

SISTEM MANAJEMEN ENERGI UNTUK LAMPU PENERANGAN DAN BEBAN PERALATAN LISTRIK BERBASIS OKUPANSI DI LABORATORIUM EBT TEKNIK ELEKTRO ITN MALANG

¹Muhammad Sofyan, ²Aryuanto Soetedjo, ³Sotyohadi

^{1,2,3}Teknik Elektro S1 ITN Malang, Malang, Indonesia

¹sfynmhmd18@gmail.com, ²aryuanto@lecturer.itn.ac.id, ³sotyohadi@lecturer.itn.ac.id

Abstrak- *Building Automation System* (BAS) menjadi bukti kemajuan teknologi dalam bidang kelistrikan, terutama dalam hal otomatisasi gedung. Bertujuan untuk meningkatkan kenyamanan penghuni gedung serta mengurangi biaya penggunaan energi listrik. Jurusan Teknik Elektro ITN Malang terus melakukan pengembangan terhadap BAS yang telah terpasang dalam sistem kelistrikannya dengan menambahkan sistem manajemen energi. Untuk melakukan manajemen energi pada penelitian ini menggunakan okupansi. Okupansi yang digunakan yaitu sensor PIR, okupansi bertujuan untuk mendeteksi kehadiran orang dalam ruangan yang nantinya digunakan untuk menyalakan dan mematikan lampu penerangan dan beban peralatan listrik di Laboratorium Energi Baru Terbarukan (EBT). Konsumsi energi laboratorium EBT kondisi saat ini sebelum adanya manajemen mencapai 2.4926 kWh/hari. Berdasarkan *layout* laboratorium EBT okupansi yang dirancang dipasang sebanyak empat titik, sistem manajemen energi berbasis okupansi yang diterapkan memberikan penghematan sebesar 23%.

Kata Kunci: BAS, Manajemen Energi, Okupansi, PIR, Laboratorium EBT.

I. PENDAHULUAN

Seiring perkembangan zaman, energi listrik telah menjadi kebutuhan pokok dalam kehidupan ini. Permintaan akan energi listrik akan tumbuh seiring dengan perkembangan ekonomi dan populasi yang bertambah. Pertumbuhan ekonomi suatu daerah biasanya berbanding lurus dengan penggunaan energi listrik daerah tersebut, saat ini permintaan akan energi terus meningkat, tetapi ketersediaan energi makin hari terus berkurang[1]. Dengan demikian, kemajuan teknologi juga menjadi pendorong meningkatnya kebutuhan akan energi listrik, terutama dalam kehidupan sehari-hari[2]. Tahun 2023 penggunaan listrik masyarakat Indonesia meningkat mencapai 1.285

kWh/Kapita[3]. Meskipun listrik menjadi kebutuhan utama, penggunaan listrik seringkali tidak efisien. Kebiasaan yang dilakukan oleh pengguna menyalakan lampu penerangan pada siang hari, membiarkan TV, atau kipas angin menyala padahal sedang tidak digunakan sehingga menyebabkan pemborosan. Dengan demikian, banyak gedung saat ini menggunakan *Building Automation System* (BAS) untuk mengendalikan dan mengoptimalkan penggunaan energi.

Building Automation System (BAS) adalah kumpulan dari beberapa sistem seperti kelistrikan, mekanik, dan peralatan mikroprosesor yang saling terhubung dalam suatu jaringan sistem, dan bisa dikendalikan dengan komputer. BAS yang diterapkan bertanggung jawab atas pengendalian dan pengaturan berbagai layanan pada gedung, termasuk penerangan, keamanan, dan sistem lainnya. Salah satu komponen BAS adalah sensor, yang digunakan untuk mengumpulkan data-data dari bangunan. Kemudian kontroler, digunakan sebagai otak dari sistem, data dari sistem kemudian dikirim ke aktuator yang mengendalikan berbagai perangkat dan yang terakhir piranti antarmuka. Pada *Building Automation System* komponen ini dirancang untuk mempermudah interaksi pengguna dan sistem. Penerapan BAS pada bangunan bisa menjadi solusi untuk mengurangi pemborosan yang disebabkan oleh penghuni itu sendiri[4].

Jurusan Teknik Elektro ITN Malang terus melakukan pengembangan terhadap BAS yang telah terpasang dalam sistem kelistrikannya, dengan menambahkan sistem manajemen energi. Pada penelitian ini dibuatlah rancangan sistem manajemen energi untuk lampu penerangan dan beban peralatan listrik berbasis okupansi di laboratorium Energi Baru Terbarukan (EBT). Okupansi merupakan sistem untuk mendeteksi gerakan dalam ruangan. Okupansi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sensor *Passive Infrared Receiver* (PIR) yang bekerja dengan mendeteksi

gerakan. Gerakan ini digunakan untuk menyalakan dan mematikan lampu penerangan dan beban peralatan listrik di laboratorium EBT[5].

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Daya Listrik

Daya listrik adalah seberapa besar energi listrik yang dikeluarkan suatu benda setiap detiknya. Satuan daya adalah Watt. Dari definisi daya listrik diatas daya listrik dapat dicari dengan persamaan (1) :

$$P = I \times V \tag{1}$$

Di mana :

- P = daya listrik (Watt)
- I = arus listrik (Ampere)
- V = tegangan listrik (Volt)

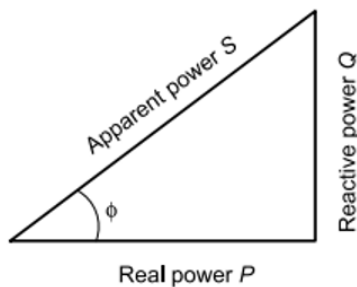
Untuk mengetahui jumlah konsumsi energi dari penggunaan peralatan listrik dapat mengalikan daya (watt) dengan durasi penggunaan peralatan listrik tersebut. Satuan dari energi adalah Watt-hour (Wh) atau Kilowatt-hour (kWh)[6]. Konsumsi energi dapat dicari dengan persamaan (2) :

$$Energy = P \times t \tag{2}$$

Di mana :

- P = daya listrik (Watt)
- t = waktu (secon)

Daya listrik terbagi menjadi tiga yaitu daya aktif (P), daya semu (S) dan daya reaktif (Q). Ketiga daya tersebut dapat digambarkan seperti Gambar 1 :



Gambar 1. Segitiga Daya

B. Manajemen Energi

Manajemen energi dapat didefinisikan sebagai kegiatan untuk melaksanakan pengumpulan data, pemeriksaan, pengawasan dan bahkan penggantian alur dalam sistem energi. Hal ini dilakukan agar energi dapat dimanfaatkan dengan efisiensi maksimum[7]. Efisiensi maksimum di sini mencakup aspek-aspek teknis dan ekonomis, seperti memiliki tingkat efisiensi yang tinggi namun tetap layak guna, ramah lingkungan, serta mampu menekan biaya produksi atau operasional serendah-rendahnya. Sistem manajemen energi dapat disesuaikan dengan kebutuhan gedung atau bangunan terkait dan mampu memberikan analisis terhadap pemakaian energinya, sehingga dapat

meningkatkan efisiensi energi, dan mengurangi biaya pemakaian energi.

C. Building Automation System (BAS)

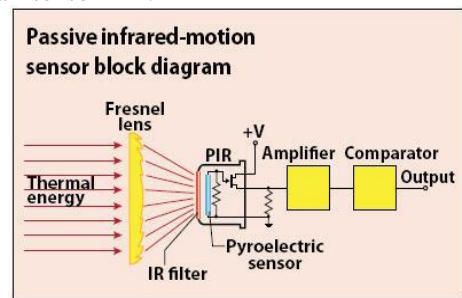
Building Automation System atau sering disebut dengan BAS merupakan gabungan beberapa sistem pengendalian dari gedung yang terhubung ke satu sistem kontrol. BAS merupakan sebuah konsep yang menggunakan teknologi dan jaringan informasi, untuk memantau penggunaan energi. BAS memiliki banyak manfaat jika diterapkan antara lain meningkatkan kenyamanan, efisiensi dan dapat menghemat penggunaan energi[8].

D. Okupansi

Okupansi adalah sistem untuk mendeteksi gerakan dalam ruangan [9]. Okupansi sering digunakan di ruangan untuk mengontrol lampu penerangan. Jika tidak ada gerakan yang terdeteksi oleh sensor, maka ruangan tersebut dianggap kosong, sehingga ruangan tersebut tidak perlu diberi penerangan. Okupansi juga disebut dengan keberadaan. Menggunakan okupansi dalam manajemen energi dapat menghemat banyak energi. Okupansi dalam pengaplikasiannya bisa menggunakan berbagai cara, salah satunya melalui penggunaan sensor *Passive Infrared Receiver* (PIR).

E. Sensor PIR

Sensor PIR atau *Passive Infrared Receiver* merupakan sensor yang bekerja berdasarkan pada infrared. Sensor PIR mempunyai bagian-bagian seperti yang terlihat pada Gambar 2 mempunyai fungsi dan tugasnya masing-masing antara lain yaitu Fresnel Lens, IR Filter, Pyroelectric sensor, amplifier dan comparator[10]. Sensor PIR bisa berfungsi dengan mendeteksi perubahan cahaya infrared yang dimiliki oleh setiap objek pemancar seperti manusia atau hewan. Perubahan cahaya infrared kemudian akan dideteksi oleh pyroelectric sensor yang merupakan bagian penting dari sensor PIR.

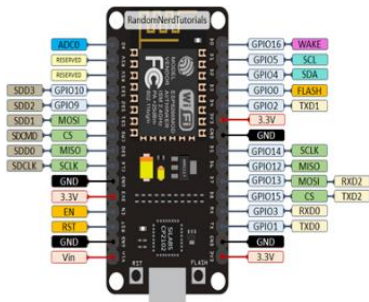


Gambar 2. Blok Diagram Sensor PIR

F. NodeMCU ESP8266

Sistem dari *Espressif* telah mengembangkan ESP-NOW, NodeMCU ESP8266 mungkin menjadi salah satu mikrokontroler paling populer saat ini yaitu penerus dari mikrokontroler ESP-12. NodeMCU ESP8266 seperti yang terlihat pada Gambar 3 mempunyai keunggulan seperti memiliki Wifi bawaan yang memudahkan pengguna untuk kendali jarak jauh[11]. Mikrokontroler NodeMCU ESP8266

ini digunakan untuk mengganti parameter agar dapat mengetahui keefektifan parameter yang digunakan dan juga sebagai sarana edukasi. Perangkat ini harus diprogram terlebih dahulu menggunakan bahasa C++ pada *software* Arduino IDE.



Gambar 3. NodeMCU ESP8266

G. Power Supply

Power supply seperti yang terlihat pada Gambar 4 adalah perangkat memiliki kegunaan sebagai pengubah tegangan bolak-balik (AC) menjadi tegangan searah (DC)[12]. Di sektor industri penyearah berfungsi sebagai *Uninterruptible Power Supply* (UPS), yang bertugas untuk menjaga tegangan supaya konstan, dan meningkatkan faktor daya. *Power supply* sendiri merupakan perangkat yang digunakan untuk menyediakan daya kepada suatu beban.



Gambar 4. Power Supply

H. Haiwell Cloud Box

Cloud Box seperti terlihat pada Gambar 5 merupakan perangkat lunak antarmuka tanpa adanya layar bawaan yang digunakan sebagai penghubung antara pengguna dengan peralatan teknologi melalui tampilan pada layar monitor sehingga mempermudah dalam suatu pekerjaan [13]. Kita dapat mengelola *Cloud Box* dengan mudah menggunakan aplikasi pada *handphone*. Perangkat ini merupakan perangkat yang tertanam pada otomasi industri yang memiliki fungsi untuk sebagai peralatan pemantauan.



Gambar 5. Haiwell Cloud Box

I. Router

Gambar 6 merupakan perangkat keras yang digunakan untuk memberikan akses internet ke Haiwell Cloud Box sehingga dapat terhubung dengan layanan Cloud Haiwell. Dimana hal tersebut diperlukan agar dapat mengontrol dan memonitoring sistem dengan jarak jauh.



Gambar 6. Router

J. Modul Elfin EW11

Modul Elfin EW11 seperti yang terlihat pada Gambar 7 merupakan protokol komunikasi yang mendukung modbus TCP/IP, dan berfungsi ketika diberi tegangan input 5 hingga 18 VDC. Modul Elfin EW11 dilengkapi serial untuk transfer data melalui Wifi, yang membuat transformasi data sangat sederhana[14].



Gambar 7. Modul Elfin EW11

K. PLC Outseal

PLC Outseal seperti Gambar 8 merupakan *brand* teknologi otomasi buatan dalam negeri. PLC Outseal dibuat

serupa dengan arduino, untuk dapat beroperasi PLC Outseal harus diprogram terlebih dahulu dengan membuat *ladder diagram*. *Software* yang digunakan untuk untuk membuat membuat *ladder diagram* PLC Outseal yaitu Outseal Studio[15]. PLC Outseal memiliki beberapa kelebihan sehingga banyak digunakan dalam kelistrikan diantara kelebihan tersebut seperti, berstandar internasional IEC 61131-2, serta bisa bekerja tanpa terhubung dengan komputer dan lain sebagainya.



Gambar 8. PLC Outseal

L. Relay

Relay adalah komponen kelistrikan yang bekerja secara elektromagnetik apabila diberi arus listrik. Relay memiliki fungsi sebagai pemutus dan penghubung rangkaian kontrol[16]. Relay yang digunakan pada panel penerangan seperti Gambar 9 berjenis Omron MK2P-I. Relay jenis ini banyak ditemukan dalam sistem kelistrikan karena pemasangan yang mudah, memiliki umur panjang serta tidak mudah rusak, pemeliharannya cukup mudah bisa dilihat melalui indikator pada relay.



Gambar 9. Relay MK2P-I

M. PZEM-004T

Sensor PZEM-004T adalah sensor yang digunakan untuk mengukur tegangan, arus, daya dan energi, frekuensi, dan *power factor*[17]. Sensor PZEM-004T seperti yang terlihat pada Gambar 10 memiliki dua jenis, yaitu PZEM-004T 10A dan PZEM-004T 100A. Data dari pengukuran sensor PZEM-004T dibaca menggunakan *interface* RS485 yang keluarannya pasif, diperlukan tegangan eksternal 5 v saat berkomunikasi dan keempat port (5V, RX, TX, GND) harus terhubung.



Gambar 10. PZEM-004T

N. TTL to RS485

TTL to RS485 seperti Gambar 11 adalah merupakan modul komunikasi mempunyai fungsi sebagai pengubah sinyal komunikasi dari RS485 menjadi sinyal komunikasi TTL. Perangkat ini dilengkapi dua komunikasi, yaitu A dan B, digunakan sebagai penerima dan pengirim data melalui protokol RS485, perangkat ini memiliki pin kaki antara lain, transmit (Tx), receive (Rx), dan ground(GND) yang digunakan sebagai penghubung.

Konversi yang dilakukan oleh modul RS485 to TTL menggunakan chip. Fitur yang dimiliki chip tersebut dapat menerima dan bisa mengkonversi dari sinyal RS485 menjadi sinyal TTL atau sebaliknya[18]. Modul ini juga terdapat mode yang bisa mengatur kecepatan transmisi dan kontrol aliran (*flow control*) untuk mengatur jalannya komunikasi.



Gambar 11. TTL to RS485

O. Protokol Modbus

Tahun 1979 Modicon mengembangkan protokol modbus. Saat ini banyak industri menggunakan Modbus untuk komunikasi dari perangkat yang digunakannya. Penggunaan protokol modbus memiliki banyak keuntungan seperti mudah dalam penerapannya, dapat bekerja dengan berbagai media komunikasi. Modbus memiliki empat penyimpanan antara lain, coil, input relay, input register dan holding register[19].

Modbus menggunakan prinsip master-slave untuk beroperasi artinya hanya perangkat yang bertindak sebagai master atau slave yang memiliki kemampuan untuk menginisiasi komunikasi, ini disebut juga dengan query[20]. Pada umumnya protokol komunikasi yang sering kita jumpai dan digunakan yaitu Modbus TCP.

Komunikasi yang digunakan pada sistem SCADA yaitu modbus yang digunakan untuk komunikasi dari *Human Machine Interface* HMI ke PLC[21]. Protokol komunikasi

standar yang digunakan industri yaitu modbus TCP dan digunakan secara luas. Oleh karena itu protokol modbus sering diusulkan dalam membantu pekerjaan dengan tujuan untuk membuat pekerjaan menjadi lebih efisien dan stabil ketika memiliki sumber daya yang terbatas.

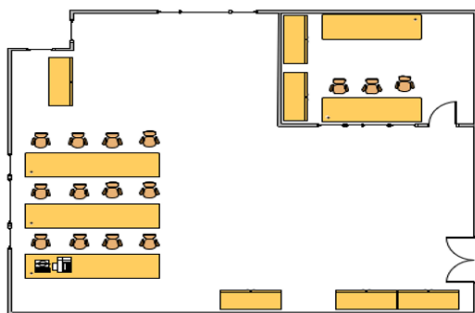
P. Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)

SCADA merupakan *software* yang mempunyai fungsi untuk melakukan kontrol atau kendali. *Software* ini mempunyai kelebihan bisa bekerja dari lokasi yang berbeda secara bersamaan untuk mengumpulkan data secara *realtime*. Pengguna dapat menggunakan sistem yang telah dibuat pada SCADA untuk memantau kinerja, meningkatkan performa peralatan dan mengambil tindakan melalui indikator yang ada pada tampilan SCADA[22].

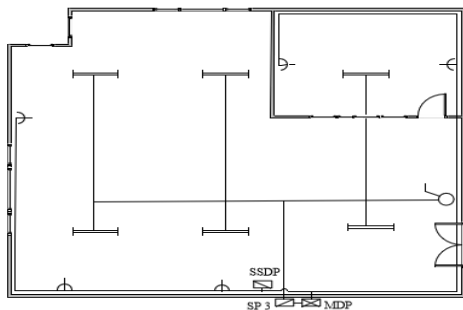
III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Survei Lapangan

Berdasarkan *survey* lapangan di Laboratorium EBT Teknik Elektro ITN Malang diketahui *layout* laboratorium EBT seperti Gambar 12. *Survey* yang telah dilakukan meliputi pengecekan lampu penerangan, beban peralatan listrik dan lain sebagainya, laboratorium EBT Teknik Elektro ITN Malang memiliki 2 panel distribusi terdiri dari panel penerangan (SP 3) dan panel daya (SSDP) penempatan panel tersebut seperti seperti Gambar 13.



Gambar 12. Layout Laboratorium EBT



Gambar 13. Wiring Diagram Laboratorium EBT

Lampu penerangan dan beban peralatan listrik pada laboratorium EBT disuplai dari panel yang berbeda. Panel lampu penerangan terlihat pada Gambar 14 terletak di dekat tangga menuju lantai dua gedung laboratorium Teknik Elektro ITN Malang sedangkan panel daya seperti Gambar 15 berada di dalam laboratorium EBT. Untuk mengantisipasi terjadi gangguan, panel lampu penerangan

dan panel daya dipisah dengan tujuan supaya tidak mempengaruhi keduanya.



Gambar 14. Panel Lampu Penerangan Laboratorium EBT

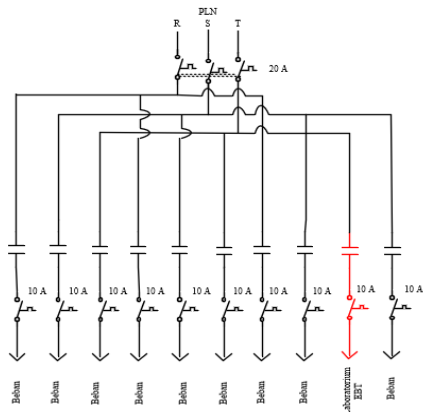


Gambar 15. Panel Daya Laboratorium EBT

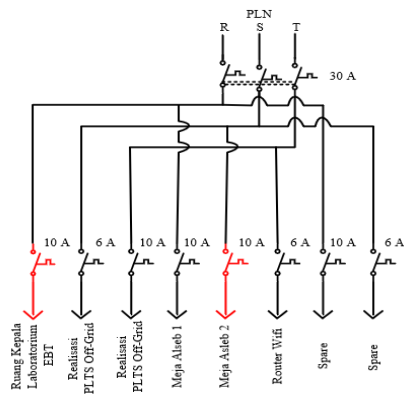
BAS yang diterapkan di gedung pengajaran dan gedung laboratorium Teknik Elektro ITN Malang menggunakan mikrokontroler berjenis ATMEL 89S51. Mikrokontroler jenis ini memiliki beberapa kelebihan seperti kompatibel, bekerja secara fleksibel, harganya murah sehingga banyak digunakan diberbagai sistem aplikasi. Saat ini sebagian dari mikrokontroler tersebut mulai diganti dengan PLC Outseal.

Panel listrik yang menyuplai lampu penerangan untuk laboratorium EBT Teknik Elektro ITN Malang saat ini dapat bekerja dengan baik. Jarang terjadi kerusakan atau permasalahan pada panel tersebut, komponen relay yang terpasang dapat beroperasi dengan baik. Perawatan yang dilakukan pada relay cukup mudah dengan cara membersihkannya dari debu. Namun untuk kontrolnya sudah tidak berfungsi, banyak kabel-kabel penghubung yang putus, sehingga saat ini sudah tidak digunakan lagi.

Setelah mengetahui panel yang mensuplai listrik di Laboratorium EBT, selanjutnya mencari jalur lampu penerangan dan daya outlet yang akan dikontrol. Pada panel penerangan dan panel daya yang akan dikontrol ditandai warna merah seperti Gambar 16 dan Gambar 17.



Gambar 16. Wiring Diagram Panel Lampu Penerangan



Gambar 17. Wiring Diagram Panel Daya

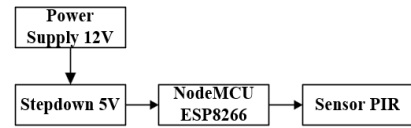
Tabel 1 menunjukkan beberapa jenis beban aktif dan hampir setiap hari dioperasikan di Laboratorium EBT.

Tabel 1. Data Beban Laboratorium EBT

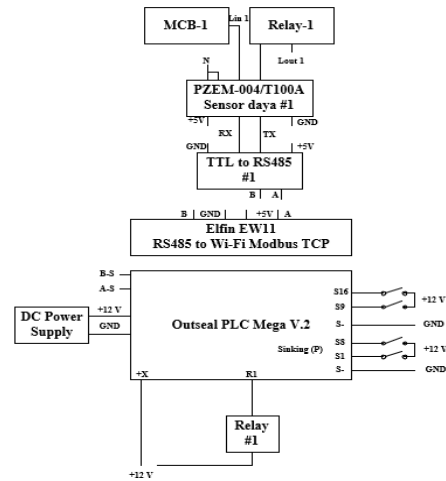
No	Peralatan Listrik	Jumlah	Daya (Watt)	Dikontrol	
				Ya	Tidak
1	Lampu TL	9	16	✓	
2	Kipas Angin	1	80	✓	
3	Komputer	1	250		✓
4	Air Conditioner	2	1900		✓
5	Pompa Air	1	375		✓
6	Router Wifi	3	18		✓
7	Printer	1	10	✓	
8	Handphone	3	10	✓	
9	Speaker	1	100	✓	
10	Laptop	3	65	✓	

B. Rancangan Sistem

Terdapat tiga rancangan yang akan dibuat untuk mendukung penelitian ini, yaitu sensor pendeteksi gerakan, rancangan sistem pada panel lampu penerangan dan rancangan sistem pada panel daya. Gambar 18 merupakan rancangan sensor pendeteksi gerakan.

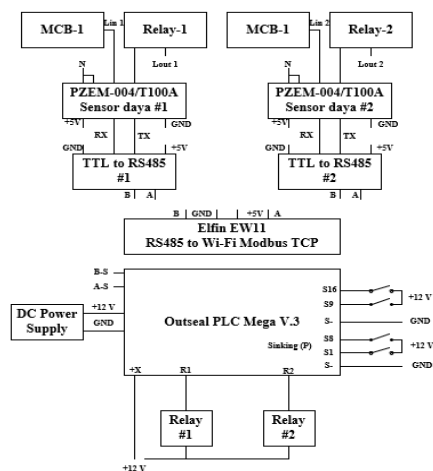


Gambar 18. Rancangan Sensor Pendeteksi Gerakan



Gambar 19. Rancangan Sistem Panel Lampu Penerangan

Gambar 19 merupakan rancangan sistem dari panel lampu penerangan, rancangan tersebut menggunakan komponen seperti PLC Outseal mega V.2, sensor PZEM-004T digunakan untuk mengukur tegangan, arus, daya dan energi. Modul TTL to RS485 bertujuan untuk mengubah komunikasi TX dan RX menjadi A dan B, serta penambahan modul elfin EW11 dilakukan untuk mengonversi komunikasi dari RS485 ke TCP/IP, dengan adanya modul elfin EW11, proses transmisi data menjadi *wireless*, efisiensi dan fleksibilitas dalam pengiriman informasi.

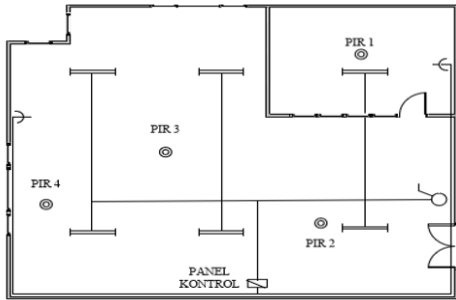


Gambar 20. Rancangan Sistem Panel Daya

Gambar 20 merupakan rancangan sistem untuk panel daya sama seperti rancangan panel lampu penerangan hanya saja PLC yang digunakan berbeda, PLC yang digunakan

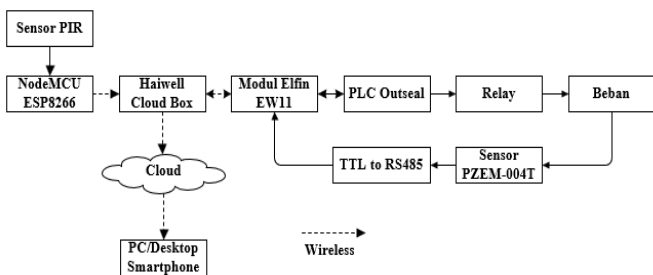
yaitu PLC Outseal Mega V.3. Panel lampu penerangan menggunakan PLC Outseal Mega V.2 karena diameternya lebih kecil.

Berdasarkan *layout* laboratorium EBT, terdapat empat titik yang akan di pasang okupansi, Gambar 21 merupakan tata letak deteksi okupansi di Laboratorium EBT.



Gambar 21. Tata Letak Okupansi Laboratorium EBT

C. Blok Diagram



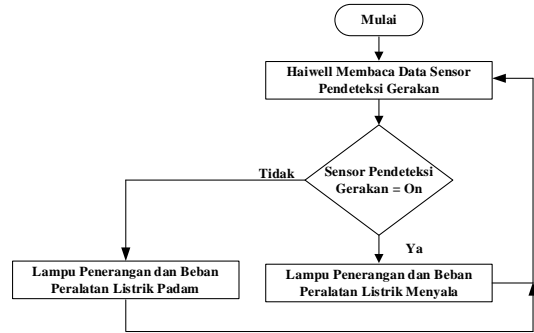
Gambar 22. Blok Diagram

Untuk sistem kerja blok diagram seperti terlihat di Gambar 22 diatas, ketika sensor PIR mendeteksi gerakan maka data gerakan akan dikirim melalui Wifi NodeMCU ESP8266 menggunakan protokol modbus TCP/IP ke perangkat Haiwell *Cloud Box*, kemudian Haiwell mengirim perintah ke PLC untuk mengaliri arus listrik ke relay yang nantinya akan menyalakan lampu penerangan dan sumber beban peralatan listrik. Nilai tegangan, arus, daya, dan energi yang dimiliki beban dibaca oleh PZEM-004T yang tersambung menggunakan TTL to RS485 ke modul Elfin EW11. Data yang terbaca ini akan dikirim secara *wireless* oleh Modul Elfin EW11 ke *cloud* oleh Haiwell dan dapat ditampilkan ke *pc/desktop* maupun *smartphone*. Data *real time* hasil pengukuran dapat di *monitoring* dan didownload dari jarak jauh.

D. Flowchart

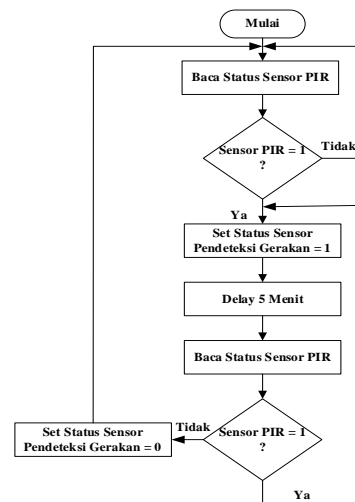
Terdapat 2 flowchart yang berbeda, Gambar 23 merupakan flowchart sistem secara keseluruhan sedangkan Gambar 24 merupakan flowchart sensor pendeteksi gerakan, sensor pendeteksi gerakan adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi gerakan dalam laboratorium EBT. Sensor pendeteksi gerakan merupakan gabungan dari power supply, step down, NodeMCU ESP8266 dan sensor PIR seperti

Gambar 18 sedangkan PIR merupakan modul dari sensor gerak.



Gambar 23. Flowchart Sistem

Untuk cara kerja flowchart seperti Gambar 23, Haiwell membaca data dari sensor pendeteksi gerakan, jika sensor pendeteksi gerakan = On maka lampu penerangan dan beban peralatan listrik menyala sedangkan jika tidak lampu penerangan dan beban peralatan listrik padam.



Gambar 24. Flowchart Pendeteksi Gerakan

Cara kerja flowchart sensor pendeteksi gerakan seperti Gambar 24 yaitu NodeMCU ESP8622 membaca status dari sensor PIR, jika sensor PIR = 1 maka NodeMCU ESP8266 mengeset status sensor pendeteksi gerakan = 1, kemudian ada *delay* 5 menit, waktu *delay* ini untuk mempertahankan nilai 1 pada status sensor, jika sensor PIR = 0 maka NodeMCU ESP8266 mengeset status sensor menjadi nilai 0.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Rancangan Sistem

Gambar 25 dibawah merupakan hasil rancangan sensor pendeteksi gerakan.



Gambar 25. Hasil Rancangan Sensor Pendeteksi Gerakan



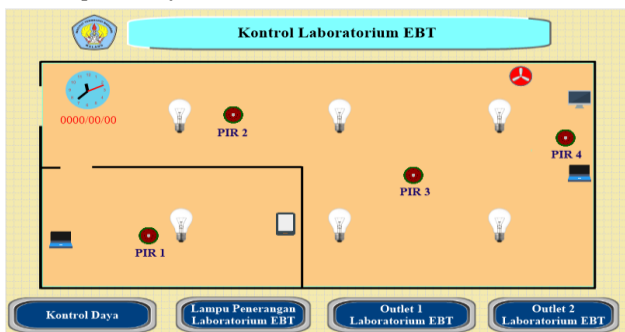
Gambar 26 Hasil Rancangan Sistem Panel Lampu Penerangan



Gambar 27 Hasil Rancangan Sistem Panel Daya

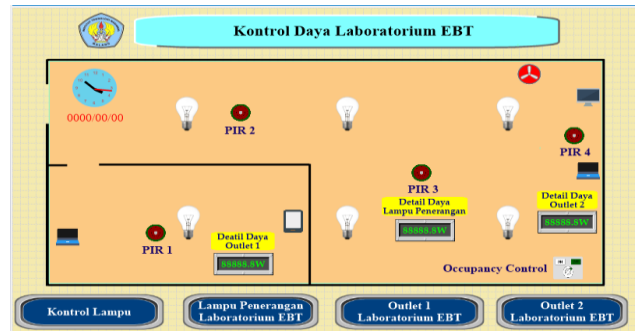
Terdapat 2 panel yang telah dirancang, Gambar 26 merupakan rancangan sistem untuk panel lampu penerangan dan Gambar 27 merupakan rancangan sistem untuk panel daya.

B. Tampilan Software SCADA



Gambar 28. Halaman Utama SCADA

Halaman utama software SCADA seperti Gambar 28 diatas berfungsi untuk *monitoring* penggunaan energi laboratorium EBT Teknik Elektro ITN Malang.



Gambar 29. Monitoring Daya Listrik

Halaman lain yang digunakan untuk *monitoring* penggunaan energi laboratorium EBT secara *real time* seperti Gambar 29. Data konsumsi energi tersebut bisa di download dan *histori* pemakaiannya dapat diunduh dalam format Excel.

C. Pengujian Jarak Deteksi Sensor PIR

Sensor PIR adalah sensor deteksi gerak, sensor PIR yang digunakan memiliki tingkat sensitivitas jarak yang bisa di atur pada potensiometer yang dimilikinya. Pada pengujian jarak deteksi sensor PIR dilakukan sebanyak 3 kali dengan jarak antara sensor PIR dibuat bervariasi, Tabel 2 merupakan hasil pengujian jarak deteksi dari sensor PIR.

Tabel 2. Pengujian Jarak Deteksi Sensor PIR

No	Jarak (m)	Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3
1	1	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
2	2	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
3	3	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
4	4	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
5	5	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
6	6	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi

Setelah melakukan beberapa pengujian dapat disimpulkan bahwa sensor PIR yang digunakan sebagai pendeteksi gerakan di laboratorium EBT memiliki jarak deteksi maksimal 5 m.

D. Pengujian Pengukuran Pada Tampilan SCADA Dan kWh Meter Digital

Tabel 3. Perbandingan Nilai Tegangan Tampilan SCADA dan kWh Meter Digital

No	Beban	Tampilan kWh Meter (V)	Tampilan SCADA (V)	Selisih (%)
1	Handphone 15W	233.0	237.7	4.700
2	Lampu LED 23W	232.0	233.5	1.500
3	Kipas Angin 80W	227.8	228.5	0.700
4	Laptop 65W	232.9	234.2	1.300
5	Printer 10W	230.0	231.0	1.000
Rata-Rata (%)				1.840

Tabel 3 merupakan perbandingan hasil pengukuran nilai tegangan pada tampilan SCADA dan nilai tegangan pada

tampilan kWh Meter Digital diketahui nilai rata-rata selisih sebesar 1.840%.

Tabel 4. Perbandingan Nilai Arus Tampilan SCADA dan kWh Meter Digital

No	Beban	Tampilan kWh Meter (I)	Tampilan SCADA (I)	Selisih (%)
1	Handphone 10W	0.049	0.042	0.007
2	Lampu LED 23W	0.099	0.098	0.001
3	Kipas Angin 80W	0.351	0.350	0.001
4	Laptop 65W	0.279	0.277	0.002
5	Printer 10W	0.043	0.043	0.000
Rata-Rata (%)				0.002

Tabel 4 merupakan perbandingan hasil pengukuran nilai arus di tampilan SCADA dan nilai arus pada tampilan kWh Meter Digital diketahui nilai rata-rata selisih sebesar 0.002%.

E. Skema Rancangan

1. Skema I : Kondisi Saat Ini sebelum adanya manajemen energi. Nilai energi akan diambil dari *software* SCADA dengan *interval* waktu setiap 5 menit sekali selama satu 1 hari. nilai akan diakumulasi rata-rata per jam, sehingga didapatkan konsumsi energi hariannya.
2. Skema II : Berbasis Okupansi setelah adanya manajemen energi. Nilai energi akan diambil dari *software* SCADA sebagai acuan perhitungan. Rancangan sistem manajemen energi didasarkan pada gerakan orang yang ada di dalam laboratorium EBT, dimana pada umumnya aktivitas penggunaan laboratorium tersebut yaitu dari jam 08.00 hingga sekitar hingga jam 18.00 pada hari perkuliahan.

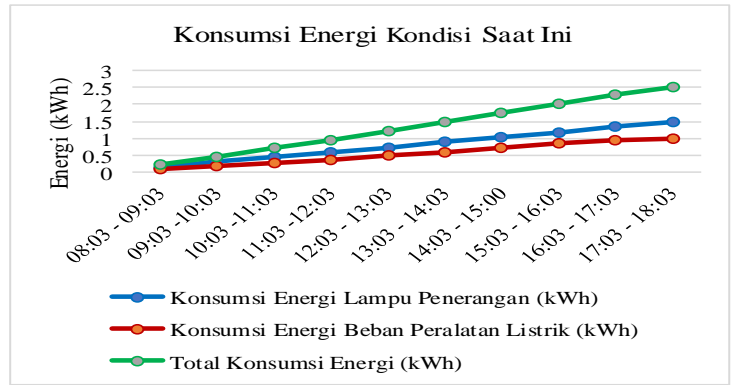
F. Konsumsi Energi Listrik Skema I Kondisi Saat Ini

Data konsumsi energi laboratorium EBT pada kondisi saat ini sebelum adanya sistem manajemen energi tanggal 15 Januari 2024.

Tabel 5. Konsumsi Energi Laboratorium EBT Kondisi Saat Ini

No	Waktu	Konsumsi Energi Lampu Penerangan (kWh)	Konsumsi Energi Beban Peralatan Listrik (kWh)	Total Konsumsi Energi (kWh)
1	08:03 - 09:03	0.1483	0.0792	0.2275
2	09:03 - 10:03	0.2967	0.1694	0.4661
3	10:03 - 11:03	0.4451	0.2640	0.7091
4	11:03 - 12:03	0.5935	0.3707	0.9642
5	12:03 - 13:03	0.7419	0.4781	1.2200
6	13:03 - 14:03	0.8903	0.5891	1.4794
7	14:03 - 15:00	1.0386	0.7121	1.7507
8	15:03 - 16:03	1.1868	0.8366	2.0234
9	16:03 - 17:03	1.3350	0.9301	2.2651
10	17:03 - 18:03	1.4833	1.0093	2.4926

Tabel 5 merupakan tabel konsumsi energi laboratorium EBT kondisi saat ini selama satu hari sebesar 2.4926 kWh.



Gambar 30. Grafik Konsumsi Energi Laboratorium EBT Kondisi Saat Ini

Gambar 30 merupakan grafik konsumsi energi laboratorium EBT kondisi saat ini selama satu hari. Dapat terlihat dari grafik konsumsi energi terus meningkat setiap jamnya.

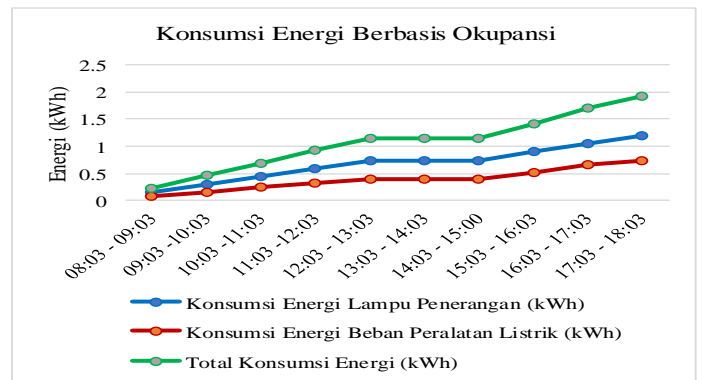
G. Konsumsi Energi Listrik Skema II Berbasis Okupansi

Data konsumsi energi laboratorium EBT berbasis okupansi setelah adanya sistem manajemen energi tanggal 16 Januari 2024.

Tabel 6. Konsumsi Energi Laboratorium EBT Berbasis Okupansi

No	Waktu	Konsumsi Energi Lampu Penerangan (kWh)	Konsumsi Energi Beban Peralatan Listrik (kWh)	Total Konsumsi Energi (kWh)
1	08:03 - 09:03	0.1483	0.0778	0.2261
2	09:03 - 10:03	0.2965	0.1553	0.4518
3	10:03 - 11:03	0.4448	0.2462	0.6910
4	11:03 - 12:03	0.5931	0.3226	0.9157
5	12:03 - 13:03	0.7413	0.4022	1.1435
6	13:03 - 14:03	0.7413	0.4022	1.1435
7	14:03 - 15:00	0.7413	0.4022	1.1435
8	15:03 - 16:03	0.8895	0.5242	1.4137
9	16:03 - 17:03	1.0378	0.6591	1.6969
10	17:03 - 18:03	1.1861	0.7353	1.9214

Tabel 6 merupakan tabel konsumsi energi laboratorium EBT berbasis okupansi selama satu hari sebesar 1.9214 kWh.



Gambar 31. Grafik Konsumsi Energi Laboratorium EBT Berbasis Okupansi

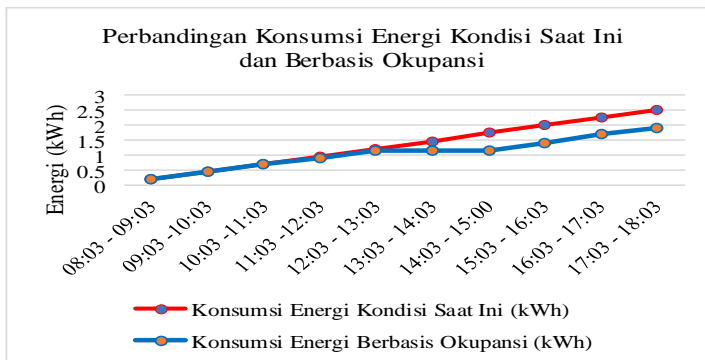
Gambar 31 merupakan grafik konsumsi energi laboratorium EBT berbasis okupansi selama satu hari, dapat terlihat konsumsi energi pada jam 12.03 hingga jam 15.03 konsumsi energi stabil, hal ini dikarenakan pada saat itu laboratorium EBT sedang tidak ada orang, sehingga lampu penerangan dan beban peralatan listrik tidak digunakan.

H. Analisa Perbandingan

Tabel 7 merupakan tabel perbandingan konsumsi energi kondisi saat ini sebelum adanya manajemen energi dan konsumsi energi berbasis okupansi setelah adanya manajemen energi.

Tabel 7. Perbandingan Konsumsi Energi

No	Waktu	Konsumsi Energi Kondisi Saat Ini (kWh)	Konsumsi Energi Berbasis Okupansi (kWh)
1	08:03 - 09:03	0.2275	0.2261
2	09:03 - 10:03	0.4661	0.4518
3	10:03 - 11:03	0.7091	0.6910
4	11:03 - 12:03	0.9642	0.9157
5	12:03 - 13:03	1.2200	1.1435
6	13:03 - 14:03	1.4794	1.1435
7	14:03 - 15:00	1.7507	1.1435
8	15:03 - 16:03	2.0234	1.4137
9	16:03 - 17:03	2.2651	1.6969
10	17:03 - 18:03	2.4926	1.9214



Gambar 32. Grafik Perbandingan Konsumsi Energi

Gambar 32 merupakan grafik perbandingan konsumsi energi kondisi saat ini dengan konsumsi energi berbasis okupansi. Terdapat perubahan nilai konsumsi energi yang cukup signifikan.

Berdasarkan data konsumsi energi kondisi saat ini dan data konsumsi energi berbasis okupansi, didapatkan persentase penghematan sebesar :

Tabel 8. Persentase Penghematan

No	Skema	Total Konsumsi Energi (kWh)	Penghematan (%)
1	Kondisi Saat Ini	2.4926	23
2	Berbasis Okupansi	1.9214	

Tabel 8 menunjukkan persentase penghematan sistem manajemen energi berbasis okupansi. Sistem memberikan penghematan sebesar 23%.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian sistem manajemen energi berbasis okupansi yang telah dilakukan di laboratorium EBT didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini okupansi yang digunakan adalah sensor PIR, berdasarkan *layout* laboratorium EBT, okupansi dipasang sebanyak empat titik.
2. Cara kerja sistem dari penelitian ini yaitu Haiwell membaca data dari sensor pendeteksi gerakan, jika sensor pendeteksi gerakan = On maka lampu penerangan dan beban peralatan listrik menyala, jika tidak lampu penerangan dan beban peralatan listrik padam, dan Haiwell kembali membaca data dari sensor pendeteksi gerakan.
3. Untuk mengetahui upaya penghematan, sistem manajemen energi berbasis okupansi dirancang dengan dua skema. Skema I kondisi saat ini yang merupakan kondisi sebelum adanya manajemen energi dan skema II berbasis okupansi merupakan kondisi setelah adanya manajemen energi.
4. Sistem manajemen energi berbasis okupansi, memberikan penghematan sebesar 23%. Hal ini dikarenakan seluruh daya listrik padam ketika tidak ada orang didalam laboratorium EBT.

Saran

Berdasarkan hasil rancangan sistem manajemen energi berbasis okupansi di laboratorium EBT, diketahui masih ada kelemahan, untuk mengatasi kelemahan tersebut perlu adanya penambahan dan pengembangan untuk kedepannya.

Okupansi yang telah terapkan saat ini dapat digantikan dengan yang lebih baik, seperti kamera thermal, pada panel lampu penerangan dan panel daya dapat menambahkan *switch* untuk mengantisipasi jika terjadi permasalahan pada sistem. Sehingga jika terjadi permasalahan pada sistem aliran pada panel penerangan dan panel daya dapat dibuka menggunakan *switch* yang telah terpasang.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Ayu Kartika, J. Pupuk Raya, and K. Timur, "Analisis Konsumsi Energi Dan Program Konservasi Energi (Studi Kasus: Gedung Perkantoran Dan Kompleks Perumahan Ti)".
- [2] M. Azhar and D. Adam Satriawan, "Implementasi Kebijakan Energi Baru Dan Energi Terbarukan Dalam Rangka Ketahanan Energi Nasional," 2018.
- [3] "RUPTL-PLN-2018-2027".
- [4] P. Gagani Chamdareno and G. Setiyo Budi, "Studi Penggunaan Sistem Otomasi Terintegrasi Gedung (Building Automation System) Pada Apartemen," *Jurnal Elektum*, Vol. 15, No. 2.
- [5] D. Sayoga, D. Purba, S. T. Kusuma, and F. C. Hasibuan, "Pengembangan Sistem Deteksi Occupancy Menggunakan Computer Vision Untuk Smart Building

- dan Automation Development of Occupancy Detection Using Computer Vision For Smart Building and Automation.”
- [6] S. Suhono *Et Al.*, “Rancang Bangun Kios Minuman Dengan Konsep Container Booth Bertenaga Surya.” *Jurnal Eltikom*, Vol. 6, No. 1, Pp. 56–64, Jan. 2022, Doi: 10.31961/Eltikom.V6i1.539.
- [7] M. A. R. dan S. Riadi, “Audit Konsumsi Energi Untuk Mengetahui Peluang Penghematan Energi Pada Gedung PT Indonesia Caps and Closures,” *Jurnal Pasti*, Vol. 10, No. 69, 2016.
- [8] R. K. Dewi, “Perancangan Dan Implementasi Jaringan Fiber Optik Untuk Sistem Monitoring Dan Pengendalian Bas (Building Automation System).”
- [9] Great Britain., *XYZ Act 1998 : Elizabeth II. Chapter 9999*. Stationery Office, 1998.
- [10] V. Hendarto, M. Utomo, and D. Widodo, “Sistem Otomatisasi Penyalaaan Lampu Ruang Kelas Berdasarkan Kehadiran Orang Dengan Menerapkan Sensor Passive Infrared Receiver.”
- [11] T. Sulistyorini, N. Sofi, And E. Sova, “Pemanfaatan Nodemcu Esp8266 Berbasis Android (Blynk) Sebagai Alat Alat Mematikan dan Menghidupkan Lampu,” *Juit*, Vol. 1, No. 3, 2022.
- [12] E. P. Sitohang *et al.*, “Rancang Bangun Catu Daya DC Menggunakan Mikrokontroler ATmega 8535,” *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 7, no. 2, 2018.
- [13] E. Suryawati and R. Sustika, “Perangkat Lunak HMI Untuk Sistem Supervisory Control Pada Pilot Plant Biodiesel,” 2010.
- [14] R. Bahtiar Putra, P. Aryunto Soetedjo, I. Budi Sulistiawati, and M. Institut Teknologi Nasional, “Perancangan Perangkat Keras Sistem Otomasi Energi Listrik Di Gedung Laboratorium Teknik Elektro ITN Malang.”
- [15] B. Gemilang, L. Nurlaela, and Y. Saragih, “Implementasi Outseal PLC pada Automatic Duck Egg Washing Machine,” 2020.
- [16] M. Saleh and M. Haryanti, “Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Relay,” 2017.
- [17] S. Anwar, T. Artono, and J. Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang, “Pengukuran Energi Listrik Berbasis PZEM-004T,” *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, vol. 3, no. 1, 2019.
- [18] D. Untoro Suwarno, “Sistem Monitoring Untuk Berbagai Variabel Elektronis Menggunakan Protokol Modbus Dan Komunikasi RS485,” 2021.
- [19] N. A. Pratama and T. Andrasto, “Komunikasi Pada Robot Swarm Pemadam Api Menggunakan Protokol Modbus.” [Online]. Available: www.robot-electronics.co.uk
- [20] T. Tosin, “Perancangan dan Implementasi Komunikasi Rs485 Dengan Menggunakan Protokol Modbus RTU dan Modbus TCP Pada Sistem Pick-By-Light,” *Komputika : Jurnal Sistem Komputer*, Vol. 10, No. 1, Pp. 85–91, Mar. 2021, Doi: 10.34010/Komputika.V10i1.3557.
- [21] A. Supriyono, M. J. Afroni, and O. Melfazen, “Penerapan Scada Berbasis IoT Untuk Simulator Kontrol Panel Pada Contoh Kasus PLTMH.” [Online]. Available: https://188.166.206.43/Karg0bha_Jiureqnbelqq
- [22] A. Handoko, E. Erizal, and Y. Chadirin, “Design of Scada System (Supervisory Control and Data Acquisition) on Water Treatment Plant in Cihideung River at Bogor Agricultural University,” *Jurnal Keteknik Pertanian*, vol. 05, no. 2, pp. 1–10, Aug. 2017, doi: 10.19028/jtep.05.2.129-136.

VII. BIODATA PENULIS



Muhammad Sofyan, lahir di Dumai, 18 Mei 2002. Ia menyelesaikan pendidikan SLTA di SMKN 6 Dumai dengan jurusan Teknik Instalasi Tenaga Listrik pada tahun 2020, dan pada tahun yang sama ia melanjutkan pendidikan tinggi di Institut Teknologi Nasional Malang dengan mengambil Program Studi Teknik Elektro S1 peminatan Teknik Energi Listrik yang berfokus pada bidang energi baru terbarukan. Penulis dapat dihubungi melalui email: sfynmhmd18@gmail.com