

ANALISIS PENGENDALIAN ATS UNTUK BEBAN KATEGORI 2E PADA PUSKESMAS RAWAT INAP BERBASIS ATMEGA16

Noveri Lysbetti Marpaung, Edy Ervianto
Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Riau
noveri.marpaung@gmail.com
edyervianto@gmail.com

Abstrak – Umumnya, PLN pemasok utama energi listrik di Indonesia. Gangguan sumber PLN, bisa terjadi kapan saja dan mengakibatkan terjadinya pemadaman pada pelanggan. Untuk kelancaran aktivitas manusia, energi listrik sumber utama diharapkan tersedia terus menerus. Jadi, catu daya utama harus dilengkapi energi listrik alternatif berupa Genset. Tujuan penelitian untuk menganalisa pengendalian ATS Beban Kategori-2E Pada Puskesmas Rawat Inap, dengan mengontrol perpindahan saklar berbasis mikrokontroler ATMEGA16. Berdasarkan PUIL-2000, waktu pemadaman yang diizinkan pada Kategori-2E sebesar $<0,5$ detik. Hal tersebut diatasi dengan penggunaan UPS karena UPS selalu dalam posisi siaga. Prioritas utama sumber daya listrik penelitian adalah PLN dan prioritas kedua adalah Genset. Parameter PLN dan Genset adalah tegangan (209Volt-231Volt). Saat tegangan PLN memenuhi maka beban disuplai PLN. Ketika PLN padam (tegangan PLN tidak memenuhi), maka ATS mengecek kondisi Genset. Jika tegangan Genset memenuhi, beban disuplai Genset. Jika Genset mati maka dilakukan *starting* Genset otomatis. Beban disuplai UPS sampai Genset menyala dan tegangan Genset memenuhi untuk mensuplai beban kembali. ATS berhasil melakukan perpindahan saklar ketika parameter sumber prioritas utama tidak memenuhi. ATS juga berhasil melakukan *starting* Genset secara otomatis ketika PLN tiba-tiba padam dalam waktu 6,07detik. Waktu perpindahan beban rata-rata 2ms(UPS-PLN/Genset) dan 16,3ms(PLN/Genset-UPS), lebih kecil dari penetapan PUIL. Penelitian ini telah bekerja seperti yang diharapkan.

Kata Kunci : ATS, Sumber Listrik, Genset, PLN, UPS

Abstract – Generally, National Electrical Company(PLN) is main electrical energy supplier in Indonesia. Disturbances of PLN can occur anytime and make blackout on consumers. To support human activities, electrical from main source is expected available continuously. So, main power must be equipped with alternative electrical source such as generator. Aim of this research is to analyse ATS's controlling of Category-2E switch movement based on microcontroller ATMEGA16. Based on PUIL-2000, blackouts are allowed on Category-2E around $<0,5$ second. This problem can be solved by using UPS, because it is standby. Priorities of electric source on this are PLN and Generator. PLN's and generator's parameters are voltage(209Volt-231Volt). When PLN voltage reached, loads are supplied by PLN. When PLN is off, ATS examines generator. If generator voltage is reached, loads are supplied by generator. If generator is off, ATS starts-up generator automatically, loads supplied by UPS until generator can supply loads again. This research shows ATS can move switch successfully when parameters of main source are not achieved. ATS also succeed to start-up generator automatically in 6.07seconds when PLN suddenly off. Averages of load transfer time on Category-2E occur are 2ms(PLN/Generator-UPS) and 16,3ms(PLN/Generator-UPS). They are smaller than PUIL-standardization. This study has worked well as its framework.

Keywords : Automatic Transfer Switch, Sources of Energy, Generator, National Electrical Company, UPS

PENDAHULUAN pada penyaluran sumber daya listrik PLN bisa terjadi sewaktu-waktu. Saat ini kebutuhan energi terus meningkat seiring dengan berkembangnya teknologi dan bertambahnya jumlah peralatan yang membutuhkan konsumsi energi listrik. Untuk itu, ketersediaan energi listrik dari sumber utama diharapkan terus menerus guna memperlancar aktivitas dan pekerjaan manusia. Pemasok energi listrik utama di Indonesia adalah Perusahaan Listrik Negara (PLN). Penyaluran sumber daya listrik oleh PLN mulai dari pembangkit sampai ke konsumen merupakan sistem yang kompleks. Gangguan

Untuk menjaga kontinuitas sumber daya listrik, perusahaan atau instansi yang menggantungkan kelangsungan aktivitasnya pada ketersediaan sumber daya listrik ini, harus dilengkapi catu daya alternatif. Catu daya alternatif yang lebih sering digunakan adalah *Generator Set* (Genset). Genset adalah perangkat yang berfungsi

untuk menghasilkan daya listrik. Pada umumnya Genset di atas 2.5 kVA sudah dilengkapi *electric starter*.

Kecendrungan konsumen dalam memakai peralatan listrik, berbeda-beda setiap saat. Pada saat terjadi beban puncak, tegangan PLN akan turun. Tegangan PLN naik dan turun seiring banyaknya konsumen yang menggunakan peralatan listrik. Tegangan di luar standar dapat menyebabkan peralatan listrik bekerja tidak normal atau bahkan menyebabkan kerusakan pada alat itu sendiri. Berdasarkan SPLN susut tegangan yang diizinkan adalah -5% untuk tegangan rendah dan +10% untuk tegangan lebih.

Untuk menentukan kapan perpindahan sumber daya listrik harus dilakukan, diperlukan suatu alat yang dapat bekerja secara otomatis. Selain melakukan perpindahan sumber daya listrik secara otomatis, hal lain yang harus diperhatikan adalah berapa lama waktu perpindahan (*transfer time*) yang diizinkan. Referensi [1] berisi Tentang Fasilitas Pelayanan Kesehatan, waktu pemindahan beban yang diizinkan pada ruang Kelompok 1E adalah <15 detik dan <0,5 detik pada ruang Kelompok 2E.

Dalam hal ini, Penulis menganalisa pengendali *Automatic Transfer Switch* Untuk Beban Kategori 2E. Untuk beban Kategori 2E, waktu padam beban yang diizinkan adalah < 0,5 detik. Hal ini dapat diatasi dengan penggunaan *Unit Power Supply*. Selain untuk memindahkan sumber daya listrik secara otomatis, ATS diharapkan juga mampu menyalakan Genset secara otomatis, serta mampu mendeteksi kondisi tegangan dan frekuensi pada sumber daya listrik yang akan disalurkan ke beban. Alat ini menggunakan mikrokontroler ATmega16. ATmega16 telah banyak dipengendalikan dalam berbagai pengontrolan. Selain hanya membutuhkan konsumsi daya yang kecil, ATmega16 juga mampu memproses data dengan cepat.

Tujuan penelitian adalah menganalisa pengendali ATS Untuk Beban Kategori 2E Pada Puskesmas Rawat Inap, dengan mengontrol perpindahan saklar berbasis mikrokontroler. Perumusan permasalahan dalam penelitian ini adalah :

1. Mengurangi durasi padamnya beban listrik pada Puskesmas Rawat Inap.
2. Menentukan sumber-sumber daya listrik.
3. Menentukan pemilihan sumber daya listrik yang akan disalurkan ke beban.
4. Menentukan parameter-parameter sistem otomatis pada ATS.
5. Mengukur durasi padam yang dialami beban ketika terjadi perpindahan sumber daya listrik

Referensi [2] menyatakan bahwa ATS merupakan saklar otomatis untuk memindahkan catu daya listrik dari sumber listrik PLN ke sumber listrik Genset dan sebaliknya. Penelitian yang dilakukan, menggunakan mikrokontroler ATmega 8535. Dari penelitian yang dilakukan, parameter yang diperlukan untuk melakukan perpindahan sumber daya listrik adalah tegangan. Apabila

sensor tegangan mendeteksi tidak adanya tegangan dari PLN maka semua kontaktor akan *OFF* dan *starter* Genset akan bekerja selama 10 detik. Setelah 60 detik, jika masih belum ada tegangan dari PLN maka kontaktor Genset akan *ON*. Apabila kemudian ada tegangan dari PLN maka kontaktor PLN akan *ON* dan Kontaktor Genset akan *OFF*. Proses tersebut terjadi secara berulang.

Berdasarkan [3], penelitian yang berbasis mikrokontroler ATmega16. Dari penelitian yang dilakukan, parameter-parameter yang diperlukan untuk melaksanakan perpindahan sumber daya listrik adalah tegangan dan frekuensi. Parameter pengenalan PLN adalah tegangan dan frekuensi. Jika salah satu atau kedua parameter tidak memenuhi maka suplai beban akan diambil alih Genset. Proses tersebut ditandai dengan menyalaanya Genset secara otomatis.

Referensi [4] menyatakan sistem kontrol ATS membutuhkan parameter berupa arus dari sumber daya listrik untuk melakukan perpindahan sumber daya listrik. Dalam penelitian tersebut, simulasi *hardware* memerlukan waktu selama 1,25 detik untuk melakukan peralihan sistem sumber daya listrik.

Referensi [5] menyatakan penelitian ini menggunakan PLC sebagai unit pengontrol sistem. ATS pada penelitian tersebut juga dilengkapi dengan *starter* Genset secara otomatis. Untuk masukan informasi kondisi sumber daya listrik pada PLC adalah logika 0 dan 1. Pada penelitian tersebut, ATS tidak dilengkapi dengan instrumen alat ukur untuk mengetahui kondisi tegangan sumber daya listrik.

Referensi [6] menyatakan ATS memerintahkan suplai beban jika informasi tegangan sumber daya listrik sesuai dengan yang diprogram.

METODE

Metode Penelitian dalam penelitian ini berupa :

1. Studi Literatur
2. Perancangan *Hardware* : Melakukan desain serta pembuatan *hardware* ATS.
3. Perancangan *Software* : Merancang program serta men-download ke *hardware*.
4. Pengujian : Melakukan pengambilan data dari yang dibuat.
5. Menganalisa hasil pengujian dan mengambil kesimpulan dari perancangan keseluruhan.

Automatic Transfer Switch

ATS singkatan dari *Automatic Transfer Switch*. ATS merupakan saklar yang dapat berpindah secara otomatis. Pada dasarnya ATS terdiri dari relai atau kontaktor yang dikendalikan oleh unit pengontrol. Unit pengontrol yang digunakan pada umumnya adalah PLC atau Mikrokontroler. Unit pengontrol tersebut, diprogram untuk melaksanakan kondisi tertentu. ATS telah banyak dipengendalikan pada perusahaan, pabrik, rumah sakit atau tempat-tempat umum yang membutuhkan ketersediaan energi listrik untuk kelancaran aktivitasnya. Dengan menggunakan ATS, proses perpindahan sumber daya listrik dapat terjadi secara otomatis dan cepat, sehingga

padamnya beban tidak terjadi dalam waktu yang lama.

Beban Kategori 2E

Beban Kategori 2E merupakan beban yang membutuhkan perpindahan suplai daya <0,5 detik.

Referensi [1] tentang pelayanan kesehatan beban yang termasuk dalam Kelompok ruangan 2E. Kelompok ruang yang termasuk dalam Kategori 2E, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kelompok Ruang Kategori 2E

No	Jenis Ruangan Sesuai Penggunaan	Jenis Penggunaan Secara Kedokteran	Contoh
1	Ruang Persiapan Bedah	Dengan memasukkan bagian dari	Bedah organ segala
2	Ruang Bedah	pesawat secara pembedahan, bedah	jenis, kateter dalam
3	Ruang Pemulihan	besar, tindakan kejantung atau	pembuluh darah besar,
4	Ruang Bedah Gips	terhadap jantung yang dibebaskan,	termasuk kateter
5	Ruang Bedah Rawat Jalan	atau memperoleh fungsi vital dari	
6	Ruang Pemeriksaan Intensif	pesawat listrik kedokteran	
7	Ruang Pengamatan Intensif		
8	Ruang Pengobatan Intensif		
9	Ruang Katarisasi Jantung		
10	Ruang Raio-Diagnostik Dan Terapi		
11	Ruang Angiografi		
12	Ruang Endoskopi		
13	Ruang Bersalin Klinis		

Sumber PUIL 2000

Ruang Kelompok 2E menggunakan perlengkapan elektromedik yang dayanya diperoleh dari jaringan listrik umum. Aliran listrik dalam ruang ini tidak boleh terputus karena pemeriksaan dan pengobatan penderita harus tetap berlangsung. Jika terjadi gangguan pada jaringan listrik umum, Catu Daya Pengganti Khusus (CDPK) mengambil alih tugas jaringan listrik umum tanpa aliran terputus. Waktu pindah beban paling lambat 0,5 detik.

Persyaratan umum CDPK berupa :

1. CDPK harus terjamin kerjanya sekurang-kurangnya selama 3 jam.
2. CDPK harus secara otomatis mengambil alih beban bila :
 - a) Tegangan Jaringan Umum turun lebih dari 10%
 - b) Tegangan pada PHB hilang, paling sedikit pada satu penghantar fase.

Bila menggunakan CDPK, perubahan tegangan yang lebih besar dari $\pm 10\%$ tegangan nominal pada titik sambung dengan perlengkapan pakai, hanya diizinkan bila berlangsung tidak lebih dari 0,5 detik.

Pada pemasangannya, setiap peralatan listrik Kategori 2E dilengkapi dengan UPS *online*, dan beberapa peralatan elektromedik Ruang 2E juga telah dilengkapi batere internal seperti :

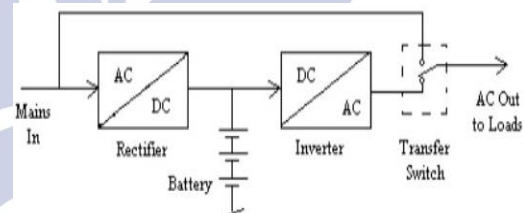
- Ventilator ICU
- Patient Monitor, ICU
- Patient Monitor, anesthesia

Uninterruptable Power Supply

UPS singkatan dari *Uninterruptable Power Supply*. Terdapat 2 jenis UPS yaitu UPS *offline* dan UPS *online*. Pada UPS *offline* inverter hanya bekerja bila tidak ada tegangan AC yang masuk ke UPS. Sedangkan bila ada tegangan AC yang masuk,

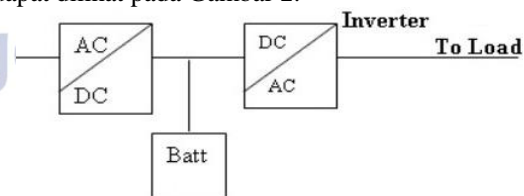
keluaran UPS dihubungkan langsung dengan tegangan AC yang masuk ke UPS tersebut.

Pemindahan keluaran UPS dari tegangan AC yang masuk ke inverter, menggunakan saklar elektronik dengan waktu *transfer* sekitar 4 ms. Diagram blok UPS *offline* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok UPS *Offline*

Pada UPS *Online*, inverter bekerja terus menerus baik ada atau tidak ada tegangan AC yang masuk ke UPS, karena itu pada keluaran UPS *online* tidak ada *transfer*. Diagram blok UPS *online* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Blok UPS *Online*

Mikrokontroler AVR ATmega16

AVR merupakan seri mikrokontroler *Complementary Metal Oxide Semiconductor* 8-bit buatan Atmel berbasis arsitektur *Reduced Instruction Set Compute*. Mikrokontroler AVR memiliki keunggulan dibandingkan dengan mikrokontroler lain, yaitu memiliki kecepatan dalam mengeksekusi program yang lebih cepat, karena sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1

siklus *clock* (lebih cepat dibandingkan mikrokontroler keluarga MCS 51).

ATMega16 mempunyai *throughput* mendekati 1 Millions Instruction Per Second (MIPS) per MHz, sehingga membuat konsumsi daya menjadi rendah terhadap kecepatan proses eksekusi perintah.

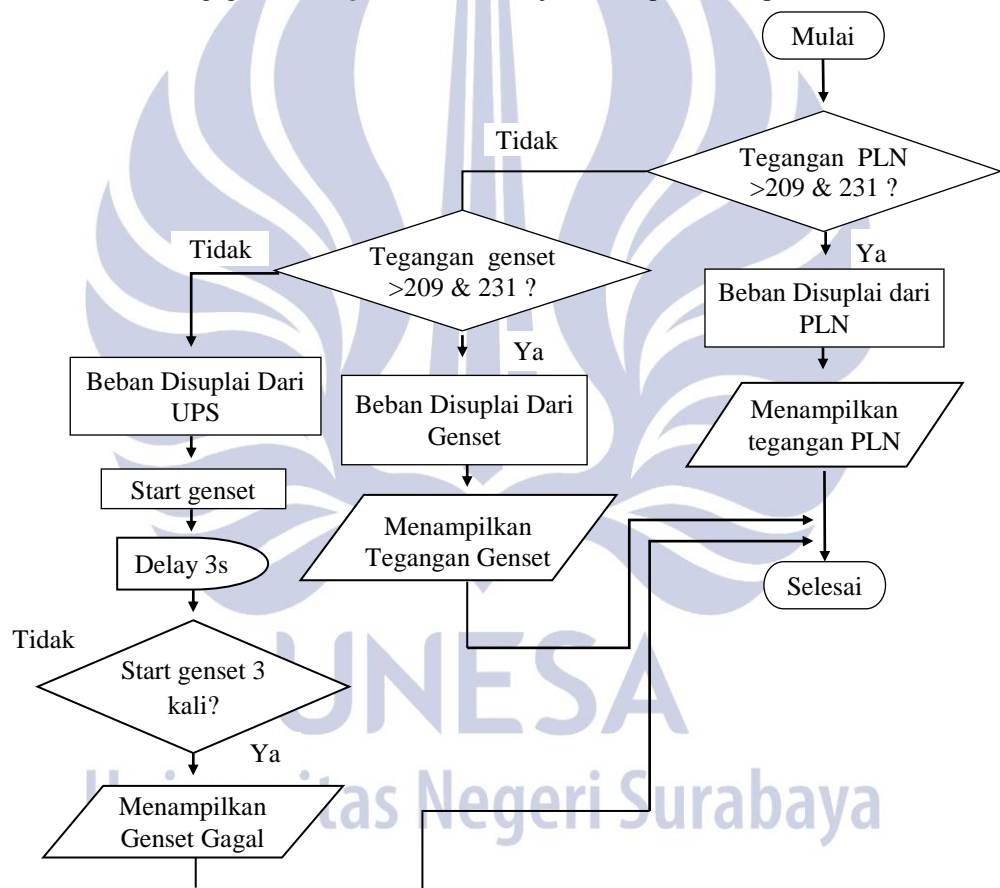
HASIL DAN PEMBAHASAN

Prinsip Kerja ATS

Untuk melaksanakan prinsip kerja, *hardware* dan *software* harus saling mendukung. Prinsip kerja dibuat melalui *software* dan dimasukkan ke perangkat *hardware*. Prinsip kerja keseluruhan ATS yang dibuat adalah sebagai berikut : Prioritas sumber daya listrik adalah PLN. Parameter pengenalan masing-masing sumber daya listrik adalah tegangan. Pada saat beban disuplai dari Genset, buzzer menyala 1 kali setiap 10 detik dan buzzer menyala 2 kali setiap 10 detik saat beban disuplai dari UPS. Jika Genset gagal *starting*, buzzer

menyala 5 detik dan indikator *fault* (gagal) dari LED menyala. Indikator LED *fault* mati ketika tegangan PLN atau Genset memenuhi.

Pada saat ATS dinyalakan, mikrokontroler melakukan pengecekan tegangan PLN. Jika tegangan PLN memenuhi, beban disuplai dari PLN. Apabila tegangan PLN tidak memenuhi maka dilakukan pengecekan kondisi Genset. Jika kondisi Genset dalam kondisi menyala maka dilakukan pengecekan tegangan Genset. Jika tegangan memenuhi maka beban disuplai dari Genset. Jika Genset dalam keadaan padam, beban disuplai dari UPS. Saat beban disuplai dari UPS, ATS melakukan *starting* dan pengecekan tegangan Genset sebanyak 3 kali. Jika Genset berhasil menyala dan tegangan Genset memenuhi maka beban disuplai dari Genset. Jika Genset tidak menyala dalam tiga kali *starting*, maka LCD pada ATS, menampilkan "*Genset Gagal*". Diagram alir kerja ATS dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir ATS

Pengujian Dan Analisa Sensor Tegangan PLN

Pengujian ini menggunakan tegangan AC variabel. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan nilai tegangan keluaran dari tegangan AC variabel dengan tegangan yang ditampilkan pada LCD ATS. Voltmeter dapat dikalibrasi dengan cara mengatur tegangan yang masuk ke pin ADC. Tegangan masuk ke pin ADC diatur, dengan cara memutar potensiometer pada rangkaian pembagi tegangan. Pengujian sensor tegangan ditunjukkan Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Sensor Tegangan PLN
No Voltmeter LCD Penyimpang Kondisi

	(V)	ATS	an (%)	LCD ATS
1	190	-	-	Tidak Tampil
2	200	197	1,5	Tampil
3	210	210,3	0,14	Tampil
4	220	220	0	Tampil
5	230	234	1,73	Tampil
6	240	-	-	Tidak Tampil
Penyimpangan rata-rata			0,8	

Tegangan pada voltmeter merupakan nilai tegangan sebenarnya, sedangkan nilai yang tampil pada LCD ATS adalah nilai yang terbaca oleh sensor tegangan saat berfungsi sebagai

voltmeter. Sensor tegangan PLN berfungsi sebagai voltmeter pada saat tegangan PLN 198 V – 231 V.

Tegangan yang ditampilkan pada LCD ATS adalah tegangan sumber daya listrik yang dapat disuplai ke beban. Pembacaan sensor tegangan sebagai voltmeter pada ATS, bekerja dengan penyimpangan rata-rata sebesar 0,8%. Sensor tegangan PLN berfungsi sebagai sensor ketika tegangan PLN <198 Volt atau >231 Volt, dimana saat kondisi tersebut ATS melakukan perpindahan sumber daya listrik. Dapat dikatakan, pembuatan sensor tegangan PLN sebagai sensor dan voltmeter telah sesuai dengan tujuan.

Pengujian Dan Analisa Sensor Tegangan Genset

Pengujian pada sensor tegangan Genset, hampir sama dengan pengujian sensor tegangan PLN. Pengujian ini menggunakan tegangan AC variabel. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan nilai tegangan keluaran dari tegangan AC variabel dengan tegangan yang ditampilkan pada LCD ATS. Voltmeter dapat dikalibrasi dengan cara mengatur tegangan yang masuk ke pin ADC. Tegangan masuk ke pin ADC, diatur dengan cara memutar potensio pada rangkaian pembagi tegangan. Pengujian Sensor Tegangan Genset, ditunjukkan Tabel 3.

No	Voltmeter (V)	LCD ATS	Penyimpangan (%)	Kondisi LCD ATS
1	190	-	-	Tidak Tampil
2	200	197	1,5	Tampil
3	210	210,3	0,14	Tampil
4	220	220	0	Tampil
5	230	234	1,73	Tampil
6	240	-	-	Tidak Tampil
Penyimpangan rata-rata			0,8	

Berdasarkan data pada Tabel 3, sensor tegangan pada Genset bekerja sebagai voltmeter ketika tegangan Genset 198 Volt – 231 Volt dan tegangan ditampilkan pada LCD ATS dengan penyimpangan rata-rata 0,8%. Tegangan yang ditampilkan pada LCD ATS merupakan nilai tegangan sumber daya listrik yang dapat disuplai ke beban. Sensor tegangan Genset berfungsi sebagai sensor, ketika tegangan Genset <198 Volt atau >231 Volt. Pada kondisi tersebut, mikrokontroler melakukan perpindahan sumber daya listrik. Dapat dikatakan sensor tegangan Genset sebagai sensor dan voltmeter telah sesuai dengan tujuan.

Pada saat tegangan PLN 110 V_{AC}, tegangan pada LCD adalah 89,9 volt, terjadi penyimpangan 18%. Tegangan 89,9 volt pada LCD ATS dapat dijadikan referensi untuk menyatakan keadaan Genset padam atau menyala. Informasi ini diperlukan saat melakukan *starting* Genset secara otomatis.

Pengujian Pemilihan Suplai Beban

Pengujian Pemilihan Suplai Beban bertujuan untuk menguji prioritas sumber daya listrik yang disalurkan ke beban saat semua parameter sumber daya listrik normal. Pengujian Prioritas Sumber Daya Listrik, dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Prioritas Sumber Daya Listrik

No	Sumber Daya Listrik			Sumber Beban
	PLN	Genset	UPS	
1	1	1	1	PLN
2	1	0	1	PLN
3	0	1	1	Genset
4	0	0	1	UPS

Dimana : 0 = Tidak Ada dan 1 = Ada

Pada saat semua sumber daya listrik tersedia, beban disuplai dari PLN. Beban disuplai dari Genset ketika PLN tidak tersedia. Beban disuplai dari UPS ketika PLN dan Genset tidak tersedia. Pada saat UPS tidak tersedia, ATS tidak dapat bekerja karena rangkaian *switching* disuplai dari ATS. Hal ini telah sesuai dengan tujuan dan dikatakan telah berhasil.

Pengujian Pada Gangguan

Jenis gangguan yang diuji adalah tegangan rendah dan tegangan lebih. Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan tegangan rendah atau tegangan lebih pada sumber daya listrik. Pengujian pemberian tegangan rendah atau tegangan lebih, dilakukan dengan cara mengatur tegangan yang masuk ke ATS melalui variabel tegangan AC. Pengujian Tegangan Rendah, ditunjukkan Tabel 5.

Tabel 5. Pengujian Tegangan Rendah

Sumber Daya Listrik (V)			Sumber Beban	Kondisi Genset	Buzzer	
PLN	V _{Genset}	UPS			UPS	Genset
190	167		UPS	Tunda 5s	ON	-
195	220		Genset	Menyala	-	ON
200	155		PLN	Mati	-	-
221	205		PLN	Mati	-	-

Pada saat pemberian gangguan berupa tegangan rendah, ATS berhasil melakukan perpindahan sumber daya listrik. Beban disuplai dari UPS ketika tegangan PLN dan Genset mengalami gangguan berupa tegangan rendah. Beban disuplai dari Genset ketika tegangan PLN mengalami gangguan berupa tegangan rendah. Buzzer menyala 2 kali setiap 10 detik saat disuplai oleh UPS, dan buzzer menyala 1 kali setiap 10 detik saat beban disuplai dari Genset. Pengujian ini telah sesuai dengan tujuan dan dapat dikatakan berhasil. Pengujian Tegangan Lebih, dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengujian Tegangan Lebih

Sumber Daya Listrik (V)			Sumber Beban	Kondisi Genset	Buzzer	
PLN	V _{Genset}	UPS			UPS	Genset
245	250		UPS	Mati	ON	-
248	223		Genset	Hidup	-	ON
221	249		PLN	Mati	-	-
200	222		PLN	Mati	-	-

Pada saat pemberian gangguan berupa tegangan lebih, ATS berhasil melakukan perpindahan sumber daya listrik. Beban disuplai dari UPS tegangan PLN ketika tegangan Genset mengalami gangguan berupa tegangan lebih. Beban disuplai dari Genset ketika tegangan PLN

mengalami gangguan berupa tegangan lebih. Buzzer menyala 2 kali setiap 10 detik saat disuplai oleh UPS, dan buzzer menyala 1 kali setiap 10 detik saat beban disuplai dari Genset. Pengujian ini telah sesuai dengan tujuan dan dapat dikatakan berhasil.

Pengujian Starter Genset

Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali. Pengukuran waktu *starting* Genset, mulai sejak Genset padam sampai mensuplai beban, diukur dengan menggunakan *stopwatch* dan dilakukan dengan mengamati berupa Bohlam 15 Watt yang dipasang.

Untuk melakukan perpindahan sumber daya listrik PLN-Genset, ATS melakukan *starting* Genset otomatis terlebih dahulu. Tahap-tahap yang dilakukan oleh mikrontroller untuk melakukan *starting* Genset secara otomatis sebagai berikut:

Persiapan *Starting* Genset : 100 milidetik
Waktu motor *starter* Genset menyala : 2 detik
Waktu tunda pengecekan tegangan : 3 detik
Notifikasi Genset Gagal : 5 detik
Notifikasi Genset belum stabil : 3 detik
Notifikasi tegangan lebih : 3 detik

Waktu dibutuhkan untuk melakukan pengaturan program pada *starting* Genset otomatis dan siap untuk disuplai ke beban secara program, disajikan pada Tabel 7. Hasil pengujian *starting* Genset dari keadaan Genset padam, *starting* Genset otomatis sampai siap mensuplai beban, dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 7. Waktu pengaturan *Starting* Genset secara Program

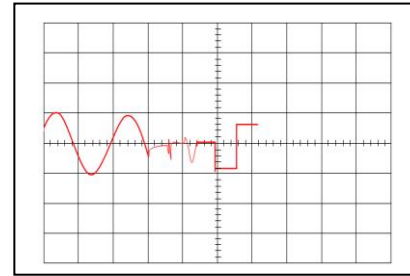
No	Starting Genset	Pengaturan program (detik)
1	Pertama	5,1
2	Ke dua	10,2
3	Ke tiga	15,3

Tabel 8. Pengujian *Starter* Genset

Parameter	Starter	Waktu (detik)			
		Ke-1	Ke-2	Ke-3	Rata-Rata
PLN – Genset	1	6,25	6,06	5,9	6,07
PLN – Genset	2	11,25	10,9	10,99	11,04
PLN – Genset	3	16,21	16,5	16,1	16,27

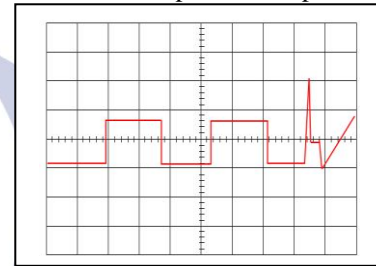
Pengujian Dan Analisa Waktu Pemindahan

Waktu pindah beban Kategori 2E diukur menggunakan osiloskop. Untuk mengantisipasi tegangan lebih yang masuk ke osiloskop, tegangan diturunkan terlebih dahulu menggunakan transformator *stepdown* 220V_{AC} menjadi 3V_{AC}. Keluaran tegangan dari transformator dihubungkan ke probe osiloskop dan dilakukan pengamatan pada gelombang yang tampil pada layar osiloskop. Waktu pindah beban PLN/Genset ke UPS, diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Waktu Pindah Beban PLN/Genset-UPS

Pada gambar 5, terlihat bahwa waktu yang terukur pada saat proses perpindahan dari PLN/Genset-UPS adalah 10 ms. Beban terhubung sempurna ke UPS pada saat waktu pindah beban UPS ke PLN/Genset, diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Waktu Pindah Beban UPS-PLN/Genset

Pada gambar 6, terlihat bahwa proses waktu pindah yang dialami beban, berlangsung lebih singkat. Proses tersebut dialami ketika terjadi perpindahan sumber daya listrik UPS-PLN/Genset pada beban untuk Kategori 2E. Pengukuran lama waktu perpindahan beban Kategori 2E dilakukan dengan mengatur Time/Div pada osiloskop dan mengamati bentuk gelombang yang ditampilkan. Hasil pengujian waktu pindah beban Kategori 2E, dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Pengujian Waktu Pindah Keluaran Beban Kategori 2E

No	Parameter	Waktu Pindah Beban (ms)			Rata-rata (ms)
		Ke-1	Ke-2	Ke-3	
1	PLN/Genset – UPS	16	19	14	16,3
2	UPS – PLN/Genset	2	2	2	2

Berdasarkan pengujian dan pengukuran yang dilakukan pada keluaran beban Kategori 2E, waktu perpindahan rata-rata adalah 16,3 ms dan 2 ms. Proses perpindahan beban terjadi dalam UPS. Waktu pemindahan beban pada ATS masih lebih kecil dari yang ditetapkan oleh PUIL 2000 untuk beban Kolompok 2E yaitu < 0,5 detik.

Analisis Kemampuan ATS

Kemampuan/kapasitas ATS yang dipasang, tergantung jenis *switching* dan daya UPS yang digunakan. *Switching* yang digunakan pada ATS adalah relai dengan tegangan kumparan 220V_{AC}. *Switching* pada ATS mampu mengalirkan arus 10A (NO) dan 5A (NC) pada kontak-kontaknya. Data *switching* diperoleh dari data yang tertera pada relai.

Kemampuan UPS yang tersedia pada ATS ini adalah 500VA dan UPS tersebut berfungsi sebagai CDPK. Jenis UPS yang digunakan adalah UPS *offline* dengan waktu perpindahan beban pada UPS dari hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 9.

PENUTUP

Simpulan

1. ATS berhasil melakukan perpindahan sumber daya listrik dengan galat rata-rata 0,8%.
2. Alat ini menghasilkan perpindahan beban rata-rata 2 ms dan 16,3 ms karena jenis UPS yang digunakan adalah UPS *offline*.
3. Rata-rata perpindahan beban keluaran Kategori 2E pada ATS ini sebesar 2 ms dan 16,3 ms, sudah memenuhi persyaratan PUIL 2000 yaitu kecil dari 500 ms.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standarisasi Nasional BSN, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik* (PUIL 2000), [Online], <https://www.grplymeika.com/>, tanggal akses : 20 Agustus 2016.
- [2] Ardi Bawono Bimo, Hari Santoso, Soemarwanto, *Rancang Bangun Automatic Transfer Switch Pada Motor Bensin Generator-Set 1 Fasa 2,8 Kw 220 Volt 50 Hertz*, Jurnal Eccis Vol. 1, 2007.
- [3] Paul Henry Ginting, Tejo Sukmadi, Enda Wista Sinuraya, *Perancangan Automatic Transfer Switch (ATS) Mode Transisi Open-Transition Re-Transfer Dengan Parameter Transisi Berupa Tegangan Dan Frekuensi*, TRANSIENT, VOL.3, 2014.
- [4] Utis Sutisna, Karyono, Siswanto Nurhadiyono, *Perancangan Saklar Pemindah Otomatis Pada Instalasi Genset Dengan Parameter Transisi Berupa Arus Berbasis Mikrokontroler Atmega16*, Techno, Issn 1410 - 8607 Volume 16 No. 2, 2015.
- [5] Hendro Utomo, Ageng Sadnowo, Sri Ratna S, *Implementasi Automatic Transfer Switch Berbasis PLC*, Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, 2014.
- [6] Mahardika, Kadek Eri, *Perancangan Sistem Pengaturan Pasokan Listrik Pada Pembangkit Hibrida*, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok, 2011.