

**RANCANG BANGUN *AUTOMATIC TRANSFER SWITCH* (ATS)
BERBASIS ARDUINO**

**MAKALAH SEMINAR HASIL
TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK**



**HARI PURNOMO ADI
NIM. 125060300111028**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2016**

LEMBAR PERSETUJUAN

**RANCANG BANGUN *AUTOMATIC TRANSFER SWITCH* (ATS)
BERBASIS ARDUINO**

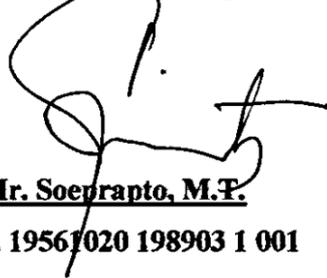
**MAKALAH SEMINAR HASIL
TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK**



**HARI PURNOMO ADI
NIM. 125060300111028**

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I



Ir. Soeprapto, M.T.

NIP. 19561020 198903 1 001

Dosen Pembimbing II



Dr. Rini Nur Hasanah, S.T., M.Sc.

NIP. 19680122 199512 2 001

RANCANG BANGUN *AUTOMATIC TRANSFER SWITCH* (ATS) BERBASIS ARDUINO

Hari Purnomo Adi ¹, Ir. Soeprapto, M. T. ², Dr. Rini Nur Hasanah, S. T., M. Sc. ³

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, ²³Dosen Jurusan Teknik Elektro, Universitas Brawijaya
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang, 65145, Indonesia
E-mail : hari.purnomo.adi@gmail.com

ABSTRAK

Padamnya sumber listrik PLN menyebabkan terganggunya kegiatan belajar mengajar di lingkungan Teknik Elektro Universitas Brawijaya sehingga diperlukannya sumber listrik cadangan dari genset yang dapat bekerja secara otomatis. *Automatic Transfer Switch* (ATS) merupakan peralatan yang memindahkan beban ke sumber cadangan ketika terjadi gangguan pada sumber utama dan sebaliknya. Dalam penelitian ini dirancang sebuah ATS menggunakan Arduino Nano sebagai kontroler, *optocoupler* sebagai detektor tegangan, relai untuk mengontrol kontaktor dan genset, kontaktor sebagai *transfer switch* antara beban dengan PLN/genset, serta LCD sebagai indikator. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ATS mampu memindahkan beban ke genset dalam 37,8 detik dan menyalakan genset dalam 2,8 detik dari padamnya PLN dan memindahkan beban ke PLN kembali dalam 2,8 detik dan memadamkan genset dalam 23 detik dari hidupnya PLN. Sistem ATS mampu beroperasi sesuai jadwal yang telah ditentukan yakni hari Senin – Jum'at pada jam 07.30 sampai 17.00.

Kata kunci: ATS, relai, kontaktor, LCD (*liquid crystal display*), genset.

ABSTRACT

PLN power source outages cause disruption of teaching and learning activities in the Electrical Engineering of Brawijaya University environment so that need backup power source of the genset which can be operates automatically to supply the load. Automatic Transfer Switch (ATS) is tools that can move electrical load into a backup source when occurred disorders on main source (PLN) and the opposite. In this research designed an ATS using Arduino Nano as controller, optocoupler as voltage detector, relays to control contactor and diesel generator (genset), contactor for transfer switch, and LCD as indicators. The result show that the ATS is able to switch load to backup power source (genset) in 37,8 seconds and 2,8 seconds to turning on the genset starting from PLN outages, ATS also able switch load to PLN in 2,8 seconds and 23 seconds to turning off the genset starting from PLN online. ATS system is able to operate according to predetermined schedule which is Monday - Friday at 07.30 until 17.00.

Keywords: *ATS, relay, contactor, LCD (liquid crystal display), genset.*

I. PENDAHULUAN

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya sebagai salah satu pelanggan listrik PLN merasa ikut dirugikan akibat pemadaman listrik, seperti terganggunya kegiatan belajar dan mengajar di ruang kuliah, terganggunya kegiatan praktikum di laboratorium, dan terganggunya kegiatan administrasi. Untuk mengantisipasi pemadaman listrik dari

PLN, jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya telah menyediakan generator-set 50 kVA 220 V 50 Hz sebagai sumber energi cadangan saat PLN terjadi pemadaman.

Akan tetapi, dibutuhkan operator yang mengerti cara mengoperasikan genset dan memutar ohm saklar untuk memindahkan beban ke sumber genset. Adapun keberadaan operator tidak selalu siaga saat pemadaman terjadi. Untuk itu

diperlukannya sistem kontrol otomatis untuk menggantikan peran operator. Sistem kontrol otomatis tersebut disebut dengan *automatic transfer switch (ATS)*.

Pengadaan unit ATS pabrikan relatif mahal. Padahal banyak tersedia komponen-komponen dasar yang dapat membentuk sistem ATS seperti kontroler, relai dan kontaktor sebagai saklar pemindah antara PLN dan genset. Dari kondisi tersebut diperlukannya penelitian dan pengembangan peralatan agar dapat diwujudkan dengan harga terjangkau dan tidak mengurangi fungsi utama dari ATS tersebut.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Automatic Transfer Switch (ATS)

Automatic transfer switch (ATS) merupakan peralatan yang digunakan untuk memindah/menghubungkan beban ke sumber yang berbeda karena catu daya utama padam. (Gabriela, 2013) ^[1]

Pusat pembangkit untuk pelayanan darurat harus dapat mencapai kecepatan penuh dan siap memikul beban dalam waktu 15 detik sejak diterimanya sinyal asut. Beban penuh harus siap dipikul dalam waktu 30 detik berikutnya (jumlah 45 detik). (PUIL 2000: 388) ^[2]

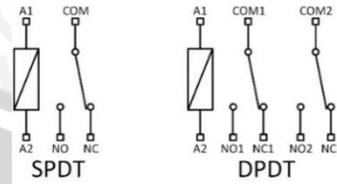
B. Genset

Generator-set (genset) adalah suatu mesin pembangkit energi listrik, yang terdiri dari dua bagian utama yaitu generator (alternator) dan mesin penggerak. Mesin penggerak biasanya berupa mesin berbahan bakar bensin (untuk daya di bawah 3 kVA pada umumnya) atau berbahan bakar bensin. Generator adalah suatu mesin listrik yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik, sedangkan mesin bakar merupakan penggerak (*prime mover*) yang menyediakan energi mekaniknya.

C. Relai

Relai merupakan saklar elektromagnetik dan menggunakan medan magnet dari sebuah kumparan (*coil*) untuk membuka dan menutup satu atau beberapa kontak saklar. Jika kumparan relai diberi

arus maka akan timbul induksi magnetik yang akan menarik pegas kontak untuk mengubah posisi awalnya, ketika kumparan tidak diberi arus maka tidak ada induksi magnetik sehingga kontak kembali ke posisi semula.

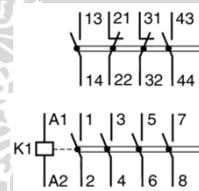


Gambar 1 Simbol relai SPDT dan DPDT

D. Kontaktor

Kontaktor magnetik adalah saklar yang dioperasikan dengan prinsip elektromagnetik. Ketika tidak ada arus yang mengalir pada *coil* (kumparan), bagian *armature* akan dijauhkan oleh gaya pegas, pada kondisi ini kontak dalam keadaan terbuka (tidak terhubung). Ketika *coil* diberi sumber tegangan (*energized*), magnet akan menarik *armature* dan kontak menjadi tertutup (terhubung). (Terrell, 2009: 7.145) ^[3]

Pada kontaktor memiliki kontak utama (*main contact*) dan kontak bantu (*auxiliary contact*) dengan konfigurasi kontak NO (*normally open*) ataupun kontak NC (*normally close*).



Gambar 2 Simbol kontaktor dengan kontak bantu

E. Modul RTC DS3231

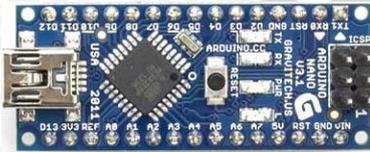
Modul RTC DS3231 menggunakan IC MAXIM DS3231 *high accuracy real time clock controller*. RTC ini menangani informasi mengenai detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, dan tahun. Modul RTC DS3231 dilengkapi baterai sehingga tetap beroperasi meskipun catu daya utama tidak ada. ^[4]



Gambar 3 Modul RTC DS3231
Sumber: www.hobbycomponents.com

F. Arduino Nano

Arduino Nano adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah *chip* mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Arduino Nano menggunakan *chip* ATmega328. Arduino Nano memiliki ukuran yang lebih kecil namun mempunyai fungsi yang sama dengan Arduino Duemilanove atau Arduino Uno. [5]

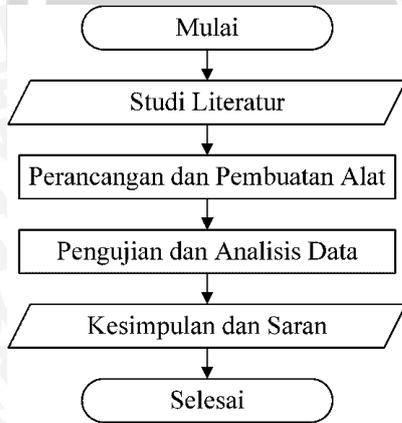


Gambar 4 Board Arduino Nano

Sumber: www.arduino.cc/en/Main/ArduinoNano

III. METODE PENELITIAN

Secara umum metode penelitian dalam penelitian ini ditunjukkan dalam Gambar 5 berikut.



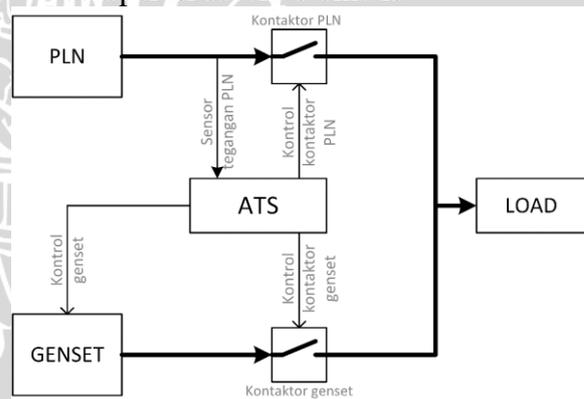
Gambar 5 Diagram alir penelitian

Prinsip kerja dari skema perancangan pada Gambar 6 adalah sebagai berikut:

1. ATS mendeteksi tegangan PLN oleh rangkaian detektor tegangan. Apabila selama 2 detik ATS tidak mendeteksi adanya tegangan, maka PLN dianggap padam.
2. Ketika PLN padam, ATS memberi perintah genset untuk hidup, kemudian menunggu genset selama waktu tunda yang ditentukan untuk genset siap dibebani.
3. Ketika waktu tunda telah habis, ATS memerintahkan kontaktor magnetik PLN untuk membuka (*open*) dan

kontaktor magnetik genset untuk menutup (*close*) sehingga beban disuplai oleh genset.

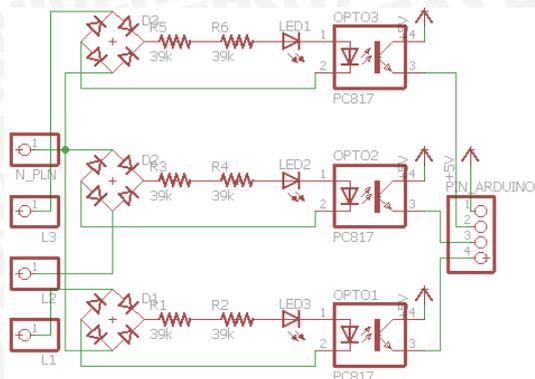
4. Selama beban disuplai oleh genset, ATS terus mendeteksi tegangan dari PLN. Apabila ATS mendeteksi adanya tegangan dari PLN, maka PLN dianggap sudah kembali normal.
5. Ketika PLN kembali hidup. ATS memerintahkan kontaktor magnetik genset untuk membuka (*open*) dan kontaktor magnetik PLN untuk menutup (*close*) sehingga beban disuplai kembali oleh PLN.
6. Ketika beban sudah disuplai oleh PLN kembali, ATS memberi perintah kepada genset untuk padam dalam waktu tunda yang ditentukan untuk proses pendinginan generator.
7. Kerja alat *automatic transfer switch* (ATS) dapat beroperasi secara otomatis yang dijadwal sesuai dengan aktivitas di gedung perkuliahan Teknik Elektro Universitas Brawijaya, yakni hari Senin – Jum’at pukul 07.30 sampai 17.00, diluar jadwal tersebut ATS tidak beroperasi secara otomatis.



Gambar 6 Skema perancangan ATS secara umum

A. Perancangan Detektor Tegangan

Rangkaian detektor tegangan diperlukan Arduino untuk mengetahui apakah PLN dalam kondisi hidup atau padam. Rangkaian detektor ini menggunakan penyearah dioda dengan tipe RB156, resistor, led 3 mm, dan *optocoupler* dengan tipe PC817. Perancangan rangkaian detektor tegangan ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Rangkaian detektor tegangan PLN

Besar tegangan keluaran penyearah dioda RB156 dapat dihitung seperti berikut.

$$V_o = \frac{2 \times \sqrt{2} \times V_{rms}}{\pi} = \frac{2 \times \sqrt{2} \times 220}{\pi} = 197.989 V \approx 198 V$$

Untuk mengaktifkan *transmitter optocoupler* membutuhkan tegangan (V_f) sebesar 1.2 V dan arus (I_f) sebesar 3 mA, sehingga diperlukan resistor untuk menyesuaikan tegangan dan arus keluaran penyearah dioda agar sesuai dengan spesifikasi kerja *optocoupler* yang besarnya dapat dihitung seperti berikut.

$$R = \frac{V_o - V_{led} - V_f}{I_f}$$

Diketahui tegangan led (V_{led}) sebesar 2,2 V, sehingga

$$R = \frac{198 - 2,2 - 1,2}{3 \times 10^{-3}} = 64.933,33 \Omega$$

dikarenakan ukuran tersebut tidak ada dipasar maka menggunakan 2 buah resistor sebesar 33 k Ω yang dipasang seri. Sehingga arus (I_f) menjadi

$$I_f = \frac{V_o - V_{led} - V_f}{R} = \frac{198 - 2,2 - 1,2}{66.000} = 2.95 mA$$

dimana nilai arus (I_f) maksimum adalah 50 mA, sehingga nilai arus (I_f) masih di bawah arus (I_f) maksimumnya.

Besar daya untuk resistor adalah sebagai berikut.

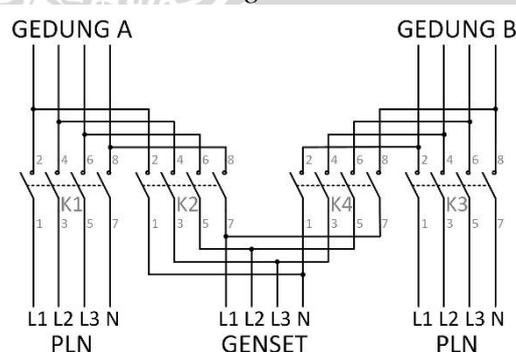
$$P_{Res} = I_f^2 \times R = (2.95 \times 10^{-3})^2 \times 33.000 = 0.287 watt$$

Sehingga resistor yang digunakan adalah 33 k Ω dengan daya 0,5 watt.

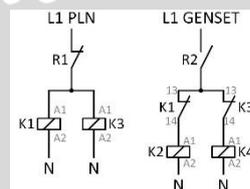
B. Perancangan Rangkaian *Transfer Switch*

Pada perancangan rangkaian *transfer switch* menggunakan 4 buah kontaktor magnetik 4 kutub dengan *rating* tegangan *coil* 220 V AC. Kontaktor dengan kapasitas 220 V 65 A digunakan untuk gedung A dan kontaktor dengan kapasitas 220 V 115 A digunakan untuk Gedung B. Pemilihan kontaktor magnetik untuk Gedung A didasarkan pada MCB yang digunakan gedung A yang memiliki *rating* MCB 55A, kemudian untuk Gedung B berdasarkan *rating fuse* pada panel gedung B yang memiliki *rating fuse* 100 A.

Untuk mengontrol kontaktor magnetik menggunakan dua buah relai, satu untuk mengontrol *coil* kontaktor PLN dan satu relai untuk mengontrol *coil* kontaktor genset. Relai yang digunakan adalah relai OMRON MY2-J dengan *rating* kontak 220 V AC 5 A dan *rating coil* 12 V DC.



Gambar 8 Perancangan rangkaian transfer switch



Gambar 9 Rangkaian kontrol transfer switch

Rangkaian *transfer switch* ini menggunakan 4 buah kontaktor. Kontaktor K1 dan K2 untuk diletakkan di gedung A, kontaktor K3 dan K4 untuk diletakkan di gedung B. Kemudian kontaktor K1 dan K3 berfungsi untuk menghubungkan beban dengan PLN, kontaktor K2 dan K4

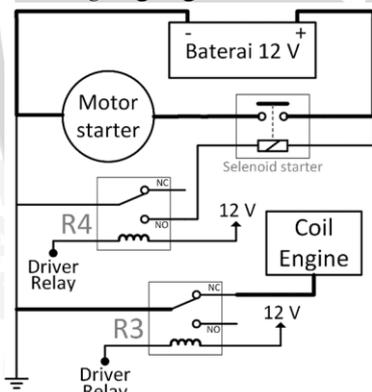
berfungsi untuk menghubungkan beban dengan genset.

Untuk mengontrol *coil* kontaktor digunakan dua buah relai R1 dan R2. *Coil* kontaktor K1 dan K3 dihubungkan ke sisi NC relai R1 dan *coil* kontaktor K2 dan K4 dihubungkan ke sisi NO relai R2 melalui kontak bantu NO kontaktor K1 dan K2.

Ketika PLN hidup, relai R1 dan R2 dalam kondisi OFF, sehingga *coil* kontaktor K1 dan K3 langsung aktif, dan beban terhubung ke sumber PLN. Ketika PLN padam, relai R1 dan R2 dalam kondisi ON, sehingga *coil* kontaktor K1 dan K3 tidak aktif, kemudian kontak bantu NO kontaktor K1 dan K3 dalam kondisi tertutup (*close*) sehingga *coil* kontaktor K2 dan K4 aktif.

C. Perancangan Rangkaian Start/Stop Genset 2 kW

Pada perancangan *start/stop* genset menggunakan dua buah relai. Relai yang digunakan adalah relai OMRON MY2-J dengan *rating* kontak 220 V AC/28 V DC 5 A dan *rating* tegangan *coil* 12 V DC.



Gambar 10 Perancangan start/stop genset

Rangkaian *start/stop* genset menggunakan dua buah relai R3 dan R4. Relai R3 digunakan pada sisi NC untuk menyambung/memutus rangkaian listrik dari *Coil Engine* genset dan relai R4 digunakan pada sisi NO untuk rangkaian *starting* genset.

Untuk menghidupkan genset, maka relai R3 ON, kemudian di susul relai R4 ON untuk proses *starting*, saat genset sudah menyala maka relai R3 tetap ON dan R4 OFF. Untuk memadamkan genset cukup mengontrol relai R3 untuk OFF

sehingga *Coil Engine* terhubung dengan *ground* atau kutub negatif baterai.

D. Perancangan Rangkaian Start/Stop Genset 3 Fasa 50 kVA

Prosedur untuk menyalakan genset yakni memutar kunci *power switch* pada posisi ON kemudian memutar saklar kontroler HGM180HC ke posisi AUTO (AUTO) dan genset akan hidup. Untuk mematikan genset dapat dilakukan dengan cara menekan tombol darurat (*emergency button*) atau memutar saklar kontroler ke posisi OFF (O) diikuti memutar kunci *power switch* ke posisi OFF.



Gambar 11 Bagian-bagian pada panel genset

Pada perancangan *start/stop* genset 3 fasa 220V 50 kVA menggunakan dua buah relai yang sama dengan perancangan genset 1 fasa sebelumnya. Satu relai NO (R3) berfungsi untuk menggantikan fungsi kunci *power switch* dan satu relai NC (R4) berfungsi untuk menggantikan tombol darurat (*emergency button*). Posisi saklar kontroler HGM180HC dipindah ke posisi AUTO.

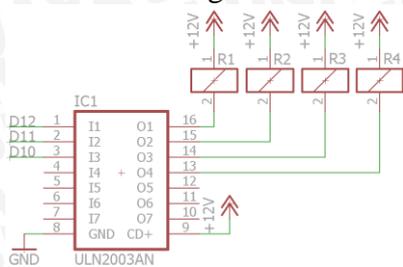
Untuk menyalakan genset dilakukan dengan mengaktifkan relai R3 sehingga instrumen pada panel dan kontroler genset akan aktif dan genset akan hidup. Untuk mematikan genset dilakukan dengan mengaktifkan R4 sehingga genset padam, kemudian relai R3 dan R4 dinonaktifkan.

E. Perancangan Driver Relai

Driver relai diperlukan untuk mengontrol relai karena Arduino tidak dapat mengontrol relai secara langsung, hal ini disebabkan tegangan kerja yang berbeda antara relai dan Arduino.

Relai yang digunakan adalah relai OMRON MY2-J yang memiliki *rating* tegangan *coil* 12 V, dan *rating* arus 75 mA.

Untuk mengontrol relai tersebut menggunakan IC transistor ULN2003 karena memiliki spesifikasi yang memenuhi untuk mengontrol relai tersebut.

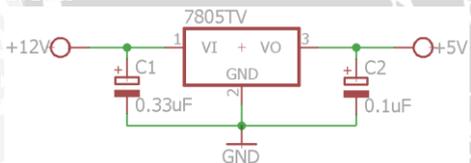


Gambar 12 Perancangan driver relai

F. Perancangan Catu Daya 5V

Rangkaian sistem *automatic transfer switch* (ATS) membutuhkan catu daya 5 V untuk modul Arduino, modul RTC DS3231, dan rangkaian LCD.

Sumber catu daya yang dipakai berasal dari baterai (aki) 12 V yang diturunkan tegangannya menjadi 5 V oleh *regulator* penurun tegangan LM7805. Untuk mengurangi *noise* pada IC *regulator*, maka ditambahkan kapasitor sebesar 0,33 μ F pada sisi masukan dan 0,1 μ F pada sisi keluaran.



Gambar 13 Perancangan catu daya 5V

G. Perancangan Modul RTC DS321

Modul RTC DS3231 diperlukan alat untuk mengetahui jam beroperasi ATS secara otomatis dan manual. Waktu kerja alat secara otomatis dijadwalkan setiap hari Senin – Jum’at mulai pukul 07.30 sampai 17.00. Pemilihan waktu tersebut didasarkan pada aktivitas perkuliahan normal jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya. Diluar jadwal tersebut ATS tidak beroperasi secara otomatis.



Gambar 14 Perancangan modul RTC DS3231

H. Perancangan LCD dan Tombol

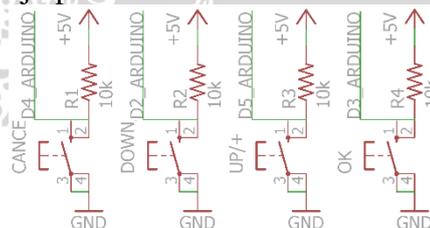
LCD digunakan sebagai indikator Arduino untuk menampilkan kondisi PLN,

genset, posisi kontaktor dan status kerja ATS, apakah dalam kondisi ON atau OFF. Sedangkan tombol digunakan sebagai input untuk mengatur pengaturan ATS meliputi jam operasional ATS, pengaturan jam, pengaturan hari, pengaturan waktu tunggu menyala dan padamnya genset.



Gambar 15 Perancangan LCD dengan modul I2C

Tombol menggunakan 4 buah Tact Switch yang berfungsi untuk memutuskan Arduino dan 5V ketika ditekan, sehingga ketika Arduino membaca 0 V pada pin tombol, maka Arduino akan membaca bahwa tombol sedang ditekan. Resistor 10 k Ω yang dipasang seri dengan Tact Switch digunakan untuk membatasi arus yang menuju pin Arduino.



Gambar 16 Perancangan tombol

I. Perancangan Sistem Kontroler

Pada perancangan sistem kontroler menggunakan modul mikrokontroler Arduino Nano. Arduino Nano memiliki 12 I/O digital dan 8 input analog yang difungsikan sebagai I/O seperti Tabel 1.

Tabel 1 Perancangan PIN Arduino

PIN Arduino	Fungsi	Keterangan
A3	Sensor tegangan PLN fasa L1	Input A3
A4	SDA untuk RTC DS3231 dan LCD	Komunikasi I2C
A5	SCL untuk RTC DS3231 dan LCD	Komunikasi I2C
A6	Sensor tegangan PLN fasa L2	Input A6

A7	Sensor tegangan PLN fasa L3	Input A7
D2	Tombol atas/kurang	Input D2
D3	Tombol ok	Input D3
D4	Tombol kembali	Input D4
D5	Tombol bawah/tambah	Input D5
D9	Kontrol start/stop genset (R4)	Output D9
D10	Kontrol start/stop genset (R3)	Output D10
D11	Kontrol kontaktor genset (R2)	Output D11
D12	Kontrol kontaktor PLN (R1)	Output D12

J. Perancangan Software

Perancangan perangkat lunak dibutuhkan untuk mengendalikan perangkat keras. Perancangan perangkat lunak dilakukan dengan pembuatan *flowchart* (diagram alir) sistem secara keseluruhan. Bahasa pemrograman yang dipakai mikrokontroler adalah bahasa pemrograman C dengan menggunakan *software* Arduino.

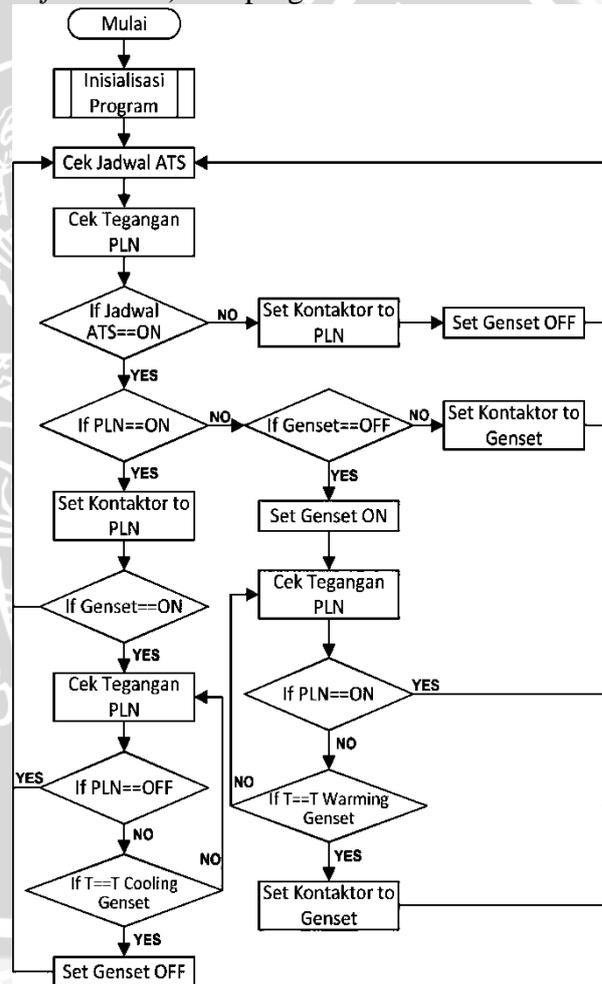
Setelah program dijalankan maka terlebih dahulu akan masuk pada program inisialisasi perangkat keras yang digunakan maupun perangkat lunak. Kemudian program akan mengecek jadwal ATS kemudian mengecek keluaran rangkaian detektor tegangan PLN, jika jadwal ATS merupakan jadwal untuk bekerja (ATS ON) dan PLN tidak padam (ON), maka program akan mengatur kontaktor untuk menyambungkan beban ke PLN, jika genset masih menyala maka program akan memerintah genset untuk berhenti bekerja (OFF), kemudian program mengulangi untuk mengecek jadwal ATS dan mengecek tegangan PLN.

Jika jadwal ATS merupakan jadwal untuk bekerja (ATS ON) dan PLN padam, jika genset sudah bekerja, program akan memerintah kontaktor untuk menyambungkan beban ke genset, jika genset belum bekerja (OFF), maka program akan memerintah genset untuk

mulai bekerja (ON), kemudian program akan memerintah kontaktor untuk menyambungkan beban dengan genset, kemudian program mengulangi untuk mengecek jadwal ATS dan mengecek tegangan PLN.

Jika jadwal ATS merupakan bukan jadwal untuk bekerja (ATS OFF), maka program akan memerintah kontaktor untuk menyambungkan beban dengan PLN dan memerintah genset untuk berhenti bekerja (OFF) jika genset dalam keadaan bekerja (ON), kemudian program mengulangi untuk mengecek jadwal ATS dan mengecek tegangan PLN.

Berikut merupakan diagram alir (*flowchart*) dari program ATS.



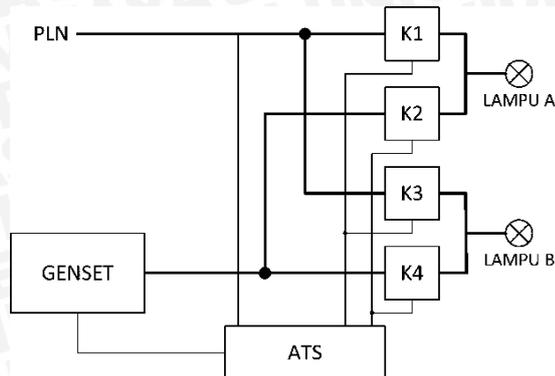
Gambar 17 Diagram alir program ATS

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan relai AC sebagai pengganti kontaktor, dua buah lampu sebagai beban

pengganti gedung A & B dan memakai genset satu fasa 2 Kw 50 Hz.

Blok rangkaian pengujian ditunjukkan Gambar 18 berikut.



Gambar 18 Blok rangkaian pengujian

A. Pengujian Rangkaian Transfer Switch

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah alat mampu memindahkan sumber beban dari sumber PLN ke sumber genset atau sebaliknya dengan baik serta sesuai dengan perancangan yang telah dilakukan.

Tabel 2 Koordinasi relai dan kontaktor dalam pengujian otomatisasi transfer switch

Status PLN	Kondisi Relai		Kondisi kontaktor				Kondisi beban	
	R1	R2	K1	K2	K3	K4	Lampu A	Lampu B
Hidup	OFF	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	ON
Padam	ON	ON	OFF	ON	OFF	ON	ON	ON

Dari hasil pengujian otomatisasi transfer switch pada Tabel 2 telah diperlihatkan bahwa koordinasi relai dan kontaktor telah bekerja sesuai dengan perancangan yang telah dilakukan.

Pada saat PLN aktif, beban disuplai oleh PLN melalui kontaktor K1 untuk lampu A dan K3 untuk lampu B, sedangkan kontaktor K2 & K4 dan relai R1 & R2 tidak aktif. Pada saat PLN tidak aktif, beban disuplai oleh genset melalui kontaktor K2 untuk lampu A dan K4 untuk lampu B. Sedangkan kontaktor K1 & K3 tidak aktif dan relai R1 & R2 aktif.

B. Pengujian Rangkaian Start/Stop Genset

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah alat mampu

menyalakan/memadamkan genset dengan baik serta sesuai dengan perancangan yang telah dilakukan.

Tabel 3 Koordinasi relai dalam pengujian otomatisasi start/stop genset

Kondisi genset	Kondisi relai	
	R3	R4
OFF	OFF	OFF
Starting	ON	ON
ON	ON	OFF

Dari hasil pengujian otomatisasi genset pada Tabel 3 telah diperlihatkan bahwa koordinasi relai telah bekerja sesuai dengan perancangan yang telah dilakukan.

Pada saat genset OFF, relai R3 dan R4 tidak aktif atau OFF. Pada saat genset ON, relai R3 aktif, sedangkan R4 aktif ketika proses starting genset saja.

C. Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah sistem keseluruhan dapat bekerja dengan baik serta sesuai dengan perancangan yang telah dilakukan.

Tabel 4 Hasil pengujian ATS keseluruhan

Pengujian ke-	Status PLN	Kondisi Genset	Relai		Kondisi Beban	Waktu (detik)
			R1	R2		
1	Hidup	OFF	OFF	OFF	ON	-
	Padam	OFF	OFF	OFF	OFF	0
	Padam	ON	OFF	OFF	OFF	4
	Padam	ON	ON	ON	ON	39
	Padam	ON	ON	ON	ON	0
	Hidup	ON	OFF	OFF	ON	2
	Hidup	OFF	OFF	OFF	ON	22
2	Hidup	OFF	OFF	OFF	ON	-
	Padam	OFF	OFF	OFF	OFF	0
	Padam	ON	OFF	OFF	OFF	2
	Padam	ON	ON	ON	ON	37
	Padam	ON	ON	ON	ON	0
	Hidup	ON	OFF	OFF	ON	2
	Hidup	OFF	OFF	OFF	ON	22
3	Hidup	OFF	OFF	OFF	ON	-
	Padam	OFF	OFF	OFF	OFF	0
	Padam	ON	OFF	OFF	OFF	2
	Padam	ON	ON	ON	ON	37
	Padam	ON	ON	ON	ON	0
	Hidup	ON	OFF	OFF	ON	3
	Hidup	OFF	OFF	OFF	ON	23



4	Hidup	OFF	OFF	OFF	ON	-
	Padam	OFF	OFF	OFF	OFF	0
	Padam	ON	OFF	OFF	OFF	3
	Padam	ON	ON	ON	ON	38
	Padam	ON	ON	ON	ON	0
	Hidup	ON	OFF	OFF	ON	2
	Hidup	OFF	OFF	OFF	ON	24
5	Hidup	OFF	OFF	OFF	ON	-
	Padam	OFF	OFF	OFF	OFF	0
	Padam	ON	OFF	OFF	OFF	3
	Padam	ON	ON	ON	ON	38
	Padam	ON	ON	ON	ON	0
	Hidup	ON	OFF	OFF	ON	4
	Hidup	OFF	OFF	OFF	ON	24

Relai R1 dan R2 mewakili kondisi kontaktor, apabila relai R1 dan R2 tidak aktif, maka kontaktor yang menghubungkan beban dengan PLN akan aktif, apabila relai R1 dan R2 aktif, maka kontaktor yang menghubungkan beban dengan genset akan aktif.

Dari pengujian ini, diperoleh waktu yang diperlukan untuk peralihan dari PLN ke genset atau sebaliknya yang ditunjukkan dalam Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5 Hasil pengujian waktu peralihan PLN ke genset dan sebaliknya

Pengujian ke-	Waktu yang diperlukan (dalam detik)	
	PLN ke Genset	Genset ke PLN
1	39	2
2	37	2
3	37	3
4	38	2
5	38	4
Rata-rata	37,8	2,6

Pada pengujian ini, waktu peralihan sumber PLN ke genset mulai dihitung ketika PLN pada hingga beban hidup kembali saat disuplai genset, sedangkan waktu peralihan genset ke PLN mulai dihitung dari PLN hidup kembali hingga beban disuplai kembali oleh PLN.

Waktu yang diperlukan untuk menyalakan dan memadamkan genset ditunjukkan dalam Tabel 6 berikut ini.

Tabel 6 Hasil pengujian waktu yang diperlukan untuk start/stop genset

Pengujian ke-	Waktu yang diperlukan (dalam detik)	
	Menyalakan genset	Memadamkan genset
1	4	22
2	2	22
3	2	23
4	3	24
5	3	24
Rata-rata	2,8	23

Pada pengujian ini, waktu menyalakan genset mulai dihitung dari PLN padam, sedangkan waktu memadamkan genset mulai dihitung dari PLN hidup kembali.

Berdasarkan dari hasil pengujian keseluruhan ini diketahui bahwa sistem ATS dapat bekerja dengan baik dan sesuai dengan perancangan yang telah dilakukan.

Dari hasil pengujian pada Tabel 5 diperoleh waktu peralihan yang diperlukan PLN ke genset adalah sebesar 37,8 detik dari PLN padam dan waktu peralihan genset ke PLN adalah sebesar 2,6 detik dari PLN hidup kembali.

Dari hasil pengujian pada Tabel 6 diperoleh waktu untuk menyalakan genset adalah 2,8 detik dari PLN padam dan waktu untuk memadamkan genset adalah 23 detik dari PLN hidup kembali.

D. Pengujian Penjadwalan ATS

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah sistem dapat bekerja dengan baik sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan yakni hari Senin – Jum'at pada jam 07.30 sampai 17.00.

Tabel 7 Hasil pengujian penjadwalan ATS

Jam	Hari						
	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jum'at	Sabtu	Minggu
00.00-07.29	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
07.30-16.59	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF
17.00-23.59	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF

Pada LCD ATS tertulis status ATS ON atau OFF, ON menandakan bahwa ATS

bekerja secara otomatis, sedangkan OFF menandakan ATS tidak akan bekerja secara otomatis.

Dari hasil pengujian jadwal kerja ATS pada Tabel 7 dapat diketahui bahwa ATS bekerja secara otomatis pada hari Senin – Jum'at dengan jam kerja mulai pukul 07.30 sampai 17.00 dan pada hari Sabtu dan Minggu ATS tidak bekerja secara otomatis. Hasil pengujian ini telah sesuai dengan perancangan yang telah dilakukan.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan pengujian pada penelitian ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Arduino mampu mendeteksi ada/tidak ada tegangan PLN menggunakan *optocoupler*.
2. Pada perancangan sistem ATS menggunakan 4 buah kontaktor yang kapasitasnya disesuaikan dengan sistem pengamanan listrik yang telah terpasang (MCB dan fuse) yakni sebesar 65 A untuk gedung A dan 115 A untuk gedung B Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya. 4 buah kontaktor tersebut dikontrol menggunakan dua buah relai yang tersambung dengan Arduino menggunakan transistor.
3. Genset yang digunakan dalam pengujian ini menggunakan genset 2 kW yang dikontrol menggunakan 2 buah relai, 1 buah relai untuk menghidupkan/mematikan genset dan 1 buah relai lagi untuk proses *starting* genset. 2 buah relai tersebut dikontrol oleh Arduino menggunakan transistor.
4. Sistem ATS membutuhkan waktu selama 37,8 detik dari padamnya PLN untuk menyambungkan beban dengan sumber dari genset dan 2,8 detik dari hidupnya PLN untuk menyambungkan beban ke PLN kembali.
5. Sistem ATS membutuhkan waktu selama 2,8 detik dari padamnya PLN untuk menghidupkan genset dan 23 detik dari hidupnya PLN untuk memadamkan genset.

6. Sistem ATS beroperasi secara otomatis sesuai dengan jadwal yang telah diatur yakni hari Senin – Jum'at pada jam 07.30 sampai 17.00, dan pada hari Sabtu dan Minggu sistem ATS tidak beroperasi secara otomatis.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa saran yang perlu dilakukan untuk penyempurnaan atau penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Melengkapi indikator bahan bakar genset sehingga ketika bahan bakar akan habis dapat diketahui tanpa memeriksa indikator bahan bakar secara manual.
2. Menggunakan kontroler selain kontroler Arduino untuk ATS.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sărăcin, Cristina Gabriela, Sărăcin, Marin, & Zdrengu, Daniel. 2013. Experimental Study Platform of the Automatic Transfer Switch used to Power Supplies Back-Up. *The 8th International Symposium on Advanced Topics In Electrical Engineering*. Bucharest, Romania, 23-25 Mei 2013.
- [2] Badan Standarisasi Nasional. 2000. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*. Jakarta: BSN.
- [3] Croft, Terrel, Summers, Wilford I., Hartwell, Frederic P. 2009. *American Electricians' Handbook*. United States of America: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- [4] Anonim. 2016. *High Accuracy DS3231 RTC & EEPROM (HCMODU0094)*. <http://forum.hobbycomponents.com/viewtopic.php?f=80&t=1946&sid=a1021a03d8ead8495a1cd0a5c256d3bc>. (diakses 15 April 2016).
- [5] Anonim. 2016. *Arduino Nano*. <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano>. (diakses 16 April 2016).