

Otomatisasi Lampu Selasar Departemen Instrumentasi Menggunakan Light Intensity Detector Bh1750 Berbasis Expert System

Hilmy Rahman, Ahmad Fauzan Adziima, dan Safira Firdaus Mujiyanti
Departemen Teknik Instrumentasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: ahmadfauzan.epits@gmail.com

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 dihubungkan 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.

I. PENDAHULUAN

PENGHEMATAN listrik dari sektor lampu dapat menghemat sebesar 2.72% perhari menggunakan metode pengurangan waktu pemakaian. 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 padabagian selasar Departemen Teknik Instrumentasi masih manual. Telah banyak dilakukan penelitian yang membahas tentang otomatisasi lampu untuk penghematan energi. 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 pendeteksi 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. Oleh karena itu, akan dilakukan pembuatan dan peneraoan sistem otomatisasi lampu berbasis *expert system* di Departemen Teknik Instrumentasi dan dilakukan pengujian performa sistem otomatisasi lampu berbasis *expert system*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. 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. 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”.

B. 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. Oleh karena itu sensor BH1750 dapat langsung dihubungkan dengan Wemos D1 Mini untuk selajutnya dapat mensubscribe ke broker yang hasilnya ditunjukkan di layar monitor yang mengakses Node Red.

Seringkali 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.

C. 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. Monitoring

Tabel 1.
Daftar komponen

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

Tabel 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

Tabel 3.
Spesifikasi PZEM

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

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.

D. ESP32

Mikrokontroler 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 [1].

E. 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*). Wemos D1 Mini memiliki 11 digital nput/output pin, semua mendukung PWM/interrupt/I2C/one-wire kecuali D0, dan memiliki 1 analog input dengan maksimal 3.3V.

F. Solid State Relay (SSR)

Solid State Relay (SSR) adalah sebuah relay yang didalamnya tidak memiliki komponen yang bergerak melainkan memanfaatkan karakteristik dari semikonduktor

Tabel 4.
Spesifikasi ESP32

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

Tabel 5.
Spesifikasi WEMOS D1 Mini

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

Tabel 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*t)	38*23*18 mm

Tabel 7.
Spesifikasi solid rate relay

Parameter	Keterangan
Jenis	Solid State Relay
Tegangan Kontrol Input	3-32V DC (min 3V)
Tegangan Switching Output	24-480V AC
Range Arus Beban	0.1-25 A
Temperatur Operasi	-30 ⁰ C to 80 ⁰ C
Berat	88 gram
Kecepatan Switching	0.2 second

yang dapat mengisolasi input dan output juga fungsi switch. Komponen utama dari Solid State Relay adalah Opto isolator/optocoupler (yang terdiri dari 1 atau lebih LED inframerah dan sebuah komponen fotosensitif) sebagai input baik AC maupun DC yaitu bila ada listrik mengalir maka menyalakan led dan fotosensitif sensor akan menerima dan photo transistor/photo-triac akan mengambil tindakan “ON” begitu pula sebaliknya.

G. Protokol Komunikasi MQTT

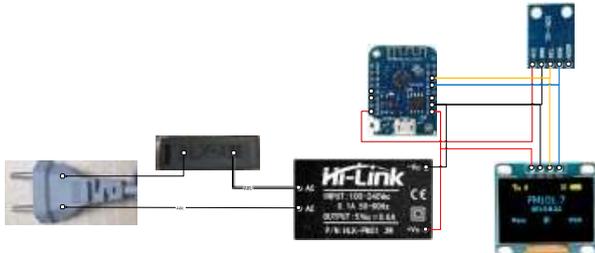
Protokol MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) adalah protokol yang berjalan pada diatas stack TCP/IP dan mempunyai ukuran paket data dengan low overhead yang kecil (minimum 2 bytes) sehingga berefek pada konsumsi daya yang hemat. Protokol ini adalah jenis protokol *data-agnostic* yang artinya anda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

H. Graphical User Interface (Node Red)

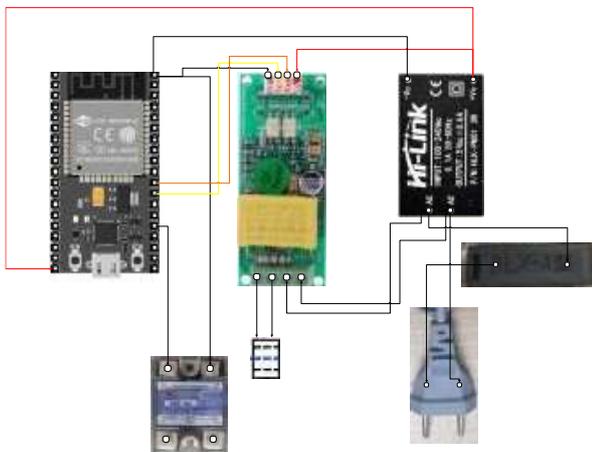
Node Red adalah sebuah tool pemrograman berbasis di palette yang dihubungkan dengan wire dapat digunakan untuk runtime/editor dalam satu kali klik.

Tabel 8.
Spesifikasi Raspberry Pi 3b+

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



Gambar 1. Wiring diagram sistem pengukuran intensitas cahaya.



Gambar 2. Wiring diagram sistem monitoring energi listrik pada lampu.

I. 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:

1) Error

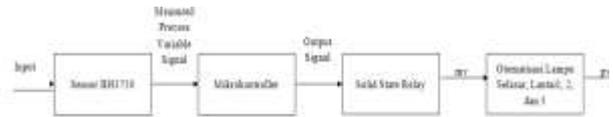
Error merupakan selisih antara nilai yang terbaca oleh alat ukur uji (BH1750 dan PZEM-004T) dengan alat ukur standar (clamp meter digital dan lux meter). Persentase error adalah perbandingan nilai error dengan nilai alat ukur lalu dikalikan 100 persen [2]. Berikut ini adalah persamaan untuk memperoleh nilai error dan persentase error:

$$e = |C_n - P_n|$$

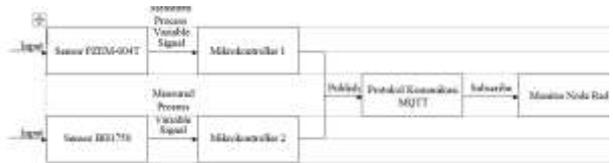
$$\%e = \left| \frac{C_n - P_n}{C_n} \right| \times 100\% = \left| \frac{e}{C_n} \right| \times 100\%$$

Keterangan:

- e : nilai error absolut
- C_n : nilai pembacaan alat ukur standar
- P_n : nilai pembacaan alat ukur uji
- $\%e$: persentase error (%)



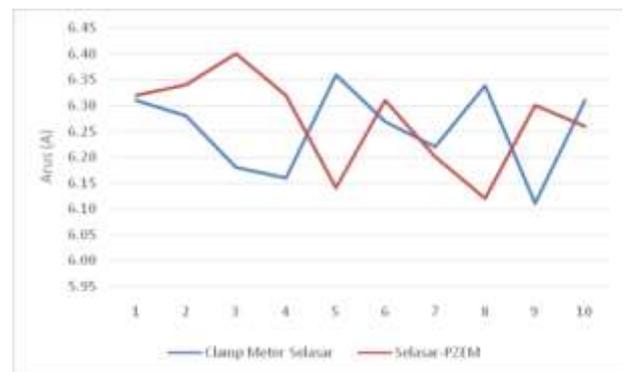
Gambar 3. Diagram blok otomasi lampu.



Gambar 4. Diagram blok monitoring energi listrik lampu.



Gambar 5. Grafik nilai intensitas cahaya pada luxmeter dan BH1750.



Gambar 6. Grafik nilai arus PZEM selasar dengan clamp meter.

2) 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:

$$A = 1 - \left| \frac{C_n - P_n}{C_n} \right|$$

$$\%A = 100\% - \%e = A \times 100\%$$

Keterangan:

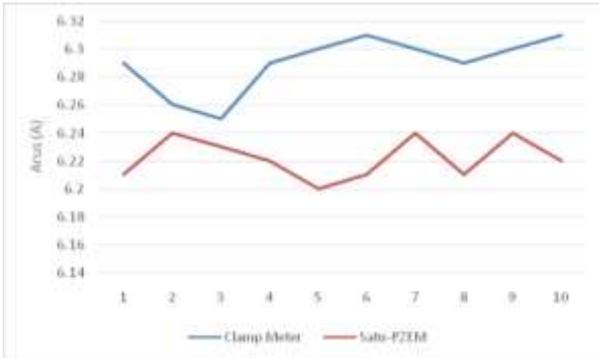
- A : nilai akurasi relatif
- C_n : nilai pembacaan alat ukur standar
- P_n : nilai pembacaan alat ukur uji
- $\%A$: persentase akurasi (%)
- $\%e$: persentase error (%)

3) Presisi

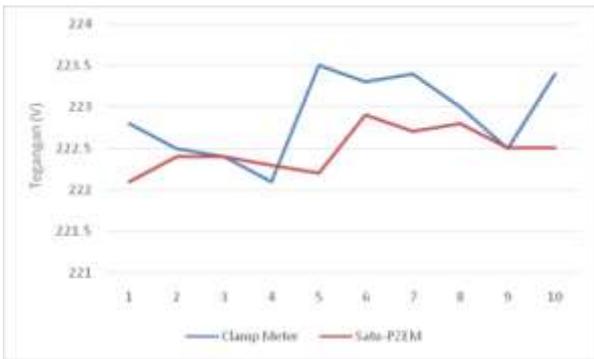
Presisi adalah seberapa dekat hasil pengukuran yang dilakukan secara berulang terhadap rata-rata. Suatu alat ukur yang presisi belum menjadi alat ukur yang akurat karena presisi hanya ditentukan oleh nilai yang dihasilkan oleh alat ukur yang bersangkutan tanpa harus membandingkan



Gambar 7. Grafik nilai tegangan PZEM selasar dengan clamp meter.



Gambar 8. Grafik nilai arus PZEM lantai 1 dengan clamp meter.



Gambar 9. Grafik nilai tegangan PZEM lantai 2 dengan clamp meter.

dengan besaran ukur yang sebenarnya yang dihasilkan oleh peralatan ukur standard [2]. Presisi secara matematik dinyatakan sebagai berikut:

$$P_r = 1 - \left| \frac{P_n - P}{P} \right|$$

Keterangan:

P_r : nilai presisi

P_n : nilai pembacaan alat ukur uji

P : nilai rata-rata pengukuran alat uji

4) 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.

$$Range = P_{min} \text{ to } P_{max}$$

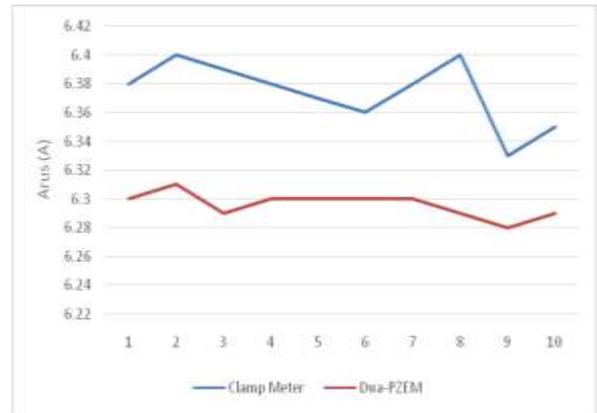
Keterangan:

P_{min} : nilai minimum pembacaan alat ukur uji

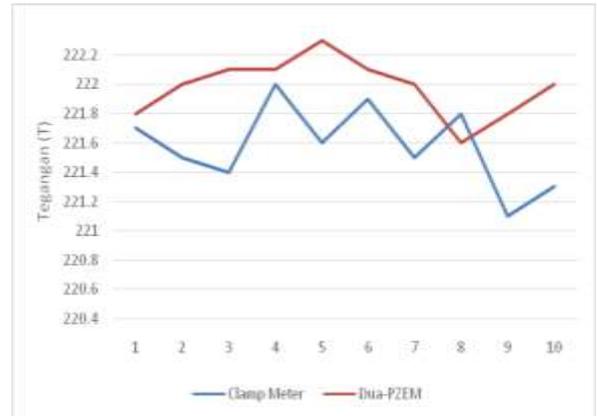
P_{max} : nilai maksimum pengukuran alat uji

5) Span

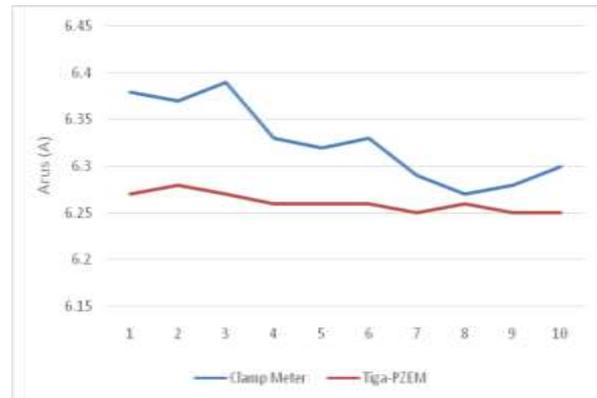
Span merupakan selisih antara nilai minimum dan nilai



Gambar 10. Grafik arus PZEM lantai 2 dengan clamp meter.



Gambar 11. Grafik tegangan PZEM lantai 2 dengan clamp meter.



Gambar 12. Grafik arus PZEM lantai 3 dengan clamp meter.

maksimum yang terukur oleh alat instrument atau alat ukur yang digunakan. Alat ukur yang digunakan adalah PZEM-004T dan BH1750.

$$Range = P_{max} - P_{min}$$

Keterangan :

P_{min} : nilai minimum pembacaan alat ukur uji

P_{max} : nilai maksimum pengukuran alat uji

6) Sensitivitas

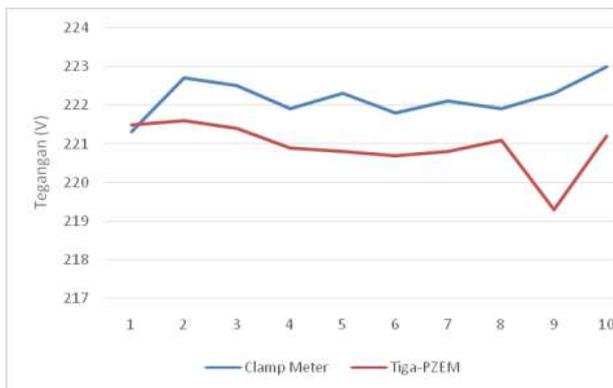
Sensitivitas adalah tingkat kepekaan dari alat ukur dengan membandingkan perubahan nilai output/alat uji dengan perubahan nilai input/alat ukur standar. Berikut adalah persamaan untuk menghitung sensitifitas:

$$Sensitivity = \frac{\Delta P_n}{\Delta C}$$

Keterangan :

ΔP_n : perbandingan nilai alat ukur uji

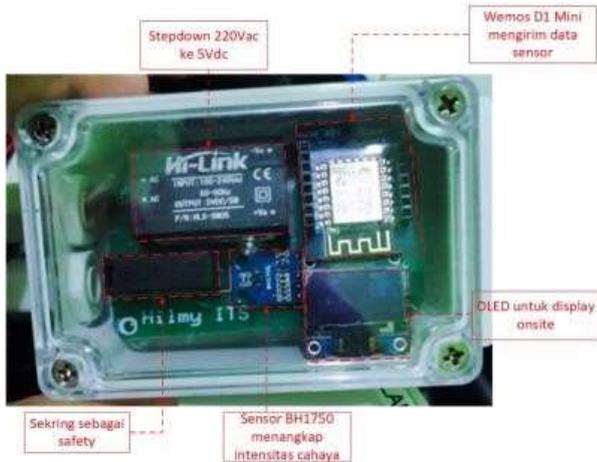
ΔC : perbandingan nilai alat ukur standar



Gambar 13. Grafik tegangan PZEM lantai 3 dengan clamp meter.



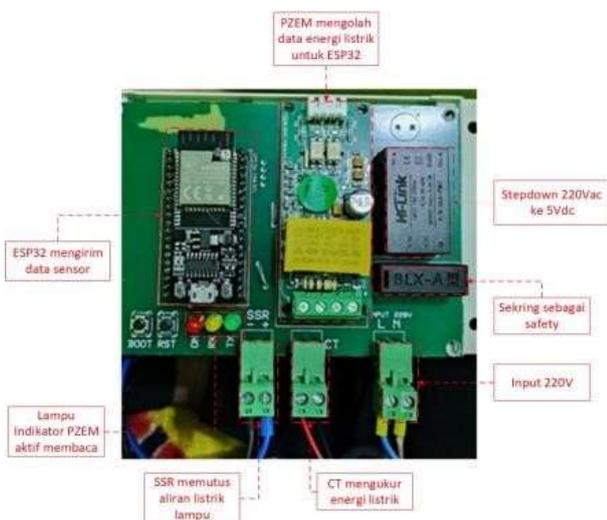
Gambar 16. Hasil dari coding ESP32 posisi Lantai 3.



Gambar 14. Hasil pembuatan rangkaian pembacaan intensitas cahaya.



Gambar 17. Hasil pembuatan dashboard GUI.



Gambar 15. Hasil pembuatan rangkaian monitoring energi listrik dan SSR.



Gambar 18. Hasil datalogger dari output sensor.

Tabel 9. Hasil pengujian konektifitas komponen selasar

Variabel	Sebelum Menyala	Setelah Menyala
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

gagasan ini. Dari beberapa sumber yang sudah terkumpul, maka data diolah untuk mencapai tujuan yang sudah dibuat.

B. Perencanaan 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 controller pada output PZEM yang diterima oleh CT. Display nya menggunakan aplikasi Node Red yang diakses melalui monitor PC (personal computer).

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Studi Literatur tentang Otomatisasi Lampu dan Monitoring Energi Listrik

Studi Literatur merupakan proses mencari referensi yang tentang sensorBH1750, 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

Tabel 10.
Hasil pengujian konektivitas komponen lantai 1

Variabel	Sebelum Menyala	Setelah Menyala
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

Tabel 11.
Hasil pengujian konektivitas komponen lantai 2

Variabel	Sebelum Menyala	Setelah Menyala
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

Tabel 12.
Hasil pengujian konektivitas komponen lantai 3

Variabel	Sebelum Menyala	Setelah Menyala
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

C. Penentuan Komponen Otomatisasi Lampu dan Monitoring Energi Listrik

Adapun dalam Penentuan Komponen Otomatisasi Lampu dan Monitoring Energi yang dibutuhkan tertera pada Tabel 1.

D. 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. Spesifikasi BH1750 tertera pada Tabel 2. Sedangkan spesifikasi sensor PZEM004T tertera pada Tabel 3. Tabel 4 menunjukkan spesifikasi dari ESP32. Tabel 5 menunjukkan spesifikasi WEMOS D1 Mini. Sedangkan Tabel 6 menunjukkan spesifikasi HiLink 5V DC, Tabel 7 menunjukkan spesifikasi dari Solid State Relay 25A dan yang terakhir spesifikasi dari Raspberry Pi 3b+ tertera pada Tabel 8.

Komponen WEMOS D1 Mini, BH1750, OLED 1.5 inch, Hilink, dan Sekring digabungkan menjadi satu rangkaian agar dapat membentuk sistem yang diinginkan. Gambar 1 diatas menunjukkan wiring diagram dari sistem pembacaan intensitas cahaya.

Komponen ESP32, PZEM-004T, Solid State Relay, Hilink, CT, dan Sekring digabungkan menjadi satu rangkaian agar dapat membentuk sistem yang diinginkan. Gambar 2 menunjukkan wiring diagram dari sistem monitoring energi listrik dan kontrol Solid State Relay.

E. 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. Diagram

otomasi lampu tertera pada Gambar 3.

WEMOS D1 Mini digunakan sebagai controller 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. Diagram monitoring energi listrik lampu tertera pada Gambar 4.

F. Pengintegrasian Hardware dan Software

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 2 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.

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. 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 intensitas 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. Grafik nilai dari hasil tertera pada Gambar 5.

B. 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. Grafik nilai arus PZEM selasar dengan clamp meter tertera pada Gambar 6. Grafik nilai tegangan PZEM selasar dengan clamp meter tertera pada Gambar 7. Grafik nilai arus PZEM Lantai 1 dengan clamp meter tertera pada Gambar 8. Grafik nilai tegangan PZEM Lantai 1 dengan clamp meter tertera pada Gambar 9. Grafik nilai arus PZEM Lantai 2 dengan clamp meter tertera pada Gambar 10. Grafik nilai tegangan PZEM Lantai 2 dengan clamp meter tertera pada Gambar 11. Grafik nilai arus PZEM Lantai 3 dengan clamp meter tertera pada Gambar 12. Grafik nilai tegangan PZEM Lantai 3 dengan clamp meter tertera pada Gambar 13.

C. Hasil Perancangan Hardware

Sistem Otomatisasi Lampu Selasar Departemen Instrumentasi Menggunakan Light Intensity Detector BH1750 Berbasis Expert System ini telah dibuat dengan membuat rangkaian yang nanti nyaakan di pasang ke dalam box casing, dan hasil pembuatan Hardware dari Tugas Akhir dapat dilihat pada Gambar 14.

Pada Gambar 14 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.

Pada Gambar 15 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 kedalam *web server*.

D. Hasil Perancangan Software

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

1. Membuat coding dari ESP32 dan WEMOS dengan menggunakan Arduino IDE. Hasil coding tertera pada Gambar 16.
2. Membuat GUI dari monitoring energi listrik dan intensitas cahaya dengan menggunakan Node RED. Hasil pembuatan GUI tertera pada Gambar 17.
3. Membuat Datalogger sebagai database penyimpanan output dari sensor dengan Node RED. Hasil datalogger

tertera pada Gambar 18.

E. 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.

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 9.

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 10.

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 11.

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 12.

F. 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.

1. Pengujian performa BH1750 di waktu terbit matahari/fajarpada pukul 05.20-05.50 WIB
2. Pengujian performa BH1750 ketika mendung pada pukul 06.00-06.30 WIB
3. Pengujian performa BH1750 di waktu matahari terbenampada pukul 17.30-17.49 WIB

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan Sistem Otomatisasi Lampu Selasar Departemen Teknik Instrumentasi Menggunakan Light Intensity Detector BH1750 Berbasis Expert System dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: 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 mikrokontroler melalui protokol MQTT. Dalam proses monitoring sudah dilengkapi monitor yang terhubung dengan Raspberry sebagai user interface.

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 pengukuran arus rangkaian lantai 3, dan error 0,58% dan akurasi 99,42% untuk pengukuran tegangan rangkaian lantai 3.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Espressif Systems, *ESP32 Series Datasheet*. Shanghai: Espressif Systems Co.Ltd, 2021.
- [2] A. Musyafa, *Teknik Kalibrasi Studi Kasus : Kelistrikan dan Suhu*. Surabaya: PT Revka Petra Media, 2016, ISBN: 978-024170356.