

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

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**HARI PURNOMO ADI
NIM. 125060300111028**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2017

LEMBAR PENGESAHAN

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

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



HARI PURNOMO ADI
NIM. 125060300111028

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
Pada tanggal 27 Januari 2017

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



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

M. Aziz Muslim, S. T., M. T., Ph. D.
NIP. 19741203 200012 1 001

JUDUL SKRIPSI:

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

Nama Mahasiswa : Hari Purnomo Adi
NIM : 125060300111028
Program Studi : Teknik Elektro
Konsentrasi : Teknik Energi Elektrik

KOMISI PEMBIMBING :

Ketua : Ir. Soeprapto, M. T.

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

TIM DOSEN PENGUJI :

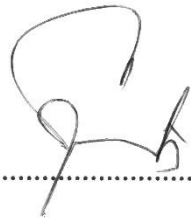
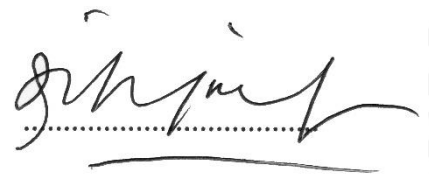
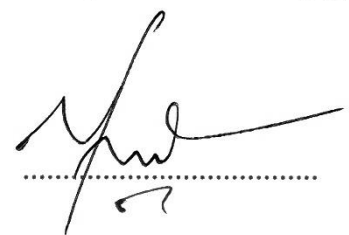
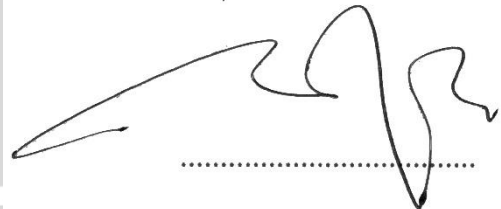
Dosen Penguji 1 : Hadi Suyono, S. T., M. T., Ph. D.

Dosen Penguji 2 : Ir. Mahfudz Shidiq, M. T.

Dosen Penguji 3 : Ir. Wijono, M. T., Ph. D.

Tanggal Ujian : 18 Januari 2017

SK Penguji : 83/UN10.F07/SK/2017


.....
.....
.....
.....
.....

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



*Teriring Ucapan Terima Kasih kepada:
Ayah dan Ibu tercinta*

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 23 Januari 2017

Mahasiswa



Hari Purnomo Adi

NIM. 125060300111028



RINGKASAN

Hari Purnomo Adi, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2017, Rancang Bangun *Automatic Transfer Switch* (ATS) Berbasis Arduino, Dosen Pembimbing: Ir. Soeprapto, M. T. dan Dr. Rini Nur Hasanah, S. T., M. Sc.

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 kondisi PLN, kontaktor, dan genset.

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.

SUMMARY

Hari Purnomo Adi, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Brawijaya University, January 2017, Design of Automatic Transfer Switch (ATS) based on Arduino, Academic Supervisor: Ir. Soeprapto, M.T. and Dr. Rini Nur Hasanah, S.T., M.Sc.

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 genset, contactor for transfer switch, and LCD as indicators.

The test 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 start from PLN outages, ATS also able switch load to PLN in 2,8 seconds and 23 seconds to turning off the genset start 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.



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji hanya bagi Allâh Subhanahu Wa Taâla, Rabb alam semesta. Dialah Allâh, Tuhan Yang Maha Satu, Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Dialah Sebaik baik Penolong dan Sebaik baik Pelindung. Shalawat dan salâm kepada Nabi Muhammad Rasulullâh Shallallâhu Alaihi Wa Salâm, Sang pembawa kabar gembira dan sebaik baik suri tauladan bagi yang mengharap Rahmat dan Hidayah-Nya.

Sungguh hanya melalui Pertolongan dan Perlindungan Allâh SWT semata sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Dengan seizin Allâh SWT, di kesempatan yang baik ini saya ingin menghaturkan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar besarnya atas bantuan sehingga terselesainya skripsi ini kepada:

1. Kedua orang tua tercinta Suhadi dan Sutriyah yang senantiasa mendoakan, memberikan nasihat, kasih sayang, dan selalu menjadi motivasi utama selama ini.
2. M. Azis Muslim, S.T., M.T., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
3. Dr. Rini Nur Hasanah, S.T., M. Sc. selaku KKDK Teknik Energi Elektrik (A) Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya sekaligus dosen pembimbing pada penyusunan skripsi ini.
4. Ir. Soeprpto, M.T selaku dosen pembimbing pada penyusunan skripsi ini.
5. Keluarga tercinta yang selalu memberikan dukungan, motivasi dan nasihat yang baik.
6. Bapak dan Ibu dosen serta karyawan Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
7. Teman-teman Teknik Elektro angkatan tahun 2012 serta semua pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung atas penyusunan skripsi ini.

Sekiranya Allâh SWT mencatat amalan ikhlas kami dan semua pihak yang turut membantu sehingga skripsi ini terselesaikan. Akhirnya, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna namun semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Aamiin

Malang, 11 Januari 2017

Penulis



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Automatic Transfer Switch (ATS)</i>	5
2.2 Generator-Set (Genset).....	6
2.2.1 Modul Kontrol Enjin Genset HGM180HC	6
2.3 Relai	9
2.4 Kontaktor Magnetik	10
2.5 Penyearah Gelombang Penuh 1 Fasa	11
2.6 <i>Optocoupler</i>	12
2.7 LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>) dan Modul I2C LCD	13
2.8 Modul RTC DS3231	14
2.9 Arduino Nano.....	14
BAB III METODE PENELITIAN	17
3.1 Studi Literatur	17
3.2 Penentuan Spesifikasi Alat.....	18
3.3 Perancangan Alat	18
3.3.1 Perancangan Sistem ATS Secara Umum	18
3.3.2 Perancangan Rangkaian Detektor Tegangan.....	19
3.3.3 Perancangan Rangkaian <i>Transfer Switch</i>	21
3.3.4 Perancangan Rangkaian <i>Start/Stop</i> Genset	22
3.3.5 Perancangan <i>Driver</i> Relai	24
3.3.6 Perancangan Catu Daya.....	25
3.3.7 Perancangan Rangkaian Modul RTC DS3231	25

3.3.8	Perancangan LCD dan Tombol.....	26
3.3.9	Perancangan Sistem Kontroler.....	27
3.3.10	Perancangan Perangkat Lunak	28
3.4	Pengujian dan Analisis Data	30
3.5	Kesimpulan dan Saran	30
BAB IV	PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA	31
4.1	Pengujian Rangkaian <i>Transfer Switch</i>	31
4.1.1	Tujuan	31
4.1.2	Peralatan.....	31
4.1.3	Prosedur Pengujian	32
4.1.4	Hasil Pengujian	32
4.1.5	Analisis Hasil Pengujian	32
4.2	Pengujian Rangkaian <i>Start/Stop Genset</i>	33
4.2.1	Tujuan	33
4.2.2	Peralatan.....	33
4.2.3	Prosedur Pengujian	33
4.2.4	Hasil Pengujian	33
4.2.5	Analisis Hasil Pengujian	34
4.3	Pengujian Sistem Secara Keseluruhan.....	34
4.3.1	Tujuan	34
4.3.2	Peralatan.....	34
4.3.3	Prosedur Pengujian	34
4.3.4	Hasil Pengujian	35
4.3.5	Analisis Hasil Pengujian	37
4.4	Pengujian Jadwal Kerja ATS	37
4.4.1	Tujuan	37
4.4.2	Peralatan.....	37
4.4.3	Prosedur Pengujian	37
4.4.4	Hasil Pengujian	37
4.4.5	Analisis Hasil Pengujian	39
BAB V	PENUTUP	41
5.1	Kesimpulan	41
5.2	Saran	41
DAFTAR PUSTAKA		43

LAMPIRAN	45
Lampiran 1 Listing Program	45
Lampiran 2 Datasheet	74
Lampiran 3 Dokumentasi	99



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
<i>Gambar 2. 1</i>	Skema ATS/AMF Genset	5
<i>Gambar 2. 2</i>	Kontroler genset HGM180HC	6
<i>Gambar 2. 3</i>	Bagian-bagian panel genset Jurusan Teknik Elektro	8
<i>Gambar 2. 4</i>	Relai SPDT dan relai DPDT	10
<i>Gambar 2. 5</i>	Bagian-bagian kontaktor magnetik	10
<i>Gambar 2. 6</i>	Simbol kontaktor.....	11
<i>Gambar 2. 7</i>	(a) Rangkaian Penyearah 1 Fasa, (b) Gelombang Masukan Penyearah 1 Fasa, (c) Gelombang Keluaran Penyearah 1 Fasa	12
<i>Gambar 2. 8</i>	Rangkaian <i>Optocoupler</i>	13
<i>Gambar 2. 9</i>	Rangkaian Arduino dengan LCD menggunakan I2C konverter	14
<i>Gambar 2. 10</i>	Modul RTC DS3231 tampak atas (kiri) dan tambak bawah (kanan).....	14
<i>Gambar 2. 11</i>	Arduino Nano.....	15
<i>Gambar 3. 1</i>	Diagram alir metode penelitian.....	17
<i>Gambar 3. 2</i>	Skema perancangan ATS secara umum.....	18
<i>Gambar 3. 3</i>	Rangkaian detektor tegangan PLN	20
<i>Gambar 3. 4</i>	Rangkaian <i>transfer switch</i> dan rangkaian kontrol <i>transfer switch</i>	22
<i>Gambar 3. 5</i>	Rangkaian <i>start/stop</i> genset	23
<i>Gambar 3. 6</i>	Bagian-bagian pada panel genset.....	23
<i>Gambar 3. 7</i>	Rangkaian <i>driver</i> relai.....	24
<i>Gambar 3. 8</i>	Rangkaian catu daya 5 V	25
<i>Gambar 3. 9</i>	Perancangan RTC DS3231	26
<i>Gambar 3. 10</i>	Perancangan LCD menggunakan modul I2C LCD	26
<i>Gambar 3. 11</i>	Rangkaian tombol	27
<i>Gambar 3. 12</i>	Blok diagram sistem kontroler	27
<i>Gambar 3. 13</i>	Perancangan sistem Arduino Nano	27
<i>Gambar 3. 14</i>	Diagram alir pemrograman ATS.....	29
<i>Gambar 4. 1</i>	Blok rangkaian pengujian	31
<i>Gambar 4. 2</i>	Tampilan LCD posisi beban dengan sumber PLN genset	32
<i>Gambar 4. 3</i>	Tampilan LCD ketika genset kondisi hidup dan padam	33
<i>Gambar 4. 4</i>	Pengaturan waktu tunggu genset	34
<i>Gambar 4. 5</i>	Pengaturan jadwal ATS	37
<i>Gambar 4. 6</i>	Tampilan LCD ketika ATS sedang ON dan OFF	38

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2. 1	Spesifikasi modul kontrol mesin genset HGM180HC.....	8
Tabel 3. 1	Penggunaan PIN Arduino Nano	28
Tabel 4. 1	Koordinasi relai dan kontaktor rangkaian <i>transfer switch</i>	32
Tabel 4. 2	Koordinasi relai dalam pengujian rangkaian genset.....	33
Tabel 4. 3	Hasil pengujian ATS secara keseluruhan dengan beban lampu.....	35
Tabel 4. 4	Hasil pengujian waktu peralihan PLN ke genset dan sebaliknya.....	36
Tabel 4. 5	Hasil pengujian waktu yang diperlukan untuk <i>start/stop</i> genset.....	36
Tabel 4. 6	Hasil pengujian jadwal kerja ATS.....	38





BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perusahaan Listrik Negara (PLN) merupakan salah satu perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bertugas mengurus dan mengelola semua aspek kelistrikan di Indonesia, mulai dari pembangkitan, transmisi, hingga distribusi listrik ke para pelanggan. Hampir seluruh konsumen listrik di Indonesia menggunakan listrik dari PLN.

Dalam pelaksanaannya pelayanan energi listrik ke pelanggan tidak selalu *continue* dalam penyaluran energi listrik. Hal ini disebabkan oleh berbagai hal, mulai dari adanya gangguan pada jaringan listrik yang sering terjadi pada saat musim hujan hingga adanya pemeliharaan atau perbaikan pada sistem penyaluran energi listriknya. Dampak yang ditimbulkan dari pemadaman listrik bagi pelanggan adalah terganggunya aktivitas pelanggan, seperti terganggunya aktivitas produksi pada suatu pabrik, hilangnya peluang bisnis, serta kerugian yang bersifat *intellectual property* seperti banyaknya data yang hilang, khususnya bagi ilmuwan dan para akademisi (Zamtimah, 2009, p.53).

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 di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya. Untuk mengantisipasi pemadaman listrik dari PLN, Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya telah mempersiapkan generator-set 50 kVA 220 V 50 Hz (untuk selanjutnya disingkat dengan genset) sebagai sumber energi cadangan apabila PLN terjadi pemadaman.

Akan tetapi, adanya genset pun belum sepenuhnya menyelesaikan masalah. Karena dibutuhkan operator yang mengerti cara mengoperasikan genset. Selain itu operator juga mengerti prosedur pemindahan ohm saklar sehingga listrik dari genset dapat menggantikan sumber listrik dari PLN. Adapun keberadaan operator tidak selalu siaga saat pemadaman terjadi. Hal ini menjadi permasalahan tersendiri dalam mengoperasikan genset. Selain itu dibutuhkan kecepatan dalam menyalakan genset

ketika PLN tiba-tiba terjadi pemadaman agar pengguna listrik tidak terlalu lama mengalami gangguan dalam beraktivitas.

Untuk itu diperlukannya sistem kontrol otomatis untuk mengoperasikan genset secara otomatis apabila terjadi pemadaman listrik dari PLN menggantikan peran operator. Sistem kontrol otomatis tersebut biasa disebut dengan *automatic transfer switch* (ATS). ATS merupakan peralatan yang mampu memindahkan beban dari sumber listrik utama (PLN) ke sumber listrik cadangan (genset) secara otomatis apabila terjadi gangguan pada sumber listrik utama (PLN) dan memindahkan beban dari sumber listrik cadangan (genset) ke sumber listrik utama (PLN) saat sumber utama (PLN) telah kembali normal.

Namun, pengadaan unit ATS pabrikan relatif mahal. Padahal banyak tersedia komponen-komponen dasar yang dapat membentuk sistem ATS seperti Arduino sebagai kontroler dan kontaktor sebagai switch antara PLN dan genset. Dari kondisi tersebut diperlukannya penelitian dan pengembangan peralatan-peralatan agar dapat diwujudkannya ATS dengan harga yang terjangkau namun tidak mengurangi fungsi utama dari ATS tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Pokok permasalahan yang akan diselesaikan dalam penelitian ini diuraikan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membuat ATS yang sesuai untuk diterapkan di gedung A dan gedung B jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
2. Bagaimana koordinasi relai ATS dan waktu saat terjadi peralihan dari sumber listrik PLN ke sumber listrik genset dan sebaliknya.
3. Bagaimana merancang penjadwalan operasi ATS secara otomatis.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. ATS ini dirancang sesuai dengan kondisi di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya yakni menggunakan genset 3 fasa 50 kVA dan menggunakan 2 ohm saklar.
2. Parameter detektor tegangan adalah ada atau tidaknya tegangan pada sumber listrik PLN.

3. ATS yang dirancang meliputi komponen detektor tegangan, kontroler berupa Arduino, kontaktor untuk peralihan (*switching*) antara beban dengan PLN/genset, rangkaian kontrol untuk penyalaan/pemadaman genset, serta LCD sebagai indikator.
4. Pada pengujian menggunakan relai sebagai pengganti kontaktor dan genset satu fasa 2 kW 220V sebagai pengganti genset tiga fasa 50 kVA 220 V.
5. Respon genset tidak dibahas dalam penelitian ini.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian dalam skripsi ini adalah untuk merancang dan membuat perangkat *automatic transfer switch* (ATS) yang sesuai dengan kondisi di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah dapat membuat kerja genset secara otomatis dan meningkatkan kecepatan dan kemudahan dalam menyediakan sumber listrik darurat untuk beban saat terjadi pemadaman.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan ditunjukkan untuk memberikan gambaran dan uraian dari penyusunan tugas akhir secara garis besar, sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Menguraikan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Menguraikan tentang dasar teori dan referensi yang mendukung.

BAB III : METODE PENELITIAN

Menguraikan tentang metode dan langkah kerja yang terdiri dari studi literatur, perancangan sistem, pengujian dan analisis data, serta pengambilan kesimpulan.

BAB IV : PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA

Menguraikan tentang langkah-langkah pengujian serta analisis data terhadap hasil pengujian dari perancangan yang telah dilakukan.

BAB V : PENUTUP

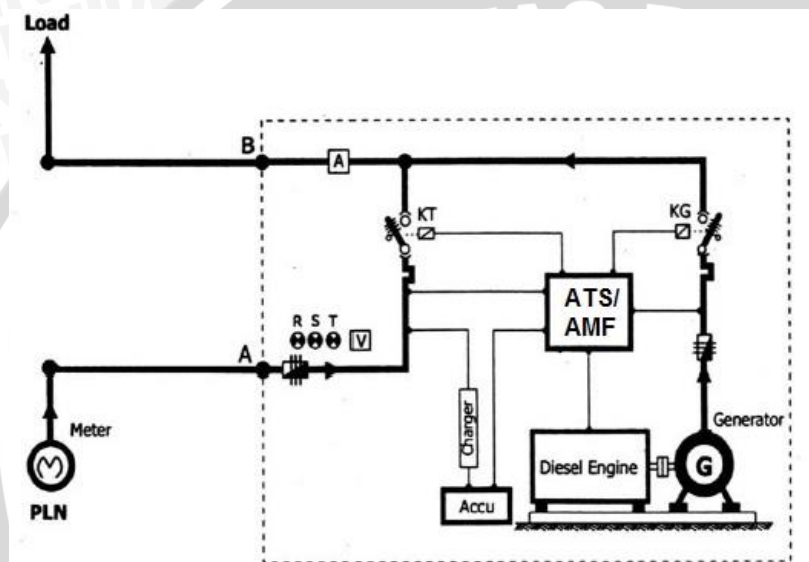
Memuat kesimpulan yang diperoleh dari analisis hasil penelitian dalam tugas akhir ini serta saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Automatic Transfer Switch (ATS)

Automatic transfer switch (ATS) merupakan peralatan yang digunakan untuk memindah/menghubungkan beban ke sumber yang berbeda dalam hal ini karena catu daya utama padam (Sărăcin, 2013).



Gambar 2. 1 Skema ATS/AMF Genset
Sumber: Neno Suhana (2002, p.3)

Berdasarkan skema ATS di atas, maka prinsip kerjanya adalah sebagai berikut (Neno Suhana, 2002, p.4).

1. Dalam keadaan normal, artinya *load* disuplai oleh PLN, arus listrik mengalir sebagai berikut: Dari meter PLN – Titik A – Switch KT (on) – Titik B – *Load*
2. Dalam keadaan darurat, artinya PLN off (KT off), secara otomatis ATS memerintahkan Diesel untuk *start* dan dalam waktu ± 8 detik generator mengeluarkan tegangan, secara otomatis pulas switch KG on. Sekarang *load* disuplai oleh genset.
3. Jika PLN on kembali, ± 30 detik ATS memerintahkan KG off dan sesudah itu memerintah KT on, tetapi genset masih *running*.
4. Jika PLN dalam waktu ± 120 detik tidak off lagi, maka genset stop.
5. Semuanya ini bekerja secara otomatis.

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, p.388).

2.2 Generator-Set (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 diesel. Generator adalah suatu mesin listrik yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik, sedangkan mesin bakar merupakan penggerak (*prime mover*) yang menyediakan energi mekaniknya.

Untuk mendukung kerja dari suatu genset diperlukan suatu sistem instalasi yang kompleks, terdiri dari sistem kelistrikan genset, sistem suplai bahan bakar, sistem pendinginan dan pembuangan gas, sistem peredaman getaran dan suara saat genset beroperasi.

2.2.1 Modul Kontrol Enjin Genset HGM180HC

Pada genset jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya menggunakan genset dengan modul kontrol enjin genset HGM180HC.

Modul kontrol enjin genset HGM180HC merupakan modul kontrol yang digunakan untuk menghidupkan dan mematikan enjin genset serta memproteksi enjin dari kegagalan-kegagalan yang mungkin terjadi atau berfungsi sebagai *Anti Main Faillure* (AMF). Ketika mendeteksi kegagalan seperti *low oil pressure*, *high water/cylinder temperature*, *auxiliary alarm*, *over speed*, HGM180HC akan memutus relai untuk bahan bakar dan genset akan berhenti, kemudian alarm berupa led indikator akan menyala menunjukkan kegagalan yang terjadi. HGM180HC didesain untuk mengontrol enjin dengan cara memutar tuas kunci *selector mode* pada kontroler HGM180HC (Smartgen Technology, 2011).



Gambar 2. 2 Kontroler genset HGM180HC
Sumber: Smartgen Technology (2011)

Terdapat tiga mode kerja yang dapat dipilih melalui tuas kunci *selector mode* pada kontroler HGM180HC:

A. Posisi *Stop* (O)

- Ketika genset berjalan normal, tuas kunci diputar ke posisi *Stop* (O), genset memulai ke proses *idle* dan relai *idle/high speed* terputus (terbuka). Ketika waktu *idle delay* telah terlampaui, relai bahan bakar terputus (terbuka) dan genset berhenti.
- Ketika terjadi kegagalan, putar tuas kunci ke posisi *Stop* (O) untuk menghilangkan/mematikan alarm.
- Pada mode ini, genset akan berhenti, kontroler akan bekerja pada *stand by* mode dengan konsumsi daya yang rendah.

B. Posisi *Manual* (M)

- Putar tuas kunci ke posisi manual (M) untuk mengoperasikan genset secara manual.
- Tekan tombol (P) untuk memulai pemanasan awal (*preheat*) dan berhenti sesaat setelah *starter* mesin. Setelah relai *crank* (motor *starter*) terputus, pemanasan awal (*preheat*) akan *disable*.
- Tekan tombol (S) untuk menjalankan genset. Setelah pemanasan awal (*preheat*), *starter* akan diberi daya (*energize*) dan genset mulai bekerja. Ketika frekuensi genset lebih dari 15 Hz atau sensor *oil pressure disable* (sensor *oil pressure* adalah *enable* sebelum *start*) atau ketika tombol (M) dilepas, daya *starter off* dan *crank* terputus. Setelah 10 detik *safety delay*, *idle delay* dimulai. Ketika waktu *idle delay* terlampaui, relai *idle/high speed* tertutup (*close*) dan genset beroperasi pada kecepatan tinggi.

C. Posisi *Auto* (A)

- Putar tuas kunci ke posisi auto (A) untuk mengoperasikan genset secara auto (otomatis).
- Ketika sinyal *remote start enable* (terhubung ke B-), setelah *delay* 2 detik, genset akan *start* secara otomatis, pemanasan awal (*preheat delay*) dimulai. Ketika waktu *delay* pemanasan awal (*preheat*) terlampaui, bahan bakar akan tersalurkan, pemanasan awal (*preheat*) akan berhenti setelah 1 detik setelah bahan bakar tersalurkan, kemudian *crank* (*starter*) dimulai. Maksimum 3 kali untuk *starter*, 8 detik untuk *cranking* (*starter*) dan 10 detik untuk jeda

antara *cranking* (starter). Jika relai *crank* dapat lepas selama 3 kali, mesin telah berjalan. Jika gagal lepas setiap kali selama tiga kali, alarm akan menyala. Ketika frekuensi genset lebih dari 15 Hz atau sensor *oil pressusure disable* (sensor *oil pressure* adalah *enable* sebelum *start*), relai *crank* (starter) terputus. Setelah 10 detik *safety delay*, *idle delay* dimulai. Ketika waktu *idle delay* terlampaui, relai *idle/high speed* tertutup dan genset beroperasi pada kecepatan tinggi.

- Ketika sinyal *remote start disable*, genset masuk ke proses *idle* setelah *delay* 10 detik, relai *idle/high speed* terputus. Setelah *idle delay*, bahan bakar terputus, relai *energize to stop* (ETS) terhubung dan genset berhenti secara otomatis. Ketika genset telah berhenti, ETS dan *idle* output terputus.
- Dalam mode ini tombol pemanasan awal (🔥), tombol *start* (🔌), dan tombol pengaturan (⚙️) tidak berfungsi.



Gambar 2. 3 Bagian-bagian panel genset Jurusan Teknik Elektro

Prosedur untuk menyalakan genset yakni memutar kunci power switch pada posisi ON kemudian memutar saklar kontroler HGM180HC ke posisi 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.

Berikut ini adalah tabel spesifikasi modul kontrol mesin genset HGM180HC.

Tabel 2. 1 Spesifikasi modul kontrol mesin genset HGM180HC

Items	Contents
Working Voltage	DC8.0V to 35.0V continuous
Power Consumption	Standby (12V: 0.12W, 24V: 0.24W) Working (12V: 0.5W, 24V: 1W)
Alternator Voltage Input	15VAC - 360VAC (ph-N)

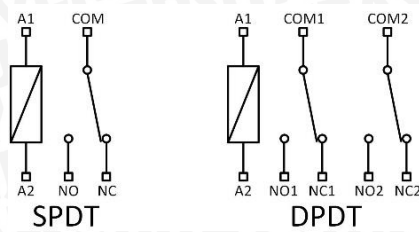
Items	Contents
Alternator Rated Freq.	50/60Hz
Over Speed Freq.	114% of rated freq.
Condition of Crank Disconnect	Generator voltage $\geq 15\text{VAC}$ and frequency $\geq 15\text{Hz}$
Charge Failure Voltage	$< 3\text{V}$
4 Digital Inputs	Connect to B- active
Start Output	1Amp DC28V relay output B+
Preheat Output	1Amp DC28V relay output B+
Fuel Output	1Amp DC28V relay output B+
Stop Output	1Amp DC28V relay output B+
Programmable Output	1Amp DC28V relay output B+
Hours Counter	Max 99999.9 hours
Case Dimensions	84mm x 72mm x 35mm
Panel Cutout	78mm x 66mm
Working Condition	Temperature: $(-30 \sim +70)^{\circ}\text{C}$ Humidity: $(20 \sim 90)\%$
Storage Condition	Temperature: $(-40 \sim +80)^{\circ}\text{C}$
Protection Level	IP55: when waterproof rubber gasket added between controller and its panel. IP42: when waterproof rubber gasket not added between controller and its panel.
Insulation Intensity	Object: among input/output/power Quote standard: IEC688-1992 Test way: AC1.5kV/1m 3mA leakage current
Weight	0.2 kg

Sumber: Smartgen Technology (2011, p.4)

2.3 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.

Kontak relai yang ada di pasaran tersedia dalam berbagai konfigurasi. Konfigurasi penyaklaran diidentifikasi sesuai dengan jumlah kutub (P, *pole*) dan banyaknya posisi saklar (T, *throw*). Jumlah kutub dan banyaknya posisi saklar didahului dengan huruf S untuk *single* dan huruf D untuk *double*. Idealnya, kontak dapat beroperasi dengan bersih dan tanpa ada lompatan (*bounce*).



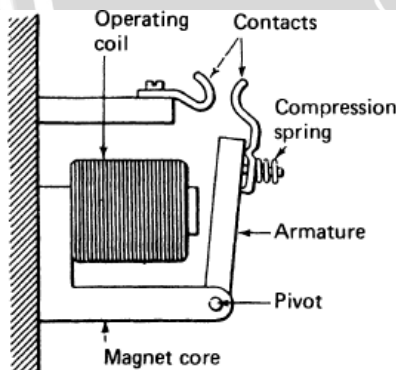
Gambar 2. 4 Relai SPDT (kiri) dan relai DPDT (kanan)

Sumber: <https://utakatikmikro.com/>

Relai dengan tipe SPDT (*Single-Pole Dual-Throw*) memiliki satu kontak NO (*normally open*), satu kontak NC (*normally close*), dan satu COM (*common*). Pada saat kumparan tidak dialiri arus, maka kontak NC akan terhubung dengan COM. Jika kumparan dialiri arus, maka kontak akan bergerak dari NC ke NO, sehingga NO akan terhubung dengan COM. Relai dengan tipe DPDT (*Dual-Pole Dual-Throw*) memiliki dua kontak NO, dua kontak NC, dan dua COM.

2.4 Kontaktor Magnetik

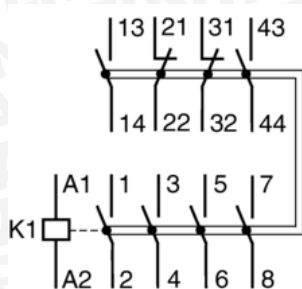
Kontaktor magnetik adalah saklar yang dioperasikan dengan prinsip elektromagnetik. Ketika tidak ada arus yang mengalir pada *coil* (kumparan), bagian *armature* akan dijauhkan oleh gaya pegas, pada kondisi ini kontak dalam keadaan terbuka (tidak terhubung). Ketika kumparan diberi sumber tegangan (*energized*),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



Gambar 2. 5 Bagian-bagian kontaktor magnetik

Sumber: Terrell (2009, p.7.145)

Pada kontaktor memiliki kontak utama (*main contact*) dan kontak bantu (*auxiliary contact*) dengan konfigurasi kontak NO (*normally open*) ataupun kontak NC (*normally close*). Kontak utama digunakan untuk rangkaian daya, sedangkan kontak bantu digunakan untuk rangkaian kontrol.



Gambar 2. 6 Simbol kontaktor dengan 4 buah kontak utama (NO) dan 4 kontak bantu (2NO+2NC)

Sumber: epub1.rockwellautomation.com/images/web-proof-large/GL/40764.gif

Penandaan terminal-terminal kontaktor adalah sebagai berikut:

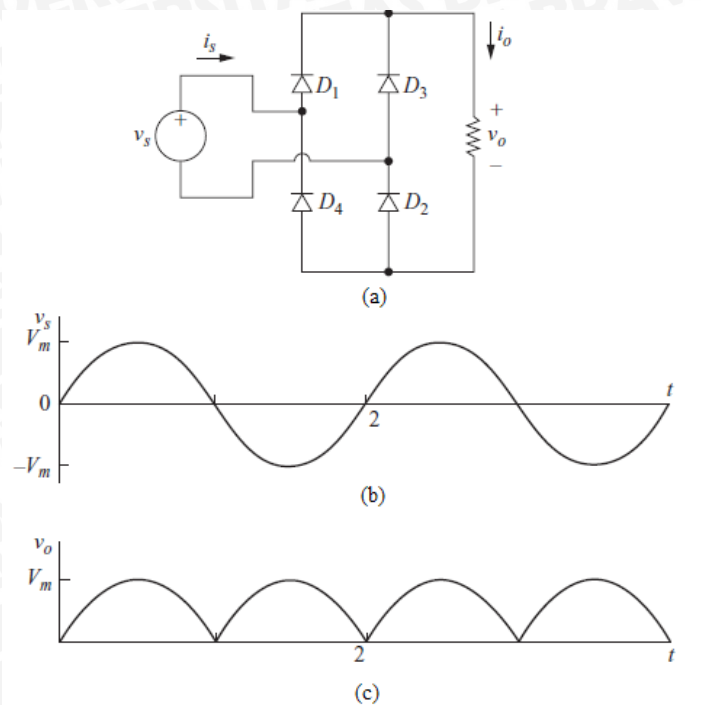
- A1, A2 : Kumputan kontaktor
- 1, 3, 5, 7 : Hubungan untuk suplai atau rangkaian utama
- 2, 4, 6, 8 : Hubungan untuk beban atau rangkaian utama
- 13, 14, 43, 44 : Kontak bantu NO
- 21, 22, 31, 32 : Kontak bantu NC

Sirkuit kumparan magnetik merupakan laminasi dan pada permukaan kutub terdapat lapisan pengaman untuk mengurangi percikan listrik. Pembersihan pada kontak perlu dilakukan pada kontaktor, semakin sering dioperasikan maka kontaktor harus sering dibersihkan untuk menghilangkan debu/kotoran pada kontaktor, lapisan debu/kotoran dapat menyebabkan meningkatnya suhu kontaktor saat beroperasi serta dapat menyebabkan pengikisan lapisan kontak karena panas (Laughton, 2003, p.20/11)

Apabila pada kumparan kontaktor diberi tegangan yang terlalu tinggi maka dapat menyebabkan berkurangnya umur atau dapat merusak kumparan kontaktor tersebut. Tetapi jika tegangan yang diberikan terlalu rendah maka akan menimbulkan tekanan antara kontak-kontak antara kontaktor menjadi berkurang. Hal ini dapat menyebabkan kontaktor menjadi bergetar serta dapat menimbulkan bunga api pada permukaannya dan dapat menyebabkan kontak-kontaknya menjadi rusak. Besarnya toleransi tegangan untuk kumparan kontaktor adalah berkisar 85 % sampai 110 % dari tegangan kerja kontaktor.

2.5 Penyearah Gelombang Penuh 1 Fasa

Penyearah gelombang penuh 1 fasa berguna untuk mengubah tegangan bolak-balik (AC) menjadi tegangan searah (DC). Rangkaian penyearah gelombang penuh 1 fasa terdiri dari 4 diode seperti yang ditunjukkan oleh gambar berikut (W. Hart, 2011).



Gambar 2. 7 (a) Rangkaian Penyearah 1 Fasa, (b) Gelombang Masukan Penyearah 1 Fasa, (c) Gelombang Keluaran Penyearah 1 Fasa

Sumber: Daniel W. Hart (2011, p.112)

Besar tegangan keluaran penyearah gelombang penuh 1 fasa dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$V_o = \frac{2 \times V_m}{\pi} = \frac{2 \times \sqrt{2} \times V_m}{\pi} \quad (2-1)$$

2.6 Optocoupler

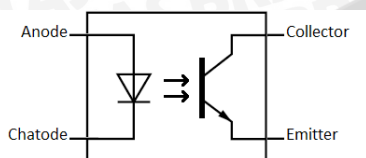
Optocoupler adalah suatu piranti yang terdiri dari 2 bagian yaitu *transmitter* dan *receiver*, yaitu antara bagian cahaya dengan bagian deteksi sumber cahaya terpisah. Biasanya *optocoupler* digunakan sebagai saklar elektrik. *optocoupler* atau *optoisolator* merupakan komponen penggandeng (*coupling*) antara rangkaian input dengan rangkaian output yang menggunakan media cahaya (*opto*) sebagai penghubung. Dengan kata lain, tidak ada bagian yang konduktif antara kedua rangkaian tersebut. *Optocoupler* sendiri terdiri dari 2 bagian, yaitu *transmitter* (pengirim) dan *receiver* (penerima) yang dikemas dalam satu *chip* (Mazda, 1997).

A. Transmitter

Merupakan bagian yang terhubung dengan rangkaian input atau rangkaian kontrol. Pada bagian ini terdapat sebuah LED *infra red* (IR LED) yang berfungsi untuk mengirimkan sinyal kepada *receiver*. Pada *transmitter* dibangun dari sebuah LED *infra* merah.

B. Receiver

Merupakan bagian yang terhubung dengan rangkaian output atau rangkaian beban, dan berisi komponen penerima cahaya yang dipancarkan oleh *transmitter*. Pada bagian *receiver* dibangun dengan dasar komponen *phototransistor*. *Phototransistor* merupakan suatu transistor yang peka terhadap cahaya. Apabila terkena cahaya maka *phototransistor* akan bekerja layaknya transistor pada umumnya.



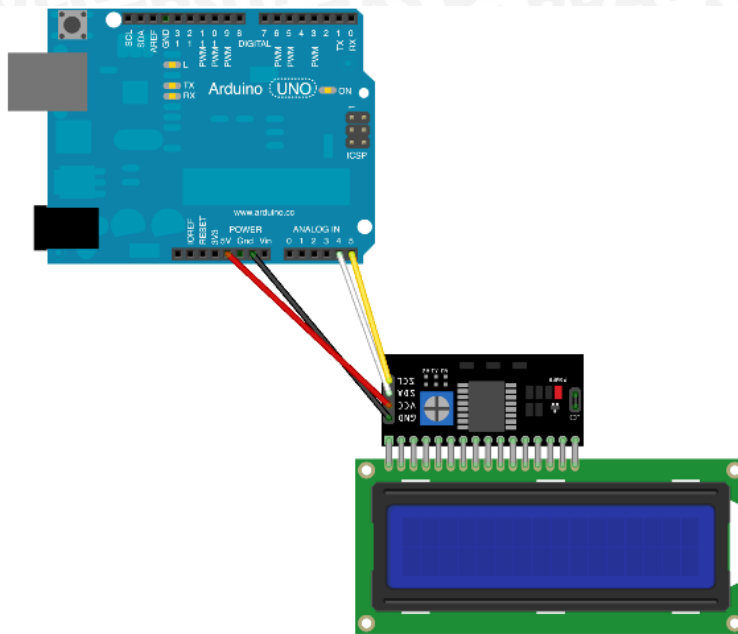
Gambar 2. 8 Rangkaian Optocoupler
Sumber: Mazda (1997, p.82)

2.7 LCD (*Liquid Crystal Display*) dan Modul I2C LCD

Liquid Crystal Display (LCD) adalah suatu jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD telah digunakan dalam berbagai bidang diantaranya alat-alat elektronik, seperti televisi, kalkulator ataupun layar komputer. LCD dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian depan panel LCD yang terdiri dari banyak dot atau titik LCD dan kontroler yang menempel pada bagian belakang panel LCD yang berfungsi untuk mengatur titik-titik LCD sehingga dapat menampilkan huruf, angka, dan simbol khusus yang dapat terbaca.

LCD dapat dikontrol menggunakan Arduino secara paralel baik untuk jalur data maupun kontrolnya. Namun jalur paralel memakan banyak pin di sisi kontroler (Arduino) karena membutuhkan 6 pin untuk mengendalikan LCD. Selain mengontrol LCD menggunakan pin secara paralel, dapat menggunakan komunikasi I2C. Dengan menggunakan komunikasi I2C, dapat menghemat pin mikrokontroler untuk mengontrol LCD dari 6 pin menjadi 2 pin untuk I2C.

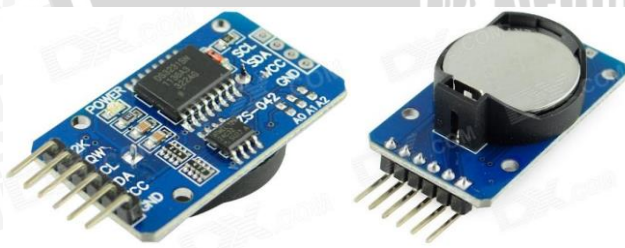
Arduino sendiri sudah mendukung komunikasi I2C. Pada Arduino UNO pin I2C terletak pada pin A4 untuk jalur SDA (*Serial Data*) dan pin A5 untuk jalur DCL (*Serial Clock*). Untuk mengontrol LCD menggunakan komunikasi I2C perlu menggunakan modul I2C konverter. Modul I2C konverter ini menggunakan *chip* IC PCF5874 sebagai kontroler nya. Pada Gambar 2. 11 ditunjukkan hubungan rangkaian Arduino dengan LCD menggunakan modul I2C konverter.



Gambar 2. 9 Rangkaian Arduino dengan LCD menggunakan I2C konverter
Sumber: <http://saptaji.com/2016/06/27/bekerja-dengan-i2c-lcd-dan-arduino/>

2.8 Modul RTC DS3231

Modul RTC DS3231 menggunakan IC MAXIM DS3231 *high accuracy real time clock controller*. Menggunakan kompensasi suhu internal *crystal oscillator* IC RTC ini dapat menghasilkan pencatatokean waktu dengan keakuratan tinggi. RTC ini menangani informasi mengenai detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, dan tahun. *Address* dan data ditransfer melalui komunikasi dua arah I2C. Modul RTC DS3231 dilengkapi baterai sehingga tetap dapat beroperasi meskipun catu daya utama tidak ada (hobbycomponents.com).



Gambar 2. 10 Modul RTC DS3231 tampak atas (kiri) dan tambak bawah (kanan)
Sumber: hobbycomponents.com

Untuk menggunakan modul RTC DS3231 dengan Arduino cukup menyambungkan pin VCC pada 5 V, pin GND ke ground, pin SCL ke pin A5, dan pin SDA ke pin A4.

2.9 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.

Beberapa keunggulan yang dimiliki oleh Arduino antara lain:

- Tidak perlu perangkat *chip programmer* karena di dalamnya sudah ada *bootloader* yang akan menangani *upload* program dari komputer.
- Sudah memiliki sarana komunikasi USB.
- Bahasa pemrograman relatif mudah karena software Arduino dilengkapi dengan kumpulan *library* yang cukup lengkap.
- Memiliki modul siap pakai (*shield*) yang bias ditancapkan pada *board* Arduino.

Bahasa pemrograman dalam Arduino IDE adalah bahasa C. Tetapi bahasa ini sudah dipermudah menggunakan fungsi-fungsi yang sederhana sehingga pemula pun bisa mempelajarinya. Karena sifat Arduino adalah *open-source*, sehingga begitu banyak orang yang mengunggah *project* mereka dengan Arduino di forum-forum yang membahas tentang Arduino ataupun *website* di internet.



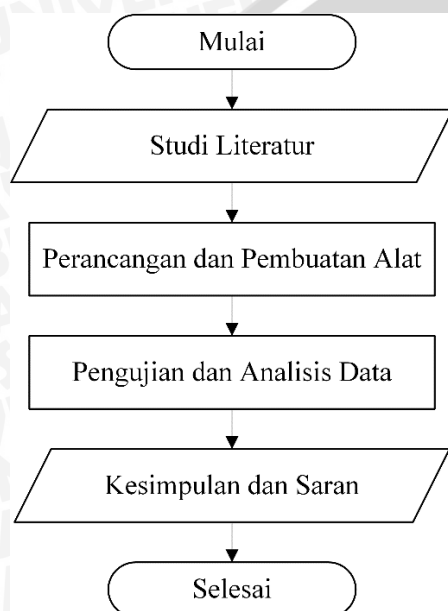
Gambar 2. 11 Arduino Nano tampak atas (kiri) dan tampak bawah (kanan)
Sumber: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano>



BAB III

METODE PENELITIAN

Pada bagian ini akan diuraikan metode penelitian yang akan dilakukan pada perancangan *automatic transfer switch* (ATS). Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan alat yang dirancang adalah studi literatur, penentuan spesifikasi alat, perancangan dan pembuatan alat, pengujian dan analisis alat, dan pengambilan kesimpulan.



Gambar 3. 1 Diagram alir metode penelitian

3.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan dasar tentang segala sesuatu yang mendukung perancangan serta pembuatan alat ini. Pembuatan alat ini menggunakan referensi dari buku-buku maupun artikel dari internet untuk mengetahui prinsip kerja, karakteristik komponen, serta teori yang menunjang. Adapun teori-teori yang dikaji adalah sebagai berikut.

1. Teori mengenai kontaktor magnetik.
2. Teori mengenai relai.
3. Teori dasar mengenai *start/stop* genset.
4. Teori dasar mengenai RTC DS3231.
5. Teori dasar mengenai LCD dan tombol.
6. Teori dasar Arduino.

3.2 Penentuan Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat secara global ditetapkan terlebih dahulu sebagai acuan dalam perancangan selanjutnya. Spesifikasi alat yang direncanakan adalah sebagai berikut:

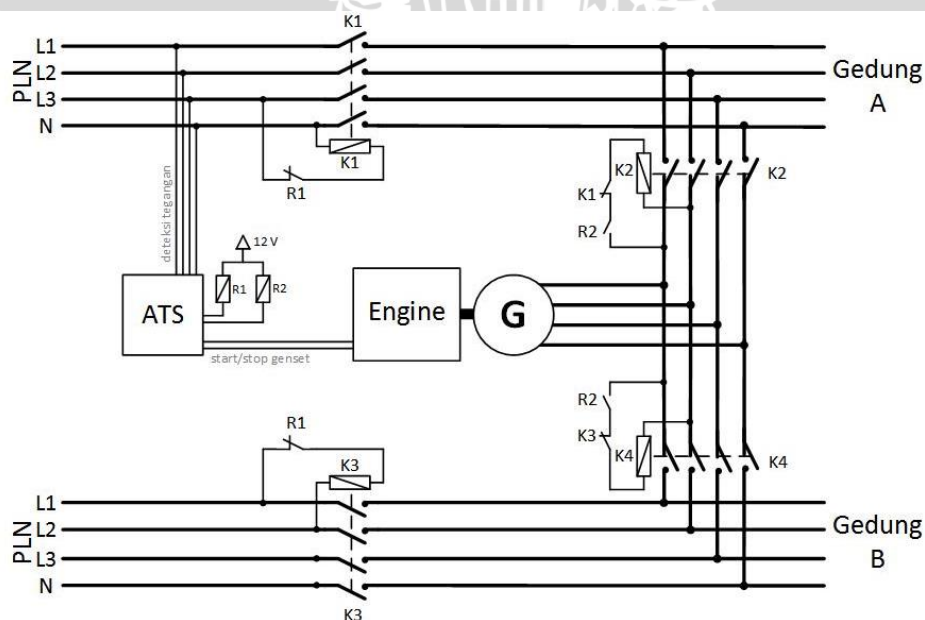
1. Menggunakan Arduino Nano sebagai kontroler ATS.
2. Menggunakan baterai (aki) 12 V untuk catu daya kontroler ATS.
3. Menggunakan relai AC sebagai pengganti kontaktor dalam pengujian.
4. Menggunakan genset 2 kW dalam pengujian.
5. Menggunakan relai DC untuk mengontrol kontaktor dan *start/stop* genset.
6. Alat dilengkapi LCD sebagai indikator status PLN, genset, kontaktor dan ATS.
7. Menggunakan RTC DS3231 untuk counter waktu.
8. Menggunakan rangkaian *optocoupler* untuk mendeteksi ada tidaknya tegangan PLN.

3.3 Perancangan Alat

Perancangan *automatic transfer switch* (ATS) untuk genset 50 kVA ini dilakukan secara bertahap dalam bentuk blok sehingga akan memudahkan dalam analisis pada setiap bloknya maupun secara keseluruhan.

- Perancangan sistem secara umum.
- Perancangan perangkat keras meliputi rangkaian detektor tegangan PLN, rangkaian *transfer switch*, rangkaian *start/stop* genset, catu daya, rangkaian modul RTC DS3231, dan kontroler Arduino Nano.
- Perancangan perangkat lunak.

3.3.1 Perancangan Sistem ATS Secara Umum



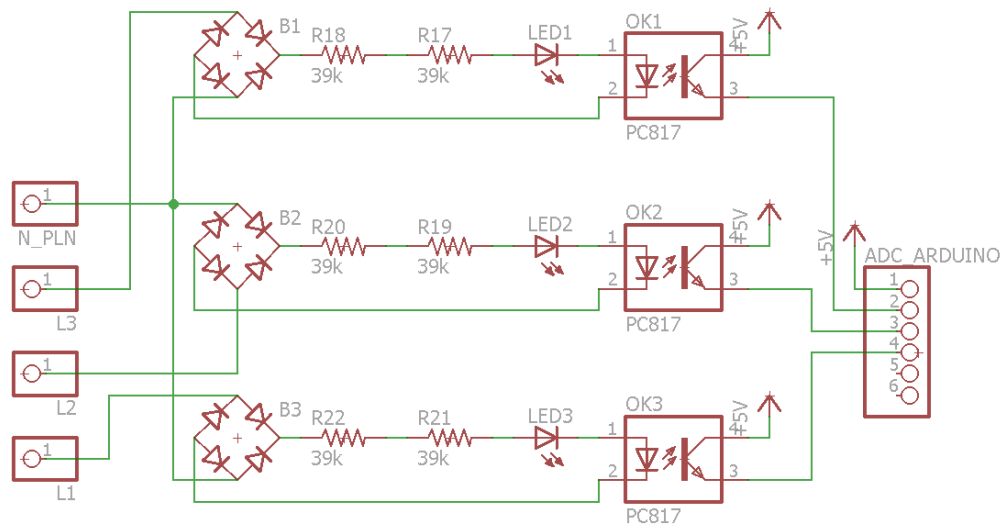
Gambar 3. 2 Skema perancangan ATS secara umum

Prinsip kerja dari skema perancangan pada Gambar 3. 2 adalah sebagai berikut:

1. ATS mendeteksi tegangan PLN oleh rangkaian detektor tegangan. Apabila 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 PLN (K1 dan K3) untuk membuka (*open*) dan kontaktor genset (K2 dan K4) 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 normal. ATS memerintahkan kontaktor genset (K2 dan K4) untuk membuka (*open*) dan kontaktor PLN (K1 dan K3) 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 yang ditentukan untuk 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.

3.3.2 Perancangan Rangkaian Detektor Tegangan

Rangkaian detektor tegangan diperlukan Arduino untuk mengetahui apakah PLN dalam kondisi hidup atau padam. Rangkaian detektor ini menggunakan penyearah diode dengan tipe RB156, resistor, led 3 mm, dan *optocoupler* dengan tipe PC817. Penyearah diode dengan tipe RB156 dipilih karena memenuhi spesifikasi untuk menyearahkan tegangan 220 V AC. *Optocoupler* PC817 dipilih karena sudah memenuhi spesifikasi untuk rangkaian detektor tegangan. Perancangan rangkaian detektor tegangan ditunjukkan pada Gambar 3. 3.



Gambar 3.3 Rangkaian detektor tegangan PLN

Tegangan masukan rangkaian detektor tegangan merupakan tegangan AC 1 fasa, karena yang dideteksi adalah 3 fasa, maka terdapat 3 rangkaian detektor tegangan untuk setiap fasa, tegangan masukan tersebut disearahkan oleh penyearah diode sehingga dihasilkan tegangan DC, kemudian tegangan dan arus keluaran penyearah diode akan diturunkan oleh resistor sehingga sesuai dengan spesifikasi kerja led dan *optocoupler*, ketika terdapat tegangan masukan (PLN hidup), maka led indikator akan menyala, *transmitter optocoupler* juga akan menyala, kemudian *receiver* akan aktif dan menghubungkan sumber 5 V dengan pin Arduino, ketika tidak terdapat tegangan masukan (PLN padam), maka led indikator dan *transmitter optocoupler* tidak akan aktif, kemudian *receiver optocoupler* juga tidak akan aktif sehingga pin Arduino tidak mendapat tegangan 5 V.

Saat pin Arduino membaca 5 V maka Arduino akan mengetahui bahwa PLN sedang hidup, ketika pin Arduino tidak membaca 5 V (0 V) maka Arduino akan mengetahui bahwa PLN sedang padam.

Besar tegangan keluaran penyearah diode RB156 dapat dihitung menggunakan rumus (2-1) seperti berikut.

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

Untuk mengaktifkan *transmitter optocoupler* membutuhkan tegangan (V_f) sebesar 1.2 V dan arus (I_f) sebesar 3 mA, untuk itu diperlukan resistor untuk

menyesuaikan tegangan dan arus agar sesuai dengan spesifikasi *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

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

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

Kemudian pemilihan daya untuk resistor adalah sebagai berikut.

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

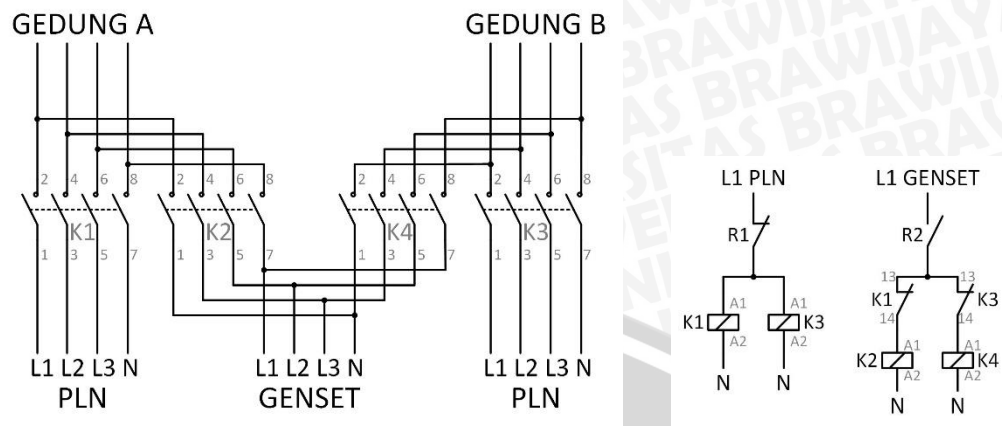
Sehingga cukup menggunakan resistor dengan ukuran 33 k Ω dengan daya 0,5 watt.

3.3.3 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* tegangan *coil* 12 V DC. Relai ini digunakan karena memenuhi spesifikasi untuk mengontrol *coil* kontaktor yang memiliki *rating* kerja 220 V AC.

Rangkaian *transfer switch* ditunjukkan dalam Gambar 3. 4 berikut.



Gambar 3. 4 Rangkaian *transfer switch* (kiri) dan rangkaian kontrol *transfer switch* (kanan)

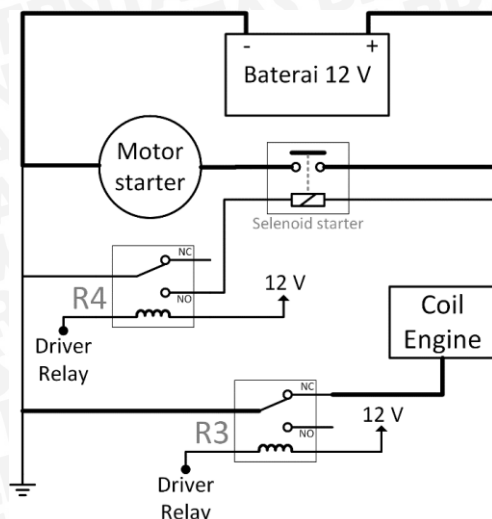
Rangkaian *transfer switch* ini menggunakan 4 buah kontaktor. Kontaktor K1 dan K2 untuk diletakkan di gedung A, kontaktor K3 dan K4 untuk diletakkan di gedung B. Kemudian kontaktor K1 dan K3 berfungsi untuk menghubungkan beban dengan PLN, kontaktor K2 dan K4 berfungsi untuk menghubungkan beban dengan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

Ketika PLN hidup, maka relai R1 dan R2 dalam kondisi OFF, sehingga *coil* kontaktor K1 dan K3 dapat langsung aktif, dan beban terhubung ke sumber PLN. Ketika PLN padam, maka 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 dapat aktif. Dengan demikian kontaktor K1 *interlock* dengan kontaktor K2 dan kontaktor K3 *interlock* dengan kontaktor K4.

3.3.4 Perancangan Rangkaian *Start/Stop* Genset

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. Relai ini digunakan karena dinilai memenuhi untuk mengontrol *start/stop* genset.



Gambar 3. 5 Rangkaian 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 mematikan genset cukup mengontrol relai R3 untuk OFF sehingga *Coil Engine* terhubung dengan *ground* atau kutub negatif baterai.

3.3.4.1 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 3. 6 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 ()

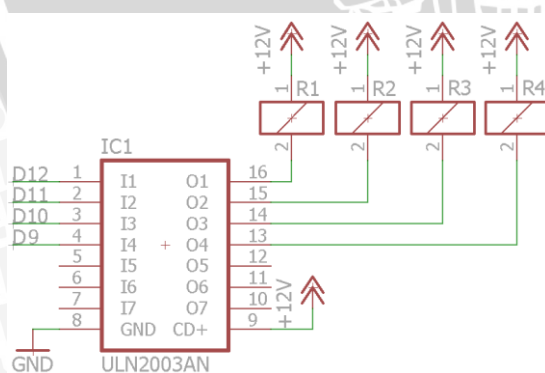
Untuk menyalakan genset dilakukan dengan mengaktifkan relai R3 sehingga instrumen pada panel dan kontroler genset akan aktif dan genset akan hidup. Untuk mematikan genset dilakukan dengan mengaktifkan R4 sehingga genset padam, kemudian relai R3 dan R4 dinonaktifkan.

3.3.5 Perancangan Driver Relai

Driver relai diperlukan untuk mengontrol relai yang mana mengontrol kontaktor dan *start/stop* genset karena Arduino tidak dapat mengontrol relai secara langsung, hal ini disebabkan tegangan kerja yang berbeda antara tegangan *coil* relai (12V) dan tegangan Arduino (5V).

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. Pada IC transistor ULN2003 sudah terdapat diode untuk *switching* relai.

Rangkaian *driver* relai ditunjukkan dalam Gambar 3. 6 berikut.



Gambar 3. 7 Rangkaian *driver* relai

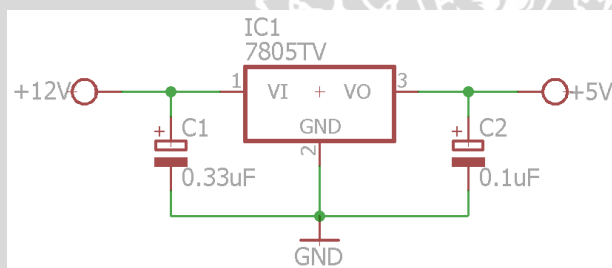
Ketika pin digital Arduino berlogika tinggi (5 V), akan ada arus yang mengalir ke basis transistor sehingga transistor aktif, ketika transistor aktif, transistor akan menghubungkan *coil* relai (*collector*) dengan ground (*emitter*), sehingga relai dapat bekerja (ON). Ketika pin digital Arduino berlogika rendah

(0 V), tidak ada arus yang mengalir ke basis transistor sehingga transistor tidak dapat aktif, ketika transistor tidak aktif, transistor akan memutus *coil* relai (*collector*) dengan ground (*emitter*), sehingga relai tidak dapat bekerja (OFF).

3.3.6 Perancangan Catu Daya

Rangkaian sistem *automatic transfer switch* (ATS) membutuhkan catu daya 5 V untuk modul Arduino, modul RTC DS3231, dan rangkaian LCD. Perancangan catu daya didasarkan pada estimasi pemakaian daya, sehingga dapat diketahui besar arus yang dibutuhkan alat. Sumber catu daya yang dipakai berasal dari baterai (aki) 12 V yang diturunkan tegangannya menjadi 5 V oleh *regulator* penurun tegangan LM7805.

Pada perancangan catu daya digunakan rangkaian *Fixed Output Regulator* pada *datasheet* LM7805 untuk memperoleh tegangan 5 V. Untuk mengurangi *noise* pada IC *regulator*, maka perlu ditambahkan kapasitor dengan nilai 0,33 μF pada sisi *input* dan 0,1 μF pada sisi *output* sesuai dengan *datasheet* LM7805. Rangkaian catu daya 5 V ditunjukkan dalam Gambar 3. 7.



Gambar 3. 8 Rangkaian catu daya 5 V

3.3.7 Perancangan Rangkaian Modul RTC DS3231

Modul RTC DS3231 diperlukan alat *automatic transfer switch* (ATS) 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 alat *automatic transfer switch* (ATS) tidak beroperasi secara otomatis.

Untuk pemasangan Modul RTC DS3231 pada Arduino dilakukan dengan cara menghubungkan *pin* VCC pada 5 V, *pin* GND pada *ground*, *pin* SCL pada *port* A5 Arduino, dan *pin* SDA pada *port* A4 Arduino seperti pada Gambar 3. 8.

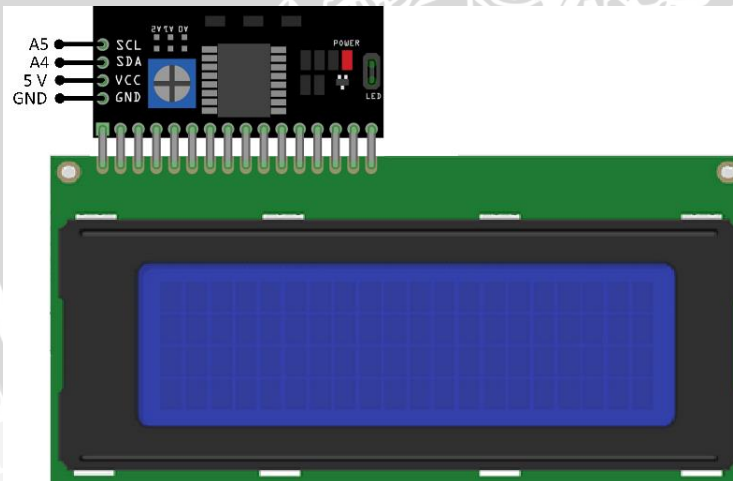


Gambar 3. 9 Perancangan RTC DS3231

3.3.8 Perancangan LCD dan Tombol

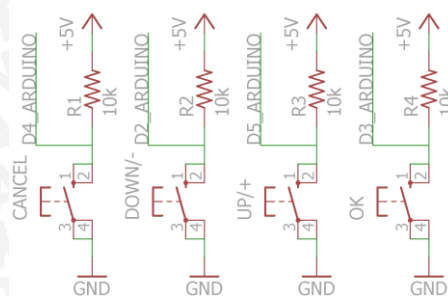
LCD digunakan sebagai indikator Arduino untuk menampilkan kondisi PLN, genset, posisi kontaktor dan status kerja ATS, apakah dalam kondisi ON atau OFF. Sedangkan tombol digunakan sebagai input untuk mengatur pengaturan ATS meliputi jam operasional ATS, pengaturan jam, pengaturan hari, pengaturan waktu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

LCD menggunakan LCD karakter 20 x 4 dan menggunakan I2C LCD modul untuk berkomunikasi dengan Arduino, sehingga untuk pemasangan pada Arduino dilakukan dengan cara menghubungkan pin VCC pada 5 V, pin GND pada *ground*, pin SCL pada pin A5 Arduino, dan pin SDA pada pin A4 Arduino seperti pada Gambar 3. 10.



Gambar 3. 10 Perancangan LCD menggunakan modul I2C LCD

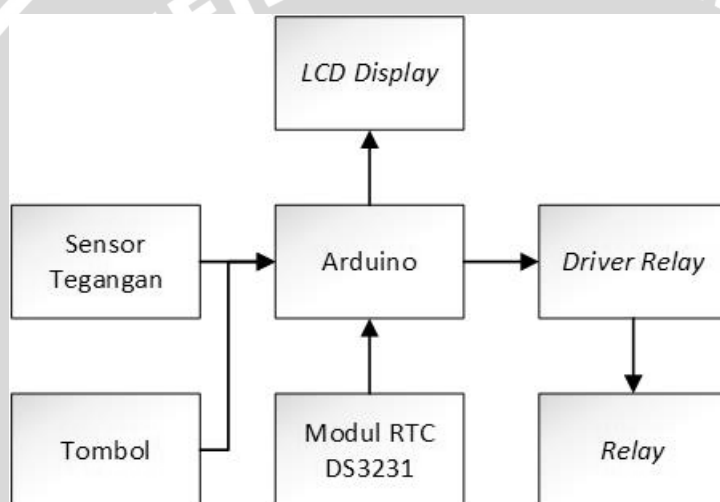
Tombol menggunakan 4 buah Tact Switch yang berfungsi untuk memutuskan Arduino dan 5V ketika ditekan, sehingga ketika Arduino membaca 0 V pada pin tombol, maka Arduino akan membaca bahwa tombol sedang ditekan. Resistor 10 k Ω yang dipasang seri dengan Tact Switch digunakan untuk membatasi arus yang menuju pin Arduino. Rangkaian tombol ditunjukkan pada Gambar 3. 11.



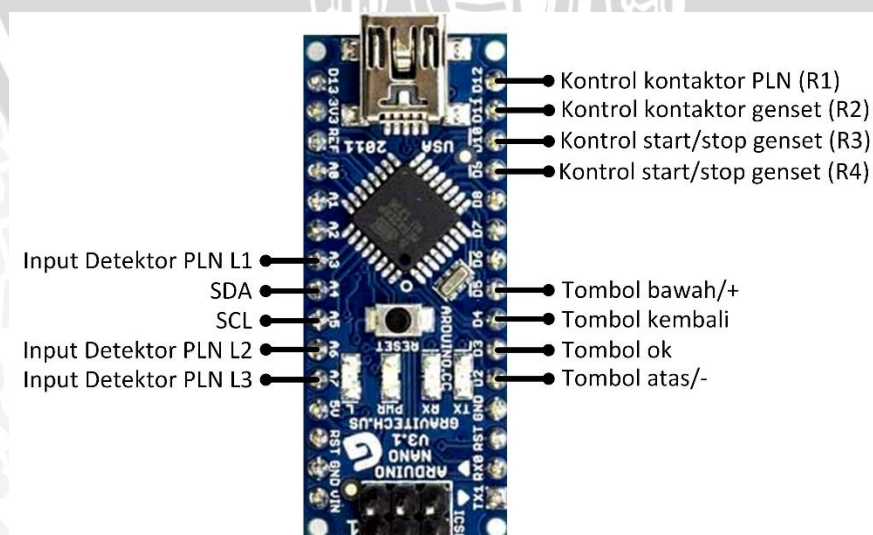
Gambar 3. 11 Rangkaian tombol

3.3.9 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 Gambar 3. 9.



Gambar 3. 12 Blok diagram sistem kontroler



Gambar 3. 13 Perancangan sistem Arduino Nano

Tabel 3. 1 Penggunaan PIN Arduino Nano

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 tombol
D3	Tombol ok	Input tombol
D4	Tombol kembali	Input tombol
D5	Tombol bawah/tambah	Input tombol
D9	Kontrol <i>start/stop</i> genset (R4)	Output D9
D10	Kontrol <i>start/stop</i> genset (R3)	Output D10
D11	Kontrol kontaktor genset (R2)	Output D11
D12	Kontrol kontaktor PLN (R1)	Output D12

Total penggunaan pin yang digunakan ada 13 pin, sehingga Arduino Nano dipilih karena sudah mencukupi untuk menjalankan sistem ATS ini.

3.3.10 Perancangan Perangkat Lunak

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.

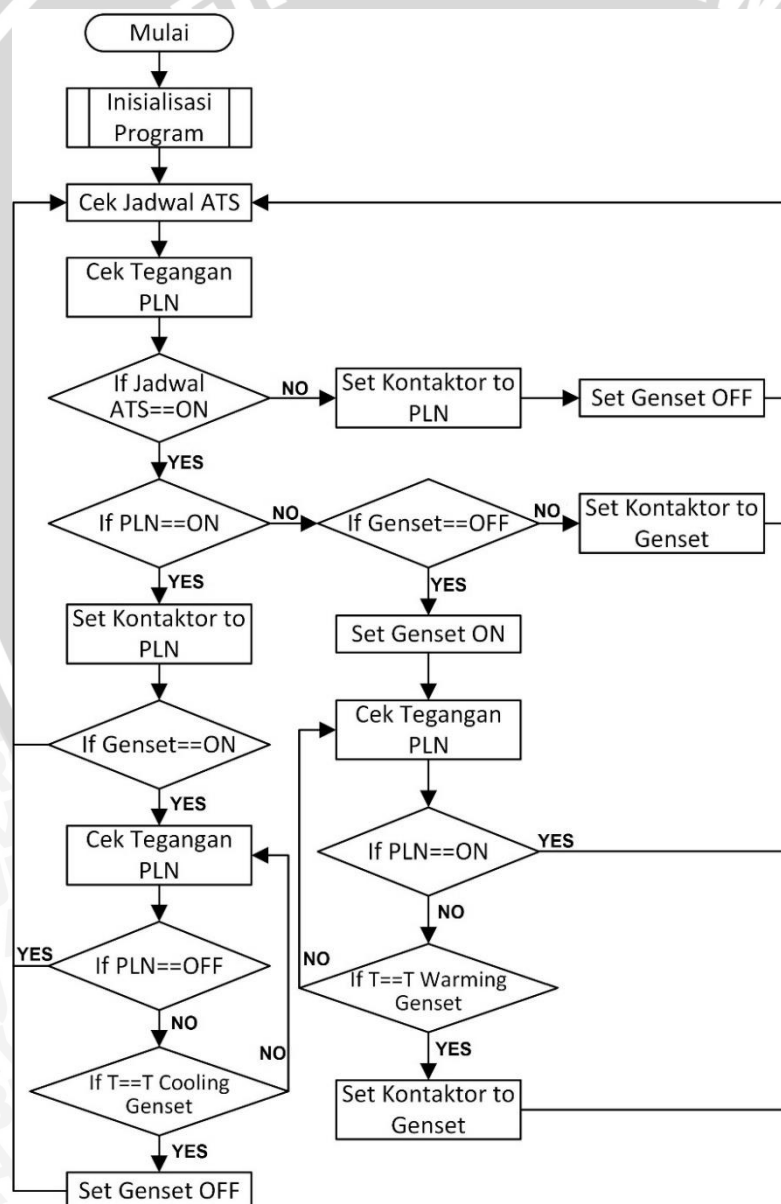
Setelah program dijalankan maka terlebih dahulu akan masuk pada program inisialisasi perangkat keras yang digunakan maupun perangkat lunak. Kemudian program akan mengecek jadwal ATS kemudian mengecek keluaran rangkaian detektor tegangan PLN, jika jadwal ATS merupakan jadwal untuk bekerja (ATS ON) dan 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 3. 14 Diagram alir pemrograman ATS

3.4 Pengujian dan Analisis Data

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sistem dapat berjalan dengan baik sesuai dengan perancangan yang telah dilakukan. Pengujian ini dilakukan pada tiap-tiap bagian sistem yang terdiri dari pengujian rangkaian *transfer switch*, rangkaian *start/stop* genset, pengujian keseluruhan sistem ATS, dan pengujian jadwal operasi ATS.

Setelah pengujian dilakukan, tahap selanjutnya adalah menganalisis hasil pengujian tersebut.

3.5 Kesimpulan dan Saran

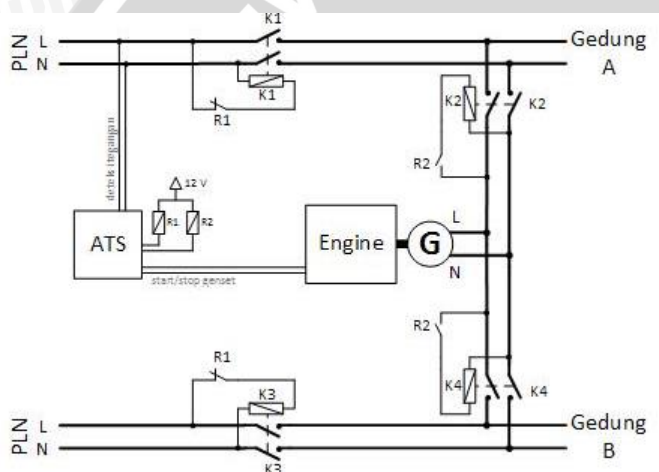
Pengambilan kesimpulan dilakukan setelah semua tahapan sudah dilakukan. Kesimpulan diambil dari hasil dan analisis terhadap penelitian skripsi yang telah dilakukan. Tahap terakhir dari penulisan adalah saran yang dimaksudkan untuk memperbaiki kesalahan-kesalahan yang terjadi dalam melaksanakan penelitian ini dan menyempurnakan penulisan serta untuk memberikan pertimbangan atas pengembangan-pengembangan sistem selanjutnya sehingga dapat menjadi lebih baik.



BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA

Pengujian dan analisis dilakukan untuk mengetahui kerja alat ATS yang telah direalisasikan apakah telah bekerja sesuai dengan perancangan yang telah dilakukan. Pengujian dilakukan pada tiap-tiap bagian sistem, kemudian dilakukan secara keseluruhan.

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan relai AC sebagai pengganti kontaktor, dua buah lampu sebagai beban pengganti gedung A dan gedung B serta menggunakan genset satu fasa 2 kW sebagai pengganti genset tiga fasa 50 kVA. Blok rangkaian pengujian ditunjukkan pada Gambar 4. 1 berikut ini.



Gambar 4. 1 Blok rangkaian pengujian

5.1 Pengujian Rangkaian Transfer Switch

4.1.1 Tujuan

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.

4.1.2 Peralatan

- Kontroler ATS
- 4 buah relai AC sebagai pengganti kontaktor
- 2 buah beban lampu sebagai beban pengganti gedung A dan B.
- Baterai 12 V (aki) sebagai catu kontroler ATS
- Sumber tegangan AC 220 V dari PLN
- Sumber tegangan AC 220 V dari genset

4.1.3 Prosedur Pengujian

1. Menyusun rangkaian seperti pada Gambar 4. 1.
2. Memadamkan sumber pengganti PLN.
3. Mengamati kondisi relai, kontaktor, dan beban serta catat apabila terjadi perubahan.
4. Menghidupkan kembali sumber pengganti PLN dan mengamati kembali kondisi relai, kontaktor, dan beban serta catat apabila terjadi perubahan.

4.1.4 Hasil Pengujian

Koordinasi relai dan kontaktor dalam pengujian rangkaian *transfer switch* ditunjukkan pada Tabel 4. 1 berikut ini.

Tabel 4. 1 Koordinasi relai dan kontaktor dalam pengujian rangkaian *transfer switch*

Status PLN	Kondisi Relai		Kondisi kontaktor				Kondisi beban		
	R1	R2	K1	K2	K3	K4	Lampu A	Lampu B	Disuplai oleh
ON	OFF	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	ON	PLN
OFF	ON	ON	OFF	ON	OFF	ON	ON	ON	Genset

ON menandakan bahwa relai atau kontaktor aktif, sedangkan OFF menandakan bahwa relai atau kontaktor tidak aktif.



Gambar 4. 2 Tampilan LCD posisi beban dengan sumber PLN (kiri) dan beban dengan sumber genset (kanan)

4.1.5 Analisis Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian rangkaian *transfer switch* pada Tabel 4. 1 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 *load A* dan K3 untuk *load B*, sedangkan kontaktor K2 & K4 dan relai R1 & R2 tidak aktif. Pada saat PLN tidak aktif, beban disuplai oleh genset melalui kontaktor K2 untuk *load A* dan K4 untuk *load B*. Sedangkan kontaktor K1 & K3 tidak aktif dan relai R1 & R2 aktif.

4.2 Pengujian Rangkaian Start/Stop Genset

4.2.1 Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah alat mampu menyalakan/memadamkan genset dengan baik serta sesuai dengan perancangan yang telah dilakukan.

4.2.2 Peralatan

- Kontroler ATS
- Baterai 12 V (aki) sebagai catu kontroler ATS
- Kabel
- Genset 2 kW satu fasa dengan merek POWER ONE

4.2.3 Prosedur Pengujian

1. Menyusun rangkaian seperti pada Gambar 4. 1.
2. Memadamkan sumber pengganti PLN.
3. Mengamati kondisi relai dan genset serta catat apabila terjadi perubahan.
4. Menghidupkan kembali sumber pengganti PLN dan mengamati kondisi relai dan genset serta catat apabila terjadi perubahan.

4.2.4 Hasil Pengujian

Koordinasi relai dalam pengujian rangkaian *start/stop* genset ditunjukkan pada Tabel 4. 2 berikut ini.

Tabel 4. 2 Koordinasi relai dalam pengujian rangkaian *start/stop* genset

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

ON menandakan bahwa relai aktif, sedangkan OFF menandakan bahwa relai tidak aktif.



Gambar 4. 3 Tampilan LCD ketika genset kondisi hidup (kiri) dan genset kondisi padam (kanan)

4.2.5 Analisis Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian rangkaian *start/stop* genset pada Tabel 4. 2 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.

4.3 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

4.3.1 Tujuan

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

4.3.2 Peralatan

- Kontroler ATS
- 4 buah relai AC sebagai pengganti kontaktor
- 2 buah beban lampu sebagai beban pengganti gedung A dan B.
- Baterai 12 V (aki) sebagai catu kontroler ATS
- Stopwatch
- Sumber AC 220 V dari PLN
- Genset 2 kW satu fasa dengan merek POWER ONE
- Kabel

4.3.3 Prosedur Pengujian

1. Mengatur waktu tunggu genset untuk menyala 35 detik dan waktu tunggu genset untuk padam 20 detik seperti Gambar 4. 4 berikut ini.



Gambar 4. 4 Pengaturan waktu tunggu genset

2. Memadamkan sumber PLN.
3. Mengamati kondisi beban, genset dan relai R1 dan R2.
4. Menghidupkan kembali sumber PLN serta mengamati kembali kondisi beban, genset dan relai R1 dan R2 serta catat apabila terjadi perubahan.
5. Mencatat waktu ketika terjadi perubahan pada kondisi relai, beban dan genset.

4.3.4 Hasil Pengujian

Hasil pengujian ATS secara keseluruhan dengan beban lampu ditunjukkan pada Tabel 4. 3 berikut ini.

Tabel 4. 3 Hasil pengujian ATS secara keseluruhan dengan beban lampu

Pengujian ke-	Kondisi 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 dan sebaliknya yang ditunjukkan dalam Tabel 4. 4 berikut ini.

Tabel 4. 4 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 4. 5 berikut ini.

Tabel 4. 5 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.

4.3.5 Analisis Hasil Pengujian

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 4. 4 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 4. 5 diperoleh waktu untuk menyalakan genset adalah 2,8 detik dari PLN padam dan waktu untuk memadamkan genset adalah 23 detik dari PLN hidup kembali.

4.4 Pengujian Jadwal Kerja ATS

4.4.1 Tujuan

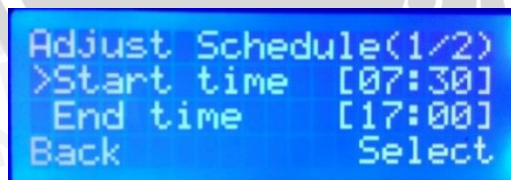
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah sistem dapat bekerja dengan baik sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan.

4.4.2 Peralatan

- Kontroler ATS
- Baterai 12 V (aki) sebagai catu kontroler ATS

4.4.3 Prosedur Pengujian

1. Mengatur jadwal kerja ATS dengan mengatur waktu mulai jam 07.30 dan berakhir jam 17.00 seperti Gambar.



Gambar 4. 5 Pengaturan jadwal ATS

2. Mengamati status ATS pada LCD setiap jam nya selama 7 hari (Senin-Minggu).
3. Mencatat hasil pengamatan.

4.4.4 Hasil Pengujian

Hasil pengujian jadwal kerja ATS ditunjukkan pada Tabel 4. 6 berikut ini.

Tabel 4. 6 Hasil pengujian jadwal kerja ATS

Jam	Hari						
	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jum'at	Sabtu	Minggu
00.00	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
01.00	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
02.00	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
03.00	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
04.00	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
05.00	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
06.00	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
07.00	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
08.00	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF
09.00	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF
10.00	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF
11.00	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF
12.00	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF
13.00	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF
14.00	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF
15.00	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF
16.00	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF
17.00	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
18.00	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
19.00	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
20.00	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
21.00	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
22.00	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
23.00	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.



Gambar 4. 6 Tampilan LCD ketika ATS sedang ON (kiri) dan OFF (kanan)

4.4.5 Analisis Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian jadwal kerja ATS pada Tabel 4. 6 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.





BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan pengujian pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. 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.
2. 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 untuk proses *starting* genset. 2 buah relai tersebut dikontrol oleh Arduino menggunakan transistor.
3. Sistem ATS membutuhkan waktu selama 37,8 detik dari padamnya PLN untuk menyambungkan beban dengan genset dan 2,6 detik dari hidupnya PLN untuk menyambungkan beban ke PLN kembali.
4. Sistem ATS membutuhkan waktu selama 2,8 detik dari padamnya PLN untuk menghidupkan genset dan 23 detik dari hidupnya PLN untuk memadamkan genset.
5. 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.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa saran yang perlu dilakukan untuk penyempurnaan 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

- Anonim. 2016. *Arduino Nano*. <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano>. (diakses 16 April 2016).
- Anonim. 2016. *High Accuracy DS3231 RTC & EEPROM (HCMODU0094)*. <http://forum.hobbycomponents.com/viewtopic.php?f=80&t=1946&sid=a1021a03d8ead8495a1cd0a5c256d3bc>. (diakses 15 April 2016).
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*. Jakarta: BSN.
- Chapman, Stephen J. 2005. *Electric Machinery Fundamentals*. New York: McGraw-Hill.
- Croft, Terrel, Summers, Wilford I., Hartwell, Frederic P. 2009. *American Electricians' Handbook*. United States of America: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Hart, Daniel W. 2011. *Power Electronics*. United States of America: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Laughotn, M. A. & Warne, D. J. 2003. *Electrical Engineer's Reference Book*. Great Britain: Newnes.
- Mazda, Fraidoon, 1997. *Power Electronics Handbook 3rd Edition*. Oxford: Newnes.
- Săracin, Cristina Gabriela, Săracin, Marin, & Zdrențu, 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.
- Sen, P. C. 1997. *Principles of Electric Machines and Power Electronics*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Smartgen. 2011. *HGM180/180HC Automatic Control Module User Manual*. China: Smartgen Technology.
- Suhana, Neno. 2002. *Seri Teknik: Rangkaian Kontrol Panel Genset*. Bandung: ITB.
- Zamtimah, BT., Laras Joko, SP., Herlambang, Hariyanto, Didik. 2009. Unit Automatic Main Failure (AMF) Power System Sebagai Sarana Up-Dating Kompetensi Guru-Guru SMK Jurusan Listrik. *Jurnal Pendidikan*. 39 (1): 53-66.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Listing Program

```
//-----library-----
#include <DS3231.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <EEPROM.h>

/* alamat EEPROM
 * EEPROM 0 jam start
 * EEPROM 1 menit start
 * EEPROM 2 jam stop
 * EEPROM 3 menit stop
 * EEPROM 4 warming up
 * EEPROM 5 cooling down
 */

//-----konfigurasi LCD dan RTC-----
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,2,1,0,4,5,6,7);

DS3231 rtc(SDA, SCL);
Time t;

//-----konfigurasi pin-----
#define pin_led 13

#define pinGenset_R4 12 //R4
#define pinGenset_R3 11 //R3
#define pinKontaktorGenset 10 //R2
#define pinKontaktorPLN 9 //R1

#define pinCekGenset A0
#define pinPLN_L1 A3
#define pinPLN_L2 A6
#define pinPLN_L3 A7

#define pin_ok 3
#define pin_up 2 //-
#define pin_down 5 //+
#define pin_cancel 4

//-----konfigurasi status-----
#define toPLN 0
#define toGenset 1

#define OFF 0
#define ON 1
#define warm_up 2
#define cool_down 3

#define push 0

//-----deklarasi konstanta-----
uint16_t batasADC=750;
uint8_t setSamplingNumber=10;

boolean statusPLN;
boolean statusATS;
```

```

boolean statusKontaktor;
uint8_t statusGenset;

uint8_t hari;
uint8_t jam;
uint8_t menit;

uint8_t jamStart;
uint8_t jamStop;
uint8_t menitStart;
uint8_t menitStop;

uint8_t warmingGen_t;
uint8_t coolingGen_t;

uint16_t cumulativeADC_L1 = 0;
uint16_t cumulativeADC_L2 = 0;
uint16_t cumulativeADC_L3 = 0;
uint16_t cumulativeADC_Genset = 0;

uint8_t menu;
uint8_t counter;      //untuk LCD menu
boolean titik2=1;

void setup()
{
    rtc.begin();

    t = rtc.getTime();
    hari=t.dow, DEC;
    jam=t.hour, DEC;
    menit=t.min, DEC;

    lcd.begin(20,4); // for 16 x 2 LCD module
    lcd.setBacklightPin(3,POSITIVE);
    lcd.setBacklight(HIGH);
    lcd.clear();

    pinMode(pinKontaktorGenset, OUTPUT);
    pinMode(pinKontaktorPLN, OUTPUT);
    pinMode(pinGenset_R3, OUTPUT);
    pinMode(pinGenset_R4, OUTPUT);

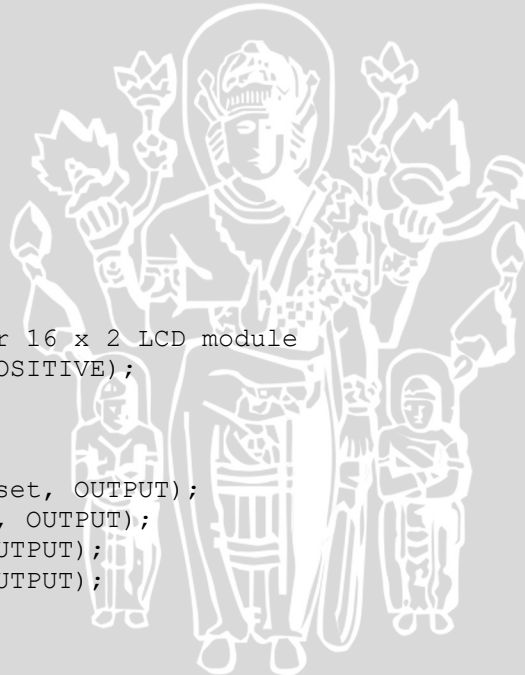
    pinMode(pin_ok, INPUT);
    pinMode(pin_up, INPUT);
    pinMode(pin_down, INPUT);
    pinMode(pin_cancel, INPUT);

    //_____dimulai di
    sini_____
    setGenset(OFF);
    setKontaktor(toPLN);
    cekJadwalATSPertamaX();

    loopATS:

    if(digitalRead(pin_ok)==push)
    {
        settingScreen();      //ke menu setting
        goto loopATS;
    }

```



```
cekJadwalATS();
homeScreen();

for(int t=1; t<3; t++)
{
    cekPLN();
}

homeScreen();

if(statusATS==ON)
{
    if(statusPLN==ON)
    {
        setKontaktor(toPLN);
        if(statusGenset==ON||statusGenset==warm_up)
        {
            coolingGen_t=EEPROM.read(5)*5;
            for(int c=0; c<coolingGen_t; c++) //menunggu untuk cooling down
            {
                statusGenset=cool_down;
                cekPLN();
                homeScreen();
                if(statusPLN==OFF)
                {
                    statusGenset=ON;
                    goto loopATS;
                }
            }
            setGenset(OFF);
            goto loopATS;
        }
        goto loopATS;
    }
    else if(statusPLN==OFF);
    {
        if(statusGenset==OFF)
        {
            setGenset(ON);
            homeScreen();

            warmingGen_t=EEPROM.read(4)*5;
            for(int w=0; w<warmingGen_t; w++) //menunggu genset untuk warm up
            {
                statusGenset=warm_up;
                cekPLN();
                homeScreen();
                if(statusPLN==ON)
                {
                    goto loopATS;
                }
            }
            statusGenset=ON;
        }
        else if(statusGenset!=OFF)
        {
            statusGenset=ON;
            for(int a=0; a<3; a++) //menunggu sebentar
            {
```

```

cekPLN();
homeScreen();
if(statusPLN==ON)
{
    goto loopATS;
}
}
setKontaktor(toGenset);
goto loopATS;
}
goto loopATS;
}

else if(statusATS==OFF)
{
    setKontaktor(toPLN);
    homeScreen();
    if(statusGenset==ON||statusGenset==warm_up||statusGenset==cool_down)
    {
        coolingGen_t=EEPROM.read(5)*5;
        for(int y=0; y<coolingGen_t; y++) //menunggu untuk cooling down
        {
            statusGenset=cool_down;
            cekPLN();
            homeScreen();
        }

        setGenset(OFF);
        homeScreen();
        goto loopATS;
    }
    goto loopATS;
}

void loop()
{
    // (:
}

void cekPLN()
{
    cumulativeADC_L1 = 0;
    cumulativeADC_L2 = 0;
    cumulativeADC_L3 = 0;
    uint16_t cumulativeADC = 0;
    uint8_t samplingNumber=setSamplingNumber;

    while(samplingNumber>0)
    {
        cumulativeADC_L1 += analogRead(pinPLN_L1);
        cumulativeADC_L2 += analogRead(pinPLN_L2);
        cumulativeADC_L3 += analogRead(pinPLN_L3);
        delay(99);
        samplingNumber --=1;
    }
    samplingNumber=setSamplingNumber;

    cumulativeADC=(cumulativeADC_L1+cumulativeADC_L2+cumulativeADC_L3)/3/samp
    lingNumber;

```



```
if(cumulativeADC>batasADC)
{
    statusPLN=ON;
}
else
{
    statusPLN=OFF;
}

lcd.setCursor(17,0);
if(titik2==1)
{
    lcd.print(":");
    digitalWrite(pin_led, HIGH);
    titik2=0;
}
else
{
    lcd.print(" ");
    digitalWrite(pin_led, LOW);
    titik2=1;
}
}

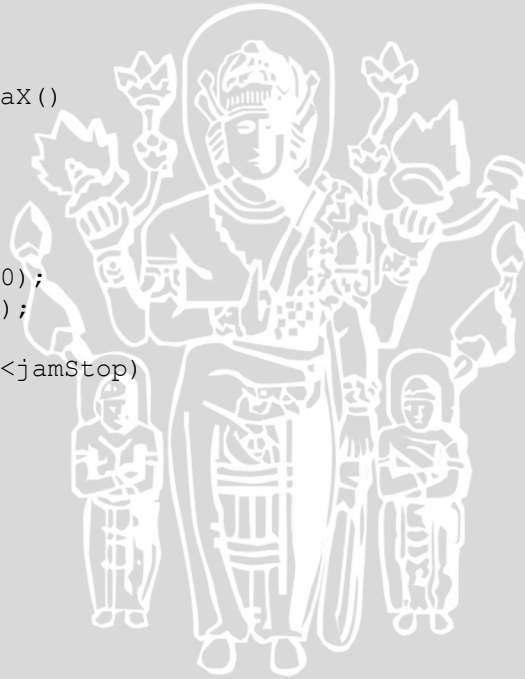
void cekJadwalATSPertamaX()
{
    t = rtc.getTime();
    hari=t.dow, DEC;
    jam=t.hour, DEC;

    jamStart=EEPROM.read(0);
    jamStop=EEPROM.read(2);

    if(jam>=jamStart&&jam<jamStop)
    {
        if(hari<6)
        {
            statusATS=ON;
        }
        else
        {
            statusATS=OFF;
        }
    }
    else
    {
        statusATS=OFF;
    }
}

void cekJadwalATS()
{
    t = rtc.getTime();
    hari=t.dow, DEC;
    jam=t.hour, DEC;
    menit=t.min, DEC;

    jamStart=EEPROM.read(0);
    menitStart=EEPROM.read(1);
    jamStop=EEPROM.read(2);
```



```

menitStop=EEPROM.read(3);

if(jam==jamStart&&menit==menitStart)
{
    if(hari<6)
    {
        statusATS=ON;
    }
    else
    {
        statusATS=OFF;
    }
}
else if(jam==jamStop&&menit==menitStop)
{
    statusATS=OFF;
}
}

void setKontaktor(boolean KontaktorState)
{
    if(KontaktorState==toPLN)
    {
        digitalWrite(pinKontaktorGenset, LOW);
        delay(500);
        digitalWrite(pinKontaktorPLN, LOW);
        statusKontaktor=toPLN;
    }
    else if(KontaktorState==toGenset)
    {
        digitalWrite(pinKontaktorPLN, HIGH);
        delay(500);
        digitalWrite(pinKontaktorGenset, HIGH);
        statusKontaktor=toGenset;
    }
}

void setGenset(boolean GensetState)
{
    if(GensetState==ON)
    {
        digitalWrite(pinGenset_R3, HIGH);
        delay(1000);
        uint8_t ngulang=0;

        ngulangStart:
        ngulang++;

        cumulativeADC_Genset = 0;
        uint32_t averageADC_Genset = 0;
        uint8_t samplingNumberGenset=setSamplingNumber*5;

        digitalWrite(pinGenset_R4, HIGH);
        delay(700);
        digitalWrite(pinGenset_R4, LOW);
        delay(1000);

        while(samplingNumberGenset>0)
        {
            cumulativeADC_Genset += analogRead(pinCekGenset);
            delay(99);
        }
    }
}

```

```
samplingNumberGenset -=1;
}
samplingNumberGenset=setSamplingNumber*5;
averageADC_Genset=cumulativeADC_Genset/samplingNumberGenset;

if(averageADC_Genset<batasADC)
{
    if(ngulang<2)
    {
        goto ngulangStart;
    }
    else
    {
        digitalWrite(pinGenset_R3, LOW);
    }
}
else if(averageADC_Genset>batasADC)
{
    statusGenset=ON;
}
}
else if(GensetState==OFF)
{
    digitalWrite(pinGenset_R3, LOW);
    statusGenset=OFF;
}
}

void homeScreen()
{
    jam=t.hour, DEC;
    menit=t.min, DEC;

    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print(rtc.getDOWStr());
    lcd.setCursor(15,0);
    if(jam<10)
    {
        lcd.print(" ");lcd.print(jam);
    }
    else
    {
        lcd.print(jam);
    }
    lcd.setCursor(18,0);
    if(menit<10)
    {
        lcd.print("0");lcd.print(menit);
    }
    else
    {
        lcd.print(menit);
    }
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("ATS:");
    if(statusATS==OFF)
    {
        lcd.print("OFF");
    }
    else
    {

```

```

    lcd.print("ON ");
}

lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("PLN:");
if(statusPLN==OFF)
{
    lcd.print("OFF");
}
else
{
    lcd.print("ON ");
}
lcd.setCursor(9,1);
lcd.print("Kon:");
if(statusKontaktor==toPLN)
{
    lcd.print("PLN  ");
}
else
{
    lcd.print("Genset");
}

lcd.setCursor(9,2);
lcd.print("Gen:");
if(statusGenset==OFF)
{
    lcd.print("OFF  ");
}
else if(statusGenset==ON)
{
    lcd.print("ON  ");
}
else if(statusGenset==warm_up)
{
    lcd.print("Warming");
}
else if(statusGenset==cool_down)
{
    lcd.print("Cooling");
}

lcd.setCursor(16,3);
lcd.print("Menu");
}

//_____setting_____
void settingScreen()
{
    uint8_t kursor=1;
    uint8_t subkursor=1;
    uint8_t subkursor2=1;

    awalSetting:
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("____Setelan("); lcd.print(kursor); lcd.print("/3)____");
    lcd.setCursor(1,1);
    lcd.print("Change ATS Status");
    lcd.setCursor(1,2);

```

```
lcd.print("ATS Settings");
lcd.setCursor(1,3);
lcd.print("Adjust Time");
lcd.setCursor(0, kursor);
lcd.print(">");

while(digitalRead(pin_ok)==push||digitalRead(pin_cancel)==push)
{
}
delay(200);

counter=0;

while(digitalRead(pin_up)!=push&&digitalRead(pin_down)!=push&&digitalRead(
(pin_ok)!=push&&digitalRead(pin_cancel)!=push)
{
    counter++;
    delay(100);
    if(counter==100) //10 detik
    {
        lcd.clear();
        return;
    }
}

if(digitalRead(pin_up)==push)
{
    while(digitalRead(pin_up)==push)
    {
        delay(300);
        break;
    }
    kursor++;
    if(kursor>=4)
    {
        kursor=1;
    }
    goto awalSetting;
}
else if(digitalRead(pin_down)==push)
{
    while(digitalRead(pin_down)==push)
    {
        delay(300);
        break;
    }
    kursor--;
    if(kursor<=0)
    {
        kursor=3;
    }
    goto awalSetting;
}
else if(digitalRead(pin_cancel)==push)
{
    lcd.clear();
    return;
}
else if(digitalRead(pin_ok)==push)
{
}
```

```

while(digitalRead(pin_ok)==push)
{
}
if(kursor==1)
{
    goto menu1;
}
else if(kursor==2)
{
    goto menu2;
}
else if(kursor==3)
{
    goto menu3;
}
}

//-----menu 1-----
//-----mengganti ATS status-----
menu1:
if(statusATS==ON)
{
    subkursor=1;
}
else if(statusATS==OFF)
{
    subkursor=2;
}

loopStatusATS:
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("_Change ATS Status_");
lcd.setCursor(1,1);
lcd.print("ON");
lcd.setCursor(1,2);
lcd.print("OFF");
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("Back          Apply");
lcd.setCursor(0, subkursor);
lcd.print(">");

while(digitalRead(pin_ok)==push||digitalRead(pin_cancel)==push)
{
}
delay(200);

counter=0;

while(digitalRead(pin_up)!=push&&digitalRead(pin_down)!=push&&digitalRead(
(pin_ok)!=push&&digitalRead(pin_cancel)!=push)
{
    counter++;
    delay(100);
    if(counter==100) //10 detik
    {
        lcd.clear();
        return;
    }
}

```

```

    }

    if(digitalRead(pin_up)==push)
    {
        while(digitalRead(pin_up)==push)
        {
            delay(300);
            break;
        }
        subkursor++;
        if(subkursor>=3)
        {
            subkursor=1;
        }
        goto loopStatusATS;
    }
    else if(digitalRead(pin_down)==push)
    {
        while(digitalRead(pin_down)==push)
        {
            delay(300);
            break;
        }
        subkursor--;
        if(subkursor<=0)
        {
            subkursor=2;
        }
        goto loopStatusATS;
    }
    else if(digitalRead(pin_cancel)==push)
    {
        goto awalSetting;
    }
    else if(digitalRead(pin_ok)==push)
    {
        if(subkursor==1)
        {
            statusATS=ON;
        }
        else if(subkursor==2)
        {
            statusATS=OFF;
        }
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0,2);
        lcd.print("Applying new setting");
        delay(1000);
        goto awalSetting;
    }
}

//-----menu 2-----
menu2:
subkursor=1;
loopmenu2:
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("_ATS Settings  ("); lcd.print(subkursor); lcd.print("/2)_");

lcd.setCursor(1,1);
lcd.print("Set Schedule ATS");

```

```

lcd.setCursor(1,2);
lcd.print("Set Timing Genset");
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("Back          Select");
lcd.setCursor(0, subkursor);
lcd.print(">");

while(digitalRead(pin_ok)==push||digitalRead(pin_cancel)==push)
{
}
delay(200);

counter=0;

while(digitalRead(pin_up)!=push&&digitalRead(pin_down)!=push&&digitalRead(
(pin_ok)!=push&&digitalRead(pin_cancel)!=push)
{
    counter++;
    delay(100);
    if(counter==100) //10 detik
    {
        lcd.clear();
        return;
    }
}

if(digitalRead(pin_up)==push)
{
    while(digitalRead(pin_up)==push)
    {
        delay(300);
        break;
    }
    subkursor++;
    if(subkursor>=3)
    {
        subkursor=1;
    }
    goto loopmenu2;
}
else if(digitalRead(pin_down)==push)
{
    while(digitalRead(pin_down)==push)
    {
        delay(300);
        break;
    }
    subkursor--;
    if(subkursor==0)
    {
        subkursor=2;
    }
    goto loopmenu2;
}
else if(digitalRead(pin_cancel)==push)
{
    goto awalSetting;
}
else if(digitalRead(pin_ok)==push)
{
}

```

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



```
while(digitalRead(pin_ok)==push)
{
}
if(kursor==2&&subkursor==1)
{
    goto menu21;
}
else if(kursor==2&&subkursor==2)
{
    goto menu22;
}
}

//-----atur jadwal ats-----

menu21:
subkursor2=1;

jamStart=EEPROM.read(0);
menitStart=EEPROM.read(1);
jamStop=EEPROM.read(2);
menitStop=EEPROM.read(3);

loopmenu21:
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Adjust Schedule"); lcd.print(subkursor2); lcd.print("/2");
lcd.setCursor(1,1);
lcd.print("Start time  [");
if(jamStart<10)
{
    lcd.print("0");lcd.print(jamStart);
}
else
{
    lcd.print(jamStart);
}
lcd.print(":");
if(menitStart<10)
{
    lcd.print("0");lcd.print(menitStart);
}
else
{
    lcd.print(menitStart);
}
lcd.print("]");

lcd.setCursor(1,2);
lcd.print("End time  [");
if(jamStop<10)
{
    lcd.print("0");lcd.print(jamStop);
}
else
{
    lcd.print(jamStop);
}
lcd.print(":");
if(menitStop<10)
{

```

```

    lcd.print("0");lcd.print(menitStop);
}
else
{
    lcd.print(menitStop);
}
lcd.print("]");

lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("Back          Select");
lcd.setCursor(0, subkursor2);
lcd.print(">");

while(digitalRead(pin_ok)==push||digitalRead(pin_cancel)==push)
{
}
delay(200);

counter=0;

while(digitalRead(pin_up)!=push&&digitalRead(pin_down)!=push&&digitalRead(
(pin_ok)!=push&&digitalRead(pin_cancel)!=push)
{
    counter++;
    delay(100);
    if(counter==100)    //10 detik
    {
        lcd.clear();
        return;
    }
}

if(digitalRead(pin_up)==push)
{
    while(digitalRead(pin_up)==push)
    {
        delay(300);
        break;
    }
    subkursor2++;
    if(subkursor2>=3)
    {
        subkursor2=1;
    }
    goto loopmenu21;
}
else if(digitalRead(pin_down)==push)
{
    while(digitalRead(pin_down)==push)
    {
        delay(300);
        break;
    }
    subkursor2--;
    if(subkursor2==0)
    {
        subkursor2=2;
    }
    goto loopmenu21;
}

```



```

else if(digitalRead(pin_cancel)==push)
{
    goto loopmenu2;
}
else if(digitalRead(pin_ok)==push)
{
    while(digitalRead(pin_ok)==push)
    {
    }
    if(subkursor==1&&subkursor2==1)
    {
        goto menu211;
    }
    else if(subkursor==1&&subkursor2==2)
    {
        goto menu212;
    }
}

//-----jadwal start-----
menu211:
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("__Start Time ATS__");

jamStart=EEPROM.read(0);
menitStart=EEPROM.read(1);

aturjamStart:
lcd.setCursor(7,1);
lcd.print("-- ");
lcd.setCursor(7,3);
lcd.print("-- ");
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("Back");
lcd.setCursor(16,3);
lcd.print("Next");
lcd.setCursor(7,2);

if(jamStart<10)
{
    lcd.print("0");lcd.print(jamStart);
}
else
{
    lcd.print(jamStart);
}
lcd.print(":");
if(menitStart<10)
{
    lcd.print("0");lcd.print(menitStart);
}
else
{
    lcd.print(menitStart);
}

while(digitalRead(pin_ok)==push||digitalRead(pin_cancel)==push)
{

```

```

}
delay(200);

counter=0;

while(digitalRead(pin_up) !=push&&digitalRead(pin_down) !=push&&digitalRead
(pin_ok) !=push&&digitalRead(pin_cancel) !=push)
{
    counter++;
    delay(100);
    if(counter==100)    //10 detik
    {
        lcd.clear();
        return;
    }
}

if(digitalRead(pin_up)==push)
{
    delay(300);
    jamStart++;
    if(jamStart>=24)
    {
        jamStart=0;
    }
    goto aturjamStart;
}
else if(digitalRead(pin_down)==push)
{
    delay(300);
    jamStart--;
    if(jamStart==255)
    {
        jamStart=23;
    }
    goto aturjamStart;
}
else if(digitalRead(pin_cancel)==push)
{
    goto loopmenu21;
}
else if(digitalRead(pin_ok)==push)
{
    goto aturmenitStart;
}

aturmenitStart:
lcd.setCursor(7,1);
lcd.print("  --");
lcd.setCursor(7,3);
lcd.print("  --");
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("Back");
lcd.setCursor(16,3);
lcd.print("Save");
lcd.setCursor(7,2);
if(jamStart<10)
{
    lcd.print("0");lcd.print(jamStart);
}
else

```



```
{
    lcd.print(jamStart);
}
lcd.print(":");
if(menitStart<10)
{
    lcd.print("0");lcd.print(menitStart);
}
else
{
    lcd.print(menitStart);
}

while(digitalRead(pin_ok)==push)
{

}
delay(200);

counter=0;

while(digitalRead(pin_up)!=push&&digitalRead(pin_down)!=push&&digitalRead(
(pin_ok)!=push&&digitalRead(pin_cancel)!=push)
{
    counter++;
    delay(100);
    if(counter==100)    //10 detik
    {
        lcd.clear();
        return;
    }
}

if(digitalRead(pin_up)==push)
{
    delay(300);
    menitStart++;
    if(menitStart>=60)
    {
        menitStart=0;
    }
    goto aturmenitStart;
}
else if(digitalRead(pin_down)==push)
{
    delay(300);
    menitStart--;
    if(menitStart==255)
    {
        menitStart=59;
    }
    goto aturmenitStart;
}
else if(digitalRead(pin_cancel)==push)
{
    goto aturjamStart;
}
else if(digitalRead(pin_ok)==push)
{
    EEPROM.update(0, jamStart);
    EEPROM.update(1, menitStart);
}
```

```

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print(" Saving new setting ");
    delay(1000);
    goto loopmenu21;
}

//-----jadwal stop-----
menu212:
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("____ End Time ATS ____");

    jamStop=EEPROM.read(2);
    menitStop=EEPROM.read(3);

    aturjamStop:
    lcd.setCursor(7,1);
    lcd.print("-- ");
    lcd.setCursor(7,3);
    lcd.print("-- ");
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("Back");
    lcd.setCursor(16,3);
    lcd.print("Next");
    lcd.setCursor(7,2);

    if(jamStop<10)
    {
        lcd.print("0");lcd.print(jamStop);
    }
    else
    {
        lcd.print(jamStop);
    }
    lcd.print(":");
    if(menitStop<10)
    {
        lcd.print("0");lcd.print(menitStop);
    }
    else
    {
        lcd.print(menitStop);
    }

    while(digitalRead(pin_ok)==push||digitalRead(pin_cancel)==push)
    {

    }
    delay(200);

    counter=0;

    while(digitalRead(pin_up)!=push&&digitalRead(pin_down)!=push&&digitalRead(
    (pin_ok)!=push&&digitalRead(pin_cancel)!=push)
    {
        counter++;
        delay(100);
        if(counter==100) //10 detik
        {
            lcd.clear();

```

```

        return;
    }
}

if(digitalRead(pin_up)==push)
{
    delay(300);
    jamStop++;
    if(jamStop>=24)
    {
        jamStop=0;
    }
    goto aturjamStop;
}
else if(digitalRead(pin_down)==push)
{
    delay(300);
    jamStop--;
    if(jamStop==255)
    {
        jamStop=23;
    }
    goto aturjamStop;
}
else if(digitalRead(pin_cancel)==push)
{
    goto loopmenu21;
}
else if(digitalRead(pin_ok)==push)
{
    goto aturmenitStop;
}

aturmenitStop:
lcd.setCursor(7,1);
lcd.print("  --");
lcd.setCursor(7,3);
lcd.print("  --");
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("Back");
lcd.setCursor(16,3);
lcd.print("Save");
lcd.setCursor(7,2);
if(jamStop<10)
{
    lcd.print("0");lcd.print(jamStop);
}
else
{
    lcd.print(jamStop);
}
lcd.print(":");
if(menitStop<10)
{
    lcd.print("0");lcd.print(menitStop);
}
else
{
    lcd.print(menitStop);
}

```



```

while(digitalRead(pin_ok)==push)
{
}
delay(200);

counter=0;

while(digitalRead(pin_up)!=push&&digitalRead(pin_down)!=push&&digitalRead(
(pin_ok)!=push&&digitalRead(pin_cancel)!=push)
{
    counter++;
    delay(100);
    if(counter==100) //10 detik
    {
        lcd.clear();
        return;
    }
}

if(digitalRead(pin_up)==push)
{
    delay(300);
    menitStop++;
    if(menitStop>=60)
    {
        menitStop=0;
    }
    goto aturmenitStop;
}
else if(digitalRead(pin_down)==push)
{
    delay(300);
    menitStop--;
    if(menitStop==255)
    {
        menitStop=59;
    }
    goto aturmenitStop;
}
else if(digitalRead(pin_cancel)==push)
{
    goto aturjamStop;
}
else if(digitalRead(pin_ok)==push)
{
    EEPROM.update(2, jamStop);
    EEPROM.update(3, menitStop);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print(" Saving new setting ");
    delay(1000);
    goto loopmenu21;
}

//-----atur waktu warming dan cooling genset-----
menu22:
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Adjust Genset Timing");

```

```

warmingGen_t=EEPROM.read(4)*5;
coolingGen_t=EEPROM.read(5)*5;

aturWarmingUp:
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(">Warm up      ");
if(warmingGen_t>99)
{
    lcd.print(warmingGen_t);
}
else if(warmingGen_t<99)
{
    lcd.print(" ");lcd.print(warmingGen_t);
}
lcd.print(" sec");

lcd.setCursor(0,2);
lcd.print(" Cool down      ");
if(coolingGen_t>99)
{
    lcd.print(coolingGen_t);
}
else if(coolingGen_t<99)
{
    lcd.print(" ");lcd.print(coolingGen_t);
}
lcd.print(" sec");
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("Back <-> <+> Next");

while(digitalRead(pin_ok)==push||digitalRead(pin_cancel)==push)
{
}
delay(200);

counter=0;

while(digitalRead(pin_up)!=push&&digitalRead(pin_down)!=push&&digitalRead(
(pin_ok)!=push&&digitalRead(pin_cancel)!=push)
{
    counter++;
    delay(100);
    if(counter==100)    //10 detik
    {
        lcd.clear();
        return;
    }
}

if(digitalRead(pin_up)==push)
{
    delay(300);
    warmingGen_t=warmingGen_t+5;
    if(warmingGen_t>240)
    {
        warmingGen_t=30;
    }
    goto aturWarmingUp;
}
else if(digitalRead(pin_down)==push)

```

```

{
    delay(300);
    warmingGen_t=warmingGen_t-5;
    if(warmingGen_t<30)
    {
        warmingGen_t=240;
    }
    goto aturWarmingUp;
}
else if(digitalRead(pin_ok)==push)
{
    goto aturCoolingDown;
}
else if(digitalRead(pin_cancel)==push)
{
    goto loopmenu2;
}

aturCoolingDown:
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(" Warm up ");
if(warmingGen_t>99)
{
    lcd.print(warmingGen_t);
}
else if(warmingGen_t<99)
{
    lcd.print(" ");lcd.print(warmingGen_t);
}
lcd.print(" sec");

lcd.setCursor(0,2);
lcd.print(">Cool down ");
if(coolingGen_t>99)
{
    lcd.print(coolingGen_t);
}
else if(coolingGen_t<99)
{
    lcd.print(" ");lcd.print(coolingGen_t);
}
lcd.print(" sec");

lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("Back <-> <+> Save");

while(digitalRead(pin_ok)==push)
{
}
delay(200);

counter=0;

while(digitalRead(pin_up)!=push&&digitalRead(pin_down)!=push&&digitalRead(
(pin_ok)!=push&&digitalRead(pin_cancel)!=push)
{
    counter++;
    delay(100);
    if(counter==100) //10 detik
    {

```

```

        lcd.clear();
        return;
    }
}

if(digitalRead(pin_up)==push)
{
    delay(300);
    coolingGen_t=coolingGen_t+5;
    if(coolingGen_t>240) //maks 4 menit
    {
        coolingGen_t=20;
    }
    goto aturCoolingDown;
}
else if(digitalRead(pin_down)==push)
{
    delay(300);
    coolingGen_t=coolingGen_t-5;
    if(coolingGen_t<20) //min 20 detik
    {
        coolingGen_t=240;
    }
    goto aturCoolingDown;
}
else if(digitalRead(pin_cancel)==push)
{
    goto aturWarmingUp;
}
else if(digitalRead(pin_ok)==push)
{
    EEPROM.update(4, warmingGen_t/5);
    EEPROM.update(5, coolingGen_t/5);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print(" Saving new setting ");
    delay(1000);
    goto loopmenu2;
}

//-----menu 3-----
menu3:
subkursor=1;

loopmenu3:
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("__ Adjust Time("); lcd.print(subkursor); lcd.print("/2) __");
lcd.setCursor(1,1);
lcd.print("Set Clock");
lcd.setCursor(1,2);
lcd.print("Set Day");
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("Back");
lcd.setCursor(14,3);
lcd.print("Select");
lcd.setCursor(0, subkursor);
lcd.print(">");

while(digitalRead(pin_ok)==push||digitalRead(pin_cancel)==push)
{

```

```

}
delay(200);

counter=0;

while(digitalRead(pin_up)!=push&&digitalRead(pin_down)!=push&&digitalRead(
pin_ok)!=push&&digitalRead(pin_cancel)!=push)
{
    counter++;
    delay(100);
    if(counter==100)    //10 detik
    {
        lcd.clear();
        return;
    }
}

if(digitalRead(pin_up)==push)
{
    while(digitalRead(pin_up)==push)
    {
        delay(300);
        break;
    }
    subkursor++;
    if(subkursor>=3)
    {
        subkursor=1;
    }
    goto loopmenu3;
}
else if(digitalRead(pin_down)==push)
{
    while(digitalRead(pin_down)==push)
    {
        delay(300);
        break;
    }
    subkursor--;
    if(subkursor==0)
    {
        subkursor=2;
    }
    goto loopmenu3;
}
else if(digitalRead(pin_cancel)==push)
{
    goto awalSetting;
}
else if(digitalRead(pin_ok)==push)
{
    while(digitalRead(pin_ok)==push)
    {

    }
    if(kursor==3&&subkursor==1)
    {
        goto menu31;
    }
    else if(kursor==3&&subkursor==2)

```



```
{
    goto menu32;
}

//-----atur jam-----
menu31:
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("_____Set Clock_____");

aturjam:
lcd.setCursor(7,1);
lcd.print("-- ");
lcd.setCursor(7,3);
lcd.print("-- ");
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("Back");
lcd.setCursor(15,3);
lcd.print(" Next");
lcd.setCursor(7,2);
if(jam<10)
{
    lcd.print("0");lcd.print(jam);
}
else
{
    lcd.print(jam);
}
lcd.print(":");
if(menit<10)
{
    lcd.print("0");lcd.print(menit);
}
else
{
    lcd.print(menit);
}

while(digitalRead(pin_ok)==push||digitalRead(pin_cancel)==push)
{

}
delay(200);

counter=0;

while(digitalRead(pin_up)!=push&&digitalRead(pin_down)!=push&&digitalRead(
(pin_ok)!=push&&digitalRead(pin_cancel)!=push)
{
    counter++;
    delay(100);
    if(counter==100) //10 detik
    {
        lcd.clear();
        return;
    }
}

if(digitalRead(pin_up)==push)
{
```

```

    delay(300);
    jam++;
    if(jam>=24)
    {
        jam=0;
    }
    goto aturjam;
}
else if(digitalRead(pin_down)==push)
{
    delay(300);
    jam--;
    if(jam==255)
    {
        jam=23;
    }
    goto aturjam;
}
else if(digitalRead(pin_ok)==push)
{
    goto aturmenit;
}
else if(digitalRead(pin_cancel)==push)
{
    goto loopmenu3;
}

aturmenit:
lcd.setCursor(7,1);
lcd.print("  --");
lcd.setCursor(7,3);
lcd.print("  --");
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("Back Apply");
lcd.setCursor(7,2);
if(jam<10)
{
    lcd.print("0");lcd.print(jam);
}
else
{
    lcd.print(jam);
}
lcd.print(":");
if(menit<10)
{
    lcd.print("0");lcd.print(menit);
}
else
{
    lcd.print(menit);
}

while(digitalRead(pin_ok)==push)
{
}
delay(200);

counter=0;

```



```

while(digitalRead(pin_up)!=push&&digitalRead(pin_down)!=push&&digitalRead
(pin_ok)!=push&&digitalRead(pin_cancel)!=push)
{
    counter++;
    delay(100);
    if(counter==100) //10 detik
    {
        lcd.clear();
        return;
    }
}

if(digitalRead(pin_up)==push)
{
    delay(300);
    menit++;
    if(menit>=60)
    {
        menit=0;
    }
    goto aturmenit;
}
else if(digitalRead(pin_down)==push)
{
    delay(300);
    menit--;
    if(menit==255)
    {
        menit=59;
    }
    goto aturmenit;
}
else if(digitalRead(pin_cancel)==push)
{
    goto aturjam;
}
else if(digitalRead(pin_ok)==push)
{
    rtc.setTime(jam, menit, 0);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("Applying new setting");
    delay(1000);
    goto loopmenu3;
}

//-----atur hari-----
menu32:
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("____Set Day____");

aturhari:
lcd.setCursor(7,2);
if(hari==1)
{
    lcd.print("Senin ");
}
else if(hari==2)
{

```

```

    lcd.print("Selasa");
}
else if(hari==3)
{
    lcd.print("Rabu ");
}
else if(hari==4)
{
    lcd.print("Kamis ");
}
else if(hari==5)
{
    lcd.print("Jumat ");
}
else if(hari==6)
{
    lcd.print("Sabtu ");
}
else if(hari==7)
{
    lcd.print("Minggu");
}
lcd.setCursor(5,2);
lcd.print("<");
lcd.setCursor(14,2);
lcd.print(">");
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("Back Apply");

while(digitalRead(pin_ok)==push)
{
}
delay(200);

counter=0;

while(digitalRead(pin_up)!=push&&digitalRead(pin_down)!=push&&digitalRead(
(pin_ok)!=push&&digitalRead(pin_cancel)!=push)
{
    counter++;
    delay(100);
    if(counter==100) //10 detik
    {
        lcd.clear();
        return;
    }
}

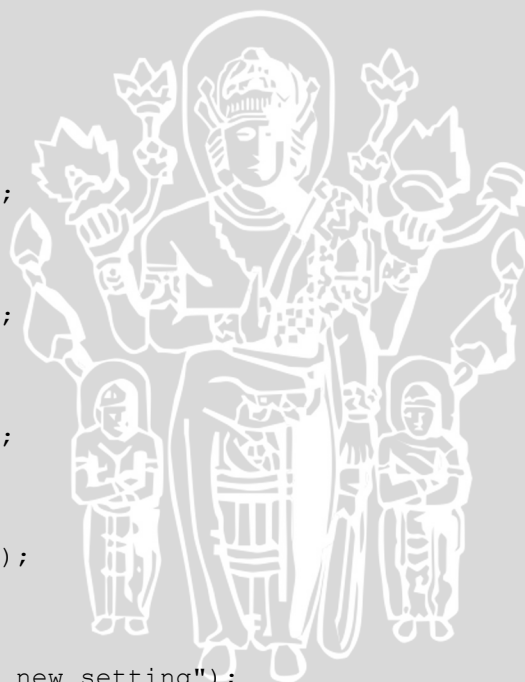
if(digitalRead(pin_up)==push)
{
    delay(300);
    hari++;
    if(hari>=8)
    {
        hari=1;
    }
    goto aturhari;
}
else if(digitalRead(pin_down)==push)
{

```

```
delay(300);
hari--;
if(hari==255||hari==0)
{
    hari=7;
}
goto aturhari;
}
else if(digitalRead(pin_cancel)==push)
{
    goto loopmenu3;
}
else if(digitalRead(pin_ok)==push)
{
    if(hari==1)
    {
        rtc.setDOW(SENIN);
    }
    else if(hari==2)
    {
        rtc.setDOW(SELASA);
    }
    else if(hari==3)
    {
        rtc.setDOW(RABU);
    }
    else if(hari==4)
    {
        rtc.setDOW(KAMIS);
    }
    else if(hari==5)
    {
        rtc.setDOW(JUMAT);
    }
    else if(hari==6)
    {
        rtc.setDOW(SABTU);
    }
    else if(hari==7)
    {
        rtc.setDOW(MINGGU);
    }
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("Applying new setting");
    delay(1000);
    goto loopmenu3;
}

}

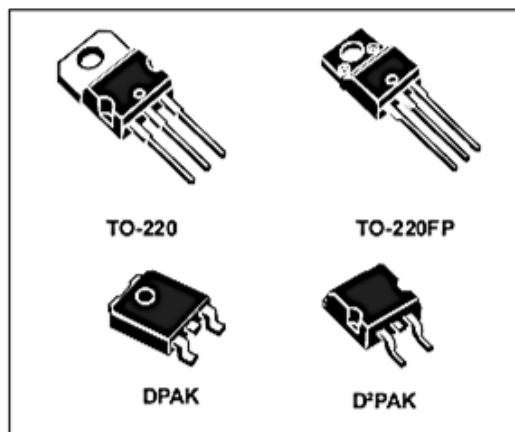
} //paling bawah settingScreen()
```



**L78**

Positive voltage regulator ICs

Datasheet – production data



Description

The L78 series of three-terminal positive regulators is available in TO-220, TO-220FP, D²PAK and DPAK packages and several fixed output voltages, making it useful in a wide range of applications.

These regulators can provide local on-card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. Each type embeds internal current limiting, thermal shut-down and safe area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1 A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltage and currents.

Features

- Output current up to 1.5 A
- Output voltages of 5; 6; 8; 8.5; 9; 12; 15; 18; 24 V
- Thermal overload protection
- Short circuit protection
- Output transition SOA protection
- 2 % output voltage tolerance (A version)
- Guaranteed in extended temperature range (A version)

3 Maximum ratings

Table 1. Absolute maximum ratings

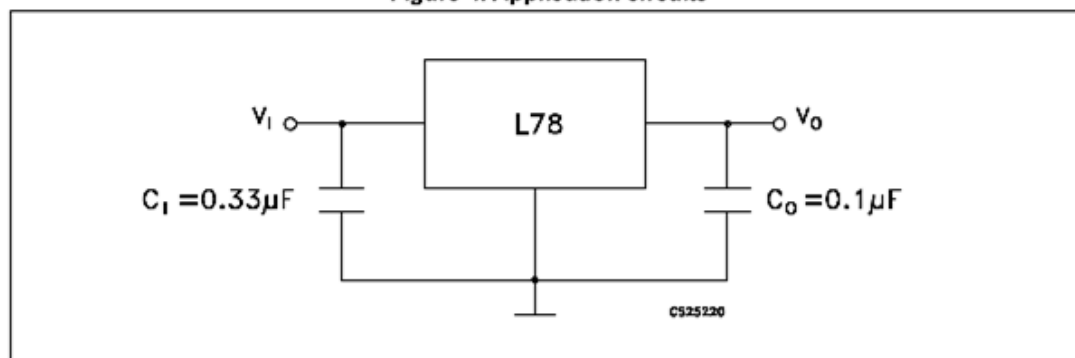
Symbol	Parameter		Value	Unit
V_I	DC input voltage	for $V_O = 5$ to 18 V	35	V
		for $V_O = 20, 24$ V	40	
I_O	Output current		Internally limited	
P_D	Power dissipation		Internally limited	
T_{STG}	Storage temperature range		-65 to 150	°C
T_{OP}	Operating junction temperature range	for L78xxC, L78xxAC	0 to 125	°C
		for L78xxAB	-40 to 125	

Note: Absolute maximum ratings are those values beyond which damage to the device may occur. Functional operation under these condition is not implied.

Table 2. Thermal data

Symbol	Parameter	D ² PAK	DPAK	TO-220	TO-220FP	Unit
$R_{\theta JC}$	Thermal resistance junction-case	3	8	5	5	°C/W
$R_{\theta JA}$	Thermal resistance junction-ambient	62.5	100	50	60	°C/W

Figure 4. Application circuits



5 Electrical characteristics

$V_I = 10\text{ V}$, $I_O = 1\text{ A}$, $T_J = 0\text{ to }125\text{ }^\circ\text{C}$ (L7805AC), $T_J = -40\text{ to }125\text{ }^\circ\text{C}$ (L7805AB), unless otherwise specified^(a).

Table 3. Electrical characteristics of L7805A

Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_O	Output voltage	$T_J = 25^\circ\text{C}$	4.9	5	5.1	V
V_O	Output voltage	$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}$, $V_I = 7.5\text{ to }18\text{ V}$	4.8	5	5.2	V
V_O	Output voltage	$I_O = 1\text{ A}$, $V_I = 18\text{ to }20\text{ V}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$	4.8	5	5.2	V
$\Delta V_O^{(1)}$	Line regulation	$V_I = 7.5\text{ to }25\text{ V}$, $I_O = 500\text{ mA}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$		7	50	mV
		$V_I = 8\text{ to }12\text{ V}$		10	50	mV
		$V_I = 8\text{ to }12\text{ V}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$		2	25	mV
		$V_I = 7.3\text{ to }20\text{ V}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$		7	50	mV
$\Delta V_O^{(1)}$	Load regulation	$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}$		25	100	mV
		$I_O = 5\text{ mA to }1.5\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$		30	100	
		$I_O = 250\text{ to }750\text{ mA}$		8	50	
I_q	Quiescent current	$T_J = 25^\circ\text{C}$		4.3	6	mA
					6	mA
ΔI_q	Quiescent current change	$V_I = 8\text{ to }23\text{ V}$, $I_O = 500\text{ mA}$			0.8	mA
		$V_I = 7.5\text{ to }20\text{ V}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$			0.8	mA
		$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}$			0.5	mA
SVR	Supply voltage rejection	$V_I = 8\text{ to }18\text{ V}$, $f = 120\text{ Hz}$, $I_O = 500\text{ mA}$		68		dB
V_d	Dropout voltage	$I_O = 1\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$		2		V
eN	Output noise voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $B = 10\text{ Hz to }100\text{ kHz}$		10		$\mu\text{V}/V_O$
R_O	Output resistance	$f = 1\text{ kHz}$		17		$\text{m}\Omega$
I_{sc}	Short circuit current	$V_I = 35\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$		0.2		A
I_{scp}	Short circuit peak current	$T_J = 25^\circ\text{C}$		2.2		A
$\Delta V_O/\Delta T$	Output voltage drift			-1.1		$\text{mV}/^\circ\text{C}$

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

a. Minimum load current for regulation is 5 mA.

6 Application information

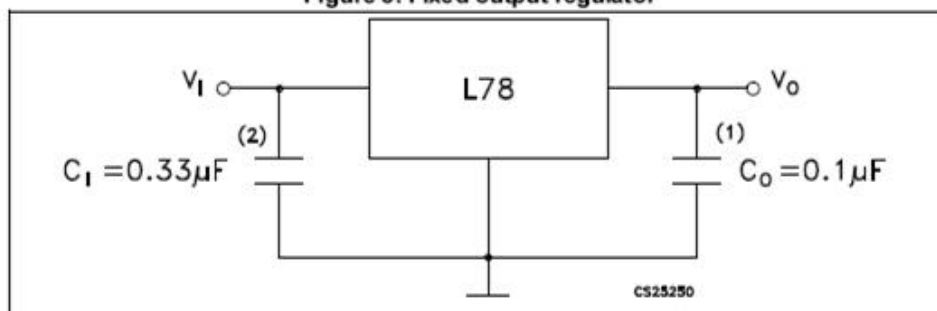
6.1 Design consideration

The L78 Series of fixed voltage regulators are designed with thermal overload protection that shuts down the circuit when subjected to an excessive power overload condition, internal short-circuit protection that limits the maximum current the circuit will pass, and output transistor safe-area compensation that reduces the output short-circuit current as the voltage across the pass transistor is increased. In many low current applications, compensation capacitors are not required. However, it is recommended that the regulator input be bypassed with capacitor if the regulator is connected to the power supply filter with long lengths, or if the output load capacitance is large. An input bypass capacitor should be selected to provide good high frequency characteristics to insure stable operation under all load conditions. A 0.33 μF or larger tantalum, mylar or other capacitor having low internal impedance at high frequencies should be chosen. The bypass capacitor should be mounted with the shortest possible leads directly across the regulators input terminals. Normally good construction techniques should be used to minimize ground loops and lead resistance drops since the regulator has no external sense lead.

The addition of an operational amplifier allows adjustment to higher or intermediate values while retaining regulation characteristics. The minimum voltage obtained with the arrangement is 2 V greater than the regulator voltage.

The circuit of Figure 13 can be modified to provide supply protection against short circuit by adding a short circuit sense resistor, RSC, and an additional PNP transistor. The current sensing PNP must be able to handle the short circuit current of the three terminal regulator. Therefore a four ampere plastic power transistor is specified.

Figure 8. Fixed output regulator



1. Although no output capacitor is need for stability, it does improve transient response.
2. Required if regulator is located an appreciable distance from power supply filter.

SHARP

PC817XJ0000F Series

PC817XJ0000F Series

DIP 4pin General Purpose
Photocoupler

*4-channel package type is also available.
(model No. PC847XJ0000F Series)



■ Description

PC817XJ0000F Series contains an IRED optically coupled to a phototransistor.

It is packaged in a 4pin DIP, available in wide-lead spacing option and SMT gullwing lead-form option.

Input-output isolation voltage(rms) is 5.0kV.

Collector-emitter voltage is 80V and CTR is 50% to 600% at input current of 5mA.

■ Features

1. 4pin DIP package
2. Double transfer mold package (Ideal for Flow Soldering)
3. High collector-emitter voltage (V_{CE0} :80V)
4. Current transfer ratio (CTR : MIN. 50% at I_F =5 mA, V_{CE} =5V)
5. Several CTR ranks available
6. High isolation voltage between input and output ($V_{iso(rms)}$: 5.0 kV)
7. Lead-free and RoHS directive compliant

■ Agency approvals/Compliance

1. Recognized by UL1577 (Double protection isolation), file No. E64380 (as model No. PC817)
2. Package resin : UL flammability grade (94V-0)

■ Applications

1. I/O isolation for MCUs (Micro Controller Units)
2. Noise suppression in switching circuits
3. Signal transmission between circuits of different potentials and impedances

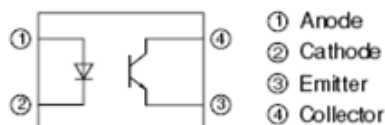
Notice The content of data sheet is subject to change without prior notice.

In the absence of confirmation by device specification sheets, SHARP takes no responsibility for any defects that may occur in equipment using any SHARP devices shown in catalogs, data books, etc. Contact SHARP in order to obtain the latest device specification sheets before using any SHARP device.

SHARP

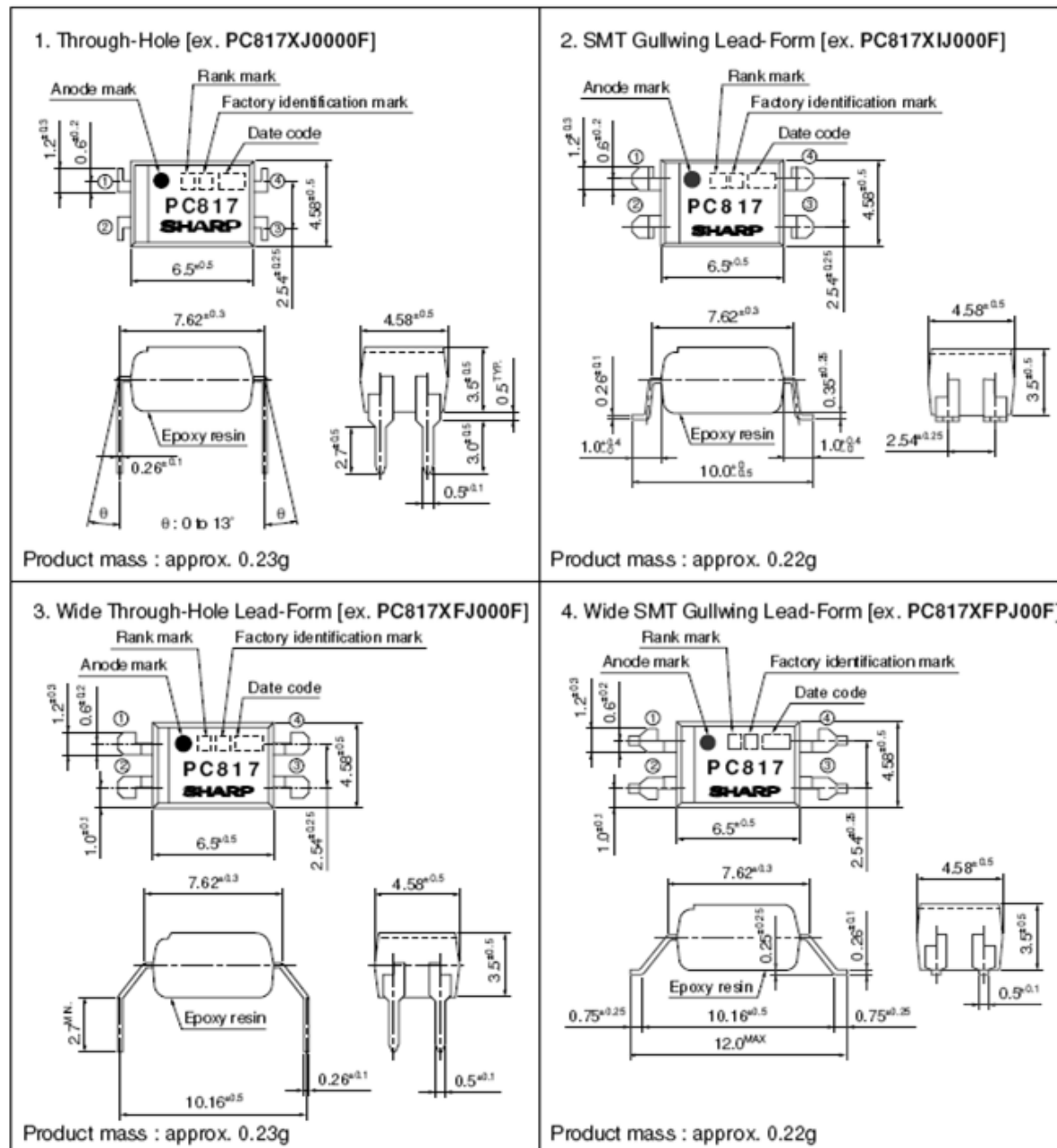
PC817XJ0000F Series

■ Internal Connection Diagram



■ Outline Dimensions

(Unit : mm)



Sheet No.: D2-A03102EN

■ Absolute Maximum Ratings

(T_a=25°C)

	Parameter	Symbol	Rating	Unit
Input	Forward current	I _F	50	mA
	*1 Peak forward current	I _{FM}	1	A
	Reverse voltage	V _R	6	V
	Power dissipation	P	70	mW
Output	Collector-emitter voltage	V _{CEO}	80	V
	Emitter-collector voltage	V _{ECO}	6	V
	Collector current	I _C	50	mA
	Collector power dissipation	P _C	150	mW
	Total power dissipation	P _{tot}	200	mW
	*2 Isolation voltage	V _{iso (rms)}	5.0	kV
	Operating temperature	T _{opr}	-30 to +100	°C
	Storage temperature	T _{stg}	-55 to +125	°C
	*3 Soldering temperature	T _{sol}	260	°C

*1 Pulse width ≤ 100μs, Duty ratio : 0.001

*2 40 to 60%RH, AC for 1 minute, f=60Hz

*3 For 10s

■ Electro-optical Characteristics

(T_a=25°C)

	Parameter	Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Input	Forward voltage	V _F	I _F =20mA	—	1.2	1.4	V
	Peak forward voltage	V _{FM}	I _{FM} =0.5A	—	—	3.0	V
	Reverse current	I _R	V _R =4V	—	—	10	μA
	Terminal capacitance	C _t	V=0, f=1kHz	—	30	250	pF
Output	Collector dark current	I _{CEO}	V _{CE} =50V, I _F =0	—	—	100	nA
	Collector-emitter breakdown voltage	BV _{CEO}	I _C =0.1mA, I _F =0	80	—	—	V
	Emitter-collector breakdown voltage	BV _{ECO}	I _F =10μA, I _C =0	6	—	—	V
	Collector current	I _C	I _F =5mA, V _{CE} =5V	2.5	—	30.0	mA
Transfer characteristics	Collector-emitter saturation voltage	V _{CE(sat)}	I _F =20mA, I _C =1mA	—	0.1	0.2	V
	Isolation resistance	R _{iso}	DC500V, 40 to 60%RH	5×10 ¹⁰	1×10 ¹¹	—	Ω
	Floating capacitance	C _f	V=0, f=1MHz	—	0.6	1.0	pF
	Cut-off frequency	f _c	V _{CE} =5V, I _C =2mA, R _L =100Ω, -3dB	—	80	—	kHz
	Response time	Rise time	V _{CE} =2V, I _C =2mA, R _L =100Ω	—	4	18	μs
		Fall time		—	3	18	μs

RB151 THRU RB157

SINGLE PHASE 1.5 AMP BRIDGE RECTIFIERS



FEATURES

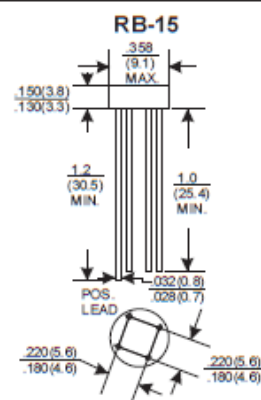
- * Ideal for printed circuit board
- * Low forward voltage
- * Low leakage current
- * Polarity: marked on body
- * Mounting position: Any
- * Weight: 1.04 grams

VOLTAGE RANGE

50 to 1000 Volts

CURRENT

1.5 Amperes



Dimensions in inches and (millimeters)

MAXIMUM RATINGS AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Rating 25°C ambient temperature unless otherwise specified.
Single phase half wave, 60Hz, resistive or inductive load.
For capacitive load, derate current by 20%.

TYPE NUMBER	RB151	RB152	RB153	RB154	RB155	RB156	RB157	UNITS
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum RMS Voltage	35	70	140	280	420	560	700	V
Maximum DC Blocking Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum Average Forward Rectified Current								
.375"(9.5mm) Lead Length at Ta=25 °C	1.5							A
Peak Forward Surge Current, 8.3 ms single half sine-wave superimposed on rated load (JEDEC method)	50							A
Maximum Forward Voltage Drop per Bridge Element at 1.0A D.C.	1.0							V
Maximum DC Reverse Current Ta=25 °C	10							µA
at Rated DC Blocking Voltage Ta=100 °C	500							µA
Operating Temperature Range, Tj	-65 — +125							°C
Storage Temperature Range, TSTG	-65 — +150							°C

Product
FolderSample &
BuyTechnical
DocumentsTools &
SoftwareSupport &
Community
ULN2002A, ULN2003A, ULN2003AI
ULQ2003A, ULN2004A, ULQ2004A

SLRS0270 – DECEMBER 1976 – REVISED JANUARY 2016

ULN200x, ULQ200x High-Voltage, High-Current Darlington Transistor Arrays

1 Features

- 500-mA-Rated Collector Current (Single Output)
- High-Voltage Outputs: 50 V
- Output Clamp Diodes
- Inputs Compatible With Various Types of Logic
- Relay-Driver Applications

2 Applications

- Relay Drivers
- Stepper and DC Brushed Motor Drivers
- Lamp Drivers
- Display Drivers (LED and Gas Discharge)
- Line Drivers
- Logic Buffers

3 Description

The ULx200xA devices are high-voltage, high-current Darlington transistor arrays. Each consists of seven NPN Darlington pairs that feature high-voltage outputs with common-cathode clamp diodes for switching inductive loads.

The collector-current rating of a single Darlington pair is 500 mA. The Darlington pairs can be paralleled for higher current capability. Applications include relay drivers, hammer drivers, lamp drivers, display drivers (LED and gas discharge), line drivers, and logic buffers. For 100-V (otherwise interchangeable) versions of the ULx2003A devices, see the SLRS023 data sheet for the SN75468 and SN75469 devices.

The ULN2002A device is designed specifically for use with 14-V to 25-V PMOS devices. Each input of this device has a Zener diode and resistor in series to control the input current to a safe limit. The ULx2003A devices have a 2.7-k Ω series base resistor for each Darlington pair for operation directly with TTL or 5-V CMOS devices.

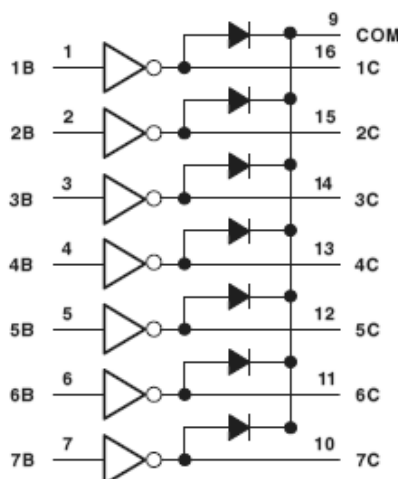
The ULx2004A devices have a 10.5-k Ω series base resistor to allow operation directly from CMOS devices that use supply voltages of 6 V to 15 V. The required input current of the ULx2004A device is below that of the ULx2003A devices, and the required voltage is less than that required by the ULN2002A device.

Device Information⁽¹⁾

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
ULx200xD	SOIC (16)	9.90 mm $\times$ 3.91 mm
ULx200xN	PDIP (16)	19.30 mm $\times$ 6.35 mm
ULN200xNS	SOP (16)	10.30 mm $\times$ 5.30 mm
ULN200xPW	TSSOP (16)	5.00 mm $\times$ 4.40 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.

Simplified Block Diagram



An IMPORTANT NOTICE at the end of this data sheet addresses availability, warranty, changes, use in safety-critical applications, intellectual property matters and other important disclaimers. PRODUCTION DATA.



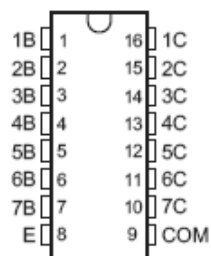
www.ti.com

ULN2002A, ULN2003A, ULN2003AI
ULQ2003A, ULN2004A, ULQ2004A

SLRS0270 – DECEMBER 1976 – REVISED JANUARY 2016

5 Pin Configuration and Functions

D, N, NS, and PW Package
16-Pin SOIC, PDIP, SO, and TSSOP
Top View



Pin Functions

PIN		I/O ⁽¹⁾	DESCRIPTION
NAME	NO.		
1B	1	I	Channel 1 through 7 Darlington base input
2B	2		
3B	3		
4B	4		
5B	5		
6B	6		
7B	7		
1C	16	O	Channel 1 through 7 Darlington collector output
2C	15		
3C	14		
4C	13		
5C	12		
6C	11		
7C	10		
COM	9	—	Common cathode node for flyback diodes (required for inductive loads)
E	8	—	Common emitter shared by all channels (typically tied to ground)

(1) I = Input, O = Output



**ULN2002A, ULN2003A, ULN2003AI
ULQ2003A, ULN2004A, ULQ2004A**

SLRS0270 – DECEMBER 1976 – REVISED JANUARY 2016



www.ti.com

6 Specifications

6.1 Absolute Maximum Ratings

at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)⁽¹⁾

		MIN	MAX	UNIT
V _{CC}	Collector-emitter voltage		50	V
	Clamp diode reverse voltage ⁽²⁾		50	V
V _I	Input voltage ⁽²⁾		30	V
	Peak collector current, See Figure 4 and Figure 5		500	mA
I _{OK}	Output clamp current		500	mA
	Total emitter-terminal current		–2.5	A
T _A	Operating free-air temperature range	ULN200xA	–20	70
		ULN200xAI	–40	105
		ULQ200xA	–40	85
		ULQ200xAT	–40	105
T _J	Operating virtual junction temperature		150	°C
	Lead temperature for 1.6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds		260	°C
T _{stg}	Storage temperature	–65	150	°C

- (1) Stresses beyond those listed under *Absolute Maximum Ratings* may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under *Recommended Operating Conditions* is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.
- (2) All voltage values are with respect to the emitter/substrate terminal E, unless otherwise noted.

6.2 ESD Ratings

		VALUE	UNIT
V _(ESD)	Electrostatic discharge	Human body model (HBM), per ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 ⁽¹⁾	±2000
		Charged device model (CDM), per JEDEC specification JESD22-C101 ⁽²⁾	±500

- (1) JEDEC document JEP155 states that 500-V HBM allows safe manufacturing with a standard ESD control process.
- (2) JEDEC document JEP157 states that 250-V CDM allows safe manufacturing with a standard ESD control process.

6.3 Recommended Operating Conditions

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

		MIN	MAX	UNIT
V _{CC}	Collector-emitter voltage (non-V devices)	0	50	V
T _J	Junction temperature	–40	125	°C

6.4 Thermal Information

THERMAL METRIC ⁽¹⁾		ULx200x				UNIT
		D (SOIC)	N (PDIP)	NS (SO)	PW (TSSOP)	
		16 PINS	16 PINS	16 PINS	16 PINS	
R _{θJA}	Junction-to-ambient thermal resistance	73	67	64	108	°C/W
R _{θJC(top)}	Junction-to-case (top) thermal resistance	36	54	n/a	33.6	°C/W
R _{θJB}	Junction-to-board thermal resistance	n/a	n/a	n/a	51.9	°C/W
ψ _{JT}	Junction-to-top characterization parameter	n/a	n/a	n/a	2.1	°C/W
ψ _{JB}	Junction-to-board characterization parameter	n/a	n/a	n/a	51.4	°C/W

- (1) For more information about traditional and new thermal metrics, see the *Semiconductor and IC Package Thermal Metrics* application report, SPRA953.



ULN2002A, ULN2003A, ULN2003AI
ULQ2003A, ULN2004A, ULQ2004A

www.ti.com

SLRS0270 – DECEMBER 1976 – REVISED JANUARY 2016

6.5 Electrical Characteristics: ULN2002A

T_A = 25°C

PARAMETER	TEST FIGURE	TEST CONDITIONS	ULN2002A			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
V _{I(on)}	Figure 14	V _{CE} = 2 V, I _C = 300 mA			13	V
V _{OH}	Figure 18	V _S = 50 V, I _O = 300 mA	V _S – 20			mV
V _{CE(sat)}	Figure 12	I _I = 250 µA, I _C = 100 mA		0.9	1.1	V
		I _I = 350 µA, I _C = 200 mA		1	1.3	
		I _I = 500 µA, I _C = 350 mA		1.2	1.6	
V _F	Figure 15	I _F = 350 mA		1.7	2	V
I _{CEX}	Figure 9	V _{CE} = 50 V, I _I = 0			50	µA
	Figure 10	V _{CE} = 50 V, I _I = 0			100	
		T _A = 70°C, V _I = 6 V			500	
I _{I(off)}	Figure 10	V _{CE} = 50 V, I _C = 500 µA	50	65		µA
I _I	Figure 11	V _I = 17 V		0.82	1.25	mA
I _R	Figure 14	V _R = 50 V, T _A = 70°C			100	µA
		V _R = 50 V			50	
C _i		V _I = 0, f = 1 MHz			25	pF

6.6 Electrical Characteristics: ULN2003A and ULN2004A

T_A = 25°C

PARAMETER		TEST FIGURE	TEST CONDITIONS		ULN2003A			ULN2004A			UNIT	
					MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX		
$V_{I(on)}$	ON-state input voltage	Figure 14	$V_{CE} = 2\text{ V}$	$I_C = 125\text{ mA}$							5	V
				$I_C = 200\text{ mA}$				2.4			6	
				$I_C = 250\text{ mA}$				2.7				
				$I_C = 275\text{ mA}$							7	
				$I_C = 300\text{ mA}$	3							
				$I_C = 350\text{ mA}$							8	
V_{OH}	High-level output voltage after switching	Figure 18	$V_S = 50\text{ V}, I_O = 300\text{ mA}$		$V_S - 20$			$V_S - 20$			mV	
$V_{CE(sat)}$	Collector-emitter saturation voltage	Figure 13	$I_I = 250\text{ }\mu\text{A}, I_C = 100\text{ mA}$		0.9 1.1		0.9 1.1				V	
			$I_I = 350\text{ }\mu\text{A}, I_C = 200\text{ mA}$		1 1.3		1 1.3					
			$I_I = 500\text{ }\mu\text{A}, I_C = 350\text{ mA}$		1.2 1.6		1.2 1.6					
I_{CEX}	Collector cutoff current	Figure 9	$V_{CE} = 50\text{ V}, I_I = 0$		50		50				μA	
		Figure 10	$V_{CE} = 50\text{ V}, I_I = 0$		100		100					
			$T_A = 70^\circ\text{C}, V_I = 6\text{ V}$				500					
V_F	Clamp forward voltage	Figure 16	$I_F = 350\text{ mA}$		1.7 2		1.7 2				V	
$I_{I(off)}$	Off-state input current	Figure 11	$V_{CE} = 50\text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}, I_C = 500\text{ }\mu\text{A}$		50 65	50 65				μA		
I_I	Input current	Figure 12	$V_I = 3.85\text{ V}$		0.93 1.35						mA	
			$V_I = 5\text{ V}$				0.35 0.5					
			$V_I = 12\text{ V}$				1 1.45					
I_R	Clamp reverse current	Figure 15	$V_R = 50\text{ V}$		50		50				μA	
			$V_R = 50\text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}$		100		100					
C_i	Input capacitance		$V_I = 0, f = 1\text{ MHz}$		15 25	15 25				pF		



8 Detailed Description

8.1 Overview

This standard device has proven ubiquity and versatility across a wide range of applications. This is due to integration of 7 Darlington transistors of the device that are capable of sinking up to 500 mA and wide GPIO range capability.

The ULN2003A device comprises seven high-voltage, high-current NPN Darlington transistor pairs. All units feature a common emitter and open collector outputs. To maximize their effectiveness, these units contain suppression diodes for inductive loads. The ULN2003A device has a series base resistor to each Darlington pair, thus allowing operation directly with TTL or CMOS operating at supply voltages of 5 V or 3.3 V. The ULN2003A device offers solutions to a great many interface needs, including solenoids, relays, lamps, small motors, and LEDs. Applications requiring sink currents beyond the capability of a single output may be accommodated by paralleling the outputs.

This device can operate over a wide temperature range (-40°C to 105°C).

8.2 Functional Block Diagrams

All resistor values shown are nominal. The collector-emitter diode is a parasitic structure and should not be used to conduct current. If the collectors go below GND, an external Schottky diode should be added to clamp negative undershoots.

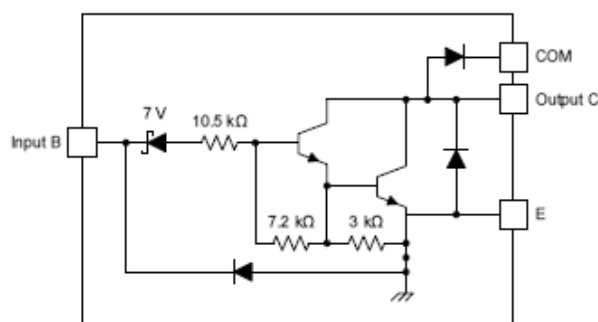


Figure 19. ULN2002A Block Diagram

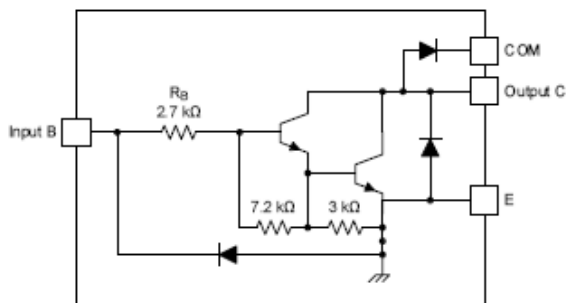


Figure 20. ULN2003A, ULQ2003A and ULN2003AI Block Diagram

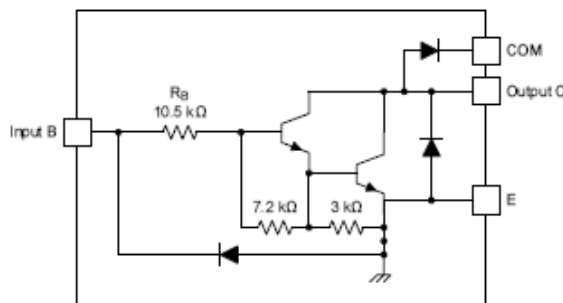


Figure 21. ULN2004A and LQ2004A Block Diagram



ULN2002A, ULN2003A, ULN2003AI
ULQ2003A, ULN2004A, ULQ2004A

www.ti.com

SLRS0270 – DECEMBER 1976 – REVISED JANUARY 2016

8.3 Feature Description

Each channel of the ULN2003A device consists of Darlington connected NPN transistors. This connection creates the effect of a single transistor with a very high-current gain (β^2). This can be as high as 10,000 A/A at certain currents. The very high β allows for high-output current drive with a very low input current, essentially equating to operation with low GPIO voltages.

The GPIO voltage is converted to base current through the 2.7-k Ω resistor connected between the input and base of the predriver Darlington NPN. The 7.2-k Ω and 3-k Ω resistors connected between the base and emitter of each respective NPN act as pulldowns and suppress the amount of leakage that may occur from the input.

The diodes connected between the output and COM pin is used to suppress the kick-back voltage from an inductive load that is excited when the NPN drivers are turned off (stop sinking) and the stored energy in the coils causes a reverse current to flow into the coil supply through the kick-back diode.

In normal operation the diodes on base and collector pins to emitter will be reversed biased. If these diodes are forward biased, internal parasitic NPN transistors will draw (a nearly equal) current from other (nearby) device pins.

8.4 Device Functional Modes

8.4.1 Inductive Load Drive

When the COM pin is tied to the coil supply voltage, ULN2003A device is able to drive inductive loads and suppress the kick-back voltage through the internal free-wheeling diodes.

8.4.2 Resistive Load Drive

When driving a resistive load, a pullup resistor is needed in order for ULN2003A device to sink current and for there to be a logic high level. The COM pin can be left floating for these applications.



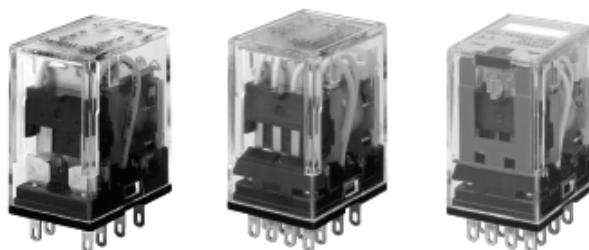
Miniature Power Relays

MY

CSM_MY_DS_J_7_3

New Latching Levers for Circuit Checking Added to Our Best-selling MY General-purpose Relays

- Now lead-free to protect the environment.
- VDE certification (Germany).
- Different colors of coil tape for AC and DC models to more easily distinguish them.
- MY(S) models with latching levers added for easier circuit checking.



Refer to the Common Relay Precautions.

Model Number Structure

Classification	Structure Number of poles	Relays with Plug-in Terminals			PCB terminals	Case-surface mounting
		With operation indicator	Without operation indicator	With latching lever		
Standard models (compliant with Electrical Appliances and Material Safety Act)	2	MY2N*	MY2*	MY2IN(S)*	MY2-02	MY2F
		MY22N	MY22Z			
	3	MY3N	MY3		MY3-02	MY3F
		MY4N*	MY4*	MY4IN(S)*	MY4-02	MY4F
Models with diode for coil surge absorption (DC coil specification only)	2	MY2N-D2*	MY2-D*	MY2IN-D2(S)*		
		MY22N-D2	MY22-D			
	3	MY3N-D2	MY3-D		--	--
		MY4N-D2*	MY4-D*	MY4IN-D2(S)*		
Models with CR circuit for coil surge absorption (AC coil specification only)	2	MY2N-CR*	MY2-CR*			
		MY4N-CR*	MY4-CR*	MY4IN-CR(S)*		
	4	MY42N-CR*	MY42-CR*	MY42IN-CR(S)*		
Models with high contact reliability	4 Bifurcated	--	MY4Z-CBG			
Plastic sealed models	4	MYQ4N	MYQ4		MYQ4-02	
			MYQ4Z		MYQ4Z-02	
Latching models (coil latching)	2		MY2K		MY2K-02	
Hermetic models	4		MY4H		MY4H-0	
			MY42H		MY42H-0	

Note: 1. The models in this table are UL/CSA certified. This is indicated with a certification mark on the products. (This does not include models with high contact reliability or plastic sealed, latching, or hermetically sealed models.)
 2. Models with an asterisk (*) next to them are new versions.
 3. The standard models with plug-in terminals, models with coil surge absorption diodes, and models with coil surge absorption CR circuits were used in combination with the PYF-E and PYFS (2-pole and 4-pole) for the EC Declaration of Conformity. These products display the CE Marking.
 4. Products cannot be manufactured for the cells with a diagonal line. Ask your OMRON representative for details on manufacturing products for cells containing "--" in the above table.

Refer to *Connection Socket and Mounting Bracket Selection Table* on page 33 in *Options* for information on the possible combinations of Models with Plug-in Terminals and Sockets.

Miniature Power Relays: MY2



Refer to the standards certifications and compliance section of your OMRON website for the latest information on certified models.

Ordering Information

When your order, specify the rated voltage.

Classification	Model	Rated voltage (V)	
		Standard products	Made-to-order items
Standard models	MY2	12, 24, 100/110, or 200/220 VAC 12, 24, 48, or 100/110 VDC	110/120 or 220/240 VAC
Models with built-in operation indicators	MY2N	12, 24, 100/110, 110/120, 200/220, or 220/240 VAC 12, 24, 48, or 100/110 VDC	
Models with built-in diodes	MY2-D	12, 24, or 100/110 VDC	48 VDC
Models with built-in diodes and operation indicators	MY2N-D2	12, 24, 48, or 100/110 VDC	
Models with built-in CR circuits	MY2-CR	100/110 or 200/220 VAC	110/120 or 220/240 VAC
Models with built-in CR circuits and operation indicators	MY2N-CR	100/110 or 200/220 VAC	110/120 or 220/240 VAC

- Note:** 1. Ask your OMRON representative for details on the time required to deliver made-to-order products.
 2. Ask your OMRON representative for details on product specifications and the ability to manufacture products with voltages other than the above coil specifications.
 3. The above models and specifications are new versions in the MY Series.
 4. Except for MY2(N)-CR Relays with the above voltage specifications, all Relays have a height of 53 mm or less.
 If Mounting Brackets are required, refer to page 33 for selection information.

Ratings and Specifications

Ratings

Operating Coils (Standard Models)

Rated voltage (V)	Item	Rated current (mA)		Coil resistance (Ω)	Coil inductance (H)		Must-operate voltage (V)	Must-release voltage (V)	Maximum voltage (V)	Power consumption (VA, W)
		50 Hz	60 Hz		Armature OFF	Armature ON				
AC	12	106.5	91	46	0.17	0.33	80% max. *1	30% min. *2	110% of rated voltage	Approx. 1.0 to 1.2 (at 60 Hz)
	24	53.8	46	180	0.69	1.3				Approx. 0.9 to 1.1 (at 60 Hz)
	100/110	11.7/12.9	10/11	3,750	14.54	24.6				
	110/120	9.9/10.8	8.4/9.2	4,430	19.2	32.1				
	200/220	6.2/6.8	5.3/5.8	12,950	54.75	94.07				
DC	220/240	4.8/5.3	4.2/4.6	18,790	83.5	136.4	10% min. *2			Approx. 0.9
	12	72.7		165	0.73	1.37				
	24	36.3		662	3.2	5.72				
	48	17.6		2,725	10.6	21.0				
	100/110	8.7/9.6		11,440	45.6	86.2				

- Note:** 1. The rated current and coil resistance are measured at a coil temperature of 23°C with tolerances of +15%/-20% for the AC rated current and ±15% for the DC coil resistance.
 2. The AC coil resistance and inductance values are reference values only (at 60 Hz).
 3. Operating characteristics were measured at a coil temperature of 23°C.
 4. The maximum voltage capacity was measured at an ambient temperature of 23°C.
 *1. There is variation between products, but actual values are 80% max.
 To ensure operation, apply at least 80% of the rated value (at a coil temperature of +23°C).
 *2. There is variation between products, but actual values are 30% minimum for AC and 10% minimum for DC. To ensure release, use a value that is lower than the specified value.

Contact Ratings

Item	Load	Resistive load	Inductive load (cos φ = 0.4, L/R = 7 ms)
Rated load		5 A at 220 VAC 5 A at 24 VDC	2 A at 220 VAC 2 A at 24 VDC
Rated carry current		5 A	
Maximum contact voltage		250 VAC, 125 VDC	
Maximum contact current		5 A	
Contact configuration		DPDT	
Contact structure		Single	
Contact materials		Ag	

Item	Type	Standard models	Model with built-in operation indicator, diode, or CR circuit
Ambient operating temperature*1		-55 to 70°C	-55 to 60°C*2
Ambient operating humidity		5% to 85%	

- *1. With no icing or condensation.
 *2. This limitation is due to the diode junction temperature and elements used.

Characteristics

Item	Type	Standard models	Models with built-in operation indicators	Models with built-in CR circuits	Models with built-in diodes	Model with built-in operation indicator and diode	Model with built-in operation indicator and CR circuit
Contact resistance ^{*1}		50 mΩ max.					
Operation time ^{*2}		20 ms max.					
Release time ^{*2}		20 ms max.					
Maximum operating frequency	Mechanical	18,000 operations/h					
	Rated load	1,800 operations/h					
Insulation resistance ^{*3}		100 MΩ min.					
Dielectric strength	Between coil and contacts	2,000 VAC at 50/60 Hz for 1 min.					
	Between contacts of different polarity	2,000 VAC at 50/60 Hz for 1 min.					
	Between contacts of the same polarity	1,000 VAC at 50/60 Hz for 1 min.					
Vibration resistance	Destruction	10 to 55 to 10 Hz, 0.5-mm single amplitude (1.0-mm double amplitude)					
	Malfunction	10 to 55 to 10 Hz, 0.5-mm single amplitude (1.0-mm double amplitude)					
Shock resistance	Destruction	1,000 m/s ²					
	Malfunction	200 m/s ²					
Endurance	Mechanical	AC: 50,000,000 operations min. DC: 100,000,000 operations min. (switching frequency: 18,000 operations/h)					
	Electrical ^{*4}	500,000 operations min. (rated load, switching frequency: 1,800 operations/h)					

Item	Number of poles	2 poles
Failure rate P value (reference value) ^{*5}		1 mA at 5 VDC
Weight		Approx. 35 g

Note: These are initial values.

*1. Measurement conditions: 1 A at 5 VDC using the voltage drop method.

*2. Measurement conditions: With rated operating power applied.

Ambient temperature condition: 23°C

*3. Measurement conditions: For 500 VDC applied to the same location as for dielectric strength measurement.

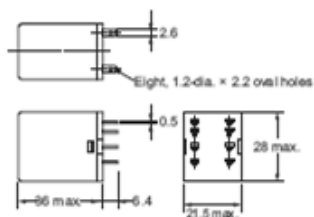
*4. Ambient temperature condition: 23°C

*5. This value was measured at a switching frequency of 120 operations per minute.

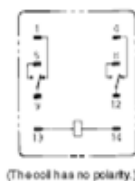
Dimensions

(Unit: mm)

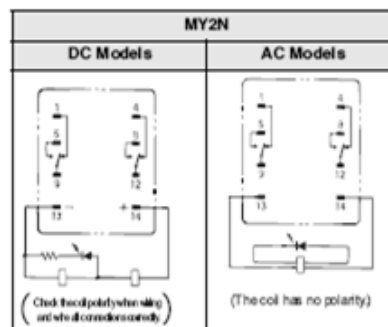
MY2, MY2N, MY2-D, MY2N-D2, MY2-CR, and MY2N-CR



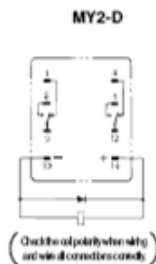
Terminal Arrangement/Internal Connections (Bottom View) Standard Models



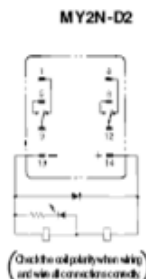
(The coil has no polarity.)



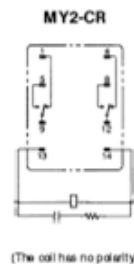
Note: 1. An AC model has coil disconnection self-diagnosis.
2. For the DC models, check the coil polarity when wiring and wire all connections correctly.
3. The indicator is red for AC and green for DC.
4. The operation indicator indicates the energization of the coil and does not represent contact operation.



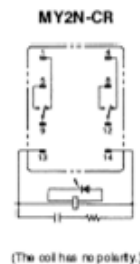
(Check the coil polarity when wiring and wire all connections correctly.)



(Check the coil polarity when wiring and wire all connections correctly.)



(The coil has no polarity.)



(The coil has no polarity.)

Smartgen®

HGM180/180HC

Automatic Control Module

User Manual



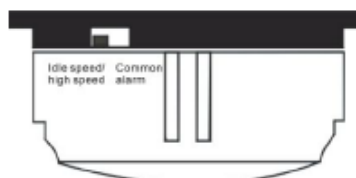
Smartgen Technology

1 SUMMARY

HGM180HC auto start module is an engine control module designed to control the engine via pushbuttons on the front panel or remote start signal. The module has 3 working modes to choose. When detecting faults, such as low oil pressure, high water/cylinder temperature, auxiliary alarm, over speed, it will disconnect fuel relay and energize to stop. LED annunciator displays the faults, which can offer real and effective alarm information.

2 PERFORMANCE AND CHARACTERISTICS

- ◆ Wide range of DC power input;
- ◆ With low oil pressure, high water/cylinder temperature, over speed protection and indication;
- ◆ Charge fail warn, not shutdown;
- ◆ With an additional auxiliary input signal, alarm to shutdown;
- ◆ Speed signal is from power frequency;
- ◆ LED displays all kinds of alarm states;
- ◆ With run hour LCD display;
- ◆ With fuel oil output, starting output, preheat output, shutdown output, common alarm/idle output, all relay output;
- ◆ With the idle control function, idle delay time is programmable;
- ◆ Preheat delay time is programmable;
- ◆ Crank disconnect conditions can choose oil pressure + generator (factory default), also can choose only generator;
- ◆ When dial the code switch to idle/high speed active, idle/high speed output can be configured, or it will be common alarm output. See the picture:
- ◆ Modular structure design, ABS plastic casing, embedded installation, compact structure with small volume, advanced SCU control, stable performance and convenient operation.



3 SPECIFICATION

Items	Contents
Working Voltage	DC8.0V to 35.0V continuous
Power Consumption	Standby (12V: 0.12W, 24V: 0.24W) Working (12V: 0.5W, 24V: 1W)
Alternator Voltage Input	15VAC - 360VAC (ph-N)
Alternator Rated Freq.	50/60Hz
Over Speed Freq.	114% of rated freq.
Condition of Crank Disconnect	Generator voltage $\geq 15\text{VAC}$ and frequency $\geq 15\text{Hz}$
Charge Failure Voltage	$< 3\text{V}$
4 Digital Inputs	Connect to B- active
Start Output	1Amp DC28V relay output B+

HGM180HC AUTO START MODULE

Items	Contents
Preheat Output	1Amp DC28V relay output B+
Fuel Output	1Amp DC28V relay output B+
Stop Output	1Amp DC28V relay output B+
Programmable Output	1Amp DC28V relay output B+
Hours Counter	Max 99999.9 hours
Case Dimensions	84mm x72mm x 35mm
Panel Cutout	78mm x 66mm
Working Condition	Temperature: (-30~+70)°C Humidity: (20~90)%
Storage Condition	Temperature: (-40~+80)°C
Protection Level	IP55: when waterproof rubber gasket added between controller and its panel. IP42: when waterproof rubber gasket not added between controller and its panel.
Insulation Intensity	Object: among input/output/power Quote standard: IEC688-1992 Test way: AC1.5kV/1m 3mA leakage current
Weight	0.2kg

4 PANEL OPERATION

4.1 Keys and Indicators

> keys

	Set	Pressing this key can set parameters.
	Manual	In Manual Mode, press this key to start genset; In Stop Mode or Auto Mode, this key is inactive.
	Preheat	In Manual Mode, press this to output preheat signal; In Stop Mode or Auto Mode, this key is inactive.

> Indicators

	High Temperature	When engine stops for high temperature, it illuminates.
	Low Oil Pressure	When engine stops for low oil pressure, it illuminates.
	Over Speed	When engine over speed, it illuminates.
	Charge Failure	When engine failed to charge, it illuminates.
	Common Alarm	When over speed, temperature high, oil pressure low, auxiliary shutdown alarm, fail to start and

HGM180HC AUTO START MODULE

		fail to stop alarms occur, it illuminates.
	Hours Counter	Genset accumulated run hours. Max 99999.9 hours.

4.2 Stop Position (○)

- ◆ During genset normal running, turn the key to stop position, enter into idle process and idle/high speed relay disconnect. When idle delay is over, fuel relay disconnects ETS output and genset stops.
- ◆ When a fault alarm occurs, turn the key to stop position, alarm can be removed.
- ◆ When genset at rest, turn key to stop position, controller will be in low power consumption standby mode.
- ◆ In this mode, preheat key  and start key  are inactive.

4.3 Manual Position ()

- ◆ Turn the key to manual position. Press  key, preheat outputs and disconnects before starter is powered. After crank disconnect, preheat output is disable.
- ◆ Turn the key to manual position. Press  key, after preheat outputs 1s, starter is energized to output and genset starts. When gens frequency over 15Hz or OP sensor is disabled (OP sensor is enabled before start) or release start key , starter power off and crank disconnect. After 10s' safety delay, idle delay begins. When idle delay is over, idle/high speed relay closes and genset enters into high speed running.
- ◆ In this mode, long pressing  key is for lamp test.

4.4 Auto Position ()

- ◆ Turn the key to Auto position. When remote start signal is enabled (connect to B-), after 2s delay, genset will start automatically, preheat delay begins. When the delay is over, fuel outputs, preheat output disconnects after 1s, then crank begins. (Maximum 3 times to start, 8s for cranking and 10s interval. If crank disconnect within 3 times, module is started; if fail to disconnect every time, common alarm annunciator illuminates and relay outputs), when gens frequency is over 15Hz or oil pressure sensor is disabled (oil pressure sensor must be enable before started), crank disconnect. After 10s' safety delay, idle delay begins. When idle delay is over, idle/high speed relay closes and genset runs in high speed.

Note: during crank rest delay, fuel relay disconnect, and 3s' delay begins. Once delay is over, ETS output disconnects, fuel outputs and preheat output will disconnect before cranking.

- ◆ When remote start input is disabled, enter into idle process after 10s' delay, idle/high speed output disconnects. After idle delay, fuel disconnects, ETS outputs and genset stops automatically. When genset at rest, ETS and idle output disconnect.

HGM180HC AUTO START MODULE

◆ In this mode, preheat key , start key  and set key  are disabled.

5 ALARM

- 1) Low Oil Pressure: After crank disconnect, detecting begins after delay 10s. Low OP lasts for 2s, alarm to shutdown.
- 2) High Temperature: After crank disconnect, detecting begins after delay 10s. High temperature lasts for 2s, alarm to shutdown.
- 3) Over Speed: detect when crank disconnect. Over speed lasts for 1.5s, alarm to shutdown.
- 4) Charge Fail: detect when high speed running. When D+ (WL) voltage under 3V and lasts for 3s, warn, not shutdown.
- 5) Auxiliary Stop Alarm: detect in Auto mode and Manual mode, do not detect in stop mode.
- 6) Fail to Start: under normal condition, fail to start within 3 times.
- 7) Fail to Stop: active when fuel signal has disconnected 30s, but genset not stop.
- 8) Fail to Generate Electricity: after crank disconnect, detect when delay 10 seconds. If gens voltage under 15V and lasts for 5 seconds, alarm to shutdown.
- 9) Common Alarm: when over speed, high temperature, low oil pressure, auxiliary shutdown alarm, fail to generate electricity, fail to start, fail to stop happen, alarm annunciator illuminates, and common alarm outputs.

6 SETTING

Setting contents include: Idle time, gens rated frequency, OP detecting "crank disconnect", preheat time.

Setting procedures:

Turn the key to stop position (O), long pressing  key for 5s to enter into setting state. Press  key to choose setting items ( and  LED indicating). Press  key to select corresponding setting value. (,  and  LED indicating). See the below form,

Item						Set
Idle time						5 Seconds
						10 Seconds (Default)
						15 Seconds
						20 Seconds
						30 Seconds
						60 Seconds
						120 Seconds
						180 Seconds
Generator rated frequency						50Hz (Default)
						60Hz
Oil pressure detect "crank disconnect"						Disable
						Enable (Default)

HGM180HC AUTO START MODULE

Item						Set
Pre-heat time						0 Seconds (<i>Default</i>)
						5 Seconds
						10 Seconds
						20 Seconds
						30 Seconds
						60 Seconds
						120 Seconds

Note: a)  for light illuminates,  for light not illuminate.

b) After setting, turn the key to stop position (○) to exit setting state.

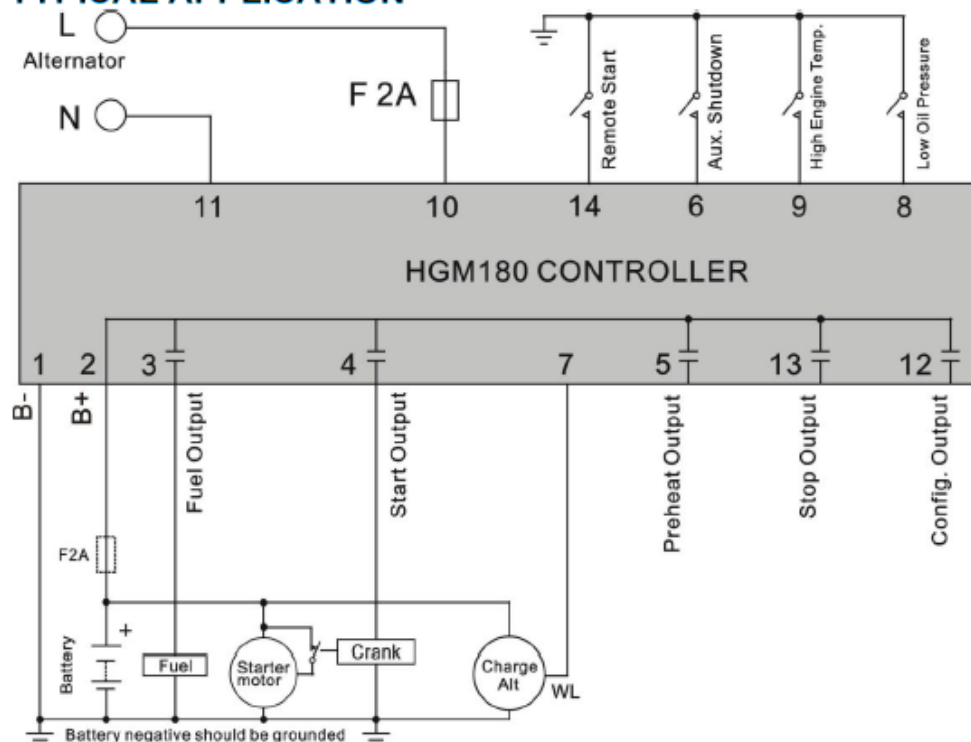
c) If programmable output is set as common alarm, idle delay is 0.

7 TERMINALS FUNCTION

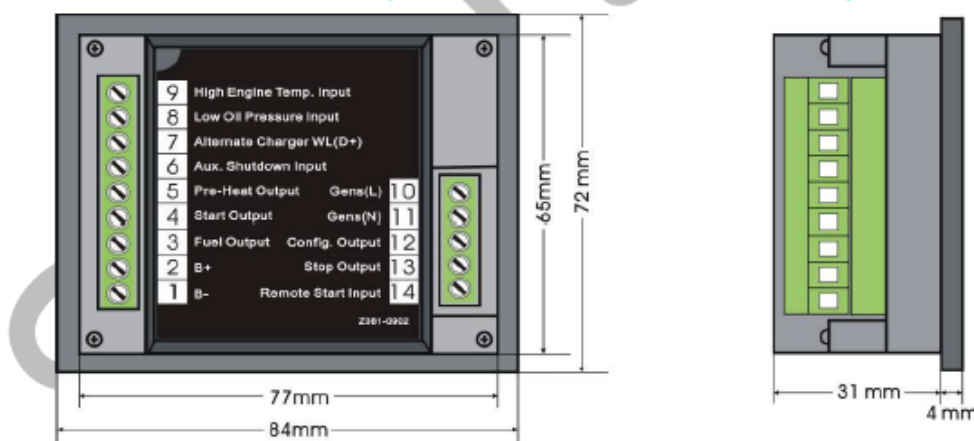
- ◆ Terminal 1 (B-): Connected to plant battery negative.
- ◆ Terminal 2 (B+): Connected to plant battery positive.
- ◆ Terminal 3 (Fuel Output): Fuel Output (B+), Connected to fuel relay.
- ◆ Terminal 4 (Start Output): Start Output (B+), Connected to start relay.
- ◆ Terminal 5 (Pre-heat Output): Pre-heat Output (B+).
- ◆ Terminal 6 (Aux. Shutdown Input): auxiliary shutdown alarm input, connect to B- active.
- ◆ Terminal 7 (D+): Connect to alternator WL (or D+) terminal. When charging fails (D+ voltage < 3V), annunciator on the panel illuminates. (indication only, not shutdown)
- ◆ Terminal 8 (Low Oil Pressure Input): Low Oil Pressure Input port, connect B- active.
- ◆ Terminal 9 (High Engine Temp input): High water/cylinder temperature input port, connect to B- active.
- ◆ Terminal 10 (L), 11(N): Connect to AC voltage signal for detecting crank disconnect and over speed protection.
- ◆ Terminal 12 (Config. Output): Config. Output (B+), can be set as idle/high speed output or common alarm via dial switch of the controller.
- ◆ Terminal 13 (Stop Output): Energize to stop (ETS) (B+).
- ◆ Terminal 14 (Remote Start Input): Remote start input port, connect to B- active.

HGM180HC AUTO START MODULE

8 TYPICAL APPLICATION



9 CASE DIMENSIONS (Panel Cutout 78 mm*66mm)



9.1 Battery Voltage Input

HGM180HC can be applicable to (8-35) VDC battery voltage environment; battery negative must be reliability connected to engine shell. The connection of controller power supply B+ and B- to battery poles should not be less than 2.5mm^2 , if there is the float charger, please directly connect the charger output wire to battery poles, and then separately connect the wirings from the battery poles to the power supply output of the controller in case that the charger will interfere with the normal operation of the controller.

9.2 Output and Expansion Relay

All output of the controller is relay contacts output, if there is need to expand

HGM180HC AUTO START MODULE

output relays, please expand follow current diode in both ends of the relay coil (when extended relay coil links DC) or increase resistance and capacitance loop (when extended relay coil links AC) in order to prevent interference with the controller or other equipments.

9.3 Withstand Voltage Test

When the controller has been installed in the control panel, if you want to have Withstand voltage test, please disconnect all terminals in the controller lest high voltage damages the controller.

10 FAULT FINDING

Fault	Remedy
Controller no response with power.	Check starting batteries; Check controller connection wirings; Check DC fuse.
Genset shutdown	Check the water/cylinder temperature is high; Check the genset AC voltage; Check DC fuse.
Low oil pressure alarm after crank disconnect	Check the oil pressure sensor and its connections.
High water/cylinder temp alarm after crank disconnect	Check the temperature sensor and its connections.
Crank not disconnect	Check fuel oil circuit and its connections; Check starting batteries; Check speed sensor and its connections; Refer to engine manual.
Starter no response	Check starter connections; Check starting batteries.

Lampiran 3 Dokumentasi



Foto alat tampak depan

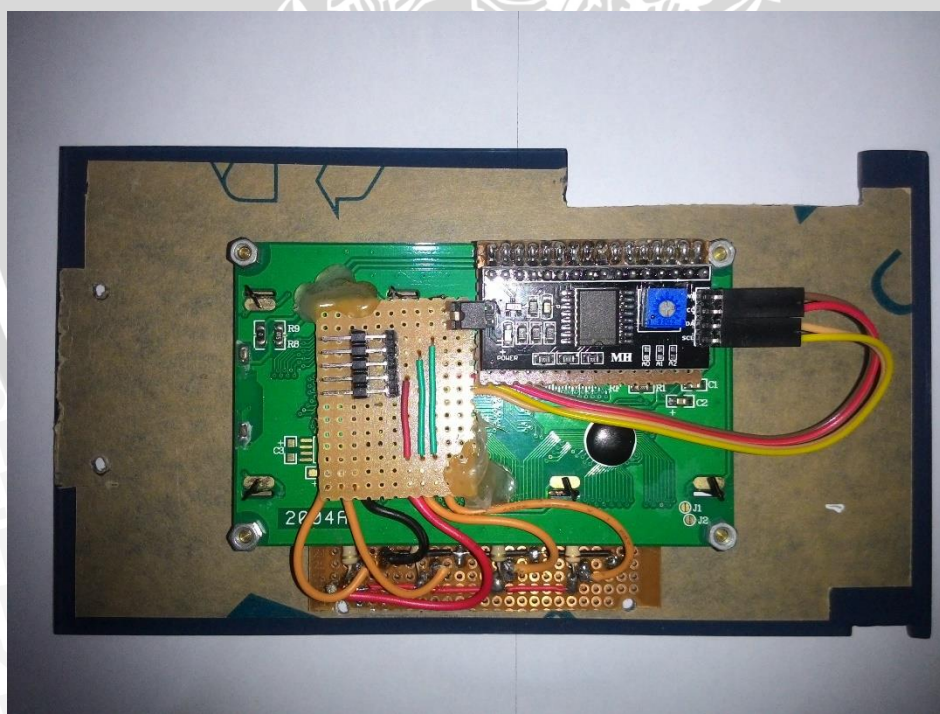


Foto rangkaian LCD

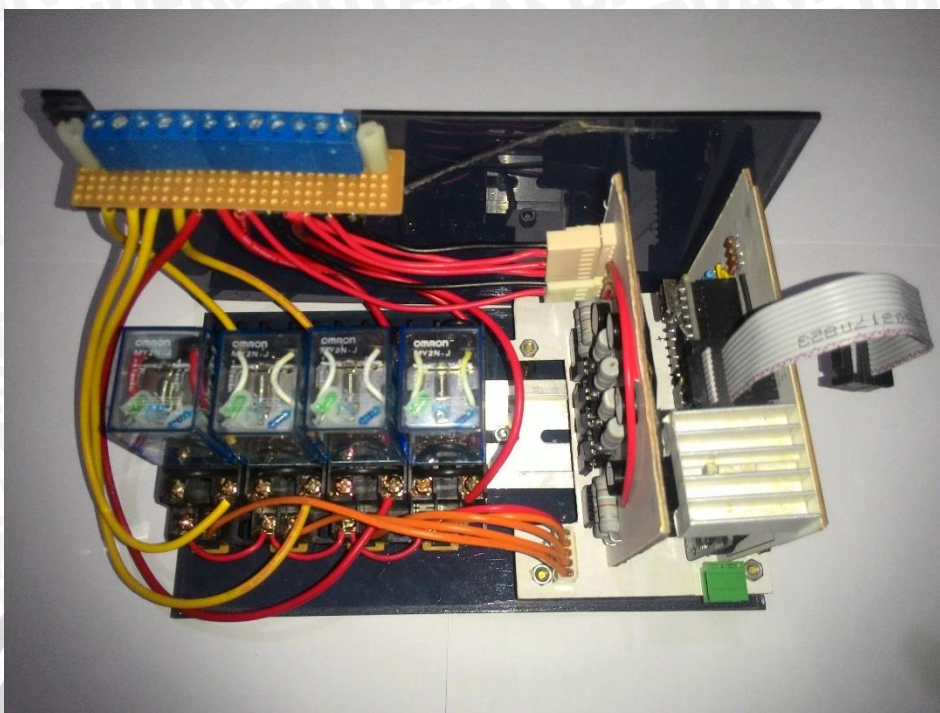


Foto alat bagian dalam

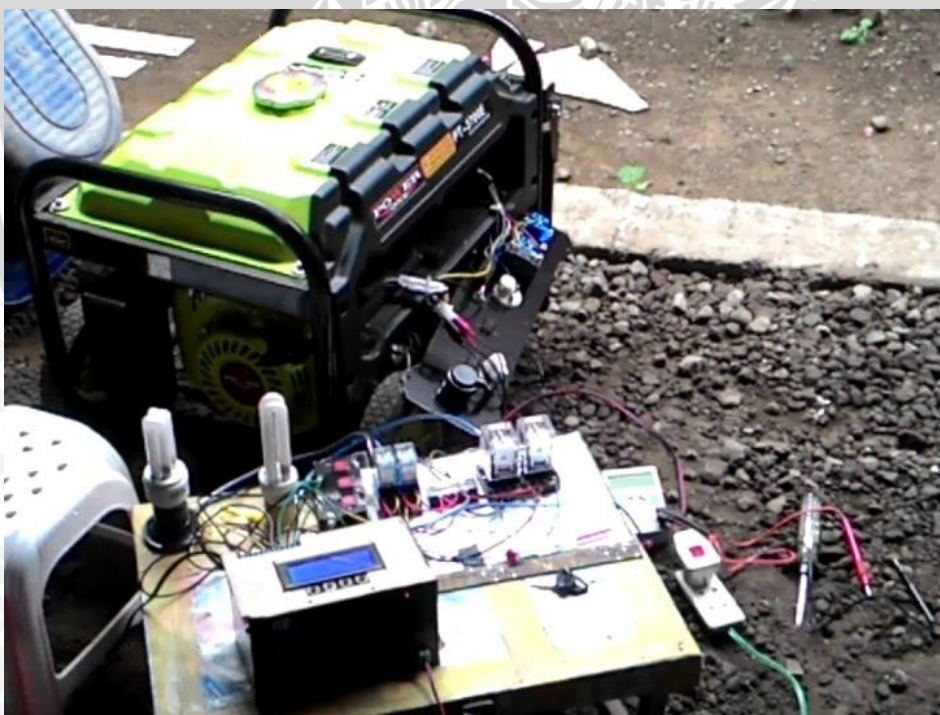


Foto pengujian