

Rancangan Sistem Manajemen Energi Listrik di Lantai Dua Gedung Laboratorium Teknik Elektro ITN Malang

¹Dyah Erika Mining Aurora Zulfani, ²Prof. Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST., MT., ³Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.

Institut Teknologi Nasional Malang, Malang, Indonesia

¹dyaherikazulfani@gmail.com, ²aryuanto@lecturer.itn.ac.id, ³widodo_pm@lecturer.itn.ac.id

Building Automation System (BAS) telah menjadi salah satu kemajuan teknologi dalam bidang kelistrikan dengan tujuan otomatisasi gedung, meningkatkan kenyamanan pengguna, sekaligus mengurangi biaya konsumsi energi listrik. ITN Malang merupakan salah satu instansi yang telah menerapkan *Building Automation System (BAS)*. Pada pengembangan terbarunya, sistem kelistrikan di gedung ITN Malang, tepatnya di Gedung Laboratorium Teknik Elektro telah terintegrasi secara realtime dengan software SCADA, namun belum dilengkapi dengan sistem manajemen energi baik pada sistem kelistrikan sebelumnya maupun pada kondisi existing saat ini. Metode yang digunakan adalah dengan pengumpulan data di lapangan, melakukan audit energi, dan merancang sistem manajemen energi menggunakan 5 (lima) macam sistem penjadwalan yang berbeda. Sistem penjadwalan digunakan sebagai metode perancangan karena memiliki variasi yang berbeda dan mampu menghasilkan konsumsi energi yang lebih hemat daripada konsumsi energi pada kondisi existing yang mencapai 2203.12 kWh/bulan. Rancangan manajemen energi menggunakan 5 (lima) jenis sistem penjadwalan berbeda, yaitu Skema I Kondisi Existing, Skema II Jam Ajar Akademisi, Skema III Jam Kerja, Skema IV Penghematan pada Penerangan, dan Skema IV Jam Aktif Harian Mahasiswa. Setiap sistem penjadwalan terbukti lebih hemat dari kondisi existing, masing – masing secara berurutan dari Skema II sampai Skema IV menghasilkan penghematan sebesar 18 persen, 34 persen, 15 persen, dan 14 persen.

Kata Kunci : BAS, sistem manajemen energi listrik, audit energi, SCADA

I. PENDAHULUAN

Seiring berjalannya waktu, tenaga listrik menjadi salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan sehari - hari. Hal ini dapat dilihat dari adanya kemajuan teknologi, seperti pengembangan alat - alat elektrik yang berbahan bakar listrik sebagai penggerakannya. Konsumsi tenaga listrik nasional mengalami pertumbuhan rata - rata 6.7% per tahun selama kurun waktu 2012 - 2016 [1]. Akan tetapi, walaupun mengalami perkembangan yang pesat dan telah menjadi kebutuhan primer bagi masyarakat, penggunaan energi listrik seringkali belum maksimal disebabkan pemakaian yang tidak tepat guna. Faktanya, peluang penghematan energi baik di sektor industri maupun sektor bangunan dan komersial di Indonesia cukup besar, rata – rata sekitar 10 – 30% [2]. Untuk mengontrol dan memaksimalkan pemakaian energi listrik, saat ini banyak

gedung - gedung yang telah menerapkan *Building Automation System (BAS)*.

Building Automation System (BAS) atau sistem otomatisasi gedung yang mencakup penggabungan antara sistem kelistrikan, mekanik, serta peralatan mikroprosesor yang saling berkomunikasi satu sama lain serta ke komputer [3]. BAS dianggap sebagai solusi untuk otomatisasi bangunan, sebab menawarkan potensi untuk peningkatan efisiensi energi, terutama untuk mengurangi pemborosan dalam pemakaian energi listrik yang disebabkan oleh kelalaian pengguna [4].

Institut Teknologi Nasional Malang khususnya Jurusan Teknik Elektro merupakan salah satu instansi pendidikan yang telah menerapkan BAS pada propertinya. Hal ini dapat dilihat dari penggunaan mikrokontroler di setiap panel penerangan, baik di Gedung Pengajaran maupun di Gedung Laboratorium. Saat ini, *minimum system* yang terpasang pada sistem kelistrikan Gedung Laboratorium Teknik Elektro ITN Malang telah diperbarui menggunakan PLC OUTSEAL MEGA V3 sebagai kontroler – nya. Protokol komunikasinya sendiri menggunakan modul Elfin EW11 *Serial Converter Modbus RS485 to WiFi* yang mendukung koneksi *wireless* antar panel listrik. Selain itu, pengembangan lain yang diterapkan pada sistem kelistrikan gedung ini adalah penggunaan sensor daya PZM-004T untuk mengukur tegangan AC, daya aktif, frekuensi, *power factor*, dan energi yang digunakan. Namun, BAS yang ditanamkan pada sistem kelistrikan di Gedung Laboratorium Jurusan Teknik Elektro ITN Malang ini belum memiliki sistem manajemen energi listrik yang sesuai, baik sistem kelistrikan yang lama maupun pengembangannya sekarang. Apabila tidak dirancang suatu sistem manajemen energi listrik, maka bisa saja penggunaan energi listrik tidak mengalami penghematan atau justru mengalami pembengkakan karena pemakaian energi yang tidak dikontrol.

Sistem manajemen energi gedung beberapa kali diangkat menjadi topik penelitian, contohnya dalam penelitian Manajemen Energi Penggunaan Pendingin Udara Pada Gedung Perkantoran Universitas Islam Malang (2018) oleh Ainun Zakiyah. Dalam penelitian ini, konsumsi energi listrik untuk pemakaian AC mengalami pengurangan dari 8113,7 kWh/bulan menjadi sekitar 4056,8 kWh/bulan. Diperoleh efisiensi energi sebesar 50% setelah dilakukan manajemen energi berupa penjadwalan penggunaan AC

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah yang akan dihadapi adalah sebagai berikut :

- 1) Bagaimana merancang sistem manajemen energi listrik di Lantai Dua Gedung Laboratorium Teknik Elektro ITN Malang?
- 2) Bagaimana cara menganalisis konsumsi energi listrik pada sistem manajemen energi listrik menggunakan 4 macam skema yang telah dirancang?

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- 1) Untuk merancang sistem manajemen energi listrik di Lantai Dua Gedung Laboratorium Teknik Elektro ITN Malang menggunakan metode penjadwalan
- 2) Untuk melakukan analisa konsumsi energi listrik pada berbagai skema rancangan manajemen energi listrik berdasarkan metode penjadwalan yang berbeda – beda, yaitu : Skema Jam Kerja Harian, Skema Jadwal Ajar Akademisi, Skema Penghematan Energi Penerangan, dan Skema Survey Aktivitas Laboratorium
- 3) Untuk mengetahui perencanaan upaya penghematan konsumsi energi listrik menggunakan berbagai metode penjadwalan yang berbeda – beda.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Daya Listrik

Daya dapat diartikan sebagai besaran energi yang diperlukan untuk melakukan usaha. Satuan yang dipakai untuk mendefinisikan daya adalah Watt. Daya listrik dapat dicari dengan persamaan (1) :

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

Di mana :

P = daya (Watt)

I = arus (Ampere)

V = tegangan (V)

Nilai daya (Watt) memberikan tingkat energi yang dikonsumsi atau yang diproduksi dan jumlah total energi yang dikonsumsi oleh sebuah alat adalah satuan Watt yang dikalikan dengan durasi penggunaan alat tersebut sehingga energi listrik dapat dinyatakan dalam satuan Watt-hours (Wh) atau kiloWatt-hours (kWh) [5]. Energi dapat diperoleh menggunakan rumus persamaan (2) :

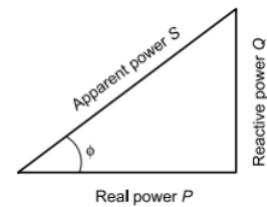
$$Energy = P \times t \tag{2}$$

Di mana :

P = daya (Watt)

t = waktu (hour)

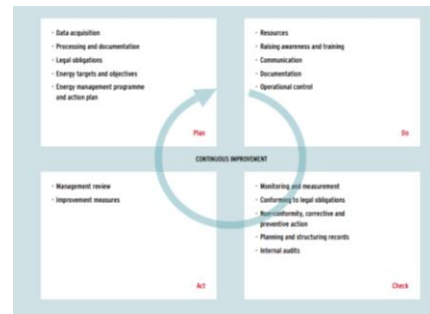
Secara umum, daya diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu daya nyata, daya reaktif, dan daya semu. Hubungan ketiga daya ini dapat digambarkan menggunakan segitiga daya :



Gambar 1. Segitiga Daya

B. Manajemen Energi

Manajemen energi diartikan sebagai fungsi teknis dan manajemen untuk melakukan pendataan, memantau, memeriksa, mengontrol, dan bahkan mengganti aliran energi dalam sistem energi sehingga energi dapat digunakan dengan efisiensi yang maksimum [6]. Penerapan Sistem Manajemen Energi sendiri berpatokan pada standar yang berlaku, yaitu ISO 50001 Energy Management. ISO 50001:2011 menjadi standar sistem manajemen energi yang pertama kali dipublikasikan dan berlaku secara internasional setelah European EN 16001. Mengacu pada ISO 50001, sistem manajemen energi mengikuti siklus PDCA (*Plan-Do-Check-Action*) untuk perbaikan berkelanjutan terhadap proses atau sistem [7].



Gambar 2. Siklus PDCA (ISO 50001:A Guide for Companies & Organizations)

C. Audit Energi

Audit energi merupakan bagian dari sistem manajemen energi. Audit energi, terdiri dari serangkaian kegiatan, merupakan pemeriksaan teknis (*technical review*) terhadap energi yang digunakan di seluruh gedung terkait. Hasil audit energi dapat memberikan gambaran atau asumsi terhadap pengurangan / penghematan biaya terhadap konsumsi energi di waktu yang akan datang.

D. Building Automation System (BAS)

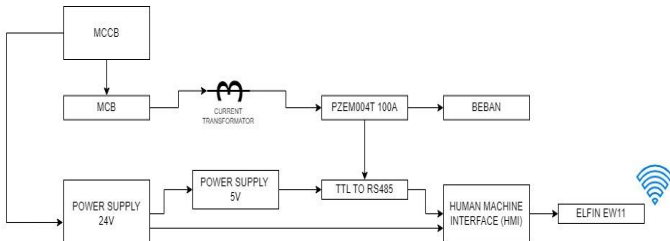
Building Automation System atau biasa juga disebut *Building Control System* atau *Building Management System* adalah sistem kontrol terdistribusi atau Distributed Control System (DCS) yang menghubungkan berbagai jenis sistem secara bersamaan ke satu set kontrol [8]. BAS merupakan infrastruktur bangunan yang memanfaatkan teknologi dan jaringan informasi untuk mengatur, mengontrol, dan melakukan monitoring penggunaan energi listrik untuk penghematan energi listrik. Penerapan BAS yang tepat dapat memberikan banyak manfaat, meliputi penggunaan energi yang efisien dan optimal, keamanan perusahaan, kontrol terhadap sumber daya energi, kontrol terhadap kondisi pemakaian energi dalam gedung, serta mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan.

E. Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)

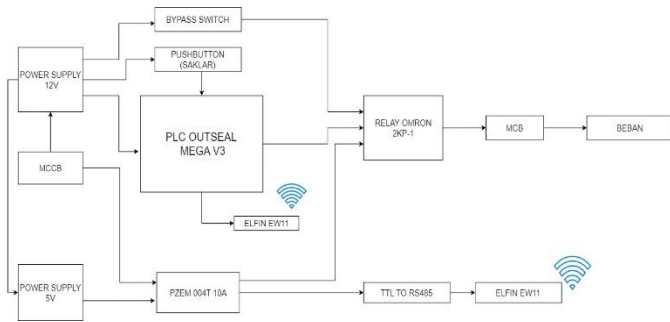
SCADA adalah perangkat lunak untuk proses kontrol dan sistem kendali. Perangkat lunak ini mampu mengumpulkan data secara *realtime* dari berbagai lokasi yang berbeda secara bersamaan untuk mengendalikan kerja peralatan serta kondisinya. Teknisi atau mungkin pengguna dapat menggunakan sistem yang ditawarkan oleh SCADA ini untuk meningkatkan performa pada peralatan industri, menjaga, memantau kinerja, dan mengambil keputusan apabila terjadi kesalahan pada peralatan melalui pesan yang tampil pada sistem SCADA.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Blok Diagram Alat



Gambar 3. Blok Diagram Panel Daya



Gambar 4. Blok Diagram Panel Lampu

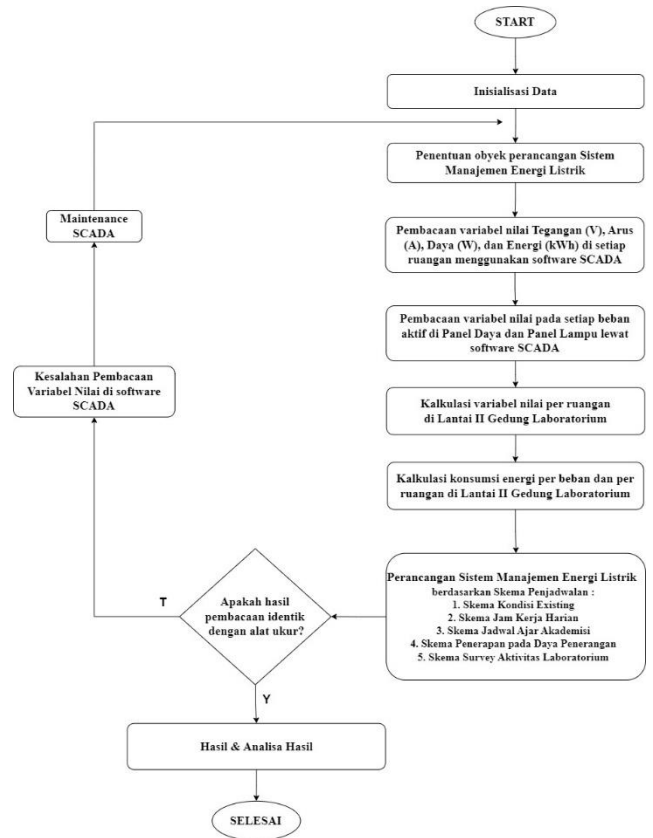
B. Studi Kasus

Untuk merancang sistem manajemen energi listrik di sistem kelistrikan Lantai II Gedung Laboratorium Teknik Elektro ITN Malang, maka penulis akan menggunakan metode penjadwalan yang dibagi menjadi 4 jenis skema, yaitu :

- Skema Jam Kerja Harian
- Skema Jadwal Ajar Akademisi
- Skema Penghematan pada Energi Penerangan
- Skema Survey Aktivitas / Jam Aktif Mahasiswa

Keempat jenis skema tersebut merupakan modifikasi dari Kondisi *Existing* penggunaan tenaga listrik di Lantai II Gedung Laboratorium Teknik Elektro ITN Malang, yang histori pemakaiannya tercatat di sistem SCADA. Kondisi *Existing* dijadikan sebagai nilai acuan / nilai pembandingan untuk keempat skema lainnya, sehingga total skema yang diteliti pada penelitian ini adalah 5 jenis skema.

C. Alur Penelitian

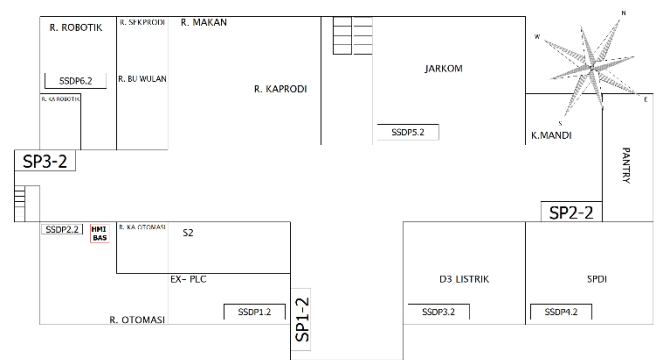


Gambar 5. Flowchart Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Kelistrikan Lantai II Gedung Laboratorium Teknik Elektro ITN Malang

Main Distribution Panel (MDP) ada di setiap gedung dan akan mendistribusikan aliran listrik menuju Distribution Panel yang ada di setiap lantai, dan panel daya per ruangan diatur dan didistribusikan melalui SP dan SSDP. Gambar 6 merupakan denah dan layout panel kelistrikan Lantai II Gedung Laboratorium.



Gambar 6. Denah & Layout Panel Kelistrikan Lantai II

Table I dan Table II merupakan data panel distribusi yang ada di Lantai II. Panel penerangan ditandai dengan nama SP sementara panel daya yang terletak di setiap ruangan dinamai dengan SSDP.

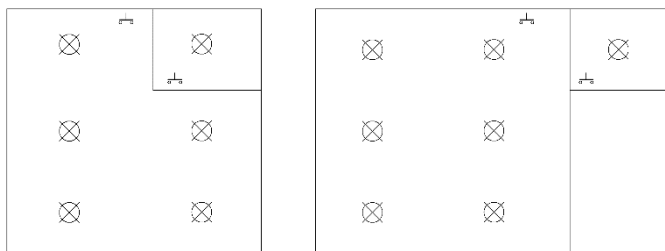
TABLE I. PANEL PENERANGAN DI LANTAI II

Panel Penerangan (SP)	Beban Yang Tersambung
SP1.2 (Panel Penerangan depan Lab. PLC)	Ruang PLC
	Laboratorium dan Ruang Kepala Otomasi Industri & Robotika
	Ruang Kaprodi S2
	Lampu Koridor Tengah
SP2.2 (Panel Penerangan depan Lab. SPDI)	Laboratorium dan Ruang Kepala D3 Listrik
	Laboratorium dan Ruang Kepala SPDI
	Laboratorium dan Ruang Kepala Jaringan Komunikasi
	Toilet
	Pantry (Gudang)
	Koridor Samping
SP3.2 (Panel Penerangan depan Lab. Robotika)	Laboratorium dan Ruang Kepala Robotika
	Ruang Sekretaris Prodi
	Ruang Admin Prodi
	Dapur Prodi
	Ruang Kaprodi Teknik Elektro S1

TABLE II. PANEL DAYA DI LANTAI II

Panel Daya	Lokasi
SSDP1.2	Laboratorium PLC
SSDP2.2	Laboratorium Otomasi Industri & Robotika
SSDP3.2	Laboratorium D3 Listrik
SSDP4.2	Laboratorium SPDI
SSDP5.2	Laboratorium Jaringan Komunikasi
SSDP6.2	Laboratorium Robotika

Gambar 7 menunjukkan *layout* penerangan di beberapa laboratorium di Lantai Dua Gedung Laboratorium Teknik Elektro. Saklar di Ruang Ka. Lab berjumlah satu dan mengontrol 1 beban lampu, sedangkan saklar ruang laboratorium mengontrol sejumlah 5 – 6 lampu di ruangan tersebut secara paralel. Seluruh lampu dalam satu ruangan laboratorium, kecuali Ruang Kepala Lab terkait, akan dianggap sebagai satu beban, bukan beban yang terpisah.



Gambar 7. Layout Lampu Dalam Ruang

Berdasarkan audit energi yang telah dilakukan di lapangan, didapatkan data beban listrik yang ada di Lantai II Gedung Laboratorium seperti pada Table III :

TABLE III. DATA BEBAN DI LANTAI II

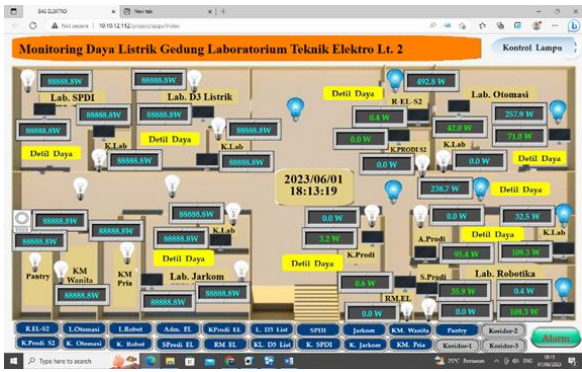
No	Ruangan	Beban	Daya / unit (Watt)	Jumlah Unit	Rusak	
					Ya	Tidak
1	Laboratorium Otomasi Industri & Robotika	Lampu TL	40	6		V
		Komputer	300	4		V
		AC	900	2	V	
2	Ruang Kepala Lab. Otomasi Industri & Robotika	Lampu TL	40	1		V
		Komputer	300	1		V
3	Laboratorium Robotika	Lampu TL	40	5		V
		Mesin Gerinda	180	1		V
		Mesin Press	550	1		V
		AC	900	2	V	
4	Ruang Kepala Lab. Robotika	Lampu TL	40	1		V
5	Ruang Admin Prodi	Lampu TL	40	2		V
		Komputer	300	3		V
		Microwave	500	1		V
		Mesin Fax	110	1		V
		Kulkas	100	1		V
6	Ruang Sekretaris Prodi	Lampu TL	40	2		V
		Lampu TL	40	1		V
7	Dapur Prodi	Rice Cooker	50 – 300	1		V
8	Ruang Kaprodi Elektro S1	Lampu TL	40	3		V
9	Ruang Kaprodi Elektro S2	Lampu TL	40	2		V
10	Ruang PLC	Lampu TL	40	6		V
		AC	900	2	V	
11	Laboratorium Jaringan Komputer	Lampu TL	40	5		V
		AC	900	2	V	
		Komputer	300	10		V
12	Ruang Kepala Lab. Jaringan Komputer	Lampu TL	40	1		V
13	Toilet	Lampu Baret	35	3		V
14	Pantry / Gudang	Lampu Baret	35	5	V	
15	Laboratorium Sistem Pengukuran dan Instrumentasi (SPDI)	Lampu TL	40	6		V
		AC	900	2		V
		Komputer	300	1		V
16	Ruang Kepala Lab. SPDI	Lampu TL	40	1		V
17	Laboratorium D3 Listrik	Lampu TL	40	4		V
18	Ruang Kepala Lab. D3 Listrik	Lampu TL	40	2		V
19	Koridor Lantai II	Lampu TL	40	12		V
		Lampu Baret	35	8		
		Downlight	36	14		

B. Data pada Software SCADA

Gambar 8 adalah tampilan *home* pada SCADA yang memungkinkan pengguna untuk mengawasi dan mengontrol secara manual pemakaian tenaga listrik di berbagai ruangan. Gambar 9 adalah bagian lain dari *monitoring* SCADA yang mengizinkan pengguna untuk memantau nilai konsumsi energi listrik secara *realtime* dan mengakses histori setiap pemakaian tenaga listrik. Histori pemakaian ini dapat diunduh dalam bentuk *datasheet* Excel.



Gambar 8. Tampilan Home SCADA



Gambar 9. Tampilan Monitoring Daya Listrik

C. Skema Rancangan

1) Skema I Kondisi Existing : Kondisi ini merupakan kondisi acuan dari skema lainnya. Nilai daya diambil dari software SCADA dengan interval 5 menit sekali selama 5 hari kerja (Kamis, 25/05 - Rabu, 31/06). Nilai dikalkulasi rata-rata perjam dan perhari sehingga didapatkan konsumsi daya hariannya.

2) Skema II Jam Kerja Harian : Rancangan sistem manajemen energi listrik didasarkan pada pola jam kerja harian, yaitu pukul 07.00 - 16.00 dengan asumsi bahwa di atas jam 16.00 gedung telah dikosongkan dan tidak ada aktivitas lagi. Selain itu, rancangan sistem manajemen energi didasarkan pada perilaku penghuni laboratorium terkait, di mana setiap laboratorium memiliki jenis aktivitas yang berbeda sehingga pemakaian daya listriknya pun berbeda.

3) Skema III Jadwal Ajar Akademisi : Rancangan sistem manajemen energi didasarkan pada jam ajar harian dosen yang didapatkan dari Kalender Akademik Prodi Teknik Elektro S-1. Apabila dosen mengajar, maka ruangan Ka. Lab tersebut akan kosong dan penerangan bisa dimatikan untuk menghemat energi listrik.

4) Skema IV Penerapan pada Daya Penerangan : Pada skema ini, manajemen energi terletak pada pengaturan daya penerangan dengan menargetkan pengurangan pemakaian daya penerangan pada ruangan-ruangan yang jarang digunakan, di luar jam kerja, tidak berpenghuni, atau yang saklarnya rusak sehingga hanya bisa dimatikan melalui panel.

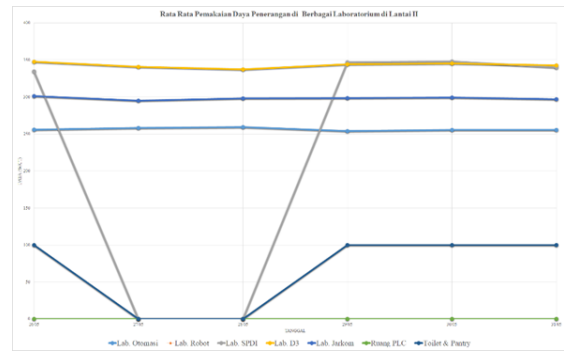
5) Skema V Survey Aktivitas Laboratorium : Rancangan sistem manajemen energi listrik didasarkan pada pola jam aktif harian yang berbeda antara mahasiswa dan dosen, di mana dosen umumnya selesai beraktivitas dan meninggalkan ruangan pukul 15.00, sementara mahasiswa aktif di laboratorium hingga sekitar pukul 19.00 pada hari-hari kerja.

D. Konsumsi Energi Listrik Skema I Kondisi Existing

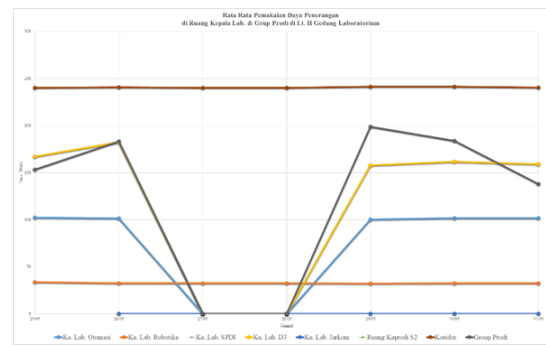
Gambar 10 dan Gambar 11 menunjukkan pemakaian daya penerangan selama satu minggu. Data menunjukkan beberapa ruangan menggunakan daya penerangan sepanjang hari tanpa henti bahkan di luar hari kerja.

Table IV menunjukkan konsumsi energi listrik pada kondisi existing tanpa adanya sistem manajemen energi listrik. Total konsumsi energi harian mencapai 78.67 kWh, konsumsi energi per minggunya 550.78 kWh, dan konsumsi energi per bulannya

mencapai 2203.12 kWh. Konsumsi energi mingguan merupakan konsumsi energi *real* termasuk pada hari-hari weekend atau libur.



Gambar 10. Pemakaian Daya Penerangan di Berbagai Ruang Laboratorium di Lantai II



Gambar 11. Pemakaian Daya Penerangan di Berbagai Ruang Ka. Lab Akademisi di Lantai II

TABLE IV. KONSUMSI ENERGI LISTRIK SKEMA I

No.	Ruangan	Konsumsi Energi Harian (kWh)	Konsumsi Energi /minggu (kWh)	Konsumsi Energi /Bulan (kWh)
1	Laboratorium Otomasi Industri & Robotika	5.29	37.10	148.38
2	Ruang Ka. Lab. Otomasi Industri & Robotika			
3	Laboratorium Robotika	12.49	87.42	349.68
4	Ruang Ka. Lab. Robotika			
5	Laboratorium SPDI	16.82	117.76	471.02
6	Ruang Ka. Lab. SPDI			
7	Laboratorium D3 Listrik	13.18	92.27	369.08
8	Ruang Ka. Lab. D3 Listrik			
9	Laboratorium Jaringan Komunikasi	8.45	59.13	236.53
10	Ruang Ka. Lab. Jarkom			
11	Ruang PLC & Kaprodi S2 Elektro	4.59	32.16	128.63
12	Grup Prodi	10.75	75.28	301.12
13	Koridor Lantai II	5.13	35.92	143.68
14	Toilet & Pantry	1.96	13.75	55.00
Total Konsumsi Energi (kWh)		78.67	550.78	2203.12

E. Konsumsi Energi Listrik Skema II Jam Kerja Harian

Table V menunjukkan konsumsi energi listrik dari Skema II. Dengan menggunakan skema ini, penggunaan energi listrik bisa dimaksimalkan pada jam kerja dan diminimalkan di luar jam kerja, terutama pada penggunaan daya penerangan.

TABLE V. KONSUMSI ENERGI LISTRIK SKEMA II

No.	Ruangan	Konsumsi Energi Harian (kWh)	Konsumsi Energi /minggu (kWh)	Konsumsi Energi /Bulan (kWh)
1	Laboratorium Otomasi Industri & Robotika	3.68	25.77	103.08
2	Ruang Ka. Lab. Otomasi Industri & Robotika			
3	Laboratorium Robotika	4.47	31.30	125.20
4	Ruang Ka. Lab. Robotika			
5	Laboratorium SPDI	14.49	101.4	405.60
6	Ruang Ka. Lab. SPDI			
7	Laboratorium D3 Listrik	5.75	40.28	161.12
8	Ruang Ka. Lab. D3 Listrik			
9	Laboratorium Jaringan Komunikasi	3.49	24.44	97.76
10	Ruang Ka. Lab. Jarkom			
11	Ruang PLC & Kaprodi S2 Elektro	2.08	14.54	58.16
12	Grup Prodi	10.74	75.15	300.60
13	Koridor Lantai II	5.13	35.92	143.68
14	Toilet & Pantry	2.14	15	60.00
Total Konsumsi Energi (kWh)		51.97	363.80	1455.20

F. Konsumsi Energi Listrik Skema III Jadwal Ajar Akademisi

Table VI menunjukkan adanya perubahan konsumsi energi yang cukup signifikan, walaupun perubahan hanya berasal dari pengurangan konsumsi energi penerangan Ruang Kepala Laboratorium yang disesuaikan dengan jam ajar masing-masing. Hal ini membuktikan bahwa manajemen terhadap daya penerangan juga bisa memberikan *impact* terhadap konsumsi energi bulanan di sebuah gedung.

G. Konsumsi Energi Listrik Skema IV Penerapan pada Daya Penerangan

Table VII menunjukkan konsumsi energi listrik yang diperoleh dari skema yang memfokuskan penghematan pada pemakaian daya penerangan saja dan tidak diterapkan pada pemakaian daya outlet listrik di ruangan – ruangan.

TABLE VI. KONSUMSI ENERGI LISTRIK SKEMA III

No.	Ruangan	Konsumsi Energi Harian (kWh)	Konsumsi Energi / minggu (kWh)	Konsumsi Energi/Bulan (kWh)
1	Laboratorium Otomasi Industri & Robotika	5.16	36.09	144.36
2	Ruang Ka. Lab. Otomasi Industri & Robotika			
3	Laboratorium Robotika	12.49	87.42	349.68
4	Ruang Ka. Lab. Robotika			
5	Laboratorium SPDI	17.11	119.79	479.16
6	Ruang Ka. Lab. SPDI			
7	Laboratorium D3 Listrik	3.06	21.39	85.56
8	Ruang Ka. Lab. D3 Listrik			
9	Laboratorium Jaringan Komunikasi	8.45	59.13	236.52
10	Ruang Ka. Lab. Jarkom			
11	Ruang PLC & Kaprodi S2 Elektro	0.05	0.32	1.28
12	Grup Prodi	10.73	75.15	300.60
13	Koridor Lantai II	5.13	35.92	143.68
14	Toilet & Pantry	1.96	13.75	55.00
Total Konsumsi Energi (kWh)		64.13	448.96	1795.84

TABLE VII. KONSUMSI ENERGI LISTRIK SKEMA IV

No.	Ruangan	Konsumsi Energi Harian (kWh)	Konsumsi Energi /minggu (kWh)	Konsumsi Energi /Bulan (kWh)
1	Laboratorium Otomasi Industri & Robotika	4.27	29.90	119.61
2	Ruang Ka. Lab. Otomasi Industri & Robotika			
3	Laboratorium Robotika	10.72	75.07	300.28
4	Ruang Ka. Lab. Robotika			
5	Laboratorium SPDI	16.82	117.76	471.02
6	Ruang Ka. Lab. SPDI			
7	Laboratorium D3 Listrik	8.38	58.69	234.75
8	Ruang Ka. Lab. D3 Listrik			
9	Laboratorium Jaringan Komunikasi	4.95	34.67	138.66
10	Ruang Ka. Lab. Jarkom			
11	Ruang PLC & Kaprodi S2 Elektro	2.46	17.19	68.75
12	Grup Prodi	10.73	75.28	301.12
13	Koridor Lantai II	5.13	35.92	143.68
14	Toilet & Pantry	1.68	23.55	94.20
Total Konsumsi Energi (kWh)		65.15	468.02	1872.06

H. *Konsumsi Energi Listrik Skema V Survey Aktivitas Laboratorium / Jam Aktif Mahasiswa*

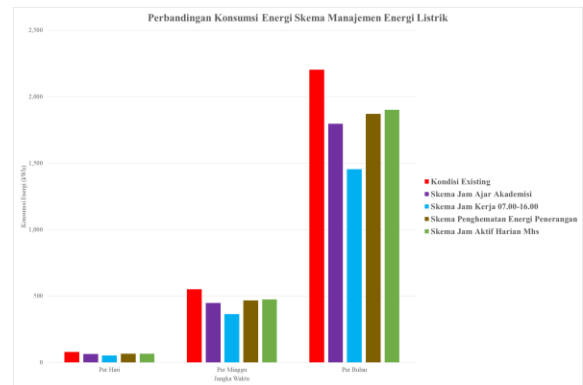
TABLE VIII. KONSUMSI ENERGI LISTRIK SKEMA V

No.	Ruangan	Konsumsi Energi Harian (kWh)	Konsumsi Energi / minggu (kWh)	Konsumsi Energi / Bulan (kWh)
1	Laboratorium Otomasi Industri & Robotika	4.10	28.69	114.78
2	Ruang Ka. Lab. Otomasi Industri & Robotika			
3	Laboratorium Robotika	11.52	80.64	322.56
4	Ruang Ka. Lab. Robotika			
5	Laboratorium SPDI	17.735	124.15	496.60
6	Ruang Ka. Lab. SPDI			
7	Laboratorium D3 Listrik	8.384	58.69	234.76
8	Ruang Ka. Lab. D3 Listrik			
9	Laboratorium Jaringan Komunikasi	4.978	34.85	139.40
10	Ruang Ka. Lab. Jarkom			
11	Ruang PLC & Kaprodi S2 Elektro	1.88	13.13	52.53
12	Grup Prodi	10.75	75.28	301.12
13	Koridor Lantai II	4.65	32.53	130.12
14	Toilet & Pantry	1.95	27.3	109.20
Total Konsumsi Energi (kWh)		65.94	475.27	1901.06

I. *Analisa Perbandingan*

TABLE IX. PERBANDINGAN KONSUMSI ENERGI LISTRIK

Perbandingan Konsumsi Energi (kWh)					
Waktu	Sebelum	Setelah Rancangan Sistem Manajemen Energi			
	Skema I Kondisi Existing	Skema II Jam Aktif Harian	Skema III Jadwal Ajar	Skema IV Penerapan pada Penerangan	Skema V Jam Aktif Mahasiswa
Per hari (kWh)	78.67	51.97	64.13	65.15	65.94
Per minggu (kWh)	550.78	363.80	448.96	468.02	475.27
Per bulan (kWh)	2203.12	1455.20	1795.84	1872.06	1901.06



Gambar 12. Grafik Perbandingan Konsumsi Energi Listrik 5 Jenis Skema

TABLE X. PERSENTASE PENGHEMATAN

No	Jenis Rancangan	Konsumsi Energi Listrik/bln (kWh)	Penghematan
1	Skema Jam Ajar Akademisi	1795.84	18%
2	Skema Jam Kerja (07.00 - 16.00)	1455.20	34%
3	Skema Penghematan pada Energi Penerangan	1872.06	15%
4	Skema Jam Aktif Harian	1901.06	14%

V. PENUTUP

A. *Kesimpulan*

1) Ada lima jenis rancangan sistem manajemen energi listrik yang dibuat. Kelima jenis skema ini menggunakan penjadwalan yang berbeda dan menghasilkan konsumsi energi listrik yang berbeda pula.

2) Rancangan sistem manajemen energi listrik yang dibuat adalah Skema I Kondisi Existing yang juga merupakan kondisi acuan atau pembanding terhadap skema penjadwalan lainnya, Skema II Jam Kerja, Skema III Jam Ajar Akademisi, Skema IV Penerapan pada Energi Penerangan, dan Skema V Jam Aktif Harian Mahasiswa. Modifikasi dan perbedaan terletak pada pengaturan konsumsi daya penerangan dan daya outlet yang disesuaikan dengan menargetkan pengurangan konsumsi energi di jam – jam aktif dan di ruangan yang tidak digunakan.

3) Potensi penghematan terbesar diperoleh dari Skema II Jam Kerja Harian dengan konsumsi energi listrik sebesar 145..20 kWh dan menghemat konsumsi energi listrik hingga 34%, diikuti skema lain berturut – turut yaitu Skema III sebesar 18%, Skema IV sebesar 15%, dan Skema V sebesar 14%.

4) Selain rancangan sistem manajemen energi listrik, audit energi rutin dan *maintenance* terhadap peralatan serta sistem kelistrikan dapat menjadi faktor berkurangnya konsumsi energi listrik.

B. Saran

1) Metode yang digunakan dapat digantikan dengan metode lain yang lebih baik, contohnya dengan PDCA dan penerapan langsung pada properti kelistrikan.

2) Terdapat beberapa titik beban yang nilainya belum akurat di SCADA, sehingga perlu dikaji lagi.

3) Terdapat beberapa titik beban yang tidak berfungsi atau tidak efisien pemakaiannya sehingga meningkatkan kelalaian pengguna terhadap penghematan energi listrik.

4) Rancangan sistem manajemen energi yang paling efektif dapat diterapkan di Lantai II Gedung Laboratorium karena sudah sesuai dengan pola aktivitas mahasiswa setiap harinya, akan tetapi perlu diingat bahwa nilai mungkin akan mengalami perubahan sesuai dengan aktivitas dan intensitas pemakaian energi listrik.

VI. REFERENSI

- [1] RUPTL PT. PLN (Persero) 2018 - 2027, 2018
- [2] Otoritas Jasa Keuangan, Buku Pedoman Pembiayaan Proyek Efisiensi Energi di Industri Untuk Lembaga Jasa Keuangan, Jakarta: Otoritas Jasa Keuangan (OJK), 2015
- [3] Global Connex Indonesia, "Global Connex Indonesia," [Online]. Available: <https://globalconnex.co.id/news-building-automationsystem.php>.
- [4] P. G. Chamdareno, Budiyanto and G. S. Budi, "STUDI PENGGUNAAN SISTEM OTOMASI TERINTEGRASI GEDUNG (BUILDING AUTOMATION SYSTEM) ADA APARTEMEN," Jurnal Elektum, vol. Vol. 15 No. 2, p. 51, 2018

- [5] A. v. Meier, Electric Power Systems A Conceptual Introduction, California: A JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION, 2005
- [6] A. Ghurri, Konsep Manajemen Energi, Bali: Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, 2016.
- [7] W. Kahlenborn, S. Kabisch, J. Kiein, I. Richter and S. Schürmann, Energy Management Systems in Practice ISO 50001: A Guide for Companies and Organisations, Berlin Germany: Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU), 2012
- [8] P. Handhayani, "Toms.id," Toms by Telkom Indonesia, 23 Desember 2022. [Online]. Available: <https://toms.id/buildingautomation-system/>. [Accessed 9 Juli 2023].

VII. BIODATA PENULIS



Dyah Erika Mining Aurora Zulfani lahir di Banyuwangi, 27 Maret 2001 merupakan mahasiswa kelulusan tahun 2023 Institut Teknologi Nasional Malang Fakultas Teknologi Industri Program Studi Teknik Elektro S-1 dengan peminatan Teknik Energi Listrik. Sebelumnya, Dyah merupakan alumni dari SMK Negeri 1 Glagah dengan jurusan Teknik Elektronika Industri. Bidang yang saat ini digeluti Dyah adalah teknik elektro, PLC, Microsoft, serta *digital marketing*. Email Dyah di dyaherikazulfani@gmail.com.