

PERANCANGAN SISTEM SCADA BEBAN PENERANGAN PADA PROTOTYPE GEDUNG A TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DIPONEGORO

Rizky Adi Nugraha^{*)}, Sumardi, dan Aris Triwiyatno

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jalan Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}Email: nugraha.adi.rizky@gmail.com

Abstrak

Penggunaan energi listrik secara berlebihan memiliki dampak buruk yaitu meningkatnya penggunaan sumber energi. Salah satu bentuk penggunaan energi listrik secara berlebihan adalah penggunaan beban penerangan secara berlebihan. Contohnya adalah penggunaan energi listrik di gedung umum. Kesadaran pengguna umum mengenai penghematan energi listrik sangat kurang. Pada penelitian ini sistem SCADA diaplikasikan pada beban penerangan *prototype* gedung A Teknik Elektro Universitas Diponegoro. Melalui sistem SCADA yang dirancang, kondisi beban dapat dipantau dan dikontrol. Perangkat pengontrol yang digunakan adalah PLC Omron seri CPM1A. HMI pada PC yang dibuat menggunakan CX Supervisor 3.0. Fungsi dari HMI adalah menampilkan kondisi beban penerangan pada *prototype*. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah data lama aktifnya tiap beban. Penghematan yang dihasilkan sistem yang telah dirancang dalam 1 hari, minggu dan bulan masing-masing adalah sebesar 8.941,65 rupiah, 53,892,25 rupiah dan 215.569,00 rupiah.

Kata kunci: SCADA, PLC, energi listrik, beban penerangan, CX-Supervisor.

Abstract

Use of electrical energy excessively has a negative effect is the increased use of energy sources . One form of excess electrical energy usage is use of lighting load excessively . An example is the use of electrical energy in public buildings . General user awareness about saving electricity is very less . In this thesis, a SCADA system applied to building a prototype lighting load of Electrical Engineering University Diponegoro . The SCADA system is designed , load conditions can be monitored and controlled . Control devices used are Omron PLC CPM1A series . HMI on a PC that was made using CX Supervisor 3.0. HMI is a function of display lighting load conditions on the prototype . The results obtained from this study is the run time of data each load . The savings generated by the system that has been designed in 1 day , week and month respectively amounted to 8.941,65 , 53.892,25 and 215.569,00 rupiah.

Kata kunci: SCADA, PLC, energi listrik, beban penerangan, CX-Supervisor.

1. Pendahuluan

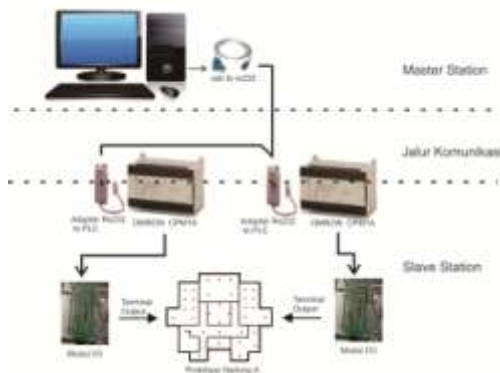
Kebijakan hemat energi adalah salah satu kebijakan yang dikeluarkan oleh pemerintah demi mengurangi konsumsi energi yang meningkat secara nasional. Salah satu langkah nyata yang sudah dilakukan adalah banyaknya himbauan hemat dalam menggunakan listrik. Hal ini dianggap menjadi solusi cukup efektif karena dalam penyediaan energi listrik diperlukan sumber daya yang besar. Hingga akhir tahun 2011 tercatat sudah ada 45.895.145 pelanggan dengan peningkatan sebesar 8,15% dari tahun sebelumnya^[8]. Sistem SCADA adalah salah satu sistem pada kawasan industri yang berfungsi sebagai wadah dalam melakukan proses pengawasan dan pengontrolan terhadap sebuah *plant* dengan cakupan wilayah yang luas^[1]. Dalam penelitian ini dirancang

sistem SCADA yang memiliki fungsi sebagai sistem *monitoring* dan pengontrolan terhadap beban penerangan sebuah gedung umum. Gedung umum yang dimaksud adalah beban penerangan pada *prototype* dari Gedung A Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Sistem SCADA dirancang untuk *monitoring* dan pengontrolan kondisi beban penerangan secara *supervisor*.

2. Metode

2.1. Perancangan Sistem SCADA

Sistem SCADA yang dipakai untuk melakukan *monitoring* dan pengontrolan pada *prototype* dibagi kedalam 3 subbagian yaitu:



Gambar 1 Rancangan sistem SCADA

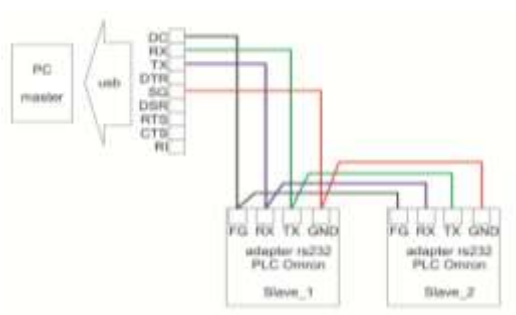
2.1.1. Master Station

Master Station sebagai wadah bagi operator untuk melakukan *monitoring* dan pengontrolan *prototype*. Komponen yang terdapat pada *master station* berupa *personal computer* (PC)/laptop dengan layar LCD sebagai media untuk *Human Machine Interface* (HMI) yang akan menampilkan kondisi sistem penerangan pada *prototype*, *tool-tool* proses *monitoring* dan pengontrolan *prototype* baik secara manual atau otomatis dan *harddisk* sebagai media penyimpanan database penerangan *prototype*. Port keluaran dari PC yang difungsikan dalam komunikasi protokol berupa serial RS232.

2.1.2. Protokol Komunikasi

Protokol komunikasi dirancang dalam bentuk *straight line*. Saat PC yang bertindak sebagai *master* melakukan inialisasi awal pada *slave* melalui sebuah *query* berisi *slave address* maka *slave* akan memberikan *response* bahwa *slave* sedang dipanggil untuk melakukan komunikasi. Terdapat dua buah *slave* pada rancangan sistem SCADA ini dengan masing-masing *slave address* diatur pada PLC melalui pengaturan *name address*.

Gambar 2 adalah rancangan protokol komunikasi yang digunakan pada sistem SCADA penelitian ini. Karena pada rancangan protokol komunikasi ini memanfaatkan RS232 maka memiliki keterbatasan yaitu jarak antara *master* dan kedua *slave*.



Gambar 2 Rancangan protokol komunikasi

Panjang kabel sangat berpengaruh pada proses perpindahan data sehingga sangat rawan terjadi *lose data*. Namun meskipun demikian secara fungsional protokol komunikasi ini masih mampu melakukan komunikasi *multipoint* pada dua buah PLC.

2.1.3. Slave Station

Pada sisi *slave station* terdapat dua buah *slave* yang masing masing *slave* dikontrol oleh sebuah PLC Omron seri CPM1A. Fungsi dari kedua PLC tersebut adalah sebagai *controller* terhadap sistem penerangan pada *prototype* dan melakukan komunikasi dengan *master*.

2.2. Prototype

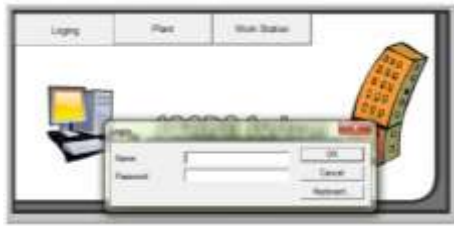
Sistem SCADA pada penelitian ini akan diaplikasikan melalui beban penerangan pada *prototype* gedung A Teknik Elektro Undip. Berdasarkan hasil pengamatan lapangan jenis beban pada *prototype* dibuat hanya mencakup beban lampu penerangan yang direpresentasikan melalui LED. Pada *prototype* beban penerangan yang digunakan adalah LED dengan menggunakan tegangan keluaran terminal *output* dari PLC sebagai pemicunya. Nyala LED bekerja secara aktif low yaitu ketika terminal *output* memiliki polaritas tegangan lebih kecil dari *Vcc input* LED maka LED akan menyala.

2.3. HMI

Pada penelitian ini perubahan kondisi beban penerangan gedung A teknik Elektro fakultas Teknik universitas Diponegoro ditampilkan dalam bentuk tampilan HMI. Tampilan HMI dirancang sederhana sehingga memudahkan *user* dalam penggunaannya. Proses yang dapat dilihat dari tampilan HMI adalah proses *monitoring* dan pengontrolan terhadap beban penerangan. Pada proses *monitoring* kondisi beban penerangan dapat dilihat perubahannya pada masing-masing ruangan tiap lantai.

2.3.1. Halaman Utama

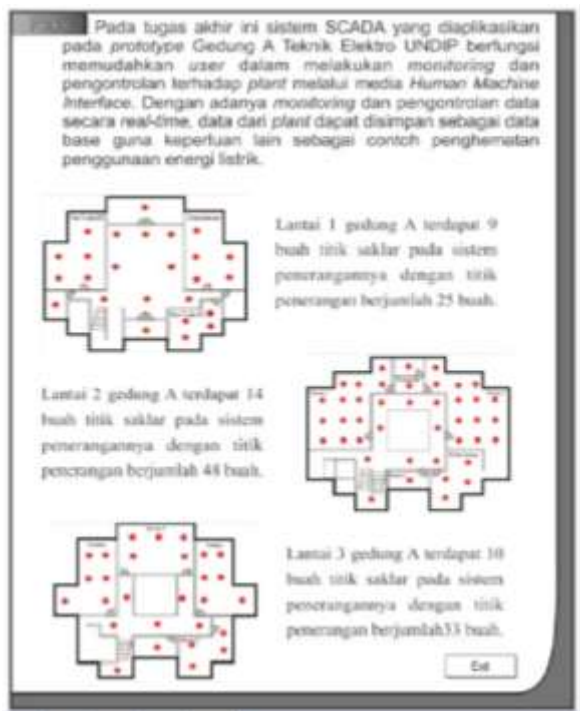
Halaman utama adalah halaman awal yang menghubungkan dengan halaman *work station* dan *plant*. Pada halaman utama akan dirancang untuk keperluan sistem *security*. Untuk membuka akses menuju halaman *work station* diperlukan *login user* yaitu dengan memasukan data "name" dan "password". *User* yang dapat melakukan proses *login* adalah operator dan *engineer*.



Gambar 3 Login Security

2.3.2. Halaman Plant

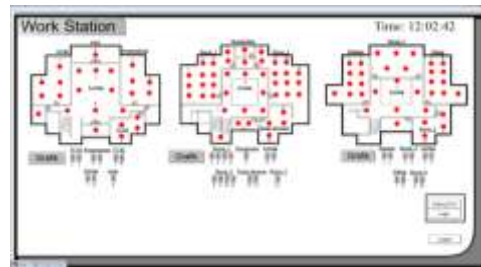
Pada halaman *plant*, informasi yang dimuat adalah kondisi *plant* yang ada dilapangan diantaranya posisi letak beban, jumlah beban dan saklar dan fungsi dibuatnya sistem SCADA pada *plant*.



Gambar 4 Halaman plant

2.3.3. Halaman Kerja

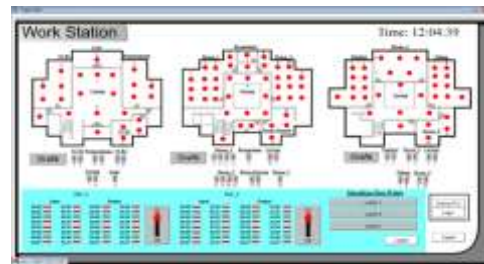
Informasi yang dimuat pada Halaman Kerja adalah kondisi dari semua beban penerangan pada tiap lantai. Pada sisi bawah terdapat panel panel saklar yang berfungsi mengatur nyala beban secara manual pada tiap ruangan. Pada tiap lantai terdapat beberapa objek yaitu saklar, indikator beban penerangan dan tombol menuju halaman data dan engineer. Masing masing objek saklar dan indikator beban penerangan akan diberikan identitas (point) untuk menghubungkan objek dengan alamat terminal pada PLC. Pengalamatan tersebut bertujuan menampilkan kondisi dari terminal tiap PLC sesuai dengan fungsinya melalui objek.



Gambar 5 Halaman kerja

2.3.4. Halaman Engineer

Pada halaman *engineer* memuat beberapa informasi diantaranya mengenai kondisi masing-masing terminal input output pada masing-masing PLC, dua buah saklar untuk mengatur fungsi saklar pada panel HMI dan beberapa tombol input data waktu kerja beban penerangan.



Gambar 6 Halaman engineer

3. Hasil dan Analisis

Pengujian pada tugas akhir ini adalah pengujian pada sistem SCADA meliputi pengujian protokol komunikasi, pengujian proses *monitoring* dan pengontrolan. Manfaat dari proses monitoring dan pengontrolan adalah diperolehnya data yang dapat dipakai untuk menghitung besarnya penghematan tarif listrik. Analisa penghematan tarif listrik dilakukan melalui perhitungan simulasi *monitoring* dan pengontrolan beban penerangan.

3.1 Pengujian Protokol Komunikasi

Pengujian dilakukan dengan tujuan mengetahui respon kontrol PLC terhadap masukan yang diberikan pada sistem. Bentuk pengujian adalah dengan memberikan perintah ketika terminal *input* berlogika 1 maka terminal *output* akan berlogika 1 sehingga beban dalam kondisi ON. Hal tersebut berlaku pada kondisi sebaliknya.

Tabel 1 Hasil pengujian respon slave pada PLC_1

Terminal Input	Terminal Output	Delay (detik)	
		ON	OFF
00.00	10.00	2,1	2,72
00.01	10.01	7,23	6,70

00.02	10.02	3,96	2,50
00.03	10.03	1,90	2,36
00.04	10.04	3,06	4,46
00.05	10.05	2,70	3,23
00.06	10.06	2,06	1,73
00.07	10.07	5,46	6,66
01.00	11.00	5,90	5,96
01.01	11.01	4,23	4,60
01.02	11.02	5,13	5,43
01.03	11.03	4,66	3,40
01.04	11.04	6,00	7,00
01.05	11.05	6,76	6,50
01.06	11.06	6,93	5,80
01.07	11.07	6,03	7,36

Tabel 2 Hasil pengujian respon *slave* pada PLC_2

Terminal Input	Terminal Output	Delay (detik)	
		ON	OFF
00.00	10.00	4,20	5,53
00.01	10.01	5,10	5,40
00.02	10.02	4,36	4,83
00.03	10.03	4,60	4,06
00.04	10.04	6,50	7,53
00.05	10.05	4,73	5,16
00.06	10.06	3,26	4,23
00.07	10.07	3,40	2,56
01.00	11.00	7,30	7,53
01.01	11.01	6,67	7,30
01.02	11.02	7,53	6,43
01.03	11.03	7,36	6,30
01.04	11.04	3,73	2,60
01.05	11.05	2,53	3,73
01.06	11.06	2,53	3,76
01.07	11.07	3,36	4,00

Hasil pengujian respon kedua buah PLC dapat dilihat pada tabel memiliki variasi delay waktu yaitu delay terkecil 1,73 detik dan delay waktu terbesar 7,53 detik. Besar delay tersebut masih dapat ditolerir karena sistem SCADA yang dirancang difungsikan pada beban penerangan yang tidak memerlukan respon cepat dan dalam perhitungan tarif daya satuan waktu yang digunakan adalah jam.

3.2 Pengujian Proses Monitoring

Pengujian *monitoring* dilakukan dengan *monitoring* terhadap perubahan kondisi beban penerangan dilapangan melalui indikator pada *prototype*. Tabel 4.4 adalah hasil pengamatan aktifitas kondisi beban penerangan pada gedung A pada lantai 1.

Tabel 3 Jadwal aktifitas beban penerangan lantai 1

No	Jam															
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p
1											v	v	v	v	v	v
2	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
3	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
4	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
5	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
6											v	v	v	v	v	v
7											v	v	v	v	v	v
8											v	v	v	v	v	v

9	v	v	v	v	v	v
Keterangan						
v = Kondisi beban nyala						
a : 07.00-07.59			b : 08.00-08.59 s.d.			
o : 21.00-21.59			p : 22.00-23.59			

Pengujian *monitoring* dilakukan dengan acuan tabel 3 dan berikut ini adalah hasil dari pengujian yang telah dilakukan

Tabel 4 Hasil analisa lama beban aktif pada lantai 1

no	Ruangan (saklar)	Lama beban aktif (jam)
1	TU R1(1)	13
2	TU R1(2)	12
3	Perpus(1)	12
4	Perpus(2)	15
5	TU R2(1)	8,67
6	TU R2(2)	4,67
7	Lorong(1)	5
8	Lorong(2)	11
9	Latar	12

Dapat dilihat pada tabel 4, Beban_1 (A) adalah beban penerangan pada ruang Tata Usaha R1, mulai aktif pada pukul 17:00:13 dan kembali ke kondisi awal pukul 23:50:13. Data diambil dengan melakukan sampling setiap 10 menit sekali sehingga pada pengujian ini diambil kondisi ideal yaitu perubahan kondisi beban disesuaikan dengan saat waktu sampling data. Hasil yang diperoleh dari pengujian *monitoring* adalah data lama masing-masing beban aktif pada tabel 4 sudah sesuai dengan sample data pada tabel 3.

3.3 Pengujian Pengontrolan

Pengujian pada tahap pengontrolan dilakukan dengan mengaktifkan saklar pada HMI. Bila dilihat pada aktifitas kerja di gedung A, pada pukul 12.00-12.59 adalah waktu istirahat. Mengacu pada hal tersebut maka dapat dibuat sebuah *rule* bahwa operator melakukan pengontrolan secara *sepevrisor* terhadap sistem penerangan pada *prototype* dengan menon-aktifkan semua aktifitas kerja beban penerangan pada pukul 12.00-12.59 melalui saklar HMI. Tabel 5 menunjukkan jadwal aktifitas beban yang diharapkan setelah adanya pengontrolan.

Tabel 5 Jadwal aktifitas beban penerangan lantai 1

n	Jam																
	o	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p
1												v	v	v	v	v	v
2	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
3	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
3	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
4	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
5												v	v	v	v	v	v
6												v	v	v	v	v	v
7												v	v	v	v	v	v
8												v	v	v	v	v	v

Keterangan

v = Kondisi beban nyala

a : 07.00-07.59 b : 08.00-08.59 s.d.

o : 21.00-21.59 p : 22.00-23.59

Pengujian *monitoring* dilakukan dengan acuan tabel 5 dan berikut ini adalah hasil dari pengujian yang telah dilakukan.

Tabel 6 Hasil analisa lama beban aktif pada lantai 1

no	Ruangan (saklar)	Lama beban aktif (jam)
1	TU R1 ⁽¹⁾	13
2	TU R1 ⁽²⁾	8
3	Perpus ⁽¹⁾	9
4	Perpus ⁽²⁾	8
5	TU R2 ⁽¹⁾	7,67
6	TU R2 ⁽²⁾	4,67
7	Lorong ⁽¹⁾	5
8	Lorong ⁽²⁾	11
9	Latar	12

Hasil proses pengontrolan dapat dilihat pada tabel 6. Bila dibandingkan dengan data pada tabel 5 maka pengurangan waktu beban aktif terjadi karena diaktifkannya saklar HMI pada pukul 12.00-12.59. Pengurangan waktu beban aktif terjadi pada beban penerangan ruangan TU R1⁽²⁾, TU R2⁽¹⁾, Perpus⁽¹⁾ dan Perpus⁽²⁾. Jadi hasil yang diperoleh dari pengujian pengontrolan adalah data lama masing-masing beban aktif pada tabel 6 sudah sesuai dengan *sample* data pada tabel 5.

3.4 Perhitungan Tarif Listrik

Pada perhitungan tarif listrik dibutuhkan beberapa nilai variabel. Berikut ini adalah masing-masing nilai variabel yang digunakan pada perhitungan tarif listrik.

1. Daya beban aktif

Pada penelitian ini jenis beban yang digunakan sebagai contoh untuk mencari nilai tarif listrik adalah lampu jenis TL. Lampu TL yang digunakan adalah lampu Philip 15, 18 dan 36 watt.

2. Lama beban aktif

Lama beban aktif adalah waktu beban dalam kondisi aktif yang diperoleh melalui proses *monitoring* yang telah dilakukan. Satuan waktu yang dipakai adalah jam.

3. Tarif per kwh

Jumlah lampu yang digunakan pada *prototype* yang digunakan sebanyak 106 buah. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka total kapasitas daya yang harus disediakan minimal adalah sebesar 3,84 kVA. Sesuai dengan peraturan Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral no 30 tahun 2012, bangunan dengan kegunaan sebagai pelayanan sosial dengan kapasitas daya 3,5-200kVA maka akan dikenakan biaya per kwh sebesar 900 rupiah.

Setelah diperoleh nilai variabel yang diperlukan dalam perhitungan tarif listrik maka selanjutnya perhitungan dapat dilakukan.

3.4.1. Perhitungan Tarif Listrik Satu Hari

Perhitungan tarif listrik terbagi dalam dua bagian yaitu perhitungan tarif listrik pada kondisi normal dan kondisi setelah dilakukan pengontrolan.

Tabel 7 Perhitungan tarif listrik kondisi normal

Ruangan (saklar)	P (watt)	Jumlah Beban	Lama beban aktif (jam)	TDL (Rp)	Tarif listrik
TU R1 ⁽¹⁾	36	2	13		842,4
TU R1 ⁽²⁾	36	3	12		1.166,4
Perpus ⁽¹⁾	36	3	12		1.166,4
Perpus ⁽²⁾	36	2	15		972
TU R2 ⁽¹⁾	36	2	8,67	900	563,76
TU R2 ⁽²⁾	36	2	4,67		302,61
Lorong ⁽¹⁾	15	5	5		337,5
Lorong ⁽²⁾	15	4	11		594
Latar	15	2	12		324
Jumlah					6.269,0

Tabel 8 Perhitungan tarif listrik proses pengontrolan

Ruangan (saklar)	P (watt)	Jumlah Beban	Lama beban aktif (jam)	TDL (Rp)	Tarif listrik
TU R1 ⁽¹⁾	36	2	13		842,4
TU R1 ⁽²⁾	36	3	8		777,6
Perpus ⁽¹⁾	36	3	9		874,8
Perpus ⁽²⁾	36	2	8		518,4
TU R2 ⁽¹⁾	36	2	7,67	900	497,01
TU R2 ⁽²⁾	36	2	4,67		302,6
Lorong ⁽¹⁾	15	5	5		337,5
Lorong ⁽²⁾	15	4	11		594
Latar	15	2	12		324
Jumlah					5.068,3

Bila dibandingkan dengan tarif listrik yang dikeluarkan sebelum dilakukan pengontrolan maka diperoleh penghematan sebesar 1.200,75 rupiah. Perhitungan dengan cara yang sama dilakukan untuk memperoleh besar penghematan pada lantai 2 dan 3 diperoleh dengan hasil masing-masing adalah sebesar 10.060,2 dan 3.207,6 rupiah dengan total tarif listrik sebesar 18.336,13 rupiah. Jadi besarnya penghematan yang dapat diperoleh melalui perhitungan dalam satu hari adalah sebesar 8.941,65 rupiah.

3.4.2. Perhitungan Tarif Listrik Satu Minggu

Perhitungan tarif listrik untuk 1 minggu dilakukan untuk mendapatkan besarnya penghematan dengan nilai yang lebih besar dari perhitungan dalam 1 hari. Perhitungan dilakukan dengan mengambil kondisi ideal yaitu segala aktivitas beban penerangan yang dilakukan dalam 1 minggu adalah sama dengan aktivitas yang sudah

dilakukan pada perhitungan dalam 1 hari. Sebagai pengecualian pada hari sabtu dan minggu hanya beban penerangan pada lorong dan latar saja yang aktif.

Tabel 9 Perhitungan TL 1 minggu kondisi normal

Hari	Tarif listrik lantai 1	Tarif listrik lantai 2	Tarif listrik lantai 3	Total (rupiah)
Senin	6.269,08	17.034,3	6.372	27.277,78
Selasa	6.269,08	17.034,3	6.372	27.277,78
Rabu	6.269,08	17.034,3	6.372	27.277,78
Kamis	6.269,08	17.034,3	6.372	27.277,78
Jum'at	6.269,08	17.034,3	6.372	27.277,78
Sabtu	921.33	857.79	762,48	6.050,0
Minggu	921.33	857.79	762,48	6.050,0
Total	35.642,4	83.200,5	29.646	148.488,9
Total tarif listrik dalam 1 minggu (rupiah)				

Tabel 10 Prhitungan TL 1 minggu kondisi pngontrolan

Hari	Tarif listrik lantai 1	Tarif listrik lantai 2	Tarif listrik lantai 3	Total (rupiah)
Senin	5.068,33	8.715,6	3.207,6	18.336,13
Selasa	5.068,33	8.715,6	3.207,6	18.336,13
Rabu	5.068,33	8.715,6	3.207,6	18.336,13
Kamis	5.068,33	8.715,6	3.207,6	18.336,13
Jum'at	5.068,33	8.715,6	3.207,6	18.336,13
Sabtu	486	486	486	1.458,0
Minggu	486	486	486	1.458,0
Total	26.313,6	51.273	17.010,0	94.596,65
Total tarif listrik dalam 1 minggu (rupiah)				

Tabel 10 menunjukkan bahwa tarif listrik yang harus dibayarkan dalam 1 minggu adalah sebesar 82.026 rupiah. Bila dibandingkan dengan hasil perhitungan tarif listrik pada kondisi normal maka terjadi penurunan tarif listrik yaitu sebesar 94.596,65 rupiah Jadi besarnya penghematan yang dapat diperoleh melalui perhitungan untuk kebutuhan beban penerangan pada *prototype* gedung A Teknik Elektro Undip dalam satu minggu adalah sebesar 53.892,25 rupiah.

3.4.3. Perhitungan Tarif Listrik Satu Bulan

Perhitungan tarif listrik dalam satu bulan dilakukan karena biaya tarif listrik yang diberlakukan pada konsumen adalah tarif listrik per bulan sehingga perlu dilakukan perhitungan tarif listrik dalam waktu satu bulan. Hasil penghematan yang telah dilakukan dalam satu bulan diharapkan dapat dipakai sebagai acuan ketika sistem SCADA yang dirancang diterapkan pada *plant* yang sesungguhnya.

Tabel 11 Perhitungan TL 1 bulan kondisi normal

Minggu	Tarif listrik lantai 1	Tarif listrik lantai 1	Tarif listrik lantai 1	Total (rupiah)
I	35.642,40	83.200,50	29.646,00	148.488,90
II	35.642,40	83.200,50	29.646,00	148.488,90
III	35.642,40	83.200,50	29.646,00	148.488,90
IV	35.642,40	83.200,50	29.646,00	148.488,90

Total	142.569,6	332.802,0	118.584,0	593.955,6
Total tarif listrik dalam 1 bulan (rupiah)				

Tabel 12 Perhitungan TL 1 bulan kondisi pengontrolan

Minggu	Tarif listrik lantai 1	Tarif listrik lantai 1	Tarif listrik lantai 1	Total (rupiah)
I	26.313,65	51.273,00	17.010,00	94.596,65
II	26.313,65	51.273,00	17.010,00	94.596,65
III	26.313,65	51.273,00	17.010,00	94.596,65
IV	26.313,65	51.273,00	17.010,00	94.596,65
Total	105.254,6	205.092,0	68.040,00	378.386,6
Total tarif listrik dalam 1 bulan (rupiah)				

Tabel 12 menunjukkan bahwa tarif listrik yang harus dibayarkan dalam 1 bulan adalah sebesar 378.386,6 rupiah. Bila dibandingkan dengan hasil perhitungan tarif listrik pada kondisi normal maka terjadi penurunan yaitu sebesar 333.844 rupiah. Jadi besarnya penghematan yang dapat diperoleh melalui perhitungan untuk kebutuhan beban penerangan pada *prototype* gedung A Teknik Elektro Undip dalam satu bulan adalah sebesar 215.569,00 rupiah.

4. Kesimpulan

Sistem SCADA mampu diaplikasikan pada beban penerangan *prototype* gedung A Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Hasil pengujian pada rangkaian protokol komunikasi menunjukkan komunikasi *multipoint* antara PC dengan 2 buah PLC dapat dilakukan dengan *delay* waktu paling singkat 1,73 detik dan paling lambat 7,53 detik. Delay terjadi akibat pengaruh penggunaan jenis protokol RS232 pada rangkaian protokol modbus. Fungsi utama dari sistem SCADA yang dirancang sudah tercapai yaitu melakukan *monitoring* dan pengontrolan pada beban penerangan. Berdasarkan simulasi perhitungan besarnya penghematan tarif listrik yang telah dilakukan dalam 1 hari, minggu dan bulan masing-masing adalah sebesar 8.941,65 rupiah, 53.892,25 rupiah dan 215.569,00 rupiah.

Referensi

- [1]. Bailey, David. and E.Wright, "Practical SCADA for Industri", Australia, 2003
- [2]. Crompton Instruments, "RS485 and Modbus Protocol Guide", Tyco Electronics, UK 2011.
- [3]. Data Sheet, "CPM1A Programmable Controllers Operational Manual", OMRON, December 2005.
- [4]. Handoko, Sukron, "Miniatur 2 Lift 5 Lantai Menggunakan Kontroler 2 PLC Omron CPM1A dengan One to One PC Link Connection menggunakan Kabel RS232", Universitas Diponegoro, Semarang, 2013.
- [5]. Kurniawan, Muhammad Supono, "Perancangan Simulasi *Supervisory Control And Data Acquisition* Pada *Prototype* Sistem Listrik *Redundant*", Universitas Diponegoro, Semarang, 2012.

- [6]. Nelson, Todd, The Practical Limits of RS-485”, Nasional Semiconductor Application Note, 1995
- [7]. Petruzella, “Frank P, Programmable Logic Control—4th ed”, McGraw-Hil, America, 2011.
- [8]. Sekretariat Perusahaan PT PLN (persero), “Statistik PLN 2011 ”, Perusahaan PT PLN (persero), 2011.
- [9]. Setiawan, Iwan, “Programmable Logic Control (PLC) dan Perancangan Sistem Kontrol”, Universitas Diponegoro, Semarang, 2006
- [10]. Wicaksono, Handy, “Pembuatan Human Machine Interface pada Jaringan PLC Omron CPM untuk Sistem Keamanan Miniatur Kompleks Perumahan”, UK Petra, 2012.
- [11]. Wicaksona, Handy, “SCADA Software dengan Wonderware In Touch”, UK Petra, 2012.
- [12]. ---, “CX-Supervisor User Manual”, OMRON,