMOS D1 Mini digunakan sebagai kontroller pada output BH1750 yang diatur dengan setpoint yang ditentukan lalu dan mengirim/publish data BH1750 menuju broker MQTT. Data yang dipublish kemudian di-subscribe oleh PC (personal computer) sebagai device monitoring melalui aplikasi Node Red pada web browser. Sehingga dari rancangan tersebut dapat mempermudah pengukuran intensitas cahaya dan otomatisasi lampu di lokasi yang berjauhan.



Gambar 3.4 Diagram Blok Monitoring Energi Listrik Lampu

3.4 Penentuan Komponen Otomatisasi Lampu dan Monitoring Energi Listrik

Adapun dalam Penentuan Komponen Otomatisasi Lampu dan Monitoring Energi yang dibutuhkan sebagai berikut:

Tabel 3.1 Daftar Komponen

Komponen	Nama Komponen	Keterangan
Input	Sensor BH1750	Berfungsi mengukur intensitas cahaya matahari
	Sensor PZEM-004T	Berfungsi menghitung arus, tegangan, daya, dan energi dari CT.
Controller	ESP 32	Berfungsi sebagai Modul Wireless yang menunjang sistem <i>Internet Of Things</i>
	WEMOS D1 Mini	Berfungsi sebagai Modul Wireless yang menunjang sistem <i>Internet Of Things</i>
Output	Solid State Relay	Berfungsi sebagai switching pada lampu
Lain-lain	Sekring	Berfungsi sebagai pengaman agar tidak korsleting ke komponen lain.
	Current Transformer (CT)	Berfungsi mengukur energi listrik.
	Kabel	Berfungsi untuk menyambung antar komponen

3.5 Perancangan Hardware dan Software

Adapun Perancangan Hardware dan Software dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

3.5.1 Perancangan Hardware

Adapun perancangan pada hardware Tugas Akhir ini yaitu pada Sensor BH1750, Sensor PZEM004T, ESP32 , WEMOS D1 Mini, HiLink 5V DC, Solid State Relay 25A, Raspberry Pi 3b+, serta Wiring komponen.

3.5.1.1 Sensor BH1750

Sensor Intensitas cahaya BH1750 digunakan untuk mengukur lux di lantai 2 dan data lux akan dikirimkan menuju WEMOS untuk di-publish menuju broker MQTT. Data spesifikasi dari Sensor BH1750 dapat dilihat pada tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.2 Spesifikasi BH1750.

Parameter	Keterangan
Nama	BH1750
Tegangan Operasi	2.4-3.6 V DC
Ukuran	21*16*3.3mm
Jenis Komunikasi	I2C bus protokol
Range pengukuran	1-65535 lx
Temperatur Operasi	-40°C – 85 °C

3.5.1.2 Sensor PZEM-004T 100A

Modul Sensor PZEM-004T adalah modul sensor energi listrik yang memanfaatkan Current Transformer dan mengirim data ke ESP32 lalu di-publish menuju broker MQTT. PZEM-004T memiliki deskripsi fungsi sebagaimana yang ditampilkan pada tabel 3. dibawah ini

Tabel 3.3 Spesifikasi PZEM.

Parameter	Keterangan
Jenis	PZEM-004T 100A dengan trafo eksternal
Tegangan Operasi	5V DC
Ukuran	73.7*30*14.3 mm
Range Pengukuran	V= 80-260V A=0-100A W=0-23kW kWh=0-9999.99kWh
Temperatur Operasi	-20°C - 60°C

3.5.1.3 ESP32

ESP32 disini digunakan sebagai otak dari *plant* dan juga menjadi publisher data dari PZEM. ESP32 disini digunakan untuk memproses data arus, tegangan, daya, dan energi aktif sekaligus melakukan kontrol terhadap Solid State Relay dan

menampilkannya di LCD. Spesifikasi dari ESP32 yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 3.4 Spesifikasi ESP32

Parameter	Keterangan
Nama	ESP32
Mikroprosesor	Tensilica Xtensa LX6
Tegangan Operasi	3.3V
Pin I/O	34 pin, dengan; ADC 18 pin*12bit DAC 2 pin*8bit
Wireless	Wi-Fi 802.11 b/g/n Bluetooth V4.2 – Supports BLE and Classic Bluetooth
Kecepatan Clock	240 MHz
Ukuran	54.6*27.94 mm

3.5.1.4 WEMOS D1 Mini

WEMOS digunakan sebagai controller dan juga menjadi publisher data dari BH1750. WEMOS disini digunakan untuk memproses data intensitas cahaya sekaligus melakukan kontrol terhadap Solid State Relay dan menampilkannya di LCD. Spesifikasi dari WEMOS yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 3.5 Spesifikasi WEMOS D1 Mini

Parameter	Keterangan
Nama	WEMOS D1 Mini
Jenis	ESP-8266EX
Tegangan Operasi	3.3V
Pin I/O Digital	11 pin
Pin Input Analog	1 pin (maks input 3.2V)
Kecepatan Clock	80MHz/160MHz
Ukuran	34.2*25.6mm
Berat	10 gram

3.5.1.5 Hilink 5W 5V

Halink adalah modul digunakan untuk menurunkan dan menswitch tegangan dari power supply. Dengan begitu, semua komponen yang membutuhkan suplai 5V DC dapat disupply tegangan yang sesuai. Berikut spesifikasi dari modul Hilink yang dipakai sesua pada tabel 3.6

Tabel 3.6 Spesifikasi Hilink

Parameter	Keterangan
Jenis	HLK-5M05
Nama	Hi-link 5W5V
Range Tegangan Input	100-240V AC, 50-60Hz
Output Tegangan DC	5V
Output Daya	5W
Dimensi (p*l*t)	38*23*18 mm
Berat	22 gram

3.5.1.6 Solid State Relay

Solid State Relay digunakan untuk membuka atau menutup switch dengan prinsip photocoupler. Dengan kata lain, lampu infrared yang dialiri listrik dari input mikrokontroller dan sinar infrared memengaruhi photodiode. Suatu switch atau relay pada saat keadaan tidak fiktif memiliki dua kondisi yaitu ON dan OFF. Adapun spesifikasi dari modul relay yang dipakai adalah sebagai berikut:

Tabel 3.7 Spesifikasi Solid State Relay

Parameter	Keterangan
Jenis	Solid State Relay
Tegangan Kontrol Input	3-32V DC (min 3V)
Tegangan Switching Output	24-480 V AC
Range Arus Beban	0.1-25 A
Temperatur Operasi	-30°C to 80°C
Berat	88 gram
Kecepatan Switching	0.2 seconds

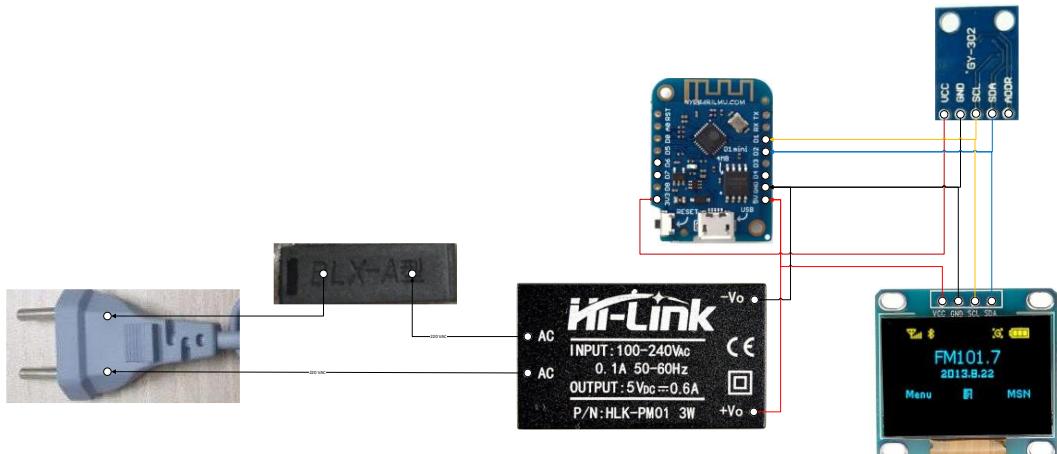
3.5.1.7 Raspberry Pi 3b

Raspberry Pi 3b+ adalah mini PC (personal computer) yang digunakan dalam menampilkan monitoring energi listrik pada tugas akhir ini. Raspberry digunakan subscriber data dari tiap sensor PZEM-004T dan BH1750 kemudian aplikasi Node Red didalamnya menampilkan dalam bentuk GUI. Raspberry Pi 3b+ dipilih karena memiliki spesifikasi sebagaimana yang ditampilkan pada tabel 3.8 dibawah ini

Tabel 3.8 Spesifikasi Raspberry Pi 3B+

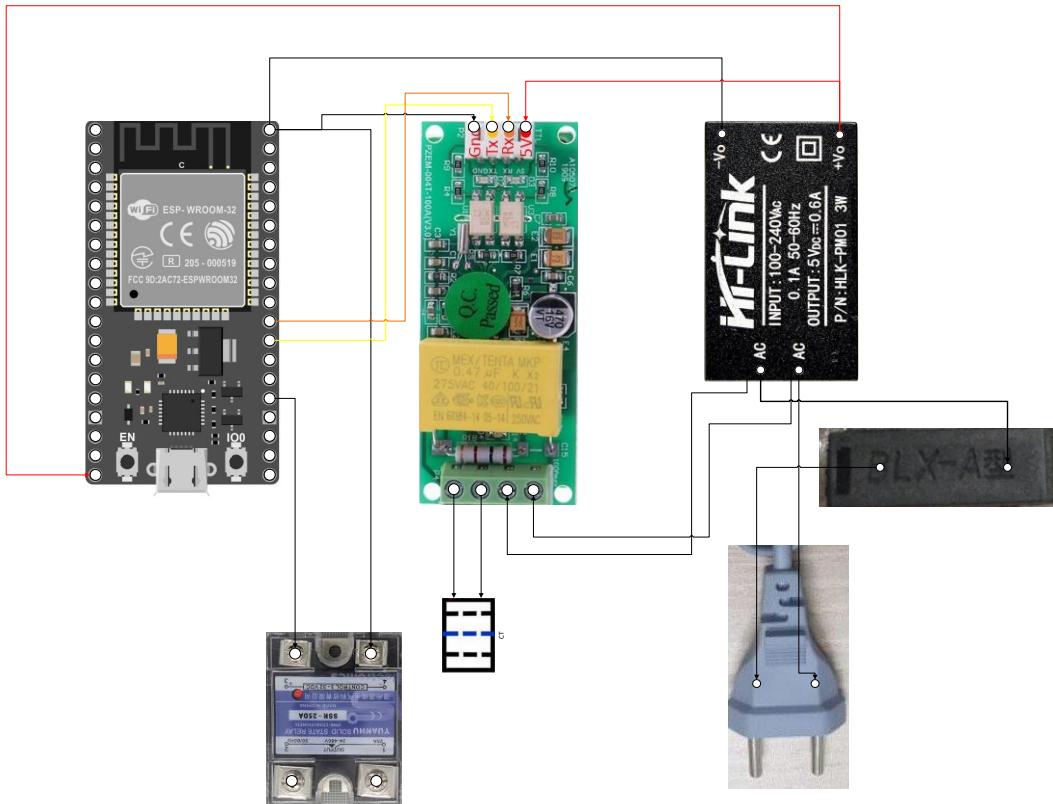
Parameter	Keterangan
Jenis	Raspberry Pi 3 B+
Kecepatan/Tipe CPU	ARM Cortex-A53 1.4GHz
Tegangan Operasi	5 V/2.5A DC input
Ukuran RAM	1GB SRAM
Integrated Wi-Fi	2.4GHz Dual-Band dan 5GHz LAN
Kecepatan Ethernet	300Mbps
Bluetooth	4.2
Tambahan GPIO	40 pin

3.5.1.8 Wiring Diagram



Gambar 3.5 Wiring Diagram Sistem Pengukuran Intensitas Cahaya

Komponen WEMOS D1 Mini, BH1750, OLED 1.5 inch, Hilink, dan Sekring digabungkan menjadi satu rangkaian agar dapat membentuk sistem yang diinginkan. Gambar 3.5 diatas menunjukkan wiring diagram dari sistem pembacaan intensitas cahaya.

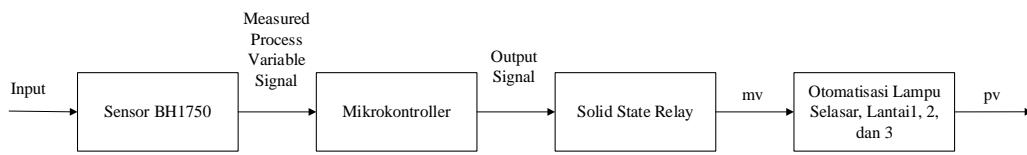


Gambar 3.6 Wiring Diagram Sistem Monitoring Energi Listrik pada Lampu

Komponen ESP32, PZEM-004T, Solid State Relay, Hilink, CT,dan Sekring digabungkan menjadi satu rangkaian agar dapat membentuk sistem yang diinginkan. Gambar 3.6 diatas menunjukkan wiring diagram dari sistem monitoring energi listrik dan kontrol Solid State Relay.

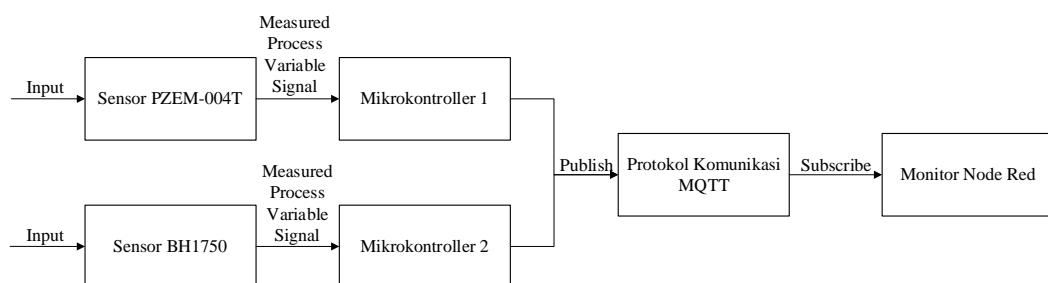
3.5.2 Perancangan Software

Sensor BH1750 mensensing intensitas cahaya yang kemudian dipublish ke Broker MQTT dan ESP32 mengirim/publish data PZEM-004T menggunakan Wi-Fi menuju broker MQTT serta mengirim sinyal ke Solid State Relay. Solid State Relay bertugas untuk menerima signal dari kontroler ESP32 sebagai saklar pada outputan lampu selasar dan lorong Teknik Instrumentasi.



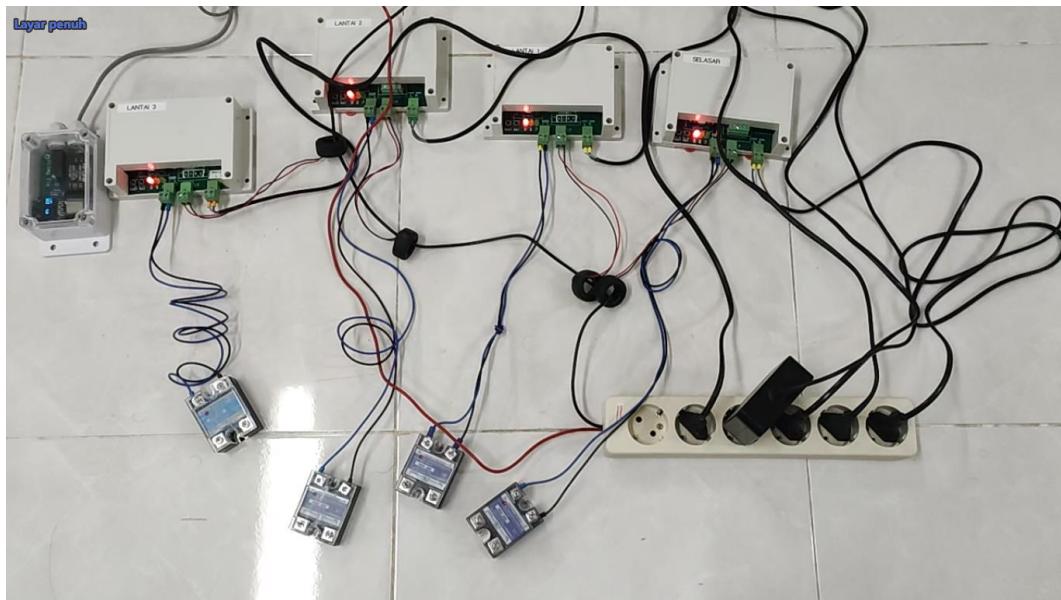
Gambar 3.7 Diagram Blok Otomatisasi Lampu

WEMOS D1 Mini digunakan sebagai kontroller pada output BH1750 yang diatur dengan setpoint yang ditentukan lalu mengirim/publish data BH1750 menuju broker MQTT. Data yang dipublish kemudian di-subscribe oleh PC (personal computer) sebagai device monitoring melalui aplikasi Node Red pada web browser. Sehingga dari rancangan tersebut dapat mempermudah pengukuran intensitas cahaya dan otomatisasi lampu di lokasi yang berjauhan.



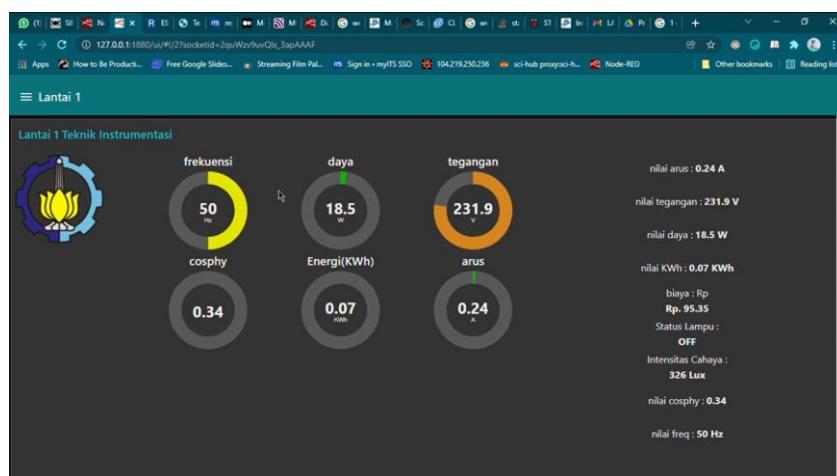
Gambar 3.8 Diagram Blok Monitoring Energi Listrik Lampu

3.6 Pengintegrasian Hardware dan Software



Gambar 3.9 Penyusunan Rangkaian Pengukuran Intensitas Cahaya dan Monitoring Energi Listrik

Pengintegrasian hardware dan software dilakukan dengan menyusun rakaian beban yang berupa memasang CT pada terminal kuningan yang tersambung dengan charger laptop, rangkaian PZEM selasar, PZEM lantai 1, PZEM lantai 2, dan PZEM lantai 3 seperti pada gambar 3.7 untuk dinyalakan. Kemudian laptop disambungkan dengan Wi-Fi yang sama dengan ESP32 dan WEMOS D1 Mini untuk menjalankan protokol komunikasi MQTT dan memulai kegiatan publish-subscribe yang memunculkan nilai tegangan, arus, daya, energi aktif, intensitas cahaya, dan status lampu secara real-time pada aplikasi Node Red dapat dilihat pada gambar 3.10 berikut.



Gambar 3.10 Tampilan Monitoring Pada Node Red

3.7 Pemasangan Otomatisasi Lampu dan Monitoring Energi Listrik

Pemasangan Otomatisasi Lampu dan Monitoring Energi Listrik dilakukan di Departemen Teknik Instrumentasi dengan beberapa tahapan pemasangan sebagai berikut :

1. Survei Lokasi untuk menemukan tempat untuk memasang luxsensor dan masing-masing dari kabel lampu lorong tiap lantai dan selasar kanopi.
2. Menghubungi Instalatir Listrik dan briefing sebelum melakukan instalasi alat Tugas Akhir.
3. Memutus aliran listrik dari lampu dengan menekan switch contactor ke posisi off dan memindahkan contactor, digital timer switch, dan panel box menuju Measurement Instrumentation Lab.
4. Masing-masing kabel lampu dipanjangkan hingga mencapai panel box yang disiapkan di MI Lab, lalu dihubungkan dengan contactor, digital timer switch, selector switch 4 posisi, lalu solid state relay dari masing-masing alat tugas akhir yang sudah dilabeli selasar, lantai 1, lantai 2, dan lantai 3.
5. Melakukan pengujian di tiap mode selector switch, yaitu pada posisi angka 0 lampu mati manual, pada posisi angka 1 lampu nyala manual, pada posisi angka 2 lampu mati dan hidup sesuai waktu timer pada digital timer switch jam 05.00 pagi sampai jam 17.00 petang, dan pada posisi angka 3 lampu menyala ketika sensor intensitas cahaya menunjukkan nilai dibawah 100 lux begitupula sebaliknya.

3.8 Penyusunan Laporan

Dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini disesuaikan dengan format yang ada dan ditulis dengan sedemikian rupa dari Bab 1 hingga Bab 5 dengan menggunakan Bahasa Indonesia yang baku dan benar.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Komponen

Adapun komponen yang diuji yaitu sensor yang akan digunakan dalam perancangan alat Tugas Akhir ini berupa BH1750 dan PZEM-004T.

4.1.1.Pengujian Sensor BH1750

Pengujian BH1750 dilakukan dengan memberikan variasi berupa waktu pengukuran per jamnya dari pukul 06.00 hingga 18.00 dan lokasi pengukuran tiap lantai di teknik instrumentasi. Hasil pengukuran intensitas cahaya oleh BH1750 dibandingkan dengan alat ukur standar berupa lux meter. Pengujian nilai intesitas cahaya pada BH1750 dilakukan dengan cara membandingkan pembacaan nilai intensitas cahaya yang tampil di LCD lux meter dan OLED. Selisih antara nilai yang terbaca oleh BH1750 dengan alat ukur standar luxmeter diasumsikan sebagai nilai error.

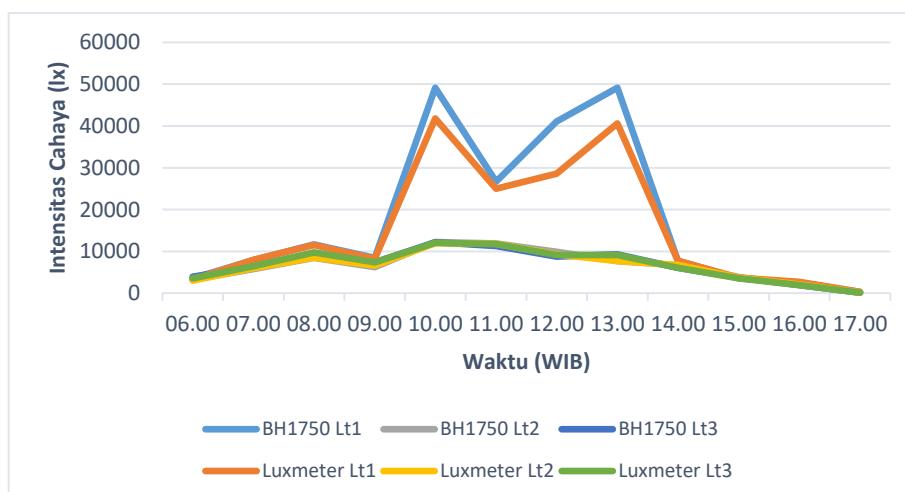
Pengujian perkomponen dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Datang pada lokasi dan waktu sesuai variasi
2. Rangkaian BH1750 disiapkan dengan dihubungkan dengan supply beserta luxmeter untuk validasi sensor
3. BH1750 dan luxmeter diatur supaya menghadap cahaya pada sudut yang sama
4. Siapkan kamera hp untuk dokumentasi lalu mulai merekam ketika ingin menangkap pembacaan intensitas cahaya
5. Lihat hasil dari video rekaman tiap jam dan lokasi
6. Data pembacaan dimasukkan dan diolah dalam excel untuk mengetahui tingkat kelayakan sensor.

Tabel 4.1 Pengukuran Intensitas Cahaya

Waktu	Intensitas Cahaya											
	Lantai 1				Lantai 2				Lantai 3			
	BH1750	Luxmeter	Koreksi	Error	BH1750	Luxmeter	Koreksi	Error	BH1750	Luxmeter	Koreksi	Error
06.00	3538	3210	328	10,2%	3194	2980	214	7,2%	3925	3500	425	12,1%
07.00	7864	7950	86	1,1%	5770	5970	200	3,4%	6391	6470	79	1,2%
08.00	11650	11530	120	1,0%	8425	8500	75	0,9%	9585	9750	165	1,7%
09.00	8431	8190	241	2,9%	6201	6620	419	6,3%	7340	7390	50	0,7%
10.00	49150	41800	7350	17,6%	12232	11950	282	2,4%	12184	12040	144	1,2%
11.00	26679	25000	1679	6,7%	11849	11800	49	0,4%	11285	11720	435	3,7%
12.00	41050	28600	12450	43,5%	9890	9310	580	6,2%	8731	9110	379	4,2%
13.00	49150	40600	8550	21,1%	7693	7700	7	0,1%	9315	9110	205	2,3%
14.00	7756	7730	26	0,3%	6706	6720	14	0,2%	6031	6080	49	0,8%
15.00	3529	3710	181	4,9%	3841	3670	171	4,7%	3650	3510	140	4,0%
16.00	2523	2670	147	5,5%	2003	2090	87	4,2%	1936	1890	46	2,4%
17.00	282	300	18	6,0%	154	150	4	2,7%	116	114	2	1,8%
JML	211602	181290	31176	120,9%	77958	77460	2102	38,5%	80489	80684	2119	36,0%
RATA2	17634	15108	2598	10,1%	6496,5	6455	175,2	3,2%	6707,4	6723,7	176,6	3,0%
STDEV	18726	14936	4308	0,1236	3781	3712,6	179	0,02534	3746	3843	154	0,031

Tabel 4.1 tersebut menampilkan nilai Intensitas Cahaya dari sensor BH1750 yang diletakkan di lantai 1,2, dan 3. Nilai intensitas cahaya yang didapatkan bervariasi dengan rentang 114 hingga 49150. Variasi nilai itu disebabkan oleh pengaruh waktu pengambilan sampel dan penempatan sensor pada tiap lantai, sehingga dari nilai pada tiap sensor tersebut akan menjadi pertimbangan dalam pemilihan tempat pemasangan BH1750. Kondisi gelap dedapatkan ketika jam 17.00 saat setpoint dibawah 100 lux sebagai setpoint sehingga apabila pembacaan dibawah 100 lux maka SSR akan menghubungkan aliran listrik pada kabel lampu.

**Gambar 4.1** Grafik Nilai Intensitas Cahaya pada Luxmeter dan BH1750

Pada gambar 4.1 dapat dilihat grafik perbandingan nilai intensitas cahaya dari sensor BH1750 dengan luxmeter sesuai tempat pengukuran nilainya. Terdapat kenaikan yang tajam di pengukuran lantai 1 karena pengaruh kontak langsung dengan sinar matahari pada pukul 10.00 dan 12.00-13.00 sedangkan pada jam berikutnya turun secara signifikan karena pengaruh awan mendung.

4.1.2.Pengujian Sensor PZEM-004T

Pengujian PZEM-004T dilakukan dengan memberikan variasi berupa rangkaian beban yang digunakan untuk menyalakan heater pada kondisi aktif. Hasil pengukuran arus dan tegangan oleh PZEM-004 dibandingkan dengan alat ukur standar berupa clamp meter digital. Pengujian nilai arus dan tegangan oleh PZEM-004 dilakukan dengan cara membandingkan pembacaan nilai arus dan tegangan yang tampil di LCD clamp meter digital dan dashboard node red atau MQTT explorer. Selisih antara nilai yang terbaca oleh PZEM-004 dengan alat ukur standar clamp meter digital diasumsikan sebagai nilai error.

Pengujian perkomponen dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

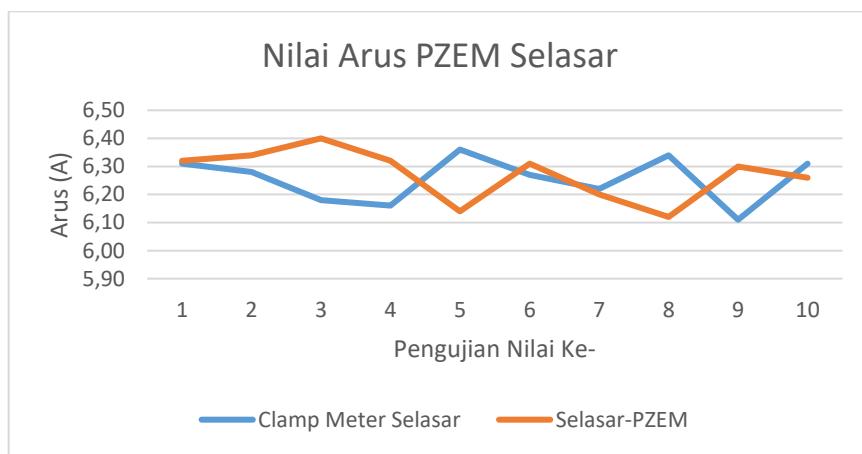
1. Siapkan rangkaian beban untuk pengukuran arus dan tegangan dan memasang CT ke kabel pada rangkaian beban
2. Rangkaian PZEM disiapkan dengan dihubungkan dengan supply untuk mengaktifkan komponen beserta clamp meter digital untuk validasi sensor
3. PZEM dan clamp meter diatur supaya tidak terlilit saat mengukur
4. Siapkan kamera hp untuk dokumentasi lalu mulai merekam ketika ingin menangkap pembacaan arus dan tegangan
5. Lihat hasil dari video rekaman tiap sesi
6. Data pembacaan dimasukkan dan diolah dalam excel untuk mengetahui tingkat kelayakan sensor

Tabel 4.2 Tabel hasil uji kalibrasi sensor PZEM Selasar

No.	Alat ukur (A)		Koreksi	Error	Alat ukur (V)		Koreksi	Error
	Clamp Meter	Selasar-PZEM			Clamp Meter	Selasar-PZEM		
1	6,31	6,32	0,01	0,1585%	219,5	220,8	1,3	0,5923%
2	6,28	6,34	0,06	0,9554%	218,8	220,2	1,4	0,6399%
3	6,18	6,4	0,22	3,5599%	220,0	220,6	0,6	0,2727%
4	6,16	6,32	0,16	2,5974%	219,1	220,0	0,9	0,4108%
5	6,36	6,14	0,22	3,4591%	219,6	219,1	0,5	0,2277%
6	6,27	6,31	0,04	0,6380%	217,7	219,2	1,5	0,6890%

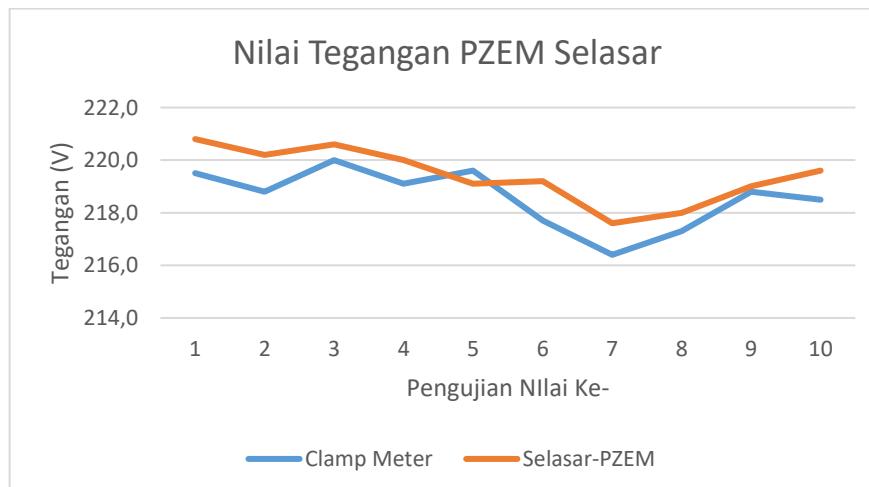
No.	Alat ukur (A)		Koreksi	Error	Alat ukur (V)		Koreksi	Error
	Clamp Meter Selasar	Selasar-PZEM			Clamp Meter	Selasar-PZEM		
7	6,22	6,2	0,02	0,3215%	216,4	217,6	1,2	0,5545%
8	6,34	6,12	0,22	3,4700%	217,3	218,0	0,7	0,3221%
9	6,11	6,3	0,19	3,1097%	218,8	219,0	0,2	0,0914%
10	6,31	6,26	0,05	0,7924%	218,5	219,6	1,1	0,5034%
Jumlah	62,54	62,71	1,19	19,0619%	2185,70	2194,10	9,40	4,3038%
Rata-rata	6,25	6,27	0,12	1,9062%	218,57	219,41	0,94	0,4304%

Nilai di atas merupakan hasil pengujian validasi dengan clamp meter digital pada rangkaian PZEM Selasar untuk mengetahui karakteristik sensor tersebut dengan mengukur arus dan tegangan dari water heater sebagaimana di tabel 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Nilai Arus PZEM Selasar dengan Clamp Meter

Pengukuran arus pada PZEM Selasar memiliki range pengukuran dari 6,11-6,36 A dengan span 0,25 dan memiki error pengukuran 1,91% yang menjadikan PZEM Selasar masih layak dalam mengukur arus.



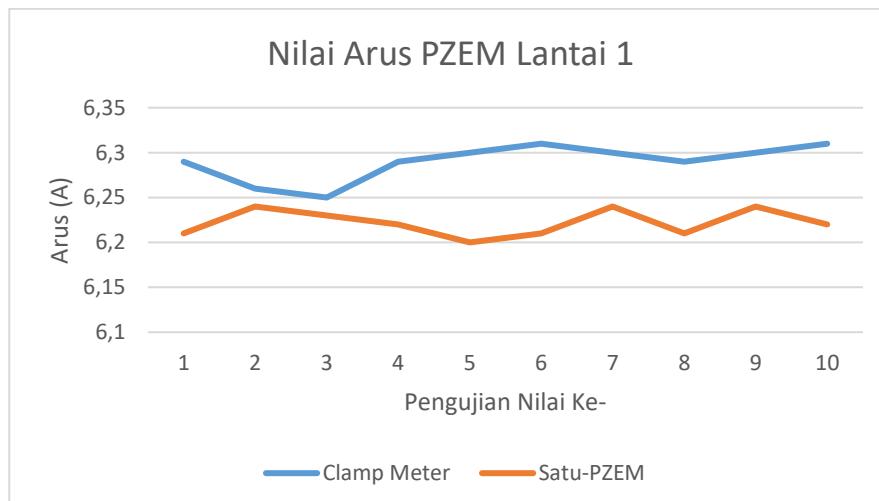
Gambar 4.3 Grafik Nilai Tegangan PZEM Selasar dengan Clamp Meter

Pengukuran tegangan pada PZEM Selasar memiliki range pengukuran dari 216,4-220 V dengan span 3,6 dan memiki error pengukuran 0,43% yang menjadikan PZEM Selasar masih layak dalam mengukur tegangan.

Tabel 4.3 Tabel hasil uji kalibrasi sensor PZEM Lantai 1

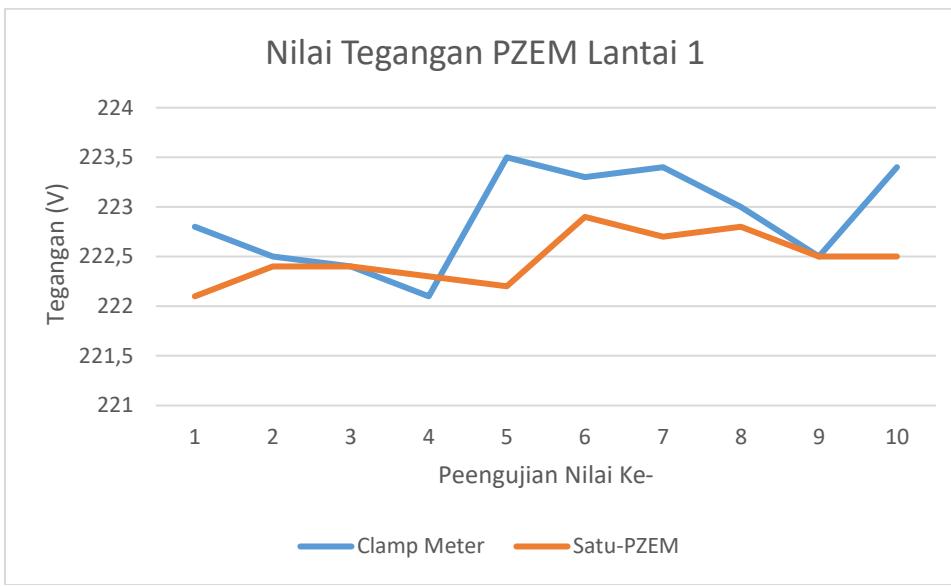
No.	Alat ukur (A)		Koreksi	Error	Alat ukur (V)		Koreksi	Error
	Clamp Meter	Satu-PZEM			Clamp Meter	Satu-PZEM		
1	6,29	6,21	0,08	1,2719%	222,8	222,1	0,7	0,3142%
2	6,26	6,24	0,02	0,3195%	222,5	222,4	0,1	0,0449%
3	6,25	6,23	0,02	0,3200%	222,4	222,4	0	0,0000%
4	6,29	6,22	0,07	1,1129%	222,1	222,3	0,2	0,0900%
5	6,3	6,2	0,1	1,5873%	223,5	222,2	1,3	0,5817%
6	6,31	6,21	0,1	1,5848%	223,3	222,9	0,4	0,1791%
7	6,3	6,24	0,06	0,9524%	223,4	222,7	0,7	0,3133%
8	6,29	6,21	0,08	1,2719%	223	222,8	0,2	0,0897%
9	6,3	6,24	0,06	0,9524%	222,5	222,5	0	0,0000%
10	6,31	6,22	0,09	1,4263%	223,4	222,5	0,9	0,4029%
Jumlah	62,9	62,22	0,68	10,7992%	2228,9	2224,8	4,5	2,0159%
Rata-rata	6,29	6,222	0,068	1,0799%	222,89	222,48	0,45	0,2016%

Nilai di atas merupakan hasil pengujian validasi dengan clamp meter digital pada rangkaian PZEM Lantai 1 untuk mengetahui karakteristik sensor tersebut dengan mengukur arus dan tegangan dari water heater sebagaimana di tabel 4.3.



Gambar 4.4 Grafik Nilai Arus PZEM Lantai 1 dengan Clamp Meter

Pengukuran arus pada PZEM Lantai 1 memiliki range pengukuran dari 6,25-6,31 A dengan span 0,06 dan memiki error pengukuran 1,08% yang menjadikan PZEM Lantai 1 masih layak dalam mengukur arus.



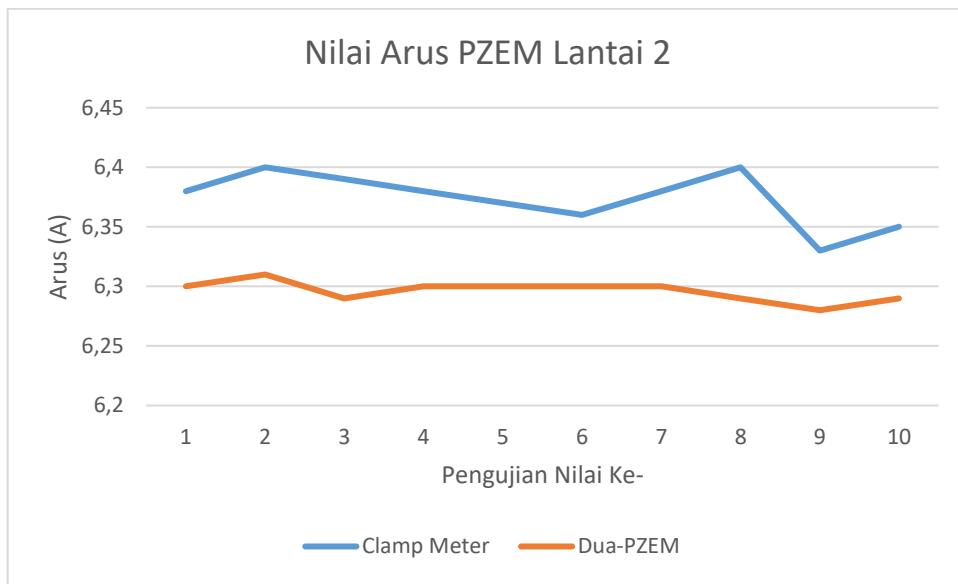
Gambar 4.5 Grafik Nilai Tegangan PZEM Lantai 1 dengan Clamp Meter

Pengukuran tegangan pada PZEM Lantai 1 memiliki range pengukuran dari 222,1-223,5 V dengan span 1,4 dan memiki error pengukuran 0,2% yang menjadikan PZEM Lantai 1 masih layak dalam mengukur tegangan.

Tabel 4.4 Hasil uji kalibrasi sensor PZEM Lantai 2

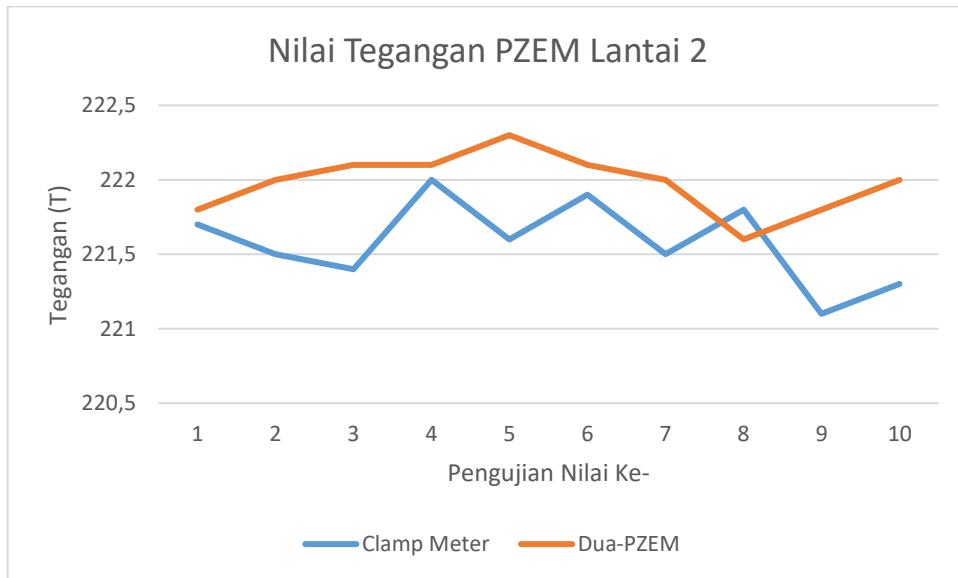
No.	Alat ukur (A)		Koreksi	Error	Alat ukur (V)		Koreksi	Error
	Clamp Meter	Dua-PZEM			Clamp Meter	Dua-PZEM		
1	6,38	6,3	0,08	1,2539%	221,7	221,8	0,1	0,0451%
2	6,4	6,31	0,09	1,4063%	221,5	222	0,5	0,2257%
3	6,39	6,29	0,1	1,5649%	221,4	222,1	0,7	0,3162%
4	6,38	6,3	0,08	1,2539%	222	222,1	0,1	0,0450%
5	6,37	6,3	0,07	1,0989%	221,6	222,3	0,7	0,3159%
6	6,36	6,3	0,06	0,9434%	221,9	222,1	0,2	0,0901%
7	6,38	6,3	0,08	1,2539%	221,5	222	0,5	0,2257%
8	6,4	6,29	0,11	1,7188%	221,8	221,6	0,2	0,0902%
9	6,33	6,28	0,05	0,7899%	221,1	221,8	0,7	0,3166%
10	6,35	6,29	0,06	0,9449%	221,3	222	0,7	0,3163%
Jumlah	63,74	62,96	0,78	12,2288%	2215,8	2219,8	4,4	1,9869%
Rata-rata	6,296	0,078	0,012228769	1,22%	221,98	0,44	0,001986886	0,1987%

Nilai di atas merupakan hasil pengujian validasi dengan clamp meter digital pada rangkaian PZEM Lantai 2 untuk mengetahui karakteristik sensor tersebut dengan mengukur arus dan tegangan dari water heater sebagaimana di tabel 4.4.



Gambar 4.6 Grafik Nilai Arus Lantai 2 dengan Clamp Meter

Pengukuran arus pada PZEM Lantai 2 memiliki range pengukuran dari 6,33-6,4 A dengan span 0,07 dan memiki error pengukuran 1,22% yang menjadikan PZEM Lantai 2 masih layak dalam mengukur arus.



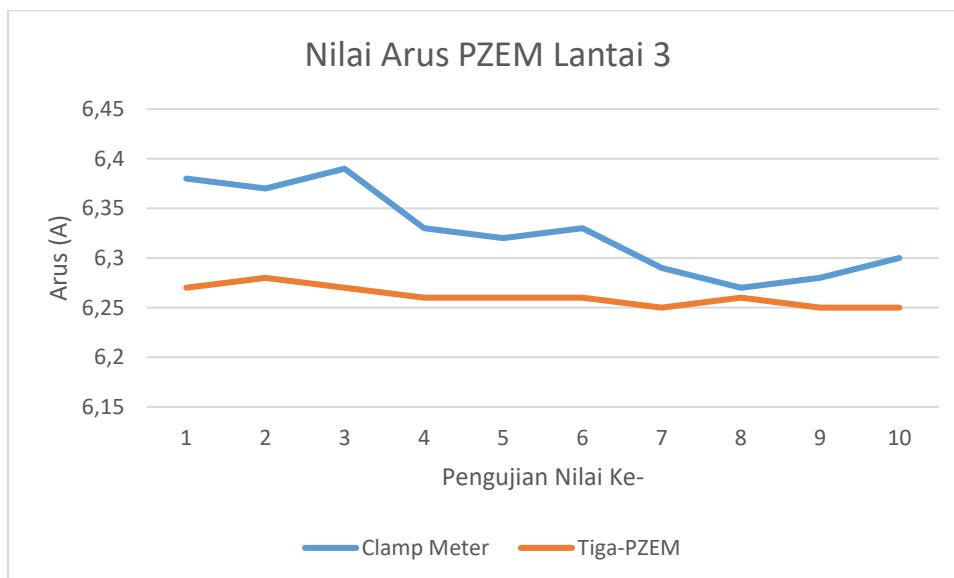
Gambar 4.7 Grafik Nilai Tegangan Lantai 2 dengan Clamp Meter

Pengukuran tegangan pada PZEM Lantai 2 memiliki range pengukuran dari 222,1-222,8 V dengan span 0,7 dan memiki error pengukuran 0,2% yang menjadikan PZEM Lantai 2 masih layak dalam mengukur tegangan.

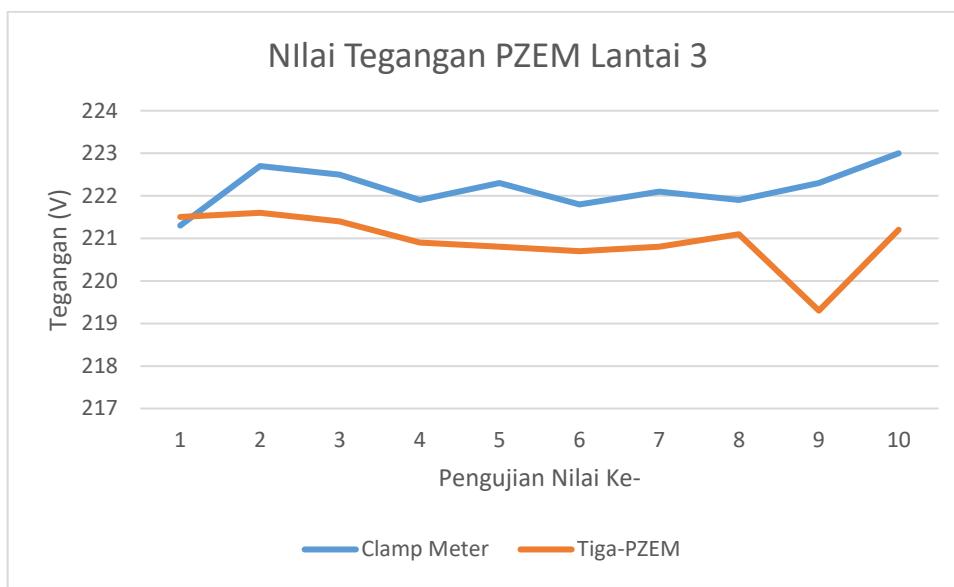
Tabel 4.5 Hasil uji kalibrasi sensor PZEM Lantai 3

No.	Alat ukur (A)		Koreksi	Error	Alat ukur (V)		Koreksi	Error
	Clamp Meter	Tiga-PZEM			Clamp Meter	Tiga-PZEM		
1	6,38	6,27	0,11	1,7241%	221,3	221,5	0,2	0,0904%
2	6,37	6,28	0,09	1,4129%	222,7	221,6	1,1	0,4939%
3	6,39	6,27	0,12	1,8779%	222,5	221,4	1,1	0,4944%
4	6,33	6,26	0,07	1,1058%	221,9	220,9	1	0,4507%
5	6,32	6,26	0,06	0,9494%	222,3	220,8	1,5	0,6748%
6	6,33	6,26	0,07	1,1058%	221,8	220,7	1,1	0,4959%
7	6,29	6,25	0,04	0,6359%	222,1	220,8	1,3	0,5853%
8	6,27	6,26	0,01	0,1595%	221,9	221,1	0,8	0,3605%
9	6,28	6,25	0,03	0,4777%	222,3	219,3	3	1,3495%
10	6,3	6,25	0,05	0,7937%	223	221,2	1,8	0,8072%
Jumlah	63,26	62,61	0,65	10,2428%	2221,8	2209,3	12,9	5,8026%
Rata-rata	6,326	6,261	0,065	1,0243%	222,18	220,93	1,29	0,5803%

Nilai di atas merupakan hasil pengujian validasi dengan clamp meter digital pada rangkaian PZEM Lantai 2 untuk mengetahui karakteristik sensor tersebut dengan mengukur arus dan tegangan dari water heater sebagaimana di tabel 4.5.

**Gambar 4.8** Grafik Nilai Arus PZEM Lantai 3 dengan Clamp Meter

Pengukuran arus pada PZEM Lantai 3 memiliki range pengukuran dari 6,27-6,39 A dengan span 0,12 dan memiki error pengukuran 1,02% yang menjadikan PZEM Lantai 3 masih layak dalam mengukur arus.



Gambar 4.9 Grafik Nilai Tegangan PZEM Lantai 3 dengan Clamp Meter

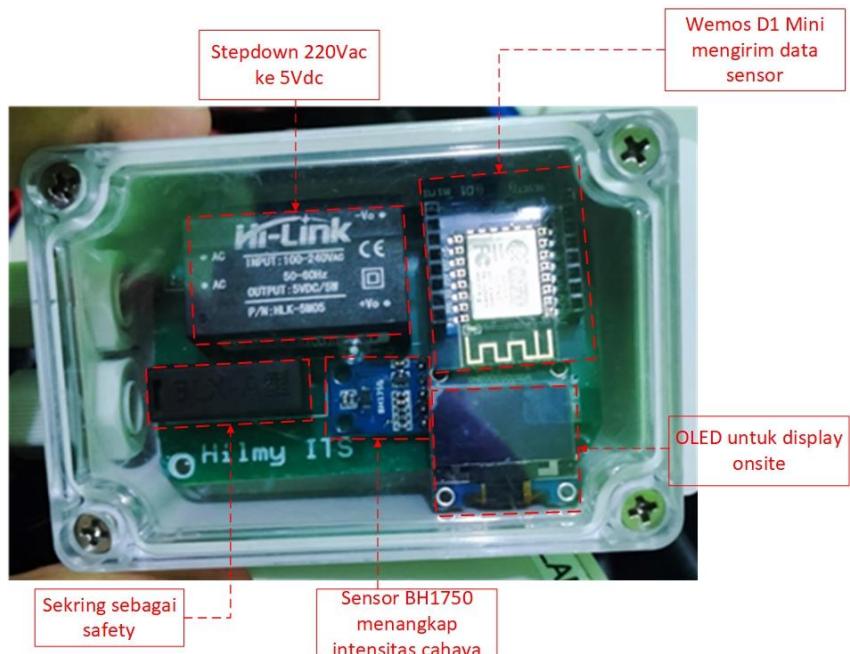
Pengukuran tegangan pada PZEM Lantai 3 memiliki range pengukuran dari 221,3-223 V dengan span 1,7 dan memiki error pengukuran 0,58% yang menjadikan PZEM Lantai 3 masih layak dalam mengukur tegangan.

4.2. Hasil Pembuatan Hardware dan Software

Adapun dalam pembuatan alat Tugas Akhir di dalamnya terdapat proses pembuatan hardware dan pembuatan software.

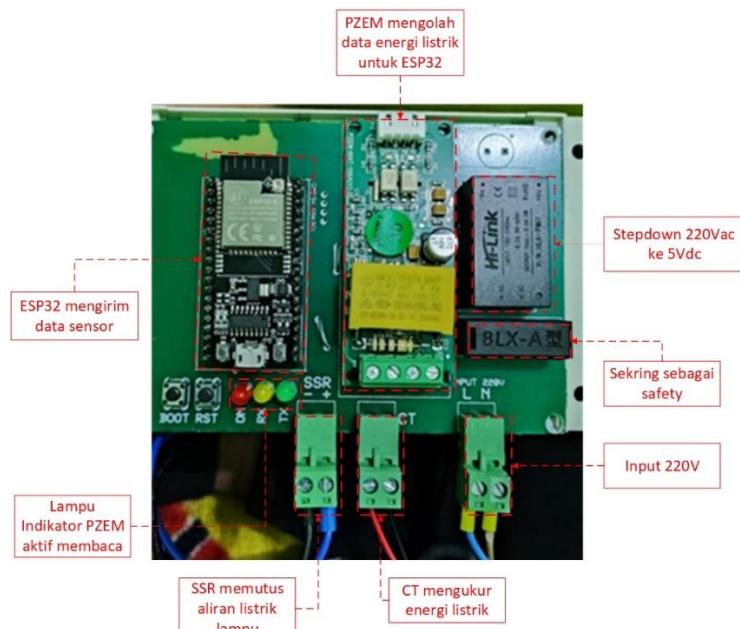
4.2.1. Hasil Perancangan Hardware

Sistem Otomatisasi Lampu Selasar Departemen Instrumentasi Menggunakan Light Intensity Detector BH1750 Berbasis Expert System ini telah dibuat dengan membuat rangkaian yang nantinya akan di pasang kedalam box casing, dan hasil pembuatan Hardware dari Tugas Akhir dapat dilihat pada gambar 4.10



Gambar 4.10 Hasil pembuatan rangkaian pembacaan intensitas cahaya

Pada gambar 4.10 merupakan hasil Wiring Komunikasi antara sensor BH1750 dengan Wemos D1 Mini, OLED, Hi-Link 5V, dan sekring. Wemos D1 Mini menerima data pembacaan dari BH1750, dari hasil nilai sensor lalu dikirim/publish melalui WiFi menuju broker MQTT pada IP Address PC sebagai monitoring device dengan Node Red sebagai GUI. Hasil tersebut akan ditampilkan dalam browser.



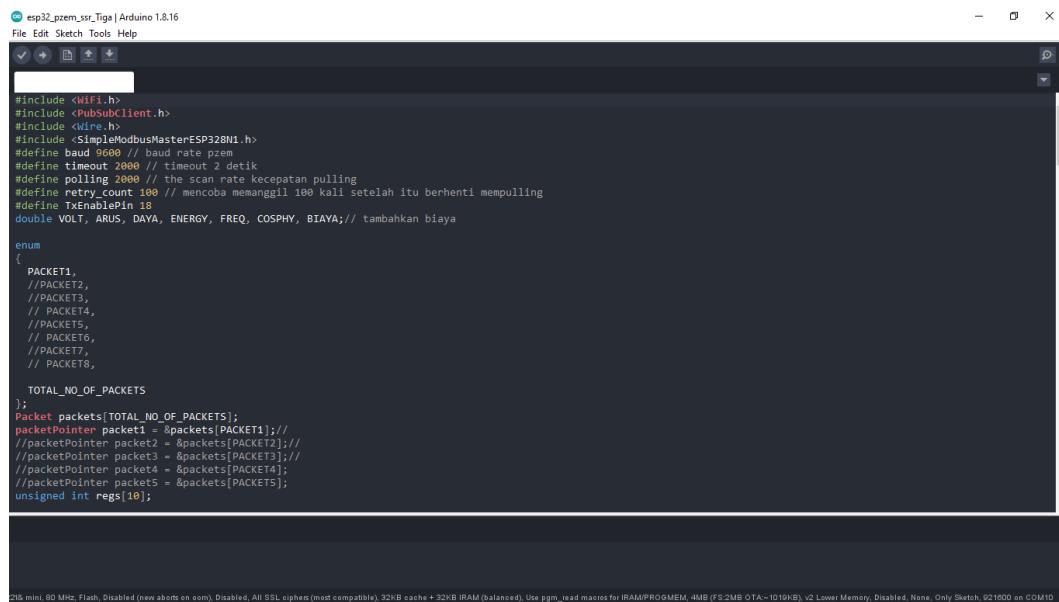
Gambar 4.11 Hasil pembuatan rangkaian monitoring energi listrik dan SSR

Pada gambar 4.11 merupakan hasil Wiring Komunikasi antara sensor PZEM-004T dengan ESP32, CT, Hi-Link 5V, SSR, dan sekring. ESP32 menerima data pembacaan dari PZEM-004T, dari hasil nilai sensor lalu dikirim/publish melalui WiFi menuju broker MQTT pada IP Address Raspberry Pi dengan Node Red sebagai receiver. Hasil tersebut akan dikirimkan ke dalam *web server*.

4.2.2. Hasil Perancangan Software

Adapun dalam merancang software untuk menjalankan kumpulan hardware yang sudah dibangun terdiri dari tiga tahapan, yakni:

- Membuat coding dari ESP32 dan WEMOS dengan menggunakan Arduino IDE.



```
#include <WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>
#include <Wire.h>
#include <SimpleModbusMasterESP32BN1.h>
#define baud 9600 // baud rate pzem
#define timeout 2000 // timeout 2 detik
#define polling 2000 // the scan rate kecepatan pulling
#define retry_count 100 // mencoba memanggil 100 kali setelah itu berhenti mempulling
#define TxenablePin 18
double VOLT, ARUS, DAYA, ENERGY, FREQ, COSPHY, BIAYA;// tambahkan biaya

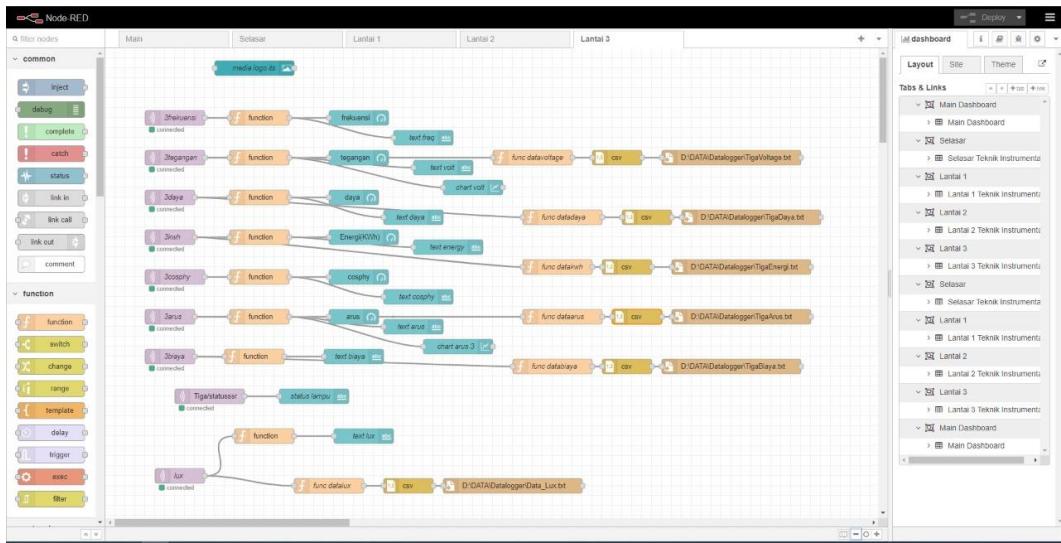
enum {
    PACKET1,
    //PACKET2,
    //PACKET3,
    //PACKET4,
    //PACKETS,
    // PACKET6,
    //PACKET7,
    // PACKET8,
    TOTAL_NO_OF_PACKETS
};

Packet packets[TOTAL_NO_OF_PACKETS];
packetPointer packet1 = &packets[PACKET1]//;
//packetPointer packet2 = &packets[PACKET2];//
//packetPointer packet3 = &packets[PACKET3];//
//packetPointer packet4 = &packets[PACKET4];
//packetPointer packet5 = &packets[PACKET5];
unsigned int regs[10];
```

Gambar 4.12 Hasil dari Coding ESP32 Posisi Lantai 3

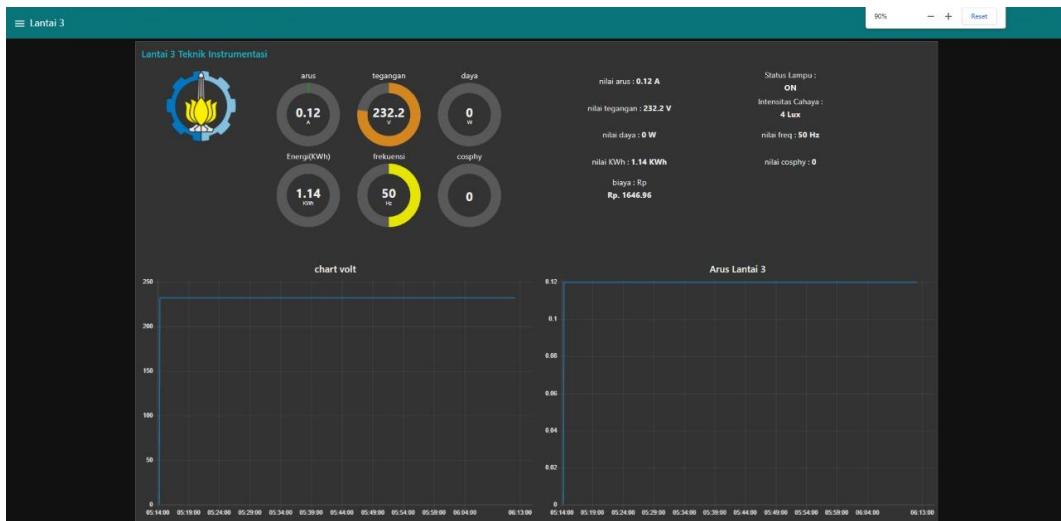
ESP32 dan WEMOS dipilih karena terdapat modul Wi-Fi di dalamnya yang berperan penting untuk mempublish data dari sensor yang terkoneksi dengan mikrokontroller. Oleh karena itu dengan library dari Arduino IDE dapat diaktifkan fungsi publish dari output sensor BH1750 dan PZEM-004T.

- Membuat GUI dari monitoring energi listrik dan intensitas cahaya dengan menggunakan Node RED.



Gambar 4.13 Hasil Pembuatan Dashboard GUI

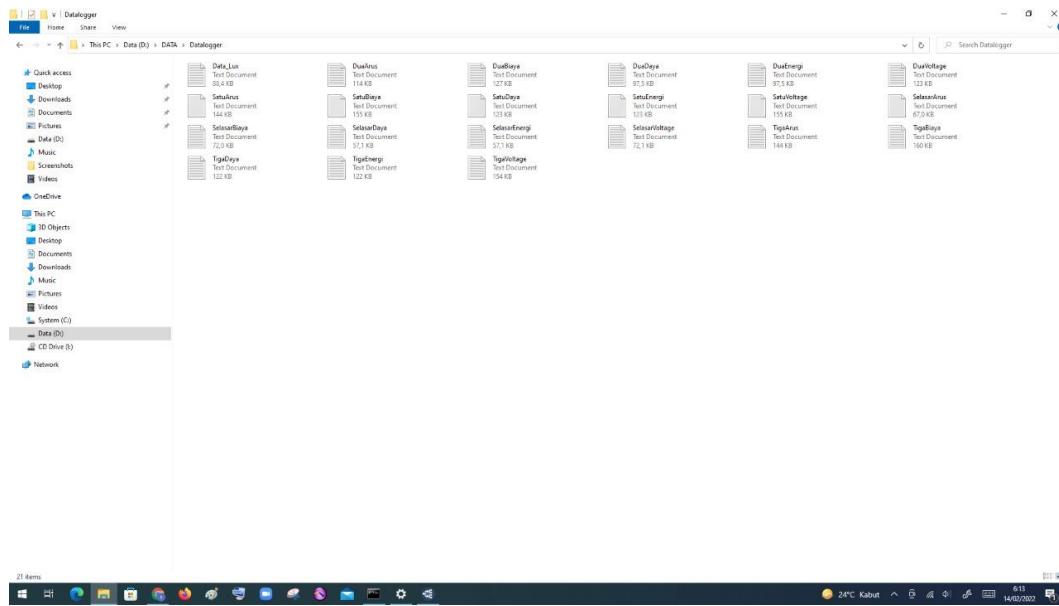
Setelah mikrokontroller dapat mempublish nilai dari sensor, maka PC sebagai subscriber dari data nilai sensor membutuhkan broker sebagai perantara informasi yang dibutuhkan dalam protokol komunikasi MQTT. Dengan pallette broker mqtt yang berada di aplikasi Node RED, dapat dimanfaatkannya IP address dari Wi-Fi yang terkoneksi bersama dengan sensor sebagai broker informasi antara publisher (mikrokontroller + sensor) dengan subscriber (PC).



Gambar 4.14 Hasil Pembuatan GUI yang terkoneksi dengan Hardware

Dengan memanfaatkan pallette contrib.ui pada aplikasi Node RED, dapat dirancang nya GUI berupa grafik, gauge,dan logo yang menarik dan informatif.

- Membuat Datalogger sebagai database penyimpanan output dari sensor dengan Node RED



Gambar 4.15 Hasil Datalogger dari Output Sensor

Datalogger dibuat dengan memanfaatkan fungsi csv yang mencatat data dari publisher kedalam file sesuai direktori yang dituju.

4.3. Hasil Pengujian Konektifitas Hardware dan Software

Adapun dalam menguji konektifitas antara hardware dan software, dapat dilihat dari terhubungnya GUI dengan komponen sesuai posisinya mulai dari selasar, lantai 1, lantai 2, dan lantai 3.

4.3.1. Hasil Pengujian Konektifitas Selasar

Percobaan uji konektifitas komponen selasar dilakukan pada pengukuran arus dan tegangan heater pada mode standby dan intensitas cahaya pada ruangan dengan lampu menyala jam 22.19 WIB. Hasil pengujian konektifitas selasar dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Konektifitas Komponen Selasar Sebelum Menyala

Variabel	Nilai Sebelum	Nilai Setelah
Arus	0.08 A	0.1 A
Tegangan	225.1 V	228.3 V
Daya	17.9 W	23.4 W
KWh	0.27 KWh	0.27 KWh
Biaya	Rp 392.96	Rp 392.96
Status Lampu	OFF	ON
Nilai Lux	324 Lux	96 Lux

4.3.2. Hasil Pengujian Konektifitas Lantai 1

Percobaan uji konektifitas komponen Lantai 1 dilakukan pada pengukuran arus dan tegangan dari tiap komponen yang terhubung pada terminal kuningan dan intensitas cahaya pada ruangan Lab. Pengendalian dengan lampu menyala jam 21.17 WIB. Hasil pengujian konektifitas lantai 1 dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Konektifitas Lantai 1 Sebelum-Setelah Menyalakan

Variabel	Nilai Sebelum	Nilai Setelah
Arus	0.23 A	0.26 A
Tegangan	232.3 V	233.6 V
Daya	16.7 W	19.9 W
KWh	0.07 KWh	0.07 KWh
Biaya	Rp. 95.35	Rp. 95.35
Status Lampu	OFF	ON
Nilai Lux	322 Lux	82 Lux

4.3.3. Hasil Pengujian Konektifitas Lantai 2

Percobaan uji konektifitas komponen Lantai 2 dilakukan pada pengukuran arus dan tegangan dari tiap komponen yang terhubung pada terminal kuningan dan intensitas cahaya pada ruangan Lab. Pengendalian dengan lampu menyala jam 21.17 WIB. Hasil pengujian konektifitas lantai 2 dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Konektifitas Lantai 2 Sebelum-Setelah Menyalakan

Variabel	Nilai Sebelum	Nilai Setelah
Arus	0.26 A	0.27 A
Tegangan	232.2 V	232.5 V
Daya	22.2 W	23.5 W
KWh	0.05 KWh	0.05 KWh
Biaya	Rp. 75.12	Rp. 75.12
Status Lampu	OFF	ON
Nilai Lux	324 Lux	34 Lux

4.3.4. Hasil Pengujian Konektifitas Lantai 3

Percobaan uji konektifitas komponen Lantai 3 dilakukan pada pengukuran arus dan tegangan dari tiap komponen yang terhubung pada terminal kuningan dan intensitas cahaya pada ruangan Lab. Pengendalian dengan lampu menyala jam 21.18 WIB yang dibuka-tutup dengan tangan. Hasil pengujian konektifitas lantai 3 dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Konektifitas Lantai 3 Sebelum-Setelah Menyalakan Lampu

Variabel	Nilai Sebelum	Nilai Setelah
Arus	0.24 A	0.26 A
Tegangan	232.6 V	232.4 V
Daya	19.7 W	22.1 W
KWh	0.09 KWh	0.09 KWh
Biaya	Rp. 132.91	Rp. 132.91
Status Lampu	OFF	ON
Nilai Lux	118 Lux	66 Lux

4.4. Hasil Pengujian Performa Alat

Adapun setelah pemasangan alat Tugas Akhir di Lab. Pengukuran Departemen Teknik Instrumentasi, perlu adanya pengujian pasca pemasangan terhadap kondisi spesifik seperti ketika kondisi terbitnya matahari, kondisi mendung, dan kondisi terbenamnya matahari.

4.4.1 Pengujian Performa Kondisi Terbit Matahari

Berikut adalah tabel hasil pengujian performa BH1750 di waktu fajar pukul 05.20-05.50 WIB.

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Performa BH1750 ketika Terbit

Tanggal	Waktu (WIB)	Nilai Lux	Kondisi Lampu	Tanggal	Waktu (WIB)	Nilai Lux	Kondisi Lampu
2/14/2022	05.20.00	0	ON	2/14/2022	05.35.30	30	ON
2/14/2022	05.20.30	2	ON	2/14/2022	05.36.00	34	ON
2/14/2022	05.21.00	2	ON	2/14/2022	05.36.30	36	ON
2/14/2022	05.21.30	2	ON	2/14/2022	05.37.00	40	ON
2/14/2022	05.22.00	2	ON	2/14/2022	05.37.30	44	ON
2/14/2022	05.22.30	4	ON	2/14/2022	05.38.00	46	ON
2/14/2022	05.23.00	4	ON	2/14/2022	05.38.30	50	ON
2/14/2022	05.23.30	4	ON	2/14/2022	05.39.00	54	ON
2/14/2022	05.24.00	4	ON	2/14/2022	05.39.30	56	ON
2/14/2022	05.24.30	4	ON	2/14/2022	05.40.00	60	ON
2/14/2022	05.25.00	4	ON	2/14/2022	05.40.30	64	ON
2/14/2022	05.25.30	6	ON	2/14/2022	05.41.00	68	ON
2/14/2022	05.26.00	6	ON	2/14/2022	05.41.30	72	ON
2/14/2022	05.26.30	6	ON	2/14/2022	05.42.00	74	ON
2/14/2022	05.27.00	6	ON	2/14/2022	05.42.30	78	ON
2/14/2022	05.27.30	8	ON	2/14/2022	05.43.00	84	ON
2/14/2022	05.28.00	8	ON	2/14/2022	05.43.30	86	ON
2/14/2022	05.28.30	8	ON	2/14/2022	05.44.00	92	ON
2/14/2022	05.29.00	10	ON	2/14/2022	05.44.30	94	ON
2/14/2022	05.29.30	10	ON	2/14/2022	05.45.00	100	OFF
2/14/2022	05.30.00	12	ON	2/14/2022	05.45.30	104	OFF

Tanggal	Waktu (WIB)	Nilai Lux	Kondisi Lampu	Tanggal	Waktu (WIB)	Nilai Lux	Kondisi Lampu
2/14/2022	05.30.30	12	ON	2/14/2022	05.46.00	110	OFF
2/14/2022	05.31.00	12	ON	2/14/2022	05.46.30	114	OFF
2/14/2022	05.31.30	14	ON	2/14/2022	05.47.00	118	OFF
2/14/2022	05.32.00	14	ON	2/14/2022	05.47.30	124	OFF
2/14/2022	05.32.30	14	ON	2/14/2022	05.48.00	126	OFF
2/14/2022	05.33.00	16	ON	2/14/2022	05.48.30	132	OFF
2/14/2022	05.33.30	18	ON	2/14/2022	05.49.00	136	OFF
2/14/2022	05.34.00	20	ON	2/14/2022	05.49.30	140	OFF
2/14/2022	05.34.30	24	ON	2/14/2022	05.50.00	146	OFF
2/14/2022	05.35.00	26	ON				

Pengukuran intensitas cahaya pada BH1750 waktu terbit memiliki range pengukuran dari 0-148 lux dengan span 148 lux yang menjadikan BH1750 pada waktu terbit berfungsi dengan baik dan mengikuti setpoint dibawah 100 lux lampu menyala.

4.4.2 Pengujian Performa Kondisi Mendung

Berikut hasil pembacaan sensor BH1750 ketika mendung waktu 06.00-06.30 WIB.

Tabel 4.11 Hasil Pengujian Performa BH1750 ketika Mendung

Tanggal	Waktu (WIB)	Nilai Lux	Kondisi Lampu	Tanggal	Waktu (WIB)	Nilai Lux	Kondisi Lampu
2/14/2022	06.00.00	264	OFF	2/14/2022	06.15.30	14	ON
2/14/2022	06.00.30	266	OFF	2/14/2022	06.16.00	18	ON
2/14/2022	06.01.00	112	OFF	2/14/2022	06.16.30	76	ON
2/14/2022	06.01.30	2	ON	2/14/2022	06.17.00	82	ON
2/14/2022	06.02.00	2	ON	2/14/2022	06.17.30	80	ON
2/14/2022	06.02.30	2	ON	2/14/2022	06.18.00	106	OFF
2/14/2022	06.03.00	2	ON	2/14/2022	06.18.30	76	ON
2/14/2022	06.03.30	2	ON	2/14/2022	06.19.00	82	ON
2/14/2022	06.04.00	4	ON	2/14/2022	06.19.30	84	ON
2/14/2022	06.04.30	4	ON	2/14/2022	06.20.00	84	ON
2/14/2022	06.05.00	4	ON	2/14/2022	06.20.30	84	ON
2/14/2022	06.05.30	4	ON	2/14/2022	06.21.00	84	ON
2/14/2022	06.06.00	4	ON	2/14/2022	06.21.30	84	ON
2/14/2022	06.06.30	4	ON	2/14/2022	06.22.00	84	ON
2/14/2022	06.07.00	4	ON	2/14/2022	06.22.30	82	ON
2/14/2022	06.07.30	4	ON	2/14/2022	06.23.00	82	ON
2/14/2022	06.08.00	4	ON	2/14/2022	06.23.30	82	ON
2/14/2022	06.08.30	4	ON	2/14/2022	06.24.00	82	ON
2/14/2022	06.09.00	4	ON	2/14/2022	06.24.30	80	ON

Tanggal	Waktu (WIB)	Nilai Lux	Kondisi Lampu	Tanggal	Waktu (WIB)	Nilai Lux	Kondisi Lampu
2/14/2022	06.09.30	4	ON	2/14/2022	06.25.00	80	ON
2/14/2022	06.10.00	4	ON	2/14/2022	06.25.30	80	ON
2/14/2022	06.10.30	4	ON	2/14/2022	06.26.00	80	ON
2/14/2022	06.11.00	4	ON	2/14/2022	06.26.30	80	ON
2/14/2022	06.11.30	4	ON	2/14/2022	06.27.00	78	ON
2/14/2022	06.12.00	4	ON	2/14/2022	06.27.30	78	ON
2/14/2022	06.12.30	4	ON	2/14/2022	06.28.00	78	ON
2/14/2022	06.13.00	4	ON	2/14/2022	06.28.30	78	ON
2/14/2022	06.13.30	4	ON	2/14/2022	06.29.00	298	OFF
2/14/2022	06.14.00	4	ON	2/14/2022	06.29.30	369	OFF
2/14/2022	06.14.30	8	ON	2/14/2022	06.30.00	557	OFF
2/14/2022	06.15.00	10	ON	2/14/2022	06.30.30	590	OFF

Pengukuran intensitas cahaya pada BH1750 waktu mendung memiliki range pengukuran dari 2-590 lux dengan span 598 lux yang menjadikan BH1750 pada waktu mendung berfungsi dengan baik dan mengikuti setpoint dibawah 100 lux lampu menyala.

4.4.3 Pengujian Performa Kondisi Terbenam Matahari

Berikut adalah tabel hasil pengujian performa dari BH1750 di waktu matahari terbenam pukul 17.30-17.49 WIB.

Tabel 4.12 Hasil Pengujian Performa dari BH1750 di waktu Petang

Tanggal	Waktu (WIB)	Nilai Lux	Kondisi Lampu	Tanggal	Waktu (WIB)	Nilai Lux	Kondisi Lampu
2/14/2022	17.30.00	1010	OFF	2/14/2022	17.40.00	402	OFF
2/14/2022	17.30.30	980	OFF	2/14/2022	17.40.30	418	OFF
2/14/2022	17.31.00	938	OFF	2/14/2022	17.41.00	380	OFF
2/14/2022	17.31.30	944	OFF	2/14/2022	17.41.30	402	OFF
2/14/2022	17.32.00	934	OFF	2/14/2022	17.42.00	238	OFF
2/14/2022	17.32.30	860	OFF	2/14/2022	17.42.30	288	OFF
2/14/2022	17.33.00	838	OFF	2/14/2022	17.43.00	270	OFF
2/14/2022	17.33.30	874	OFF	2/14/2022	17.43.30	250	OFF
2/14/2022	17.34.00	974	OFF	2/14/2022	17.44.00	218	OFF
2/14/2022	17.34.30	830	OFF	2/14/2022	17.44.30	206	OFF
2/14/2022	17.35.00	763	OFF	2/14/2022	17.45.00	192	OFF
2/14/2022	17.35.30	676	OFF	2/14/2022	17.45.30	158	OFF
2/14/2022	17.36.00	596	OFF	2/14/2022	17.46.00	142	OFF
2/14/2022	17.36.30	600	OFF	2/14/2022	17.46.30	124	OFF
2/14/2022	17.37.00	588	OFF	2/14/2022	17.47.00	114	OFF
2/14/2022	17.37.30	592	OFF	2/14/2022	17.47.30	88	ON
2/14/2022	17.38.00	598	OFF	2/14/2022	17.48.00	60	ON

Tanggal	Waktu (WIB)	Nilai Lux	Kondisi Lampu	Tanggal	Waktu (WIB)	Nilai Lux	Kondisi Lampu
2/14/2022	17.38.30	568	OFF	2/14/2022	17.48.30	32	ON
2/14/2022	17.39.00	574	OFF	2/14/2022	17.49.00	24	ON
2/14/2022	17.39.30	436	OFF	2/14/2022	17.49.30	2	ON

Pengukuran intensitas cahaya pada BH1750 waktu terbenam memiliki range pengukuran dari 2-1008 lux dengan span 1008 lux yang menjadikan BH1750 pada waktu terbenam berfungsi dengan baik dan mengikuti setpoint dibawah 100 lux lampu menyala.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun Kesimpulan pada Tugas Akhir Sistem Otomatisasi Lampu Selasar Departemen Teknik Isntrumentasi Mengguankan Light Intensity Detector Bh1750 Berbasis Expert System adalah sebagai berikut:

1. Penerapan Sistem Otomatisasi Lampu telah dibangun dengan memanfaatkan empat modul sensor energi listrik (PZEM-004T), satu sensor intensitas cahaya (BH1750), empat buah aktuator (SSR) untuk memutus aliran listrik lampu, dan Node Red untuk otomatisasi dan monitoring energi listrik. ESP32 dan WEMOS berfungsi sebagai publisher data dari setiap sensor dan Raspberry Pi 3b sebagai subscriber data dari setiap mikrokontroller melalui protokol MQTT. Dalam proses monitoring sudah dilengkapi monitor yang terhubung dengan Raspberry sebagai user interface.
2. Hasil kinerja dari validasi sensor BH1750 dalam mengukur intensitas cahaya menunjukkan error 10,1% pada pengukuran di lantai 1 dan akurasi sebesar 89,9%, error 3,2% pada pengukuran di lantai 2 dan akurasi sebesar 96,8%, dan error 3% pada pengukuran di lantai 3 dan akurasi sebesar 97%. Hasil kinerja dari validasi sensor PZEM-004T dalam mengukur arus dan tegangan menunjukkan error 24,1% dan akurasi 75,9% dalam pengukuran arus rangkaian selasar, error 1,73% dan akurasi 98,27% untuk pengukuran tegangan rangkaian selasar, error 1,08% dan akurasi 98,92% untuk pengukuran arus rangkaian lantai 1, error 0,2% dan akurasi 99,8% untuk pengukuran tegangan rangkaian lantai 1, error 1,2% dan akurasi 98,8% untuk pengukuran arus rangkaian lantai 2, error 0,2% dan akurasi 99,8% untuk pengukuran tegangan rangkaian lantai 2, error 1,02% dan akurasi 98,98% untuk pengukutan arus rangkaian lantai 3, dan error 0,58% dan akurasi 99,42% untuk pengukutan tegangan rangkaian lantai 3.

5.2 Saran

Adapun saran pada Tugas Akhir Sistem Otomatisasi Lampu Selasar Departemen Teknik Isntrumentasi Menggunakan Light Intensity Detector Bh1750 Berbasis Expert System adalah sebagai berikut:

1. Dalam menghubungkan antara publlisher dan subscriber melalui WiFi sebaiknya dihindari yang memiliki login user dan password user karena ESP32 dan WEMOS belum memiliki library untuk login
2. Sistem ini dapat dikembangkan lebih lanjut ke arah energi monitoring

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, S., Artono, T., Harun, N., N, D. Y., & Fadli, A. (2019). Pengukuran Energi Listrik Berbasis PZEM-004T. *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, A272-A276.
- Components101. (2009, August 6). *BH1750 Ambient Light Sensor*. Retrieved from components101: <https://components101.com/sensors/bh1750-ambient-light-sensor>
- Contributors, O. F. (2021, Desember 9). *About Node-RED*. Retrieved from nodered.org: <https://nodered.org>
- Diloue, C. (2005, April 14). *Introduction to Lighting Automation for the Home*. Retrieved from lightingcontrolsassociation.org: <http://lightingcontrolsassociation.org/2005/02/14/introduction-to-lighting-automation-for-the-home/>
- Espressif Systems (Shanghai) Co., L. (2021). ESP32 Series Datasheet v3.7. *ESP32 Series Datasheet*. Shanghai, China: Espressif Systems (Shanghai) Co., Ltd.
- Faudin, A. (2018, Maret 14). *Pengenalan tentang Modul wifi WEMOS D1 MINI ESP8266*. Retrieved from nyebarilmu.com: <https://www.nyebarilmu.com/pengenalan-tentang-modul-wifi-wemos-d1-mini-esp8266/>
- Guru, I. (2021, Januari 31). PZEM-004T V.3.0 User Manual. Innovators Guru.
- indiamart. (2021, Desember 17). *Lightning Automation System*. Retrieved from indiamart: <https://www.indiamart.com/proddetail/lighting-automation-system-10625725612.html>
- MQTT.org. (2020). *MQTT: The Standard for IoT Messaging*. Retrieved from MQTT.org: <https://mqtt.org/>
- Musyafa', A. (2016). *Teknik Kalibrasi Studi Kasus : Kelistrikan dan Suhu*. Surabaya: PT. REVKA PETRA MEDIA.
- Newton, A. (2021, March 10). *IoT Based Electricity Energy Meter using ESP32 & Blynk*. Retrieved from how2electronics.com: <https://how2electronics.com/iot-based-electricity-energy-meter-using-esp32-blynk/>

- <https://how2electronics.com/iot-based-electricity-energy-meter-using-esp32-blynk/>
- OASIS. (2015, Desember 10). *MQTT Version 3.1.1 Plus Errata 01*. Retrieved from OASIS Standard Incorporating Approved Errata 01: <http://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v3.1.1/mqtt-v3.1.1.html>
- Pr., E. (2015, Oktober 6). *Mengenal MQTT*. Retrieved from Medium: <https://medium.com/pemrograman/mengenal-mqtt-998b6271f585>
- Prasetyo, E. A. (2019, August). *Arsitektur dan Fitur ESP32 (Module ESP32) IoT*. Retrieved from Edukasi Elektronika: <https://www.edukasielektronika.com/2019/07/arsitektur-dan-fitur-esp32-module-esp32.html>
- ROHM. (2009). Ambient Light Sensor IC Series. *Digital 16bit Serial Output Type Ambient Light Sensor IC*. ROHM Semiconductor.
- Saputro, T. T. (2019, Mei 30). *Menggunakan Pin GPIO Pada ESP32*. Retrieved from embeddednesia.com: <https://embeddednesia.com/v1/menggunakan-pin-gpio-pada-esp32/>
- Shop, A. (2021, Desember 6). *YUANHU Solid State Relay SSR 25DA 40DA 60DA 80DA*. Retrieved from shopee.co.id: <https://shopee.co.id/YUANHU-Solid-State-Relay-SSR-25DA-40DA-60DA-80DA-i.14439227.7950472354>
- Team, E. T. (2021, Desember 6). *Solid State Relay*. Retrieved from www.electronics-tutorials.ws: <https://www.electronics-tutorials.ws/power/solid-state-relay.html>
- Team, T. H. (2019, Agustus 20). *MQTT Topics & Best Practices - MQTT Essentials: Part 5*. Retrieved from HiveMQ: <https://www.hivemq.com/blog/mqtt-essentials-part-5-mqtt-topics-best-practices/>
- Wider Wire & Cable Co., L. (2021, Desember 6). *WeMos D1 Mini ESP8266 Development Board*. Retrieved from openimpulse.com: <https://www.openimpulse.com/blog/products-page/product-category/wemos-d1-mini-esp8266-development-board/>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Standar Pencahayaan Minimum Lampu di Sekolah

Nama Ruang	Pencahayaan Standar (lux)	Uniformity Ratio	Limiting Glare Index
Ruang Kelas umum	250 - 300	0,8	19
Ruang Kelas khusus untuk kegiatan detil (mis: ruang seni)	500	0,8	19
Area Sirkulasi:			
Koridor, tangga	80 – 120	-	19
Lobby, Area tunggu	175 – 250	-	19
Resepsionis	250 – 350	-	19
Atrium	400	-	19

Sumber: Bean, 2004:194

Lampiran 2. Data Jumlah Lampu pada Selasar Departemen Teknik Instrumentasi

Lokasi	Jenis Lampu	Jumlah Lampu	Daya (Watt) per satuan	Total Daya (Watt)	Total Daya per lantai
Lorong Lantai 1	LinecoTMS022 merk Philips	13	38 W	494 W	585 W
Selasar kanopi lantai 1	Led Bohlam (CoreProLED bulb ND5-40W) merk Philips	13	7 W	91 W	
Lorong Lantai 2	LinecoTMS022 merk Philips	14	38 W	532 W	932 W
	Zetalux Lampu Sorot HPIT 400W	1	400 W	400W	
Lorong Lantai 3	LinecoTMS022 merk Philips	14	38 W	532 W	532 W
TOTAL DAYA					2049

Lampiran 3. Desain Simulasi Di Dialux



Gambar 1 Desain 3D Gedung A pada Simulator Dialux Tampak Depan



Gambar 2 Desain 3D Gedung A pada Simulator Dialux Tampak Samping



Gambar 3 Desain 3D Gedung A pada Simulator Dialux Tampak Belakang

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS



Nama : Hilmy Rahman
Tempat Lahir : Karawang
Tanggal Lahir : 20 September 1999
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Agama : Islam
No. HP : 081289443345
Alamat : Jl. A.Yani Gang Pandawa 3 Bubulak Tanjungpura – Karawang

Riwayat Pendidikan

2011 - 2014	MTs Husnul Khotimah Kuningan
2014 – 2017	MAN 3 Sleman
2017 - Sekarang	Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Riwayat Organisasi dan Pelatihan

2017	LKMM Pra-TD
2018	LKMM TD Revolution
2018	PP LKMM Ksatria Fakultas Vokasi
2018	Dewan Perwakilan Angkatan HIMATEKINS ITS
2018	Ketua Dewan Perwakilan Mahasiswa Fakultas Vokasi
2019	LKMM TM Aksara

Penulis berharap laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan dapat dikembangkan lebih lanjut lagi.