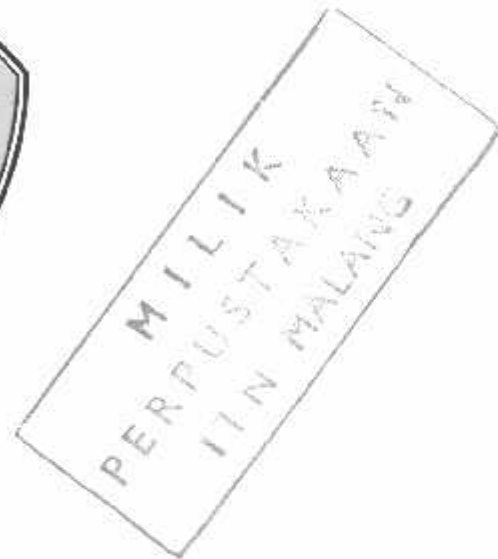


TUGAS AKHIR

PROTOTYPE PENGENDALIAN MOTOR PENDINGIN GENERATOR BERBASIS SMART RELAY DI PLTA WLINGI



Disusun Oleh :

Nama : Stevanus Septian Vicky Putra Pratama

NIM : 1152006

**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK DIPLOMA 3
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
MARET 2014**

LEMBAR PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

PROTOTYPE PENGENDALIAN MOTOR PENDINGIN GENERATOR BERBASIS SMART RELAY DI PLTA WLINGI

*Disusun dan Diajukan Untuk Melengkapi dan Memenuhi
Syarat-Syarat Guna Mencapai Gelar Ahli Madya Teknik Listrik Diploma Tiga*



Disusun Oleh :

Nama : Stevanus Septian Vicky Putra Pratama

Nim : 11.52.006

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Listrik D-III



Bambang Prio Hartono, ST, MT

NIP.Y. 1028400082

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing

Ir. Eko Nurcahyo, MT

NIP.Y.1028700172

*“PROTOTYPE PENGENDALIAN MOTOR PENDINGIN GENERATOR BERBASIS
SMART RELAY DI PLTA WLINGI”*

Stevanus Septian Vicky Putra Pratama, NIM 1152006,

Dosen Pembimbing Ir. Eko Nurcahyo ,MT

Program Studi Teknik Listrik D-III

ABSTRAK

Suatu mesin industri ataupun mesin perkakas adakalanya harus dipasang motor induksi 3 fasa lebih dari satu sebagai motor penggerak. Sebagai contoh motor pendingin radiator generator pada PLTA Wlingi yang berjumlah 2 buah. Motor ini menggerakkan pompa untuk pendingin radiator ,dan bekerja selama 10 jam setiap motornya. Untuk pergantian motor 1 ke motor 2 perlu bantuan operator lokal untuk memindah switch ke posisi motor yang sedang stanby , sehingga motor yang sedang bekerja akan mati dan yang stanby akan menjadi hidup, begitu sebaliknya.

Maka Penulis mencoba merancang suatu alat yang dapat mengendalikan motor secara bergantian setiap 8 jam menggunakan zelio smart relay SR1B121BD dan membuat system pengasutan star-delta untuk meminimalisasi arus start yang tinggi. Jeda waktu perpindahan star-delta adalah 7 detik. Untukantisipasi overload pada motor, maka perlu di pasang Thermal Overload Relay (TOR) yang selanjutnya akan menggerakkan motor yang stanby menjadi hidup dan dalam kendali manual. Panas berlebih pada generator di deteksi dengan IC LM35, kemudian akan menggerakkan kedua motor secara bersamaan, saat suhu generator kembali normal di bawah 90 °celcius, maka motor akan kembali bekerja secara bergantian.

Kata kunci : smart relay SR1B121BD, TOR, IC LM35, star delta

KATA PENGANTAR

Puji Syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala limpahan berkat dan rahmat-Nya sehingga tugas akhir berjudul pengendalian motor pendingin generator berbasis smart relay di PLTA Wlingi dapat terselesaikan.

Penelitian ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar ahli madya teknik. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kami sampaikan pada:

1. Bapak Soeparno Djiwo ,MT ,selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang
2. Bapak Ir.Bambang Prio Hartono, ST, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Listrik D-III.
3. Bapak Ir. Eko Nurcahyo, MT, selaku Dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah banyak membantu pembuatan alat.
4. Papa anang dan mama herin yang saya cintai dan telah memberi dukungan baik moril dan materil.
5. Budhe susy dan budhe eny yang telah memberi dukungan moril dan materil.
6. Mas cucuk dan mbak setyo yang telah membantu konsumsi selama di kosan.
7. Teman-teman angkatan 2011 yang telah memberi dukungan untuk cepat menyelesaikan kuliah.
8. Linda yang telah memberi dukungan untuk menyelesaikan study D-III.
9. Semua Pihak yang telah membantu dalam penulisan dan penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari sempurna, untuk itu kritik dan saran dari pembaca sangat penulis harapkan untuk perbaikan penelitian ini

Malang, Maret 2014

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Persetujuan	ii
Abstrak	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	v
Daftar Tabel	viii
Daftar Gambar	ix
Daftar Lampiran	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metodologi Pemecahan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan Tugas Akhir	4
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Smart relay Zelio.....	5
2.1.1 Keunggulan Smart Relay Zelio.....	5
2.2 Magnetic Contactor.....	6
2.2.1 Prinsip Kerja	7
2.2.2 Karakteristik.....	8
2.2.3 Aplikasi	9
2.3 Thermal Overload Relay (TOR)	10
2.4 Miniature Circuit Breaker (MCB).....	14
2.4.1 Jenis Pemutusan miniature Circuit Breaker	15
2.5 Sensor Suhu IC LM35.....	15
2.6 Motor Induksi 3 fasa	21
2.6.1 Kontruksi motor induksi	21
2.6.2 Prinsip Kerja motor induksi	24
2.6.3 Keuntungan motor tiga phasa	25

2.6.4 Kerugian Penggunaan motor Induksi.....	25
2.6.5 Jenis – Jenis Pengasutan motor 3 fasa	25
2.7 Komparator	30
BAB III PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT	
3.1 Analisa dan Perancangan	32
3.2 Diagram Blok Rangkaian.....	32
3.3 Cara Kerja Rangkaian.....	33
3.4 Flow Chart.....	33
3.5 Langkah-langkah Perencanaan	34
3.5.1 Perencanaan Perangkat Keras	34
3.5.2 Rangkaian Kontrol menggunakan zelio SR1B121BD.....	34
3.5.3 Perancangan rangkaian control di PLTA.....	36
3.5.4 Perancangan rangkaian control memakai Zelio.....	36
3.5.5 Perancangan catu daya 24 volt dan 5 volt.....	37
3.5.6 Perencanaan Leader Diagram	38
3.6 Menentukan Kemampuan Penghantar dan Pengaman beban	38
3.6.1 Menghitung besarnya Arus beban.....	39
3.6.2 Menentukan Nilai nominal Pengaman beban	39
3.6.3 Menentukan Pengawatan Pada Panel.....	40
3.7 Obyek Penelitian.....	40
3.7.1 Data Teknik.....	41
3.7.2 Fungsi.....	42
3.8 Radiator.....	42
3.9 Jadwal Operasi booster pump	43
3.10 Name plate Generator	43
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA	
4.1 Pengujian Alat.....	44
4.2 Pengujian Input Tegangan zelio.....	44
4.2.1 Tujuan	44
4.2.2 Peralatan yang Digunakan	44
4.2.3 Prosedure Pengujian.....	45
4.3 Pengujian Input tegangan koil kontaktor	45
4.3.1 Tujuan	45
4.3.2 Peralatan yang Digunakan	45

4.3.3 Prosedure Pengujian.....	45
4.4 Pengujian Progam Zelio.....	45
4.4.1 Tujuan	45
4.4.2 Peralatan yang digunakan	45
4.4.3 Prosedure Pengujian.....	45
4.5 Pengujian Sensor suhu	50
4.5.1 Tujuan	50
4.5.2 Peralatan yang digunakan	50
4.5.3 Prosedure Pengujian.....	50
4.5.4 Pengamatan Pada Termometer.....	51
4.6 Spesifikasi Alat	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	54
Daftar Pustaka	
Lampiran	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pin Description LM32431.....	31
Tabel 3.1 Keterangan port-port yang dipakai pada rangkaian smart relay zelio	35
Tabel 3.2 Tabel Kemampuan Hantar arus	39
Tabel 3.3 Perbedaan jadwal SOP dengan Zelio.....	43
Tabel 4.1 Pengamatan input analog zelio smart relay	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Magnetic Contactor	6
Gambar 2.2 Simbol-Simbol kontaktor magnet	7
Gambar 2.3 Cara Kerja Kontak.....	8
Gambar 2.4 Gambar Kontak MC.....	9
Gambar 2.5 Cara kerja MC.....	9
Gambar 2.6 TOR.....	10
Gambar 2.7 Kontak TOR	11
Gambar 2.8 Bimetal TOR.....	11
Gambar 2.9 Kontruksi TOR.....	13
Gambar 2.10 MCB.....	14
Gambar 2.11 LM35 basic temperature sensor	15
Gambar 2.12 Rangkaian pengukur suhu.....	16
Gambar 2.13 Bentuk fisik LM35	16
Gambar 2.14 Skematik Rangkaian Dasar Sensor Suhu LM35	18
Gambar 2.15 Motor Induksi 3 fasa	21
Gambar 2.16 Bentuk Kontruksi dari motor induksi.....	22
Gambar 2.17 Kontruksi rotor sangkar motor induksi	22
Gambar 2.18 Gambaran sederhana bentuk alur / slot pada motor Induksi.....	23
Gambar 2.19 Gambaran sederhana motor induksi dengan satu Kumparan dan satu kumparan rotor.....	24
Gambar 2.20 Direct Online Starter	26
Gambar 2.21 Pengasutan dengan Auto trafo	27
Gambar 2.22 Pengasutan dengan tahanan Rotor	28
Gambar 2.23 Rangkaian start motor bintang-segitiga	28
Gambar 2.24 Hubungan belitan,tegangan,Arus star dan delta.....	29
Gambar 2.25 Simbol Komparator	30
Gambar 2.26 IC komparator LM324	30
Gambar 3.1 Analisa Perancangan	32
Gambar 3.2 Blog Diagram Alat	32
Gambar 3.3 Leader diagram zelio SR1B121BD.....	34

Gambar 3.4 Rangkaian control	36
Gambar 3.5 Rangkaian catu daya	37
Gambar 3.6 Boster Pump	41
Gambar 3.7 Bentuk fisik Radiator	42
Gambar 3.8 Name plate Radiator.....	42
Gambar 3.9 Name Plate Generator	43
Gambar 4.1 Input zelio stabil 23.49 volt.....	44
Gambar 4.2 Input Koil kontaktor stabil 205,9	45
Gambar 4.3 Simulasi pada zelio	46
Gambar 4.4 posisi relay pada saat star untuk motor 1	46
Gambar 4.5 Posisi relay pada saat delta untuk motor 1	47
Gambar 4.6 Posisi relay pada saat star untuk motor 2	47
Gambar 4.7 Posisi relay pada saat delta untuk motor 2	48
Gambar 4.8 Posisi relay Q1,12,Q3,Q4 menyala semua.....	48
Gambar 4.9 Pada saat terjadi beban lebih pada motor 1,secara otomatis berganti ke motor 2	49
Gambar 5.0 Pada saat terjadi beban lebih pada motor 2,secara otomatis berganti ke motor 1	49
Gambar 5.1 pemanasan manual IC LM35	50
Gambar 5.2 Pengamatan pada thermometer	52
Gambar 5.3 Pengamatan pada thermometer saat motor kembali bergantian.....	51
Gambar 5.4 Spesifikasi Alat	52

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Suatu mesin industri ataupun mesin perkakas adakalanya harus dipasang motor induksi 3 fasa lebih dari satu sebagai motor penggerakannya. Sebagai contoh motor pendingin radiator generator pada PLTA Wlingi yang berjumlah 2 buah. Motor ini menggerakkan pompa untuk pendingin radiator, dan bekerja selama 10 jam setiap motornya. Untuk pergantian motor 1 ke motor 2 perlu bantuan operator lokal untuk memindah switch ke posisi motor yang sedang standby, sehingga motor yang sedang bekerja akan mati dan yang standby akan menjadi hidup, begitu sebaliknya.

Pengendalian beberapa motor induksi 3 fasa yang dapat bekerja secara bergantian berbeda dengan pengendalian beberapa motor induksi 3 fasa yang dapat bekerja secara berurutan. Jika pada pengendalian motor yang bekerja secara berurutan, bekerjanya motor 2 menunggu motor 1 bekerja lebih dahulu. Tapi untuk pengendalian motor yang bekerja secara bergantian adalah sebagai berikut, jika motor 1 bekerja, motor 2 akan berhenti, jika motor 2 bekerja, maka motor 1 akan berhenti.

Di PLTA wlingi, motor untuk pompa pendingin radiator pada generator masih menggunakan bantuan manusia secara kontinyu. Hal ini kurang efektif, karena bisa saja terjadi kesalahan pada pengoperasian pompa (Human Error). Oleh sebab itu perlu bantuan alat untuk mempermudah kerja para operator PLTA Wlingi yaitu dengan merancang pengendalian pompa pendingin radiator pada generator secara bergantian, karena di PLTA Wlingi memiliki 2 pompa untuk radiator dan dioperasikan secara bergantian secara manual.

Pengendalian motor induksi 3 fasa yang dapat bekerja secara bergantian pada pembahasan kali ini dapat dioperasikan secara otomatis menggunakan kontaktor magnet dengan Smart Relay. sehingga operator tidak perlu membuang tenaga setiap 10 jam untuk pergantian pompa radiator. Cara kerja pengendalian 2 buah motor induksi yang dapat bekerja secara bergantian otomatis dapat dijelaskan secara singkat sebagai berikut, pada saat tombol Start ditekan maka motor 1 akan bekerja dan Smart Relay mendapat sumber tegangan, motor 2 masih tetap berhenti. Begitu seting waktu pada Smart Relay sudah terpenuhi maka Smart Relay akan bekerja, sehingga motor 2 akan

bekerja, dan motor 1 akan berhenti. Dan saat terjadi beban lebih pada salah satu motor, maka motor yang sedang tidak beroperasi secara otomatis akan bekerja. Sedangkan tombol Stop untuk mematikan masing-masing motor pada saat bekerja.

Dalam kajian diatas penulis berkeinginan membangun sebuah pengendalian motor pendingin radiator secara bergantian guna mempermudah pengoperasian di plta Wlingi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka disimpulkan permasalahan yang akan di tuangkan dalam tugas akhir ini yaitu :

1. Bagaimana membangun sebuah pengendali motor secara bergantian menggunakan Smart Relay?
2. Bagaimana mengantisipasi beban lebih pada motor?
3. Bagaimana mengantisipasi panas berlebih pada generator?
4. Bagaimana memberi system pengasutan pada masing - masing motor?

1.3 Tujuan

Tujuan dari membangun sebuah pengendalian motor berbasis Smart Relay adalah untuk mengoptimalkan kinerja alat secara bergantian tanpa adanya campur tangan manusia, campur tangan manusia di alat ini hanya satu kali perintah untuk menjalankan alat secara otomatis dan berdasarkan SOP di PLTA Wlingi. Saat terjadi beban lebih pada salah satu motor, maka akan berganti ke motor lainnya, dan bila terjadi panas berlebih pada generator, maka motor akan bekerja bersamaan. Semua hal ini tidak mengabaikan system pengasutan pada setiap motor.

1.4 Batasan Masalah

Agar dalam pembuatan sebuah pengendalian motor pendingin radiator secara bergantian ini mengarah sesuai tujuan yang diinginkan, maka dalam pembahasan dibatasi oleh beberapa hal :

1. Membuat alat untuk mengatur pergantian motor.
2. Membuat program menggunakan zelio soft 2.0 tipe SR1B121BD.
3. Membuat system pengasutan pada setiap motor.
4. Membuat sensor suhu untuk pengaman generator.
5. Tidak membahas pengatur kecepatan.

1.5 Metodologi Pemecahan Masalah

Metode yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah:

1. Kajian Literatur

Pengumpulan data dan informasi yang dilakukan dengan mencari bahan-bahan kepustakaan dan referensi dan berbagai sumber sebagai landasan teori yang ada hubungannya dengan permasalahan pada perancangan alat.

2. Perancangan Sistem

Melakukan perancangan alat secara umum meliputi : Kontaktor, MCB, TOR, Smart Relay dan rangkaian penunjang lainnya.

3. Pembuatan Perangkat Keras

Pada tahap ini merupakan tahap pembuatan perangkat keras yang didapat dari perencanaan system diatas meliputi :

- Merancang dan membuat rangkaian motor bergantian.
- Pembuatan rangkaian pengasutan.

4. Pengujian Alat

Dari hasil perancangan yang dibuat kemudian dilakukan pengujian alat sebelum dilakukan integrasi

5. Pelaporan hasil pengujian serta kesimpulan.

1.6 Sistematika Penulisan Tugas Akhir

Halaman Judul Lembar Pengesahan

Abstrak

Kata Pengantar Daftar Isi Daftar

Gambar

Daftar Tabel

Daftar Lampiran

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai latar belakang penulisan, perumusan masalah, pembatasan masalah dan tujuan dari Tugas Akhir.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini akan dibahas mengenai teori-teori yang berhubungan.

BAB III METODOLOGI

Pada bab ini akan dibahas metodologi yang digunakan dalam mengerjakan Tugas Akhir.

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada hal ini akan dibahas pengolahan data, analisa data, dalam Tugas akhir dan hasil-hasil yang didapat.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran-saran.

DAFTAR PUSTAKA LAMPIRAN

BAB II LANDASAN TEORI

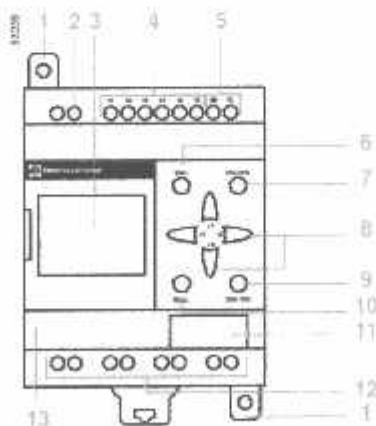
2.1 SMART RELAY ZELIO

Smart Relay adalah suatu alat pengontrolan yang hampir mirip dengan sebuah PLC, hanya kelasnya masih dibawah PLC. Zelio sendiri adalah brand dari smart relay keluaran dari Telemecanique atau Schneider Electric sebagai perusahaannya. Smart relay ini ditujukan untuk mengganti pengontrolan lama yang masih menggunakan relay. dengan sebuah smart relay kita dapat merubah cara kerjanya sesuai dengan keinginan tanpa harus merubah secara wiring (kalau pakai relay) tetapi cukup dengan merubah pada programnya Smart relay Zelio ini terdiri dari dua model yaitu model compact dan modular, sehingga dapat ditambahkan IO modul tambahan (expansion modul) baik berupa IO digital maupun analog bahkan berupa modul komunikasi modbus dan memory.

2.1.1 KEUNGGULAN SMART RELAY ZELIO

Beberapa keunggulan Smart Relay Zelio diantaranya:

1. Tersedianya modul komunikasi modbus sehingga zelio dapat menjadi slave PLC dalam suatu jaringan PLC.
2. Terdapat sebuah fasilitas fast counter, contoh aplikasinya digunakan untuk sebuah encoder.
3. Terdapat fasilitas umum seperti counter, timer, real time clock dan analog comparator.
4. Dapat ditambahkan dengan modul ekspansi.



- | | |
|-----------------------------|--------------------|
| 1. Tempat baut | 9. Enter |
| 2. Input 24 VDC | 10. Exit |
| 3. LCD | 11. konektor ke PC |
| 4. terminal blok Input 24 v | 12. Output relay |
| 5. Input analog | 13. Slot memori |
| 6. Delete | |
| 7. Insert line | |
| 8. Z push botom | |

2.2 MAGNETIC CONTACTOR

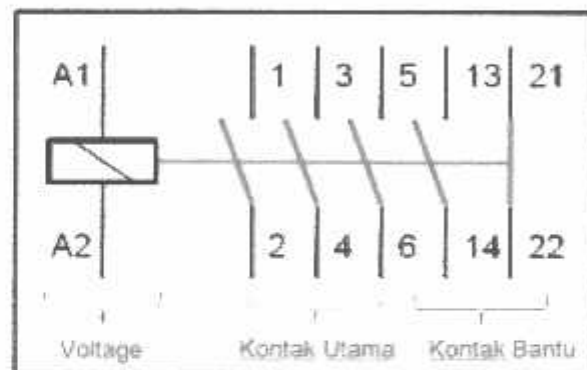


Gambar 2.1 Magnetic Contactor (MC)
(sumber :www.wikipedia.com)

Magnetic Contactor (MC) adalah sebuah komponen yang berfungsi sebagai penghubung/kontak dengan kapasitas yang besar dengan menggunakan daya minimal. Dapat dibayangkan MC adalah relay dengan kapasitas yang besar. Umumnya MC terdiri dari 3 pole kontak utama dan kontak bantu (aux. contact). Untuk menghubungkan kontak utama hanya dengan cara memberikan tegangan pada koil MC sesuai spesifikasinya. Komponen utama sebuah MC adalah koil dan kontak utama. Koil dipergunakan untuk menghasilkan medan magnet yang akan menarik kontak utama sehingga terhubung pada masing masing pole. Magnetic Contactor atau Kontaktor AC, perangkat pengendalian otomatis, sangat cocok untuk menggunakan di sirkuit sampai tegangan maksimal 690v 50Hz atau 60Hz dan arus sampai 780A dari 6A dalam penggunaannya kontaktor dengan struktur lebih simple / kompak, ukuran kecil dan ringan, secara luas diaplikasikan dalam rangkaian pengendalian, terutama mengendalikan motor atau perangkat listrik lainnya. Untuk aplikasi yang lebih, MC mempunyai beberapa accessories. Dan yang paling banyak dipergunakan adalah kontak bantu. Jika kontak bantu yang telah tersedia kurang bisa dilakukan penambahan di samping atau depan. Pneumatic Timer juga sering dipakai dalam wiring sebuah system, misalnya pada Star Delta Starter.

2.2.1. Prinsip Kerja

Sebuah kontaktor terdiri dari koil, beberapa kontak Normally Open (NO) dan beberapa Normally Close (NC). Pada saat satu kontaktor normal, NO akan membuka dan pada saat kontaktor bekerja, NO akan menutup. Sedangkan kontak NC sebaliknya yaitu ketika dalam keadaan normal kontak NC akan menutup dan dalam keadaan bekerja kontak NC akan membuka. Koil adalah lilitan yang apabila diberi tegangan akan terjadi magnetisasi dan menarik kontak-kontaknya sehingga terjadi perubahan atau bekerja. Kontaktor yang dioperasikan secara elektromagnetis adalah salah satu mekanisme yang paling bermanfaat yang pernah dirancang untuk penutupan dan pembukaan rangkaian listrik maka gambar prinsip kerja kontaktor magnet dapat dilihat pada gambar berikut :

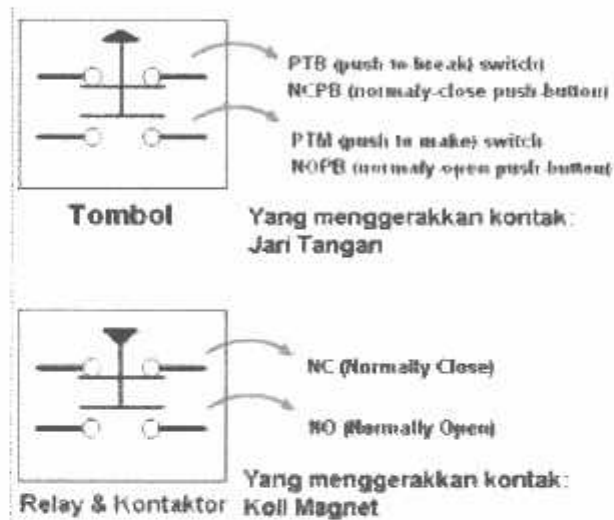


Gambar 2.2
Simbol-simbol kontaktor magnet
(sumber :www.wikipedia.com)

Kontaktor termasuk jenis saklar motor yang digerakkan oleh magnet seperti yang telah dijelaskan di atas. Bila pada jepitan a dan b kumparan magnet diberi tegangan, maka magnet akan menarik jangkar sehingga kontak-kontak bergerak yang berhubungan dengan jangkar tersebut ikut tertarik. Tegangan yang harus dipasangkan dapat tegangan bolak balik (AC) maupun tegangan searah (DC), tergantung dari bagaimana magnet tersebut dirancang. Untuk beberapa keperluan digunakan juga kumparan arus (bukan tegangan), akan tetapi dari segi produksi lebih disukai kumparan tegangan karena besarnya tegangan umumnya sudah dinormalisasi dan tidak tergantung dari keperluan alat pemakai tertentu.

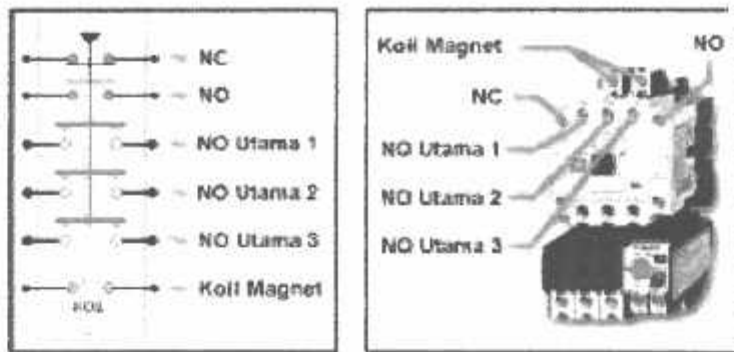
2.2.2. Karakteristik

Spesifikasi kontaktor magnet yang harus diperhatikan adalah kemampuan daya kontaktor ditulis dalam ukuran Watt / KW, yang disesuaikan dengan beban yang dipikul, kemampuan menghantarkan arus dari kontak – kontaknya, ditulis dalam satuan ampere, kemampuan tegangan dari kumparan magnet, apakah untuk tegangan 127 Volt atau 220 Volt, begitupun frekuensinya, kemampuan melindungi terhadap tegangan rendah, misalnya ditulis $\pm 20 \%$ dari tegangan kerja. Dengan demikian dari segi keamanan dan kepraktisan, penggunaan kontaktor magnet jauh lebih baik dari pada saklar biasa.

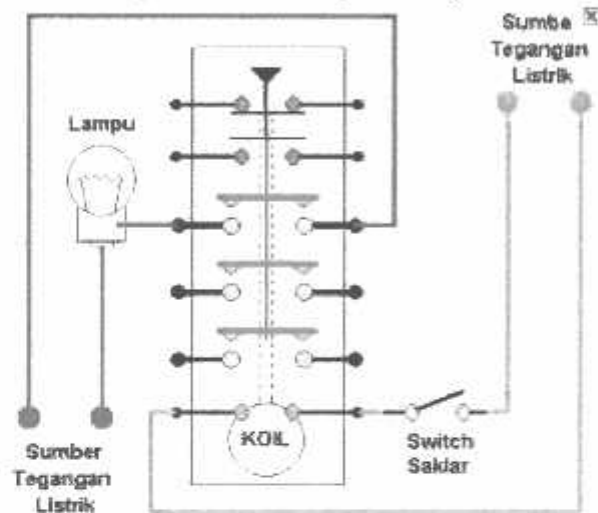


Gambar 2.3
Cara Kerja Kontak
(sumber : www.wikipedia.com)

Relay dianalogikan sebagai pemutus dan penghubung seperti halnya fungsi pada tombol (Push Button) dan saklar (Switch), yang hanya bekerja pada arus kecil 1A s/d 5A. Sedangkan Kontaktor dapat di analogikan juga sebagai sebagai Breaker untuk sirkuit pemutus dan penghubung tenaga listrik pada beban. Karena pada Kontaktor, selain terdapat kontak NO dan NC juga terdapat 3 buah kontak NO utama yang dapat menghubungkan arus listrik sesuai ukuran yang telah ditetapkan pada kontaktor tersebut. Misalnya 10A, 15A, 20A, 30A, 50Amper dan seterusnya. Seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.4
Gambar Kontak MC
 (sumber :www.wikipedia.com)



Gambar 2.5
Cara Kerja MC
 (sumber :www.wikipedia.com)

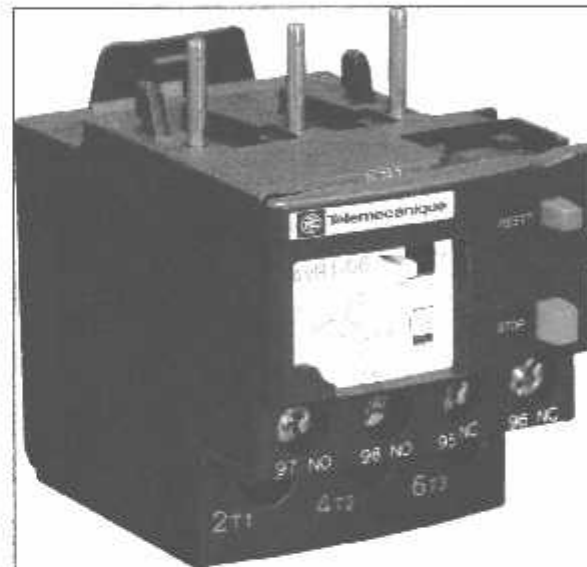
2.2.3. Aplikasi

Keuntungan penggunaan kontaktor magnetis sebagai pengganti peralatan kontrol yang dioperasikan secara manual meliputi hal :

Pada penanganan arus besar atau tegangan tinggi, sulit untuk membangun alat manual yang cocok. Lebih dari itu, alat seperti itu besar dan sulit mengoperasikannya. Sebaliknya, akan relatif sederhana untuk membangun kontaktor magnetis yang akan menangani arus yang besar atau tegangan yang tinggi, dan alat manual harus mengontrol hanya kumparan dari kontaktor. Kontaktor memungkinkan operasi majemuk dilaksanakan dari satu operator (satu lokasi) dan diinterlocked untuk mencegah kesalahan dan bahaya operasi. Pengoperasian yang harus diulang beberapa kali dalam satu jam, dapat digunakan kontaktor untuk menghemat usaha. Operator secara sederhana harus menekan tombol dan kontaktor akan memulai urutan event yang benar

secara otomatis. Kontaktor dapat dikontrol secara otomatis dengan alat pilot atau sensor yang sangat peka. Tegangan yang tinggi dapat diatasi oleh kontaktor dan menjauhkan seluruhnya dari operator, sehingga meningkatkan keselamatan / keamanan instalasi. Dengan menggunakan kontaktor peralatan kontrol dapat dipasangkan pada titik-titik yang jauh. Satu-satunya ruang yang diperlukan dekat mesin adalah ruangan untuk tombol tekan. Dengan kontaktor, kontrol otomatis dan semi otomatis mungkin dilakukan dengan peralatan seperti kontrol logika yang dapat diprogram seperti Programmable Logic Controller (PLC).

2.3 Thermal Over Load Relay (TOR)



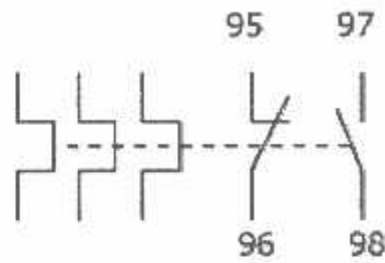
Gambar 2.6
TOR
(Sumber Wikipedia)

Thermal Over Load Relay (TOR) adalah suatu pengaman beban lebih menurut PUIL 2000 bagian 5.5.4.1 yaitu proteksi beban lebih (arus lebih) dimaksudkan untuk melindungi motor dan perlengkapan kendali motor, terhadap pemanasan berlebihan sebagai akibat beban lebih atau sebagai akibat motor tak dapat di asut. Relay ini dihubungkan dengan kontaktor pada kontak utama 2,4,6 sebelum ke beban (motor listrik). Gunanya untuk mengamankan motor listrik atau member perlindungan kepada motor listrik dari kerusakan akibat beban lebih.

Beberapa penyebab terjadinya beban lebih antar lain:

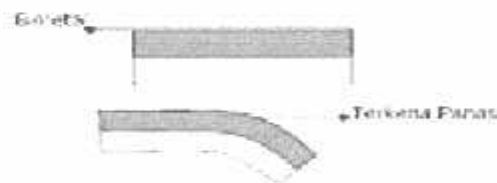
- 1) Arus start yang terlalu besar atau motor listrik berhenti secara mendadak

- 2) Terjadi hubung singkat
- 3) Terbukanya salah satu fasa dari motor listrik 3 fasa.



Gambar 2.7
Kontak TOR
(sumber :www.wikipedia.com)

Arus yang terlalu besar yang timbul pada beban motor listrik akan mengalir pada belitan Motor listrik yang dapat menyebabkan kerusakan dan terbakar nya belitan motor listrik untuk menghindari hal itu dipasang termal beban lebih pada alat pengontrol. Prinsip kerja termal beban lebih berdasarkan panas (temperature) yang ditimbulkan oleh arus yang mengalir melalui elemen –elemen pemanas bimetal. Dan sifatnya pelengkungan bimetal akibat panas yang di timbulkan, bimetal akan menggerakkan kontak-kontak mekanis pemutus rangkaian listrik (Kontak 95-96 membuka).



Gambar 2.8
Bimetal TOR
(sumber :www.wikipedia.com)

TOR bekerja berdasarkan prinsip pemuaihan dan benda bimetal. Apabila benda terkena arus yang tinggi, maka benda akan memuai sehingga akan melengkung dan memutuskan arus .Arus yang berlebih akan menimbulkan panas, sehingga dapat membengkokkan benda bimetal.

Untuk mengatur besarnya arus maksimum yang dapat melewati TOR, dapat diatur dengan memutar penentu arus dengan menggunakan obeng sampai didapat harga yang diinginkan.

Besarnya arus yang di perlukan untuk mengerjakan bimetal sebanding dengan besarnya arus yang di perlukan untuk membuat alat pengaman pemutus. Di dalam penggunaannya sesuai dengan puil 2000 pasal 5.5.4.3 bahwa gawai proteksi beban lebih yang di gunakan adalah tidak boleh mempunyai nilai pengenalan, atau di setel pada nilai yang lebih tinggi dari yang diperlukan untuk menghasut motor pada beban penuh. Oleh karena itu, waktu tunda gawai proteksi beban lebih tersebut tidak boleh lebih lama dari yang diperlukan untuk memungkinkan motor dihasut dan dipercepat pada beban penuh.

Motor induksi dengan daya besar diatas 50 kW berkerja dengan arus nominal diatas 100 A. pemasangan Thermal Overload Relay tidak bisa langsung dengan circuit breaker tetapi, melewati alat transformator arus besar CT. Rasio arus primer trafo arus CT dipilih 100 A / 5 A sehingga Thermal Overload Relay cukup dengan rating sebesar 5 A saja. Jika terjadi beban lebih arus primer CT meningkat diatas 100 A, arus sekunder CT akan meningkat juga dan mengerjakan Thermal Overload Relay bekerja, sistem mekanik akan memutuskan circuit breaker.

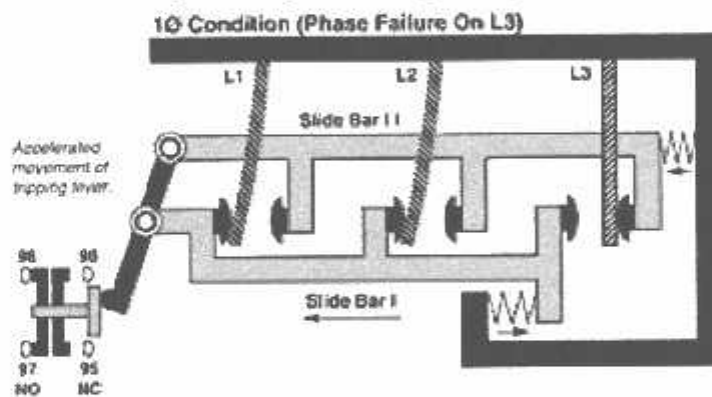
Thermal Overload adalah alat pengaman rangkaian dari arus lebih yang diakibatkan beban yang terlalu besar dengan jalan memutuskan rangkaian ketika arus yang melebihi setting melewatinya. Thermal Overload berfungsi untuk memproteksi rangkaian listrik dan komponen listrik dari kerusakan karena terjadinya beban lebih. Seperti halnya sekering (fuse) thermal overload ada yang bekerja cepat dan ada yang lambat. Misalkan pada rangkaian motor menggunakan thermal overload yang bekerja lambat, sebab waktu motor start arus dapat mencapai 6 kali nominal, sehingga apabila di gunakan pengaman yang bekerja cepat, maka pengamannya akan putus setiap motor di jalankan. Pengaman beban lebih ini bisa di pasang langsung dengan kontaktornya maupun terpisah sehingga sangat fleksibel untuk pemasangannya di dalam panel. Thermal Overload ada yang menggunakan bimetal dan ada yang menggunakan sistem elektronika.

Thermal Overload memproteksi rangkaian pada ketiga fasanya (untuk rangkaian tiga fasa) baik yang menggunakan system elektronika tanpa suplai terpisah (maksudnya thermal overload elektronika ini tidak membutuhkan sumber daya listrik secara khusus) dan mempunyai sensitifitas terhadap hilangnya fasa yang bekerja dengan system

differential (tidak langsung trip pada kahusus terjadinya hilang fasa), namun apabila dibutuhkan untuk trip segera saat kehilangan satu fasa maka perlu diperlukan tambahan alat proteksi lain.

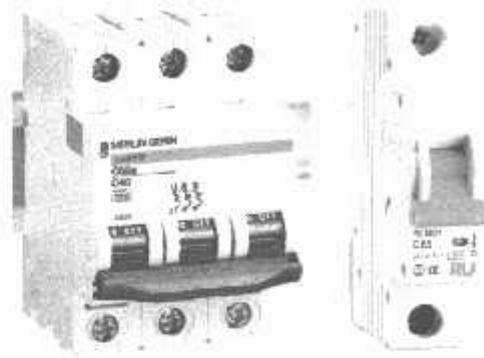
Thermal Overload ini bisa di pasangkan langsung dengan kontaktornya maupun terpisah sehingga sangat fleksibel untuk pemasangannya di dalam panel pemilihan jenis thermal overlod di tentukan oleh rating/setting arus sesuai dengan arus nominal rangkaian pada beban penuh dan kelas trip -nya. Untuk pemakaian standar digunakan kelas trip 10 yaitu overload akan trip pada $7,2 \times$ arus nominal dalam waktu 4 detik.

Thermal overload yang bekerja dengan pemutus bimetal akan bekerja sesuai dengan arus yang mengalir, arus yang mengalir akan menyebabkan panas, semakin besar perubahan arus maka semakin tinggi kenaikan temperature yang menyebabkan terjadinya pembengkokan, dan akan terjadi pemutusan arus, sehingga rangkaian akan terputus. Jenis pemutus bimetal ada jenis satu fasa dan ada jenis tiga fasa, tiap fasa terdiri atas bimetal yang terpisah tetapi saling terhubung, berguna untuk memutuskan semua phasa apabila terjadi kelebihan beban. Pemutus bimetal satu fasa biasa digunakan untuk pengaman beban lebih pada rangkaian dengan daya kecil.



Gambar 2.9
Kontruksi TOR
(sumber :www.wikipedia.com)

2.4 MCB



Gambar 2.10
MCB
(Sumber Wikipedia)

MCB merupakan kependekan dari **Miniature Circuit Breaker**. Biasanya MCB digunakan oleh pihak PLN untuk membatasi arus sekaligus sebagai pengaman dalam suatu instalasi listrik. MCB berfungsi sebagai pengaman hubung singkat (konsleting) dan juga berfungsi sebagai pengaman beban lebih. MCB akan secara otomatis dengan segera memutuskan arus apabila arus yang melewatinya melebihi dari arus nominal yang telah ditentukan pada MCB tersebut. Arus nominal yang terdapat pada MCB adalah 1A, 2A, 4A, 6A, 10A, 16A, 20A, 25A, 32A dan lain sebagainya. Nominal MCB ditentukan dari besarnya arus yang bisa ia hantarkan, satuan dari arus adalah Ampere. Jadi jika MCB dengan arus nominal 2 Ampere maka hanya perlu ditulis dengan MCB 2A.

Banyak perangkat yang saat ini menggunakan listrik, mulai dari AC, lampu dan masih banyak lagi. Kebanyakan pelanggan PLN di Indonesia saat ini masih menggunakan MCB 2 A, hal ini dikarenakan banyaknya pelanggan yang menggunakan daya 450VA (Volt Ampere). Pelanggan yang menggunakan daya 450VA akan menggunakan MCB dengan nominal 2A, dengan perhitungan tegangan di Indonesia adalah (standar rata-rata) 220 Volt jika kita ingin daya yang terpasang dirumah 450VA yang perlu kita lakukan hanyalah membagi 450 dengan 220, hasilnya akan 2,04 sehingga kita membutuhkan MCB dengan nominal 2 Ampere.

2.4.1 Jenis Pemutusan miniature circuit braker

1. Pemutusan MCB karena Elektromagnetik

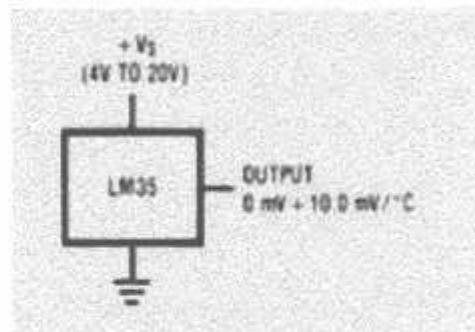
Pemutusan dilakukan oleh koil yang terinduksi dan mempunyai medan magnet. Akibatnya poros yang terdapat didekatnya akan tertarik dan menjalankan tuas pemutus. Pada saat MCB bekerja karena hubung singkat (konsleting) akan terdapat panas yang sangat tinggi, MCB dilengkapi dengan pemadam busur api untuk meredam panas tersebut.

2. Pemutusan MCB karena panas

Pemutusan dilakukan karena terdapat beban lebih. Karena beban lebih maka akan menimbulkan panas. Panas ini akan membuat bimetal melengkung dan mendorong tuas pemutus akibatnya MCB akan trip (memutuskan arus).

2.5 Sensor Suhu IC LM35

Untuk mendeteksi suhu digunakan sebuah sensor suhu LM 35 yang dapat dikalibrasikan langsung dalam , LM 35 ini difungsikan sebagai basic temperature sensor seperti pada gambar 2.11

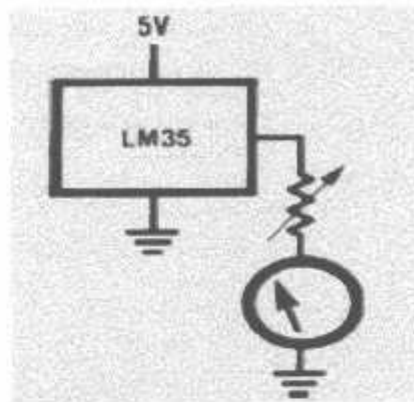


**Gambar 2.11 LM 35
basic temperature sensor**
(sumber :www.duniaelektro.com)

IC LM 35 sebagai sensor suhu yang teliti dan terkemas dalam bentuk Integrated Circuit (IC), dimana output tegangan keluaran sangat linear berpadanan dengan perubahan suhu. Sensor ini berfungsi sebagai pengubah dari besaran fisis suhu ke besaran tegangan yang memiliki koefisien sebesar $10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ yang berarti bahwa kenaikan suhu 1°C maka akan terjadi kenaikan tegangan sebesar 10 mV .

IC LM 35 ini tidak memerlukan pengkalibrasian atau penyetelan dari luar karena ketelitiannya sampai lebih kurang seperempat derajat celcius pada temperature ruang. Jangka sensor mulai dari -55°C sampai dengan 150°C , IC LM35 penggunaannya sangat mudah, difungsikan sebagai kontrol dari indikator tampilan catu daya terbelah. IC LM 35 dapat dialiri arus 60 mA dari supplay sehingga

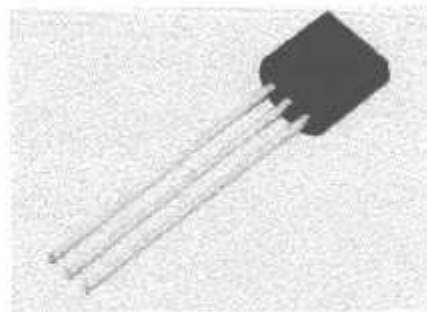
panas yang ditimbulkan sendiri sangat rendah kurang dari 0 ° C di dalam suhu ruangan.



Gambar 2.12
Rangkaian pengukur suhu
(sumber : www.duniaelektro.com)

LM 35 adalah sensor temperatur paling banyak digunakan untuk praktek, karena selain harganya cukup murah, linearitasnya juga lumayan bagus. LM35 tidak membutuhkan kalibrasi eksternal yang menyediakan akurasi $\pm \frac{1}{4}^\circ\text{C}$ pada temperatur ruangan dan $\pm \frac{3}{4}^\circ\text{C}$ pada kisaran -55°C to $+150^\circ\text{C}$. LM35 dimaksudkan untuk beroperasi pada -55°C hingga $+150^\circ\text{C}$, sedangkan LM35C pada -40°C hingga $+110^\circ\text{C}$, dan LM35D pada kisaran 0 - 100°C .

LM35D juga tersedia pada paket 8 kaki dan paket TO-220. Sensor LM35 umumnya akan naik sebesar 10mV setiap kenaikan 1°C (300mV pada 30°C).



Gambar 2. 13
Bentuk Fisik LM 35
(sumber : www.duniaelektro.com)

Sensor suhu LM35 berfungsi untuk mengubah besaran fisis yang berupa suhu menjadi besaran elektrik tegangan. Sensor ini memiliki parameter bahwa setiap kenaikan 1°C tegangan keluarannya naik sebesar 10mV dengan batas maksimal

keluaran sensor adalah 1,5V pada suhu 150°C. Pada perancangan alat tentukan keluaran ADC mencapai full scale pada saat suhu 100°C, sehingga tegangan keluaran transduser ($10\text{mV}/^\circ\text{C} \times 100^\circ\text{C}$) = 1V. Pengukuran secara langsung saat suhu ruang, keluaran LM35 adalah 0,3V (300mV). Tengan ini diolah dengan menggunakan rangkaian pengkondisi sinyal agar sesuai dengan tahapan masukan ADC. LM35 memiliki kelebihan – kelebihan sebagai berikut:

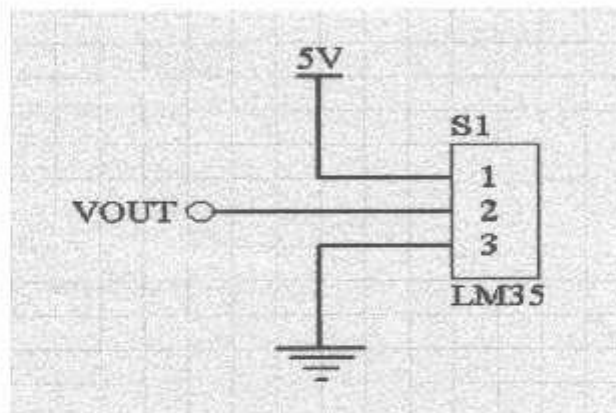
1. Di kalibrasi langsung dalam celsius
2. Memiliki faktor skala linear + 10.0 mV/°C
3. Memiliki ketetapan 0,5°C pada suhu 25°C
4. Jangkauan maksimal suhu antara -55°C sampai 150°C
5. Cocok untuk aplikasi jarak jauh
6. Harganya cukup murah
7. Bekerja pada tegangan catu daya 4 sampai 30Volt
8. Memiliki arus drain kurang dari 60 uAmp
9. Pemanasan sendiri yang lambat (low self-heating)
10. 0,08°C diudara diam
11. Ketidak linearanya hanya sekitar $\pm 1/4^\circ\text{C}$
12. Memiliki Impedansi keluaran yang kecil yaitu 0,1 watt untuk beban 1 mAmp.

Sensor suhu tipe LM35 merupakan IC sensor temperatur yang akurat yang tegangan keluarannya linear dalam satuan celcius. Jadi LM35 memiliki kelebihan dibandingkan sensor temperatur linear dalam satuan kelvin, karena tidak memerlukan pembagian dengan konstanta tegangan yang besar dan keluarannya untuk mendapatkan nilai dalam satuan celcius yang tepat. LM35 memiliki impedansi keluaran yang rendah, keluaran yang linear, dan sifat ketepatan dalam pengujian membuat proses interface untuk membaca atau mengotrol sirkuit lebih mudah. Pin V+ dari LM35 dihubungkan kecatu daya, pin GND dihubungkan ke Ground dan pin\ Vout- yang menghasilkan tegangan analog hasil pengindera suhu dihubungkan ke vin (+) dan ADC 0840.

LM35DZ adalah komponen sensor suhu berukuran kecil seperti transistor (TO-92). Komponen yang sangat mudah digunakan ini mampu mengukur suhu hingga 100 derajat Celcius. Dengan tegangan keluaran yang terskala linear dengan suhu terukur, yakni **10 milivolt per 1 derajat Celcius**, maka komponen ini sangat cocok untuk digunakan sebagai eksperimen, atau bahkan untuk aplikasi-aplikasi seperti termometer ruang digital, mesin pasteurisasi, atau termometer badan digital. LM35

dapat disuplai dengan tegangan mulai 4V-30V DC dengan arus pengurasan 60 mikroampere, memiliki tingkat efek **self-heating** yang rendah (0,08 °Celcius).

self-heating adalah efek pemanasan oleh komponen itu sendiri akibat adanya arus yang bekerja melewatinya. Untuk komponen sensor suhu, parameter ini harus dipertimbangkan dan diupakara atau *di-handle* dengan baik karena hal ini dapat menyebabkan kesalahan pengukuran. Seperti sensor suhu jenis **RTD PT100** atau **PT1000** misalnya, komponen ini tidak boleh dieksitasi oleh arus melebihi **1 miliampere**, jika melebihi, maka sensor akan mengalami **self-heating** yang menyebabkan hasil pengukuran senantiasa lebih tinggi dibandingkan suhu yang sebenarnya.



Gambar 2.14
Skematik Rangkaian Dasar Sensor Suhu LM35
(sumber :www.duniaelektro.com)

Gambar diatas adalah gambar skematik rangkaian dasar sensor suhu LM35-DZ. Rangkaian ini sangat sederhana dan praktis. **Vout** adalah tegangan keluaran sensor yang terskala linear terhadap suhu terukur, yakni **10 milivolt per 1 derajat celcius**. Jadi jika **Vout = 530mV**, maka suhu terukur adalah **53 derajat Celcius**. Dan jika **Vout = 320mV**, maka suhu terukur adalah **32 derajat Celcius**. Tegangan keluaran ini bisa langsung diumpankan sebagai masukan ke rangkaian pengkondisi sinyal seperti rangkaian penguat operasional dan rangkaian filter, atau rangkaian lain seperti rangkaian pembanding tegangan dan rangkaian Analog-to-Digital Converter.

Rangkaian dasar tersebut **cukup** untuk sekedar bereksperimen atau untuk aplikasi yang tidak memerlukan akurasi pengukuran yang sempurna. Akan tetapi tidak untuk aplikasi yang sesungguhnya. Terbukti dari eksperimen yang telah

dilakukan, tegangan keluaran sensor belumlah stabil. Pada kondisi suhu yang relatif sama, jika tegangan suplai diubah-ubah maka V_{out} juga ikut berubah. Memang secara logika hal ini sepertinya benar, tapi untuk instrumentasi hal ini tidaklah diperkenankan. Dibandingkan dengan tingkat kepresisian, maka tingkat akurasi alat ukur lebih utama karena alat ukur seyogyanya dapat dijadikan patokan bagi penggunaannya. Jika nilainya berubah-ubah untuk kondisi yang relatif tidak ada perubahan, maka alat ukur yang demikian ini tidak dapat digunakan. Untuk memperbaiki kinerja rangkaian dasar di atas, maka ditambahkan dua buah resistor 150K yang diparalel membentuk resistor 75K yang diseri dengan kapasitor 1 μ F. Rangkaian RC-Seri ini merupakan rekomendasi dari pabrik pembuat LM35. Sedangkan resistor 1K5 dan kapasitor 1nF membentuk rangkaian passive low-pass filter dengan frekuensi 1 kHz. Tegangan keluaran filter kemudian diumpankan ke penguat tegangan tak-membalik dengan faktor penguatan yang dapat diatur menggunakan resistor variabel. Dengan rangkaian ini, terbukti tegangan keluaran rangkaian ini jauh lebih stabil dibandingkan tegangan keluaran rangkaian dasar di atas. Dengan demikian akurasi pengukuran telah dapat ditingkatkan. Tegangan keluaran opamp dapat langsung diumpankan ke rangkaian kemudian datanya diolah lebih lanjut oleh smart relay. Rangkaian tersebut diaplikasikan pada Sistem Monitoring Suhu radiator generator yang di ibaratkan menggunakan solder sebagai suhu dalam generator.

Sensor suhu LM35 adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor Suhu LM35 yang dipakai dalam penelitian ini berupa komponen elektronika elektronika yang diproduksi oleh *National Semiconductor*. LM35 memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain, LM35 juga mempunyai keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi sehingga dapat dengan mudah dihubungkan dengan rangkaian kendali khusus serta tidak memerlukan penyetelan lanjutan.

Meskipun tegangan sensor ini dapat mencapai 30 volt akan tetapi yang diberikan kesensor adalah sebesar 5 volt, sehingga dapat digunakan dengan catu daya tunggal dengan ketentuan bahwa LM35 hanya membutuhkan arus sebesar 60 μ A hal ini berarti LM35 mempunyai kemampuan menghasilkan panas (*self-heating*) dari sensor yang dapat menyebabkan kesalahan pembacaan yang rendah yaitu kurang dari 0,5 $^{\circ}$ C pada suhu 25 $^{\circ}$ C.

3 pin LM35 menunjukkan fungsi masing-masing pin diantaranya, pin 1 berfungsi sebagai sumber tegangan kerja dari LM35, pin 2 atau tengah digunakan sebagai tegangan keluaran atau V_{out} dengan jangkauan kerja dari 0 Volt sampai dengan 1,5 Volt dengan tegangan operasi sensor LM35 yang dapat digunakan antar 4 Volt sampai 30 Volt. Keluaran sensor ini akan naik sebesar 10 mV setiap derajat *celcius* sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut

$$V_{LM35} = \text{Suhu} \cdot 10 \text{ mV}$$

Secara prinsip sensor akan melakukan penginderaan pada saat perubahan suhu setiap suhu 1 °C akan menunjukkan tegangan sebesar 10 mV. Pada penempatannya LM35 dapat ditempelkan dengan perekat atau dapat pula disemen pada permukaan akan tetapi suhunya akan sedikit berkurang sekitar 0,01 °C karena terserap pada suhu permukaan tersebut. Dengan cara seperti ini diharapkan selisih antara suhu udara dan suhu permukaan dapat dideteksi oleh sensor LM35 sama dengan suhu disekitarnya, jika suhu udara disekitarnya jauh lebih tinggi atau jauh lebih rendah dari suhu permukaan, maka LM35 berada pada suhu permukaan dan suhu udara disekitarnya .

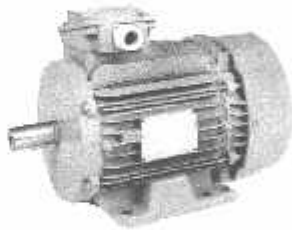
Jarak yang jauh diperlukan penghubung yang tidak terpengaruh oleh interferensi dari luar, dengan demikian digunakan kabel selubung yang ditanahkan sehingga dapat bertindak sebagai suatu antenna penerima dan simpangan didalamnya, juga dapat bertindak sebagai perata arus yang mengkoreksi pada kasus yang sedemikian, dengan menggunakan metode *bypass* kapasitor dari V_{in} untuk ditanahkan. Berikut ini adalah karakteristik dari sensor LM35.

1. Memiliki sensitivitas suhu, dengan faktor skala linier antara tegangan dan suhu 10 mVolt/°C, sehingga dapat dikalibrasi langsung dalam *celcius*.
2. Memiliki ketepatan atau akurasi kalibrasi yaitu 0,5°C pada suhu 25 °C
3. Memiliki jangkauan maksimal operasi suhu antara -55 °C sampai +150 °C.
4. Bekerja pada tegangan 4 sampai 30 volt.
5. Memiliki arus rendah yaitu kurang dari 60 μ A.
6. Memiliki pemanasan sendiri yang rendah yaitu kurang dari 0,1 °C pada udara diam.
7. Memiliki impedansi keluaran yang rendah yaitu 0,1 W untuk beban 1 mA.
8. Memiliki ketidaklinieran hanya sekitar $\pm \frac{1}{4}$ °C.

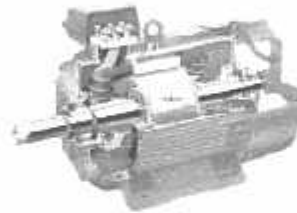
2.6 MOTOR INDUKSI 3 FASA

Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak balik (ac) yang paling luas digunakan. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa motor ini bekerja berdasarkan induksi medan magnet rotor ke statornya, dimana arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator.

Motor induksi sangat banyak digunakan di dalam kehidupan sehari-hari baik di industri maupun di rumah tangga. Motor induksi yang umum dipakai adalah motor induksi 3-fase dan motor induksi 1-fase. Motor induksi 3-fase dioperasikan pada sistem tenaga 3-fase dan banyak digunakan di dalam berbagai bidang industri dengan kapasitas yang besar. Motor induksi 1-fase dioperasikan pada sistem tenaga 1-fase dan banyak digunakan terutama untuk peralatan rumah tangga seperti kipas angin, lemari es, pompa air, mesin cuci dan sebagainya karena motor induksi 1-fase mempunyai daya keluaran yang rendah.



a) bentuk fisik



b. motor induksi dilihat ke dalam

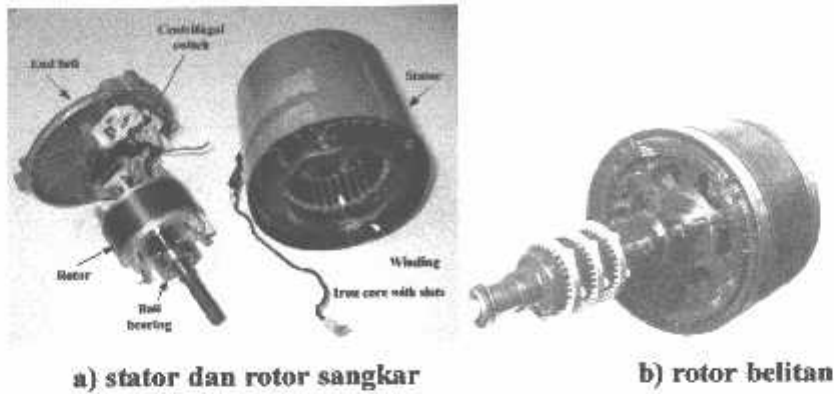
Gambar 2.15
Motor induksi 3 fasa
(sumber : www.listrikku.com)

2.6.1. Konstruksi Motor Induksi

Motor induksi pada dasarnya mempunyai 3 bagian penting seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.16 sebagai berikut.

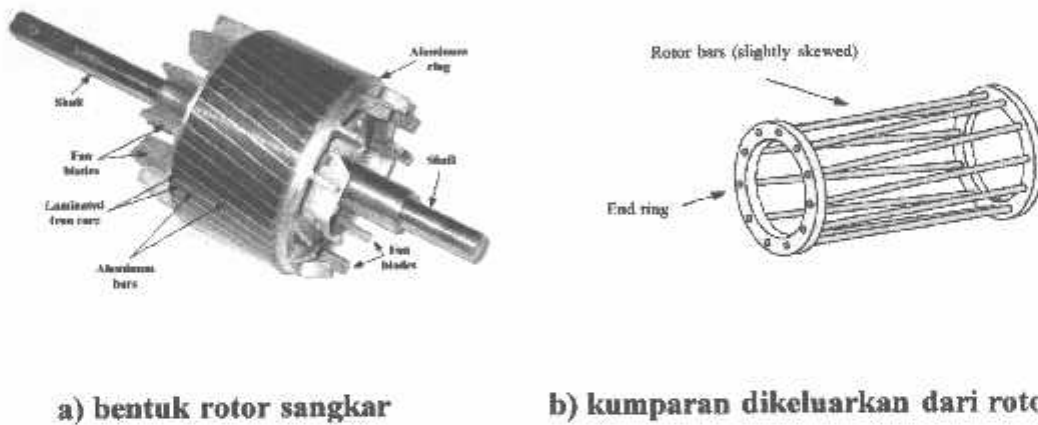
1. Stator : Merupakan bagian yang diam dan mempunyai kumparan yang dapat menginduksikan medan elektromagnetik kepada kumparan rotornya.
2. Celah : Merupakan celah udara. Tempat berpindahnya energi dari stator ke rotor.

3. Rotor : Merupakan bagian yang bergerak akibat adanya induksi magnet dari kumparan stator yang diinduksikan kepada kumparan rotor.



Gambar 2.16
Bentuk konstruksi dari motor induksi
(sumber :www.listrikku.com)

Bentuk konstruksi rotor sangkar motor induksi secara lebih rinci diperlihatkan pada gambar 2.17



Gambar 2.17
Konstrksi rotor sangkar motor induksi
(sumber :www.listrikku.com)

Konstruksi stator motor induksi pada dasarnya terdiri dari bahagian-bahagian sebagai berikut.

1. Rumah stator (rangka stator) dari besi tuang.
2. Inti stator dari besi lunak atau baja silikon.
3. Alur, bahannya sama dengan inti, dimana alur ini merupakan tempat meletakkan belitan (kumparan stator).
4. Belitan (kumparan) stator dari tembaga.

Rangka stator motor induksi ini didisain dengan baik dengan empat tujuan yaitu:

1. Menutupi inti dan kumparannya.

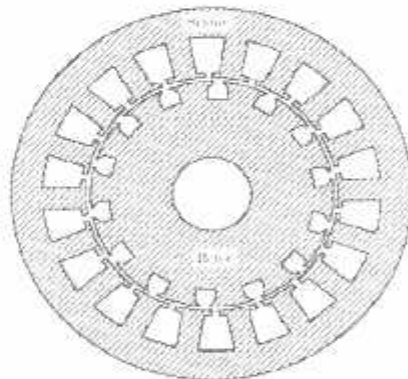
2. Melindungi bagian-bagian mesin yang bergerak dari kontak langsung dengan manusia dan dari goresan yang disebabkan oleh gangguan objek atau gangguan udara terbuka (cuaca luar).
3. Menyalurkan torsi ke bagian peralatan pendukung mesin dan oleh karena itu stator didisain untuk tahan terhadap gaya putar dan guncangan.
4. Berguna sebagai sarana rumah ventilasi udara sehingga pendinginan lebih efektif.

Berdasarkan bentuk konstruksi rotornya, maka motor induksi dapat dibagi menjadi dua jenis seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.16, yaitu.

1. Motor induksi dengan rotor sangkar (squirrel cage).
2. Motor induksi dengan rotor belitan (wound rotor)

Konstruksi rotor motor induksi terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut.

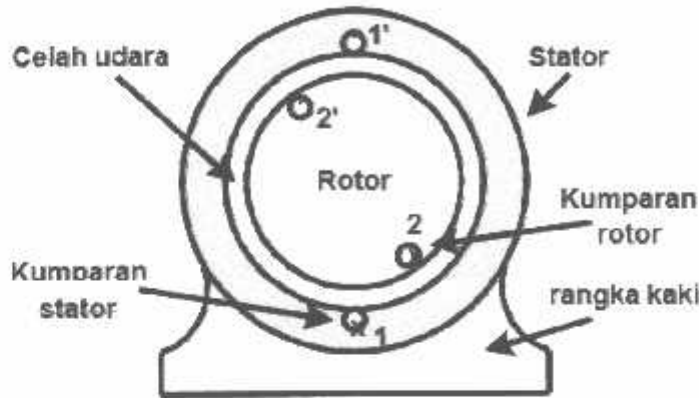
1. Inti rotor, bahannya dari besi lunak atau baja silikon sama dengan inti stator.
2. Alur, bahannya dari besi lunak atau baja silikon sama dengan inti. Alur merupakan tempat meletakkan belitan (kumparan) rotor.
3. Belitan rotor, bahannya dari tembaga.
4. Poros atau as.



Gambar 2.18
Gambaran sederhana bentuk alur / slot pada motor induksi
(sumber :www.listrikku.com)

Diantara stator dan rotor terdapat celah udara yang merupakan ruangan antara stator dan rotor. Pada celah udara ini lewat fluks induksi stator yang memotong kumparan rotor sehingga menyebabkan rotor berputar. Celah udara yang terdapat antara stator dan rotor diatur sedemikian rupa sehingga didapatkan hasil kerja motor yang optimum. Bila celah udara antara stator dan rotor

terlalu besar akan mengakibatkan efisiensi motor induksi rendah, sebaliknya bila jarak antara celah terlalu kecil/sempit akan menimbulkan kesukaran mekanis pada mesin. Bentuk gambaran sederhana bentuk alur / slot pada motor induksi diperlihatkan pada gambar 2.18 dan gambaran sederhana penempatan stator dan rotor pada motor induksi diperlihatkan pada gambar 2.19



Gambar 2.19

Gambaran sederhana motor induksi dengan satu kumparan stator dan satu kumparan rotor

(sumber : www.listrikku.com)

Tanda silang (x) pada kumparan stator atau rotor pada gambar 2.19 menunjukkan arah arus yang melewati kumparan masuk ke dalam kertas (tulisan ini) sedangkan tanda titik (.) menunjukkan bahwa arah arus keluar dari kertas.

2.6.2. Prinsip Kerja Motor Induksi

1. Bila sumber tegangan tiga fasa dipasang pada kumparan stator, maka pada kumparan stator akan timbul medan putar dengan kecepatan, $n_s = 120f/P$, n_s = kecepatan sinkron, f = frekuensi sumber, p = jumlah kutub
2. Medan putar stator akan memotong konduktor yang terdapat pada sisi rotor, akibatnya pada kumparan rotor akan timbul tegangan induksi (e_{gl}) sebesar $E_2 = 44,4fnQ$. Keterangan : E = tegangan induksi e_{gl} , f = frekuensi, N = banyak lilitan, Q = fluks
3. Karena kumparan rotor merupakan kumparan rangkaian tertutup, maka tegangan induksi akan menghasilkan arus (I).
4. Adanya arus dalam medan magnet akan menimbulkan gaya (F) pada rotor.

5. Bila torsi awal yang dihasilkan oleh gaya F pada rotor cukup besar untuk memikul torsi beban, maka rotor akan berputar searah dengan arah medan putar stator.
6. Untuk membangkitkan tegangan induksi E_2 agar tetap ada, maka diperlukan adanya perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator (n_s) dengan kecepatan putar rotor (n_r).
7. Perbedaan antara kecepatan n_r dengan n_s disebut dengan slip (S) yang dinyatakan dengan Persamaan $S = \frac{n_s - n_r}{n_s}$ (100%)
8. Jika $n_s = n_r$ tegangan akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada rotor, dengan demikian tidak ada torsi yang dapat dihasilkan. Torsi suatu motor akan timbul apabila $n_s > n_r$.
9. Dilihat dari cara kerjanya motor tiga fasa disebut juga dengan motor tak serempak atau asinkron.

2.6.3. Keuntungan motor tiga fasa :

- Konstruksi sangat kuat dan sederhana terutama bila motor dengan rotor sangkar.
- Harganya relatif murah dan keandalannya tinggi.
- Efisiensi relatif tinggi pada keadaan normal, tidak ada sikat sehingga rugi gesekan kecil.
- Biaya pemeliharaan rendah karena pemeliharaan motor hampir tidak diperlukan.

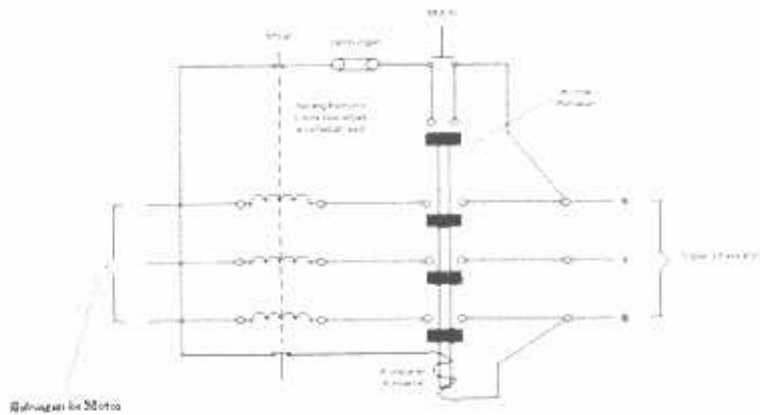
2.6.4 Kerugian Penggunaan Motor Induksi

- Kecepatan tidak mudah dikontrol
- Power faktor rendah pada beban ringan
- Arus start biasanya 5 sampai 7 kali dari arus nominal

2.6.5 Jenis – Jenis Pengasutan Motor 3 Fasa

1. Pengasut Langsung (Direct On Line)

Rangkaian untuk pengasut langsung (DOL Direct On Line) akan memutus atau menghubungkan suplai utama ke motor secara langsung. Karena arus pengasutan motor dapat mencapai tujuh / delapan kali lebih besar dari arus kondisi normal, maka pengasut langsung ini hanya digunakan untuk motor-motor kecil dengan daya kurang dari 5 Kw.



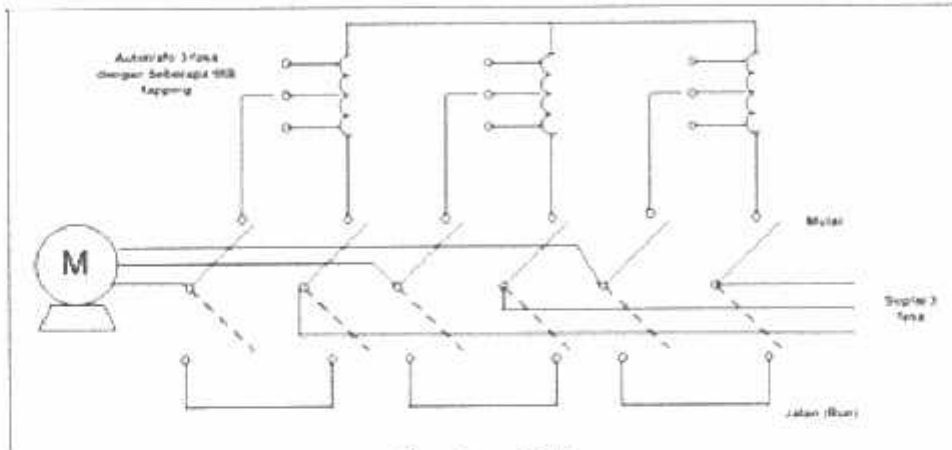
Gambar 2.20
Direct On Line Starter
(Sumber : <http://networkedblogs.com>)

Rangkaian pengasut langsung ini ditunjukkan oleh gambar. Jika tombol mulai (Start) ditekan maka arus akan mengalir dari fasa merah (R) melalui rangkaian kendali dan kumparan kontaktor ke fasa biru. Arus ini akan mengaktifkan kumparan kontaktor sehingga kontaktor akan menutup untuk menghubungkan suplai 3 fasa ke motor. Jika tombol mulai dilepaskan rangkaian kendali akan tetap dipertahankan seperti semula melalui sebuah kontak penahan. Jika selanjutnya tombol berhenti (stop) ditekan atau jika kumparan-kumparan beban lebih bekerja maka rangkaian kendali akan terputus dan kontaktor akan membuka untuk memutuskan suplai listrik 3 fasa ke motor. Penghubungan kembali suplai ke motor hanya dapat dilakukan dengan menekan kembali tombol mulai, jadi rangkaian ini juga dapat memberi proteksi terhadap kehilangan tegangan suplai.

2) Pengasutan dengan Autotransformator

Sebuah pengasutan motor dengan Autotransformator merupakan salah satu metode lain yang dapat digunakan untuk mengurangi besarnya arus pengasutan motor dengan jalan mengurangi besarnya tegangan selama proses-proses awal pengasutan karena pengurangan tegangan akan berakibat pada berkurangnya torsi asut maka tegangan akan direduksi secukupnya saja untuk mengurangi arus pengasut, dengan cara memilih tingkat tegangan tertentu di kenal sebagai tapping tegangan. Rangkaian pengasutan dengan autotrafo ditunjukkan pada gambar dengan memposisikan saklar pada posisi mulai (Start) maka akan diperoleh hubungan seri antara belitan-belitan auto trafo, dengan belitan pengasut motor yang terhubung delta. Ketika kecepatan putaran motor

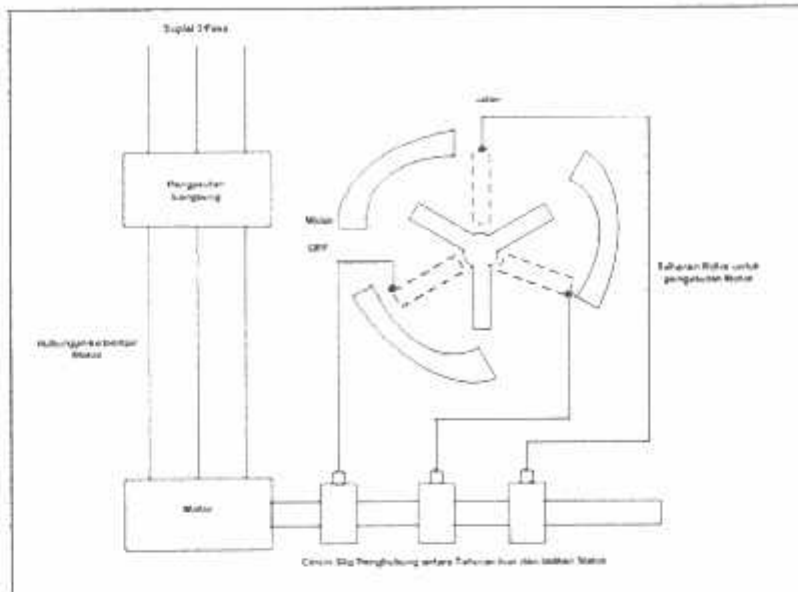
telah cukup tinggi, maka saklar dipindahkan ke posisi jalan (Run) yang akan menghubungkan belitan-belitan motor secara langsung ke suplai tegangan 3 fasa. Keuntungan dari metode pengasutan ini ialah hanya memerlukan 3 buah kawat penghantar penghubung antara rangkaian pengasut motor dan rangkaian motor walaupun tidak terlihat di dalam gambar. Pengasut motor ini juga dilengkapi juga dengan peralatan proteksi beban lebih serta proteksi terhadap terjadinya kehilangan tegangan.



Gambar 2.21
Pengasutan dengan Autotrafo
(Sumber : <http://networkedblogs.com>)

3) Pengasutan Dengan Tahanan Rotor

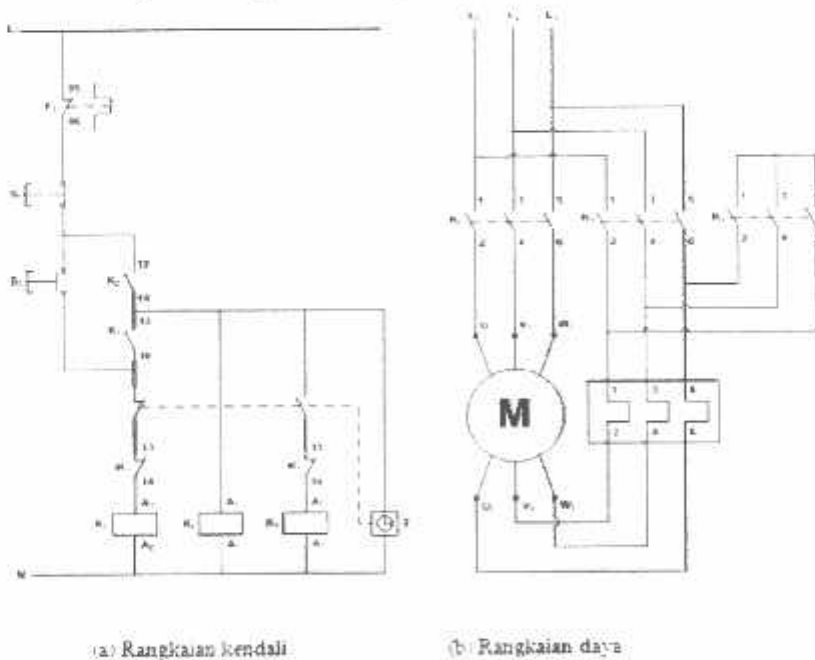
Untuk melakukan pengasutan motor dalam kondisi berbeban umumnya digunakan motor induksi dengan jenis rotor belitan karena memberi kemungkinan untuk melakukan penyambungan rangkaian rotor dengan tahanan luar melalui cincin slip dan sikat untuk meningkatkan torsi asut motor. Pada saat awal pengasutan motor, resistansi rotor luar adalah bernilai maksimum, kemudian seiring dengan meningkatnya putaran motor, resistansi rotor luar ini dikurangi secara bertahap hingga pada saat kecepatan penuh motor tercapai nilai resistansinya adalah nol dan motor bekerja normal seperti halnya rotor motor sangkar.



Gambar 2.22
Pengasutan dengan Tahanan Rotor
 (Sumber : <http://networkedblogs.com>)

4) Pengasutan Bintang Delta

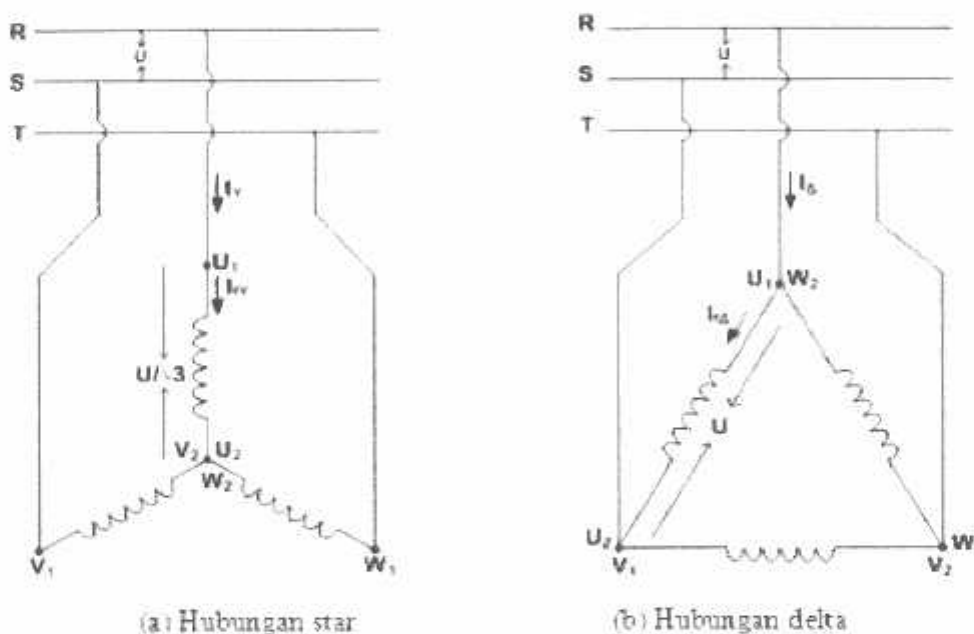
Pada pengasutan ini selama periode start lilitan motor akan berada dalam hubungan bintang dan setelah selang waktu tertentu akan berpindah ke hubungan lilitan **delta**. Dengan cara ini kenaikan arus start dapat dibatasi hingga sepertiga kali saja dibandingkan bila motor langsung terhubung **delta**. Gambar berikut memperlihatkan rangkaian daya dan rangkaian kendali pengasutan **star – delta**.



Gambar 2.23
rangkaiannya start motor star/bintang – delta/segitiga
 (Sumber : <http://networkedblogs.com>)

Rangkaian kendali pengasutan dengan cara ini disuplai oleh tegangan 220 Volt. Cara kerjanya : jika tombol start S2 ditekan, arus mengalir melalui F2 – S1 – S2 – kontak bantu timer T (NC) – kontak bantu K3 – K1. Kontaktor magnetik 1 (K1) bekerja dan motor terhubung dalam lilitan bintang. Saat itu juga kontak bantu K1 (NC) membuka dan kontak bantu K1 (NO) menutup sehingga arus mengalir melalui F2 – S1 – S2 – kontak bantu K1 (NO) – K2. Kontaktor magnetik 2 (K2) bekerja dan motor terhubung pada sumber tegangan. Pada saat yang sama kontak bantu K2 (NO) menutup dan timer T bekerja. Setelah t detik kontak bantu T (NC) membuka sehingga K1 tidak dilewati arus (K1 tidak bekerja), kontak bantu T (NC) menutup, arus mengalir melalui F2 – S1 – kontak K2 (NO) – kontak bantu T (NO) – kontak bantu K1 (NC) – K3. Kontaktor magnetik K3 bekerja, motor terhubung dalam belitan **delta**. Tombol S1 digunakan untuk melepaskan motor dari sumber tegangan.

Dengan pengasutan cara ini, kenaikan arus start dapat dibatasi hingga sepertiga kali saja dibandingkan bila lilitan motor langsung terhubung **delta**. Hal ini dapat dibuktikan sebagai berikut:



Gambar 2.24
Hubungan belitan, Tegangan, Arus Star dan Delta
(Sumber : <http://networkedblogs.com>)

Bila stator dihubung **star**, maka :

- Tiap belitan mendapatkan tegangan sebesar $U/\sqrt{3}$
- Sehingga arus yang mengalir ditiap belitan sebesar IY
- Arus yang mengalir ditiap belitan akan sama dengan arus arus fasa IY

Bila stator dihubungkan **delta**, maka :

- Tiap belitan mendapatkan tegangan sebesar U
- Sehingga arus yang mengalir ditiap belitan sebesar $I_{f\Delta}$
- Arus fasa untuk belitan **delta** : $I_{\Delta} = \sqrt{3} I_{f\Delta}$

Bila dibandingkan,

$$I_{fY} = \frac{I_{f\Delta}}{\sqrt{3}}$$

Karena belitan star mendapat tegangan $U \sim 3$, mengingat $I_N = I_Y$

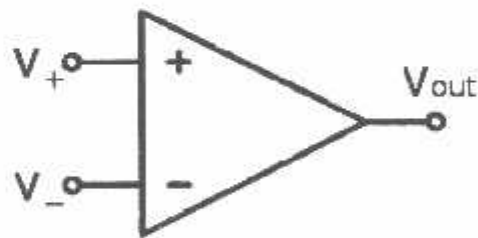
$$\frac{I_Y}{I_{\Delta}} = \frac{\frac{I_{f\Delta}}{\sqrt{3}}}{\sqrt{3}I_{f\Delta}}$$

Sehingga,

$$\frac{I_Y}{I_{\Delta}} = \frac{1}{3}$$

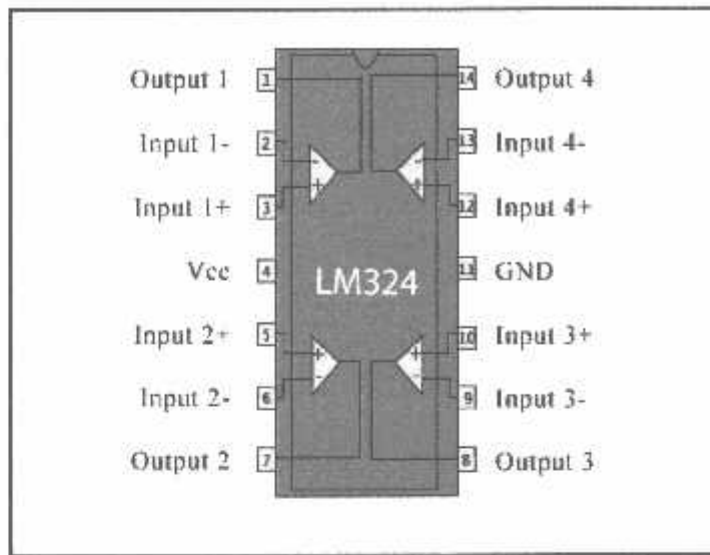
2.7. Komparator

Komparator adalah salah satu aplikasi dari op-amp (Operational Amplifier), di mana mempunyai fungsi membandingkan besar dua potensial yang di berikan.



Gambar 2.25
Simbol Komparator
(sumber : www.duniaelektro.com)

Cara kerja dari komparator adalah membandingkan beda potensial yang diberikan pada terminal A (+) dan B (-). Jika $A > B$ maka out akan saturasi, jika $A < B$ dan $A = B$. Bentuk fisik IC (Integrated Circuit) dari komparator adalah sebagai berikut :



Gambar 2.26
IC Comperator LM324
(www.DataSheetICLM324)

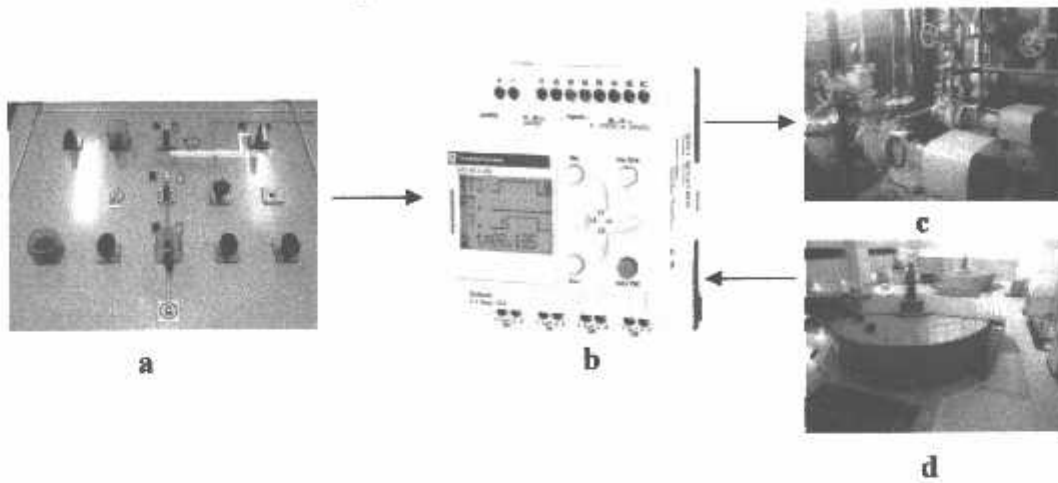
Tabel 2.1. Pin Description LM 324

Pin No	Function	Name
1	Output of 1 st comparator	Output 1
2	Inverting input of 1 st comparator	Input 1-
3	Non-inverting input of 1 st comparator	Input 1+
4	Supply voltage; 5V (up to 32V)	Vcc
5	Non-inverting input of 2 nd comparator	Input 2+
6	Inverting input of 2 nd comparator	Input 2-
7	Output of 2 nd comparator	Output 2
8	Output of 3 rd comparator	Output 3
9	Inverting input of 3 rd comparator	Input 3-
10	Non-inverting input of 3 rd comparator	Input 3+
11	Ground (0V)	Ground
12	Non-inverting input of 4 th comparator	Input 4+
13	Inverting input of 4 th comparator	Input 4-
14	Output of 4 th comparator	Output 4

BAB III

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Analisa dan Perancangan



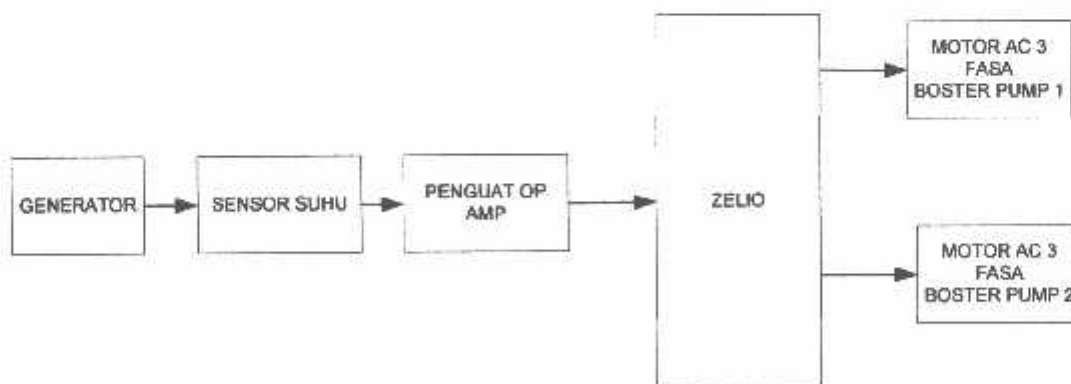
Gambar 3.1

Analisa perancangan

Dari gambar diatas dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Control room
- Zelio smart relay
- Motor booster pump
- Generator yang dilengkapi sensor suhu

3.2 Diagram Blok Rangkaian



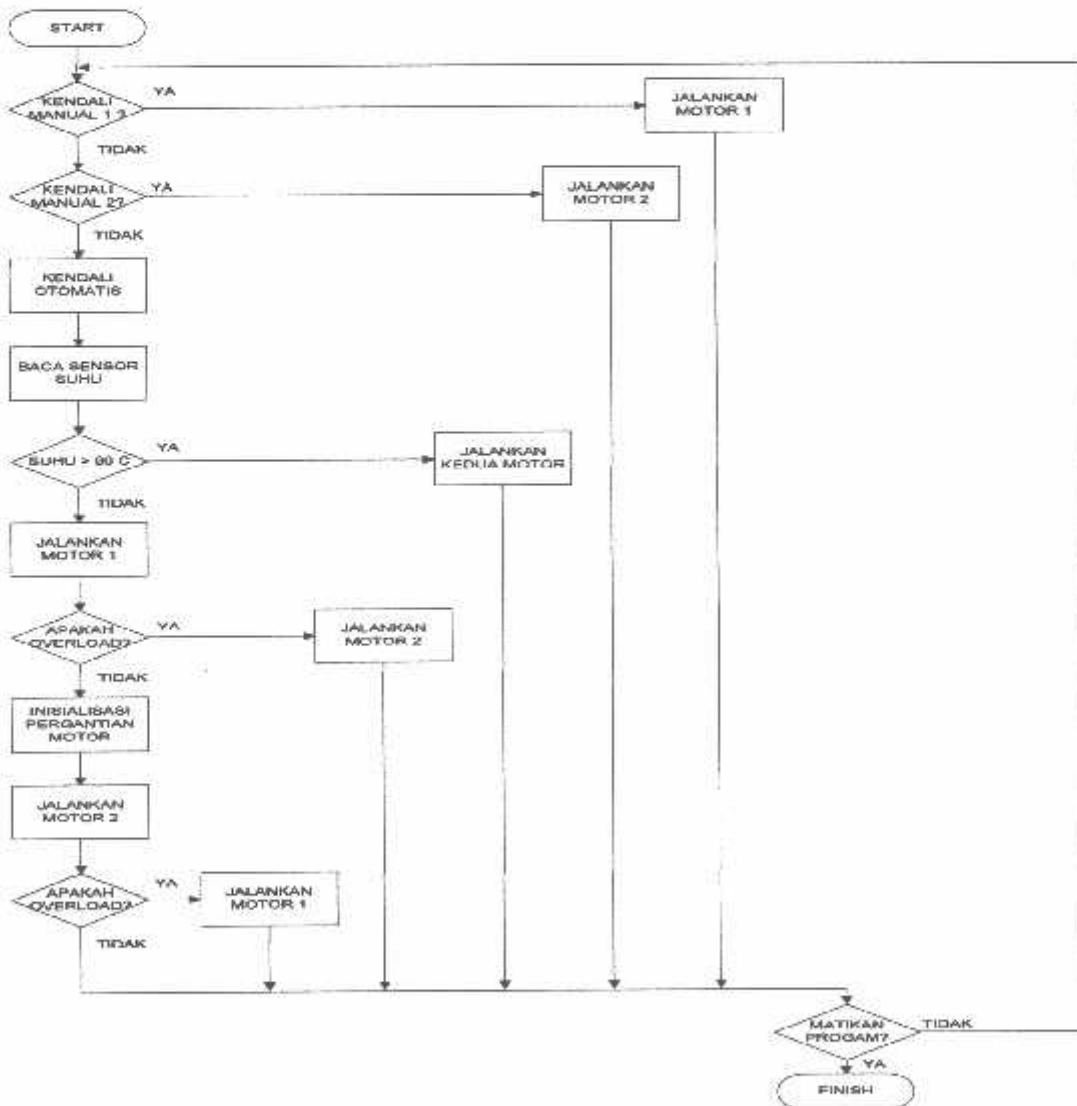
Gambar 3.2

Blok Diagram Alat

3.3 Cara Kerja Rangkaian

Saat tombol auto di tekan, maka zelio smart relay akan memerintah kontaktor star ke kondisi ON (motor 1), kemudian timer akan menghitung selama 7 detik untuk menjalankan kontaktor delta ke kondisi ON (motor 1). Fungsi timer flasing akan menghitung perpindahan motor selama 25 detik, kemudian motor 1 akan OFF dan kontaktor star ke kondisi On (motor 2), kemudian timer akan menghitung selama 7 detik untuk menjalankan kontaktor delta ke kondisi ON (motor 2). Fungsi timer flasing akan kembali menghitung selama 25 detik untuk menjalankan motor 1 lagi, dan seterusnya. Saat IC LM35 mendeteksi panas lebih dari 90° celcius, secara otomatis motor 1 dan 2 akan ON secara bersamaan tanpa menghindari proses pengasutan star-delta. Saat terjadi beban lebih, overload akan memerintah zelio smart relay untuk menjalankan motor yang sedang stanby.

3.4 Flow Chart



3.5 Langkah- langkah Perencanaan

Perencanaan dalam tugas akhir ini terdiri dari 3 bagian , yaitu perencanaan perangkat keras, perangkat lunak dan simulasi.

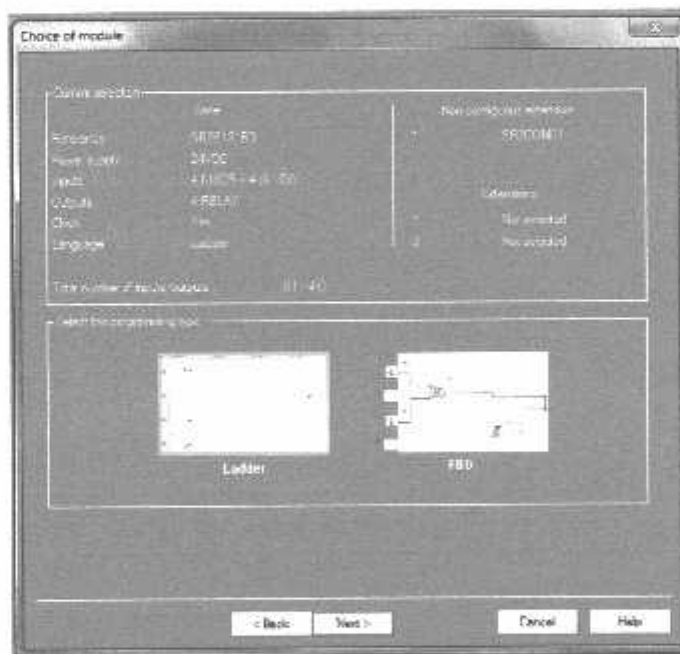
3.5.1.Perencanaan Perangkat Keras

Perencanaan perangkat keras adalah merancang dan merealisasikan rangkaian elektronika yang diperlukan pada setiap blok.Perancangan perangkat keras tersebut meliputi:

- Perancangan rangkaian starting motor menggunakan star -delta
- Rangkaian catu daya 24 volt dan 5 volt
- Rangkaian pengaman 3 fasa
- Rangkaian pengaman 1 fasa

3.5.2 Rangkaian Kontrol menggunakan Zelio SR1B121BD

Rangkaian alat dibuat menggunakan bahasa Leader diagram , karena zelio tipe SR1B121BD dapat membaca bahasa yaitu bahasa Leader.



Gambar3.3

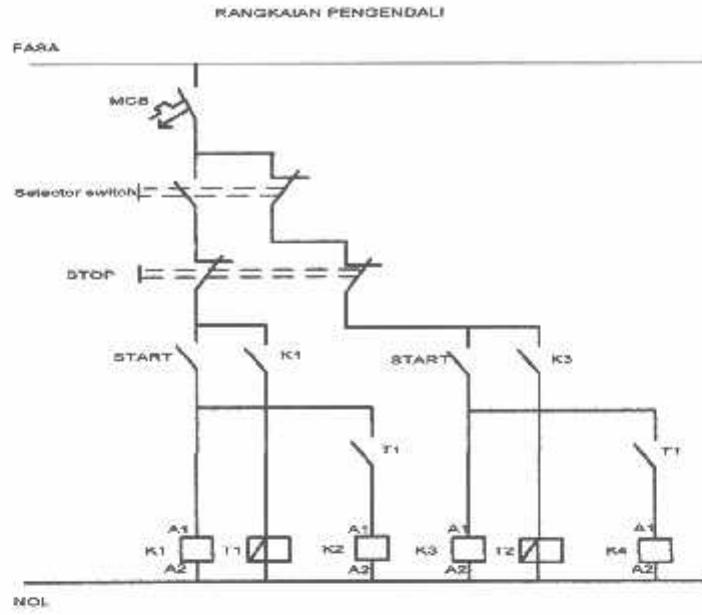
Leader diagram Zelio SR1B121BD

Agar sebuah smart relay dapat bekerja sebagai pengontrol, maka port zelio dihubungkan dalam rangkaian external. Dalam perencanaan ini port yang digunakan adalah sebagai berikut.

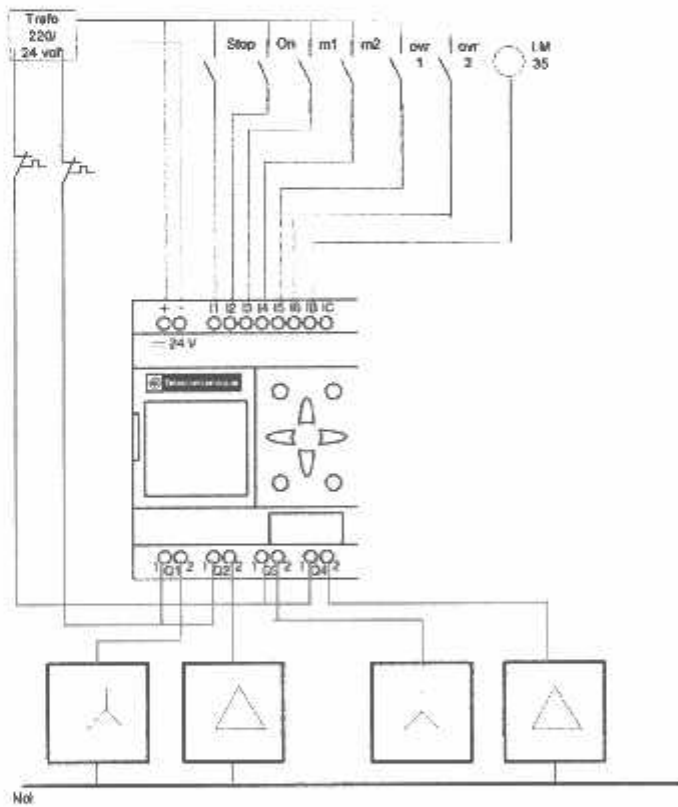
Tabel 3.1 Keterangan port-port yang dipakai pada rangkaian smart relay
Zelio SR1B121BD

No	Port	Keterangan
1	+	Input 24 volt DC (+)
2	-	Input 24 volt DC (-)
3	I1	terminal blok Input 24 v
4	I2	terminal blok Input 24 v
5	I3	terminal blok Input 24 v
6	I4	terminal blok Input 24 v
7	I5	terminal blok Input 24 v
8	I6	terminal blok Input 24 v
9	IB	Input analog 0 - 10 v DC
10	Q1	Outputan ke kontaktor motor 1 (star)
11	Q2	Outputan ke kontaktor motor 1 (delta)
12	Q3	Outputan ke kontaktor motor 2 (star)
13	Q4	Outputan ke kontaktor motor 2 (delta)

3.5.3 Perancangan rangkaian control di PLTA

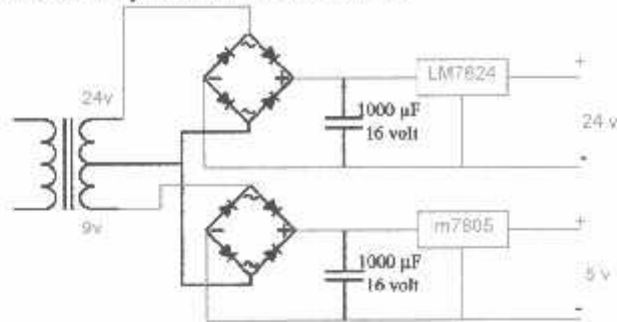


3.5.4 Perancangan rangkaian control memakai zelio



Gambar 3.4
Rangkaian control

3.5.5 Perancangan catu daya 24 volt dan 5 Volt



Gambar 3.5

Rangkaian catu daya

Dalam Rangkaian catu daya ini komponen yang digunakan adalah transformator ,kapasitor dan IC regulator 24 volt.Dimana nilai-nilai dari komponen tersebut disesuaikan dengan kebutuhan tegangan yang akan digunakan.

Untuk mendapat output sebesar 24 volt, digunakan IC regulator LM7824 yang berfungsi sebagai regulator untuk menghasilkan keluaran tegangan catu daya sebesar 24 volt DC.

Untuk mendapat output sebesar 5 volt,menggunakan IC regulator LM7824 yang berfungsi sebagai regulator untuk menghasilkan keluaran tegangan catu daya sebesar 5 volt DC.

Rumus menghitung besar tegangan :

$$VDC = V_{max}$$

Diketahui :

$$V_{max} = 24 \text{ volt dan } 5 \text{ volt}$$

$$F = 50 \text{ Hz}$$

$$C = 1000 \mu A / 16 \text{ volt}$$

$$I_{dc} = 5 \mu A ; \text{ sesuai data sheet IN4001}$$

Maka nilai dari Vdc adalah :

$$V_{dc} = 24 \frac{5 \cdot 10^6}{4.50 \cdot 100 \cdot 10^6}$$

$$= 24 - 0,0025$$

$$= 23,48 \text{ Volt}$$

$$V_{dc} = 5 \frac{5 \cdot 10^6}{4.50 \cdot 100 \cdot 10^6}$$

$$= 5 - 0,0025$$

$$= 4,99 \text{ Volt}$$

3.5.6 Perencanaan Leader diagram

Pada perencanaan Rangkaian ini menggunakan bahasa Leader diagram.

3.6. Menentukan Kemampuan Penghantar Dan Pengaman Beban

Kemampuan penghantar dalam menghantar arus listrik sangat penting untuk diketahui dalam instalasi listrik karena dalam memilih penghantar dalam pemasangan instalasi listrik harus sesuai dengan beban maksimum yang akan disuplai oleh penghantar tersebut. Oleh karena itu, harus mengetahui berapa batas kemampuan penghantar dalam mengalirkan arus. Jika salah memilih penghantar (kapasitas hantar arus kabel tersebut lebih kecil dari arus beban), akan berakibat fatal, yaitu kegagalan isolasi sehingga dapat mengakibatkan kebakaran maupun merusak peralatan lainnya. Faktor yang harus diperhatikan dalam memilih penghantar adalah:

a. Ukuran penampang penghantar (A)

Ukuran yang dipilih untuk melayani suatu instalasi motor listrik minimum penghantar tersebut harus dapat dialiri oleh arus sebesar 125% kali arus pada beban penuh. Untuk penampang penghantar pencabangan atau pengisi ukuran penampangnya harus dapat dialiri arus sebesar 125% kali arus beban penuh dari motor terbesar ditambah arus beban penuh motor-motor yang lainnya.

b. Ukuran panjang penghantar

Mengingat rugi tegangan yang diizinkan untuk instalasi tenaga maksimum 5 %, maka panjang kabel baru suatu instalasi harus dicek sehingga rugi tegangan tidak melebihi batas.

Adapun panjang kabel atau penghantar maximum dari suatu instalasi motor dapat dihitung dengan rumus:

Panjang kabel untuk motor AC 3 fasa

$$l = \frac{E_r \cdot A}{\sqrt{3} \cdot I_n \cdot \rho}$$

Dengan L = panjang kabel dalam meter

A = penampang kabel dalam mm²

I_n = arus pada beban penuh

E_r = rugi tegangan maximum 5% x tegangan jala-jala (V)

Rho (ρ) = tahanan jenis penghantar

3.6.1. Menghitung besarnya arus beban

Proses menghitung besarnya arus beban yang mengalir pada penghantar dipakai rumus.

$$I_n = \frac{P}{E \cdot \cos\phi \cdot \eta \cdot \sqrt{3}}$$

Dengan : E = tegangan jala-jala
P = daya motor dalam watt
 η = rendamen/efisiensi

Tabel.3.2. Tabel Kemampuan Hantar Arus

NO	Penampang Kabel (mm ²)	Kemampuan Hantar Arus (Ampere)
1.	0,75	12
2.	1	15
3.	1,5	18
4.	2,5	26
5.	4	34
6.	6	44
7.	10	61
8.	16	82
9.	25	108
10.	35	135
11.	50	168
12.	70	207
13.	95	250
14.	120	292

Sumber :Katalog igus Chainflex terbitan tahun 2009

3.6.2 Menentukan Nilai Nominal Pengaman Beban

Nilai nominal pengaman beban cabang adalah berupa alat pemutus arus yang dapat menahan besarnya arus pengasut pada saat motor mulai jalan.

Besarnya nilai nominal pengaman beban cabang bergantung dari:

1. Macam dan jenis motor yang diamankan dimana setiap jenis motor mempunyai arus asut yang berbeda-beda, dan
2. Macam dan jenis alat pengasutnya.

Adapun cara untuk menentukan ukuran atau nilai nominal pengaman beban cabang adalah:

$$I_A = k \times I_n$$

1. I_A arus nominal motor

Besarnya nilai arus asut di Indonesia tidak boleh terlalu besar, yaitu kurang dari 2,5 x arus nominal (I_n)

$$I_A = 125\% \times I \text{ nominal } (I_n)$$

2. Jika besar arus asut dari suatu motor lebih dari 2,5 x I nominalnya, maka:

$$I_A = \frac{I_n \times I_{starting}}{2,5}$$

Keterangan :

I_A = Nilai arus yang menyebabkan bekerjanya pengaman arus lebih dalam waktu maksimal s detik dalam ampere

I_n = Nilai arus nominal gawai pengaman arus lebih dalam ampere

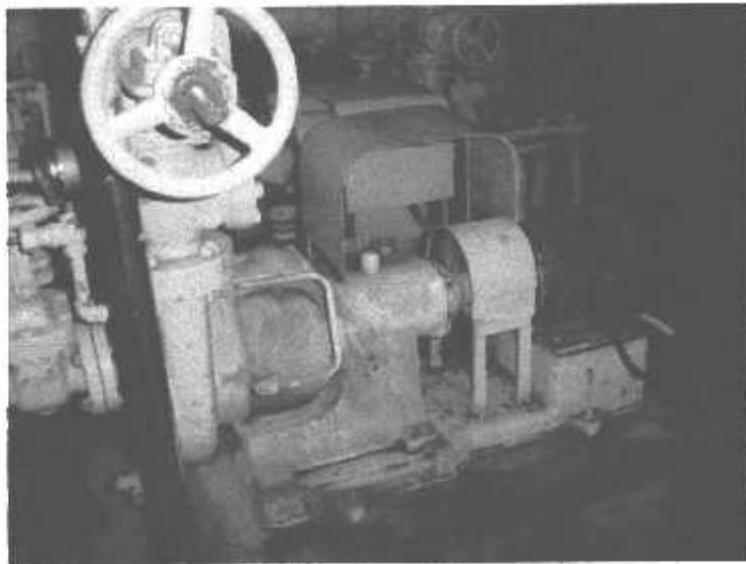
K = Suatu faktor yang nilainya bergantung pada karakteristik gawai dengan arus lebih.

3.6.3 Menentukan Pengawatan Pada Panel

Kabel untuk pengawatan suatu panel biasanya digunakan jenis NYA/NYM. Adapun ukurannya harus dipilih sehingga penghantar tersebut mampu dialiri arus minimum 125% kali arus beban penuh. Penghantar cabang atau pengisi ukuran penampangannya harus mampu melewati arus 125% dari arus beban penuh dari salah satu beban yang terbesar ditambah arus beban penuh beban-beban yang lainnya.

3.7 Obyek Penelitian

Sesuai dengan study kasus yang ada di PLTA Wlingi pada waktu PKN tanggal 21 Maret-21 April 2013, berikut ini adalah gambarnya :



Gambar 3.6
Boster Pump

(Sumber : SOP PLTA Wlingi)

3.7.1 DATA TEKNIK

POMPA

TYPE	: 50 U L S. M
PABRIK	: EBARA
KAPASITAS	: 0,2 M3 / MENIT
RPM	: 1450
HEAD	: 17 METER

MOTOR

TYPE	: I K
PABRIK	: TOSHIBA
VOLTAGE	: 380 VOLT
CURRENT	: 4,7 AMPER
FREQUENCY	: 50 HZ
RPM	: 1425
KAPASITAS	: 2,2 KW
INSULATION CLASS	: E

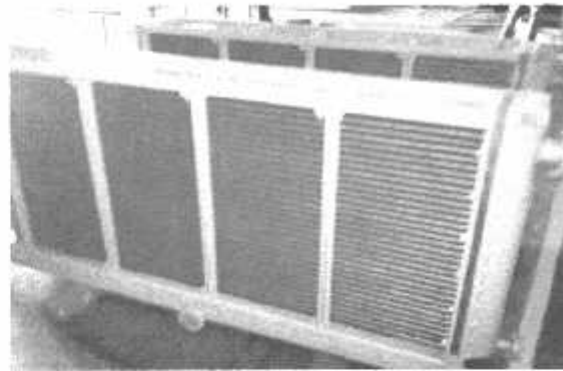
DATA OPERASI

NORMAL START	: PUSH BOTTON PB START / STOP
--------------	-------------------------------

3.7.2 FUNGSI

Untuk memompa air dari main strainer ke stuffing box untuk pendinginan shaft sleeve dan menahan tekanan air dari draft tube, untuk pendinginan turbine guide bearing yang berkapasitas 200 liter/ menit, juga untuk pendingin radiator.

3.8 Radiator



Gambar 3.7
Bentuk fisik Radiator



Gambar 3.8
Name Plate Radiator

Tekanan normal pada radiator mencapai 91 psi.

Temperatur normal pada radiator 91 Fahrenheit.

3.9. Jadwal Operasi booster pump

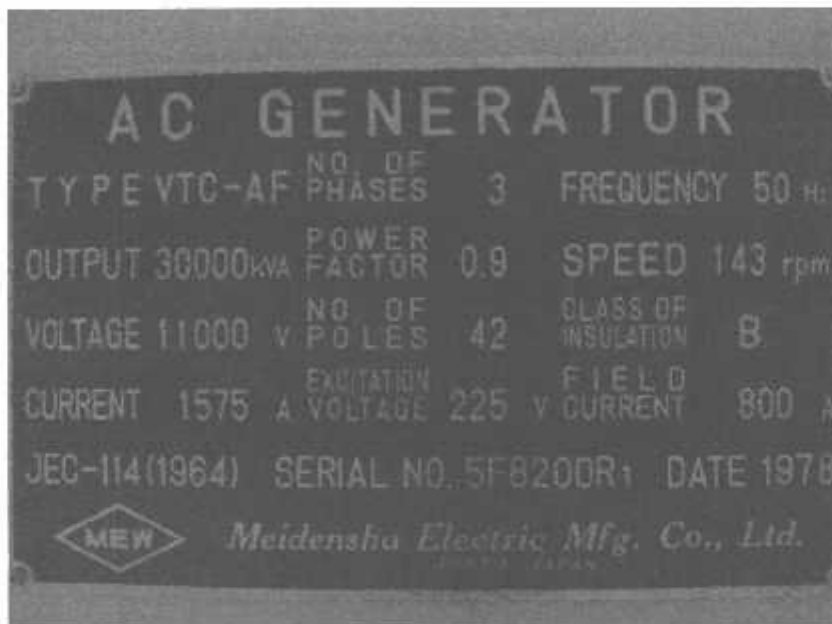
Jadwal operasi booster pump di PLTA Wlingi menurut SOP 2009 adalah bekerjanya motor setiap 10 jam dan masih menggunakan bantuan operator, berikut ini tabel perbedaan jadwal jika menggunakan zelio smart relay.

Tabel 3.3 Perbedaan jadwal SOP dengan zelio

Jadwal rutin durasi 10 jam (bantuan operator)	Jadwal rutin durasi 8 jam (zelio smart relay)
7.00 – 17.00	7.00 – 15.00
17.00 – 3.00	15.00 – 23.00
3.00 – 13.00	23.00 – 7.00
13.00 – 23.00	7.00 – 15.00

3.10. Name plate Generator

Untuk mengetahui kelas insulasi generator, dapat dilihat dari name plate generator berikut ini.



Gambar 3.9
Name Plate Generator

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1. Pengujian Alat

Dalam alat ini akan di uji input tegangan DC zelio,input tegangan koil kontaktor kontaktor star – delta, dan pengujian melalui simulasi progam zelio.

4.2. Pengujian Input tegangan zelio

4.2.1. Tujuan

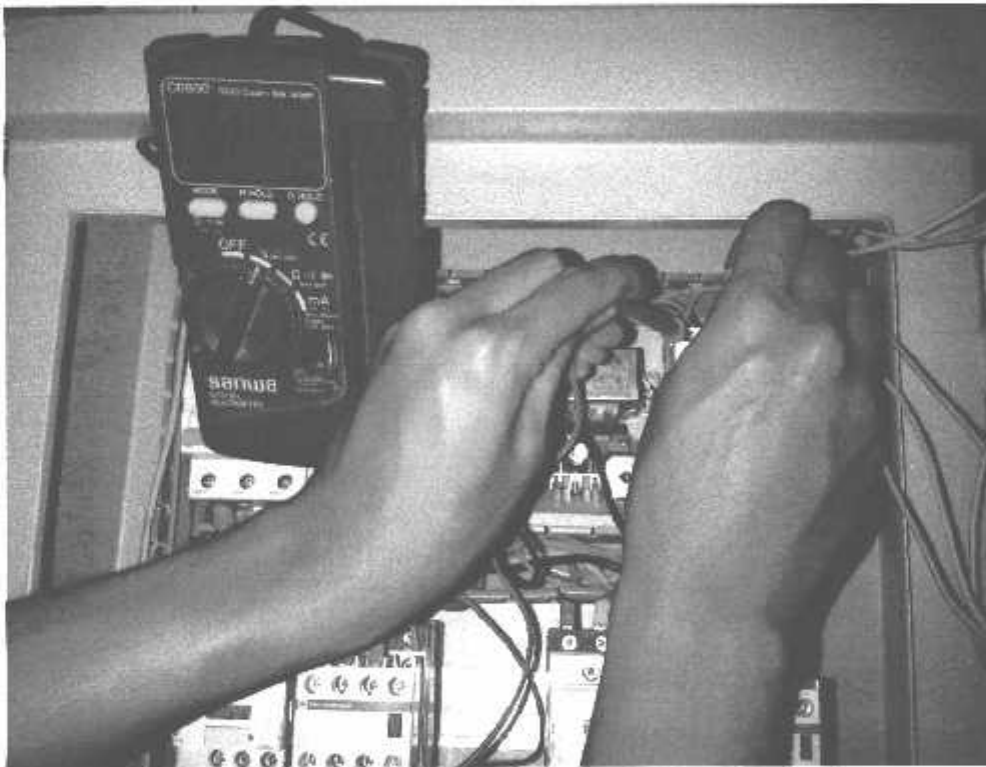
Untuk mengetahui Input masukan zelio agar terus stabil 24 volt DC.

4.2.2. Peralatan yang digunakan

1.AVO meter digital DC

4.2.3. Prosedur Pengujian

1. Hidupkan Power supply Zelio
2. Inputkan kaki (+) dan kaki (-) avo meter pada koil zelio



Gambar 4.1
Input zelio sabil 23.49 volt

3. Baca tegangan DC pada AVO meter

4.3. Pengujian Input tegangan koil kontaktor

4.3.1. Tujuan

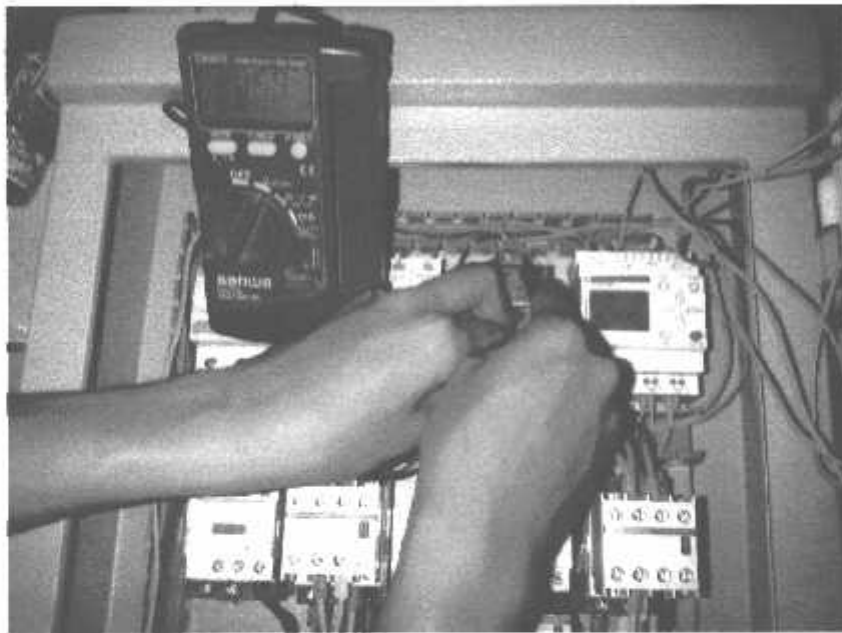
Untuk mengetahui input tegangan masukan koil kontaktor sebesar 220 VAC.

4.3.2. Peralatan Yang Digunakan

1. AVO meter Digital AC

4.3.3. Prosedur Pengujian

1. Hidupkan power Suplay
2. Inputkan kaki (+) dan kaki (-) avo meter pada R (fasa) dan N (netral)



Gambar 4.2

Input Koil kontaktor stabil 205,9 V

3. Baca Tegangan AC pada AVO meter

4.4. Pengujian Progam Zelio

4.4.1. Tujuan

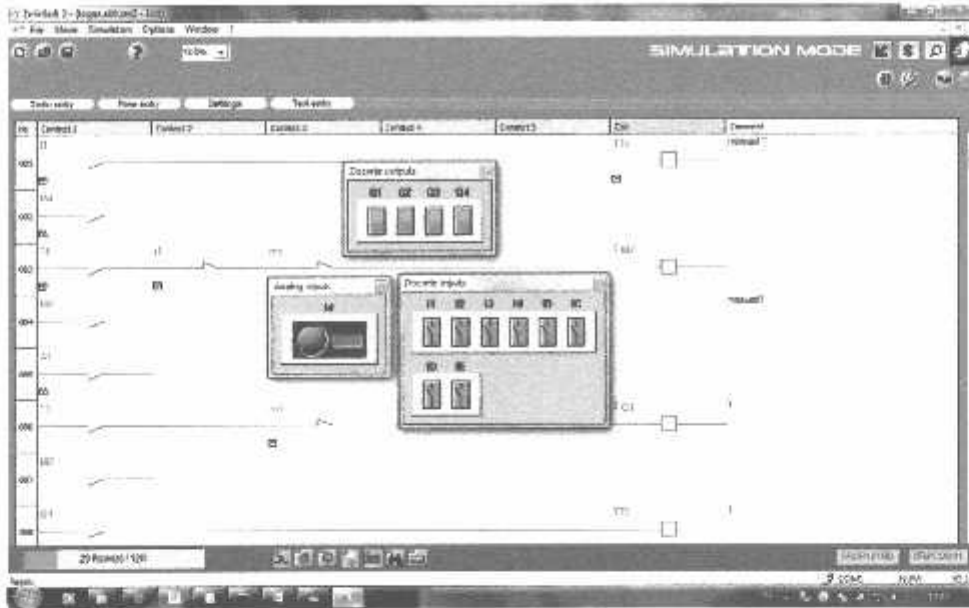
Mengetahui keluaran relai zelio untuk menggerakkan kontaktor.

4.4.2. Peralatan yang digunakan

1. Laptop / PC
2. Progam Zelio Soft 2

4.4.3. Prosedur Pengujian

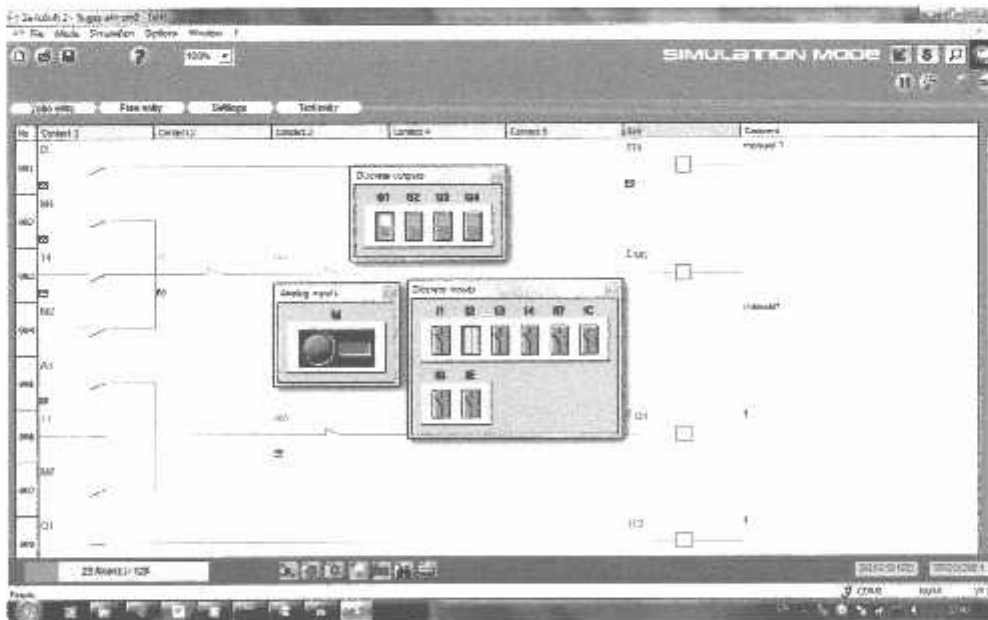
1. Buka program zelio Soft 2



Gambar 4.3
Simulasi pada zelio

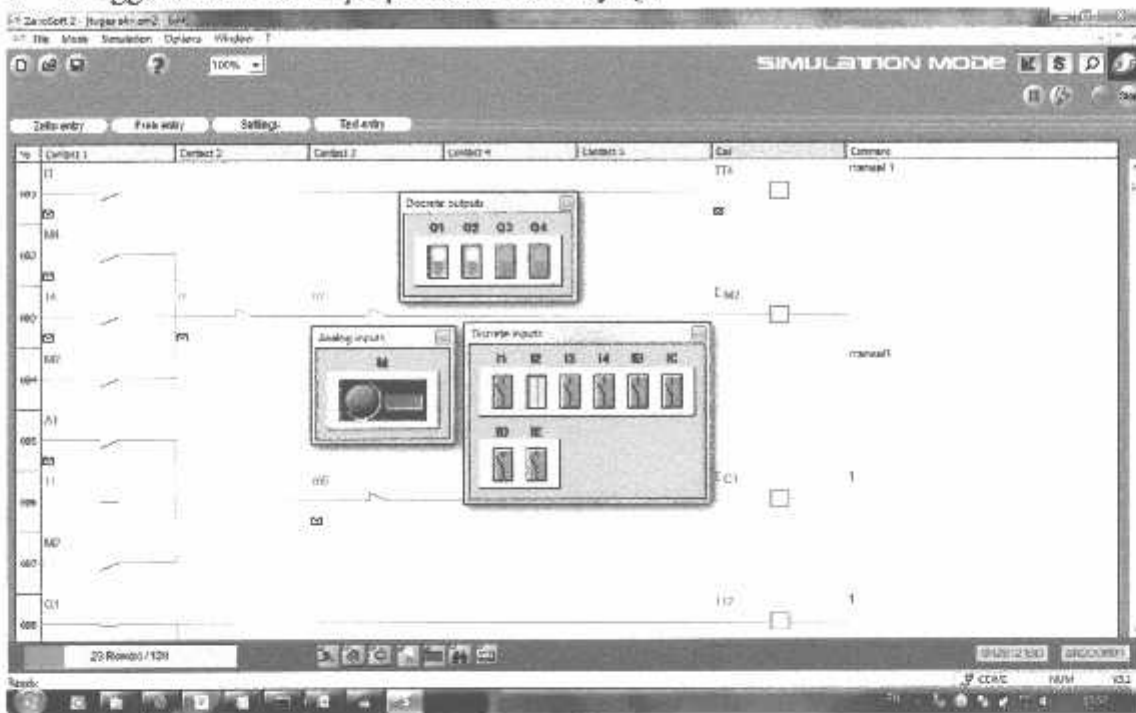
2. Jalankan program dengan cara klik icon Run

3. Klik tombol I2 untuk menjalankan simulasi relay



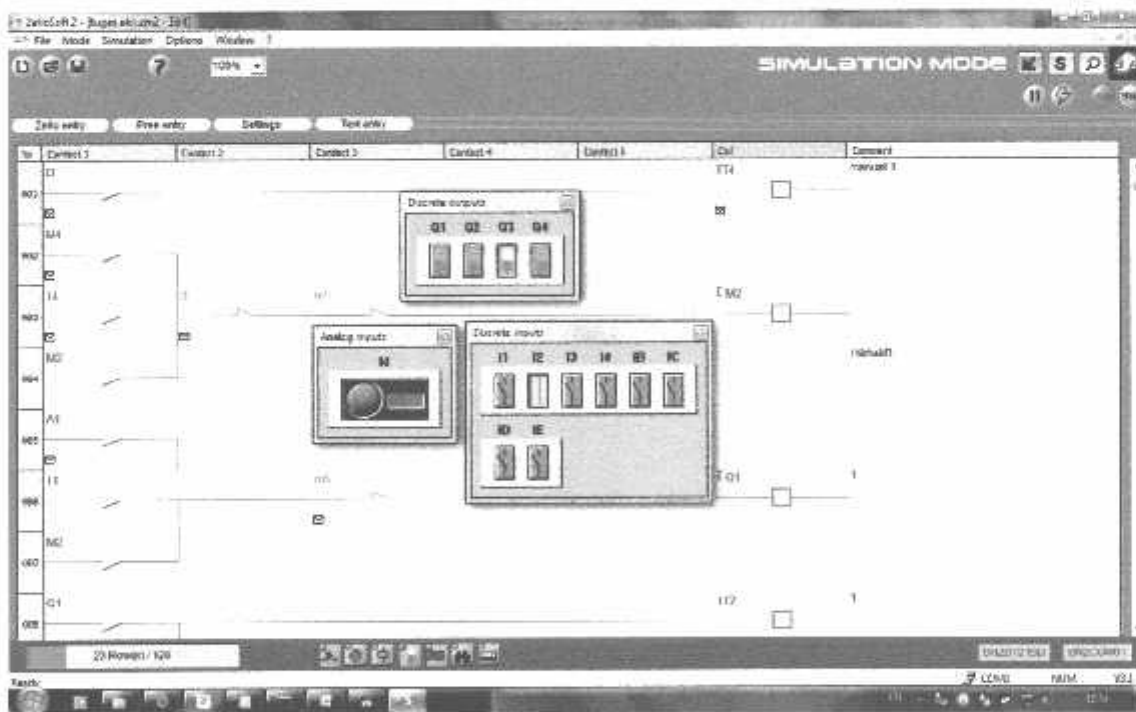
Gambar 4.4
posisi relay pada saat Star untuk motor 1

4 Tunggu 5 detik untuk perpindahan ke relay Q2



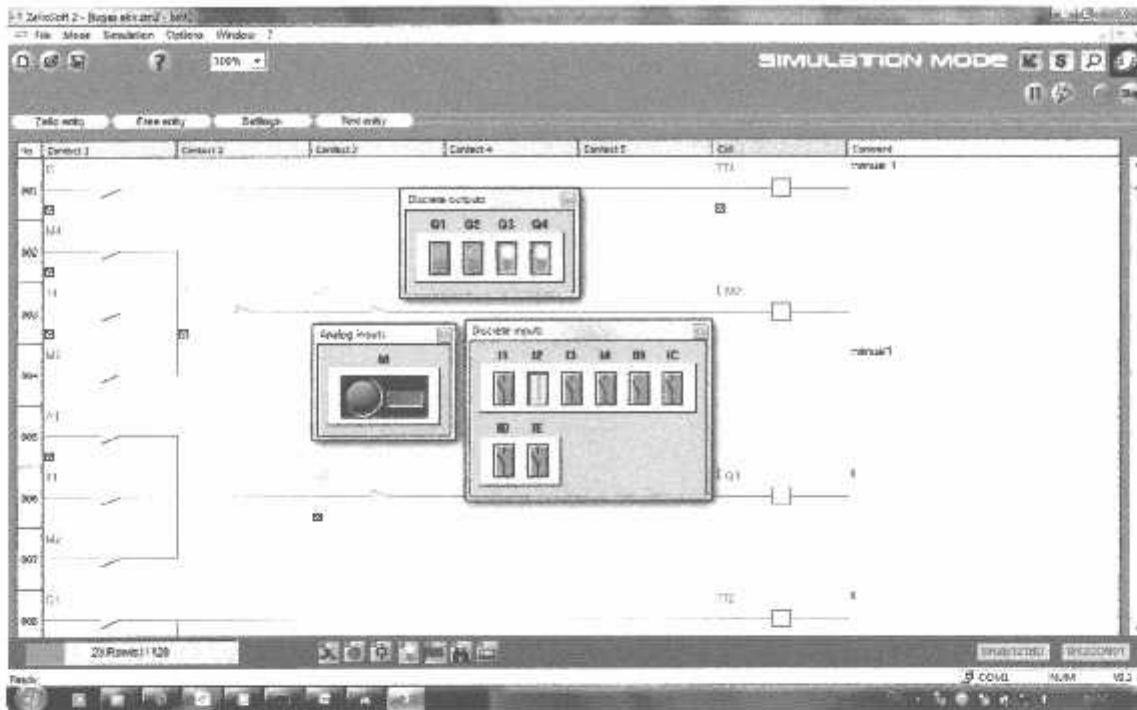
Gambar 4.5
Posisi relay pada saat Delta untuk motor 1

5. Tunggu 10 detik untuk perpindahan ke relay Q3



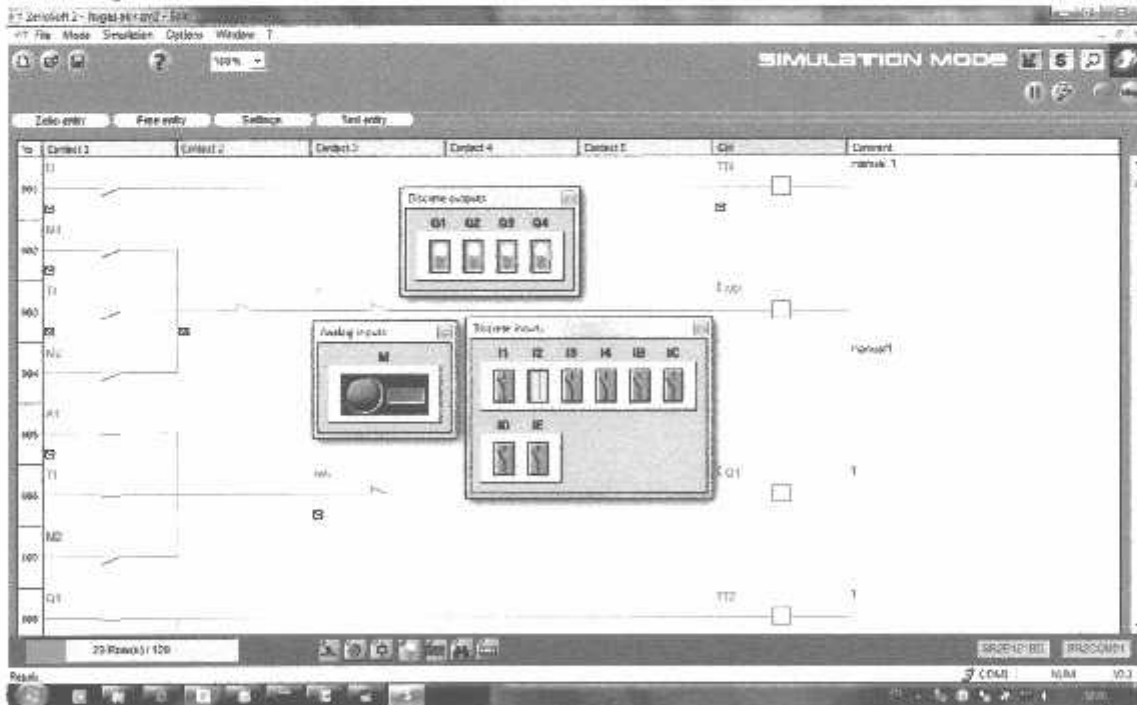
Gambar 4.6
Posisi relay pada saat Star untuk motor 2

6. Tunggu 5 detik untuk perpindahan ke relay Q4



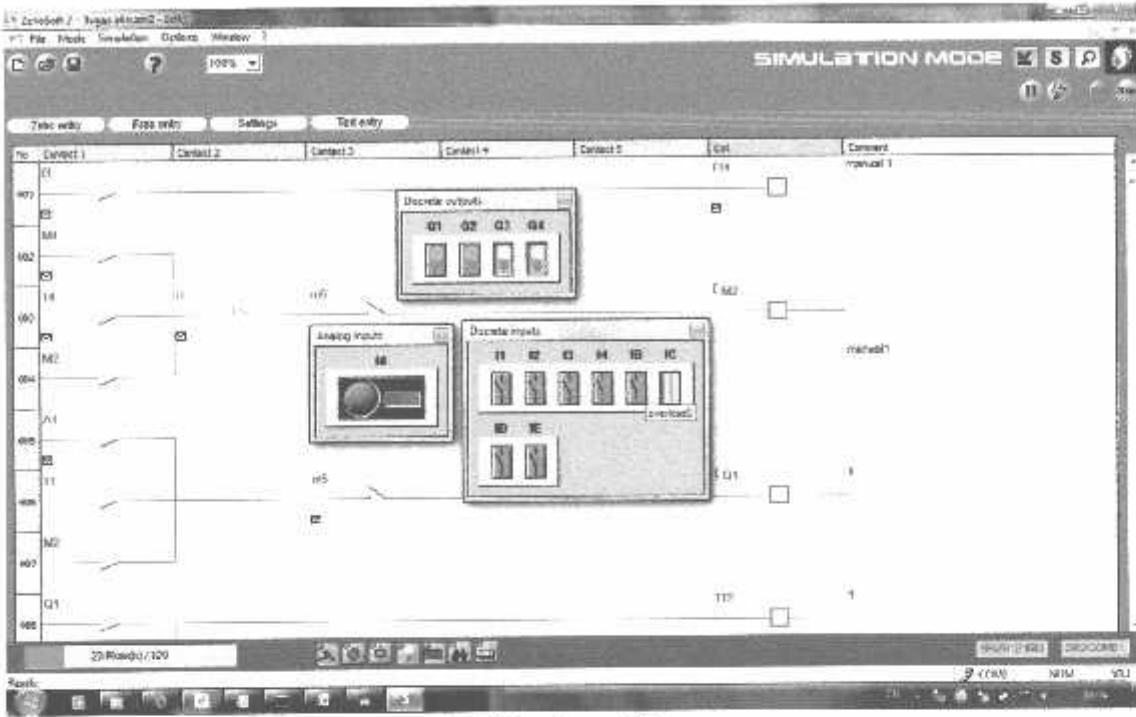
Gambar 4.7
Gambar posisi relay pada posisi Delta untuk motor 2

7. Ubah potensio sensor suhu untuk menjalankan proteksi pada relay



Gambar 4.8
Posisi relay Q1,Q2,Q3,Q4 menyala semua

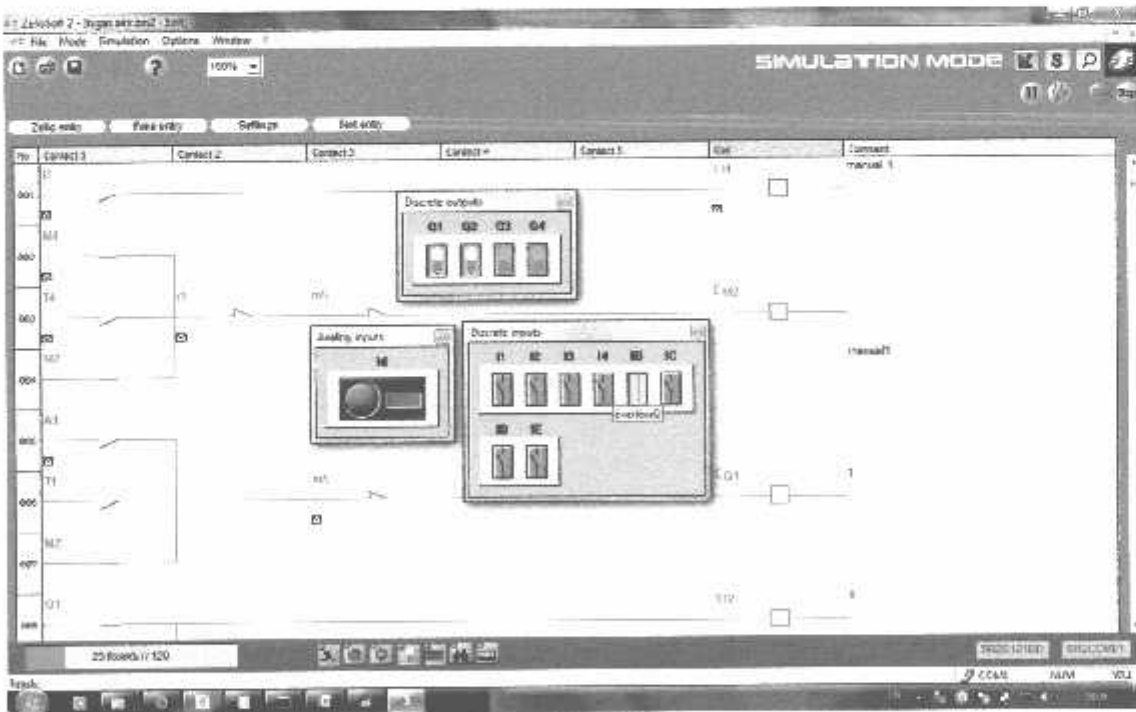
8. Klik tombol IC untuk menjalankan proteksi beban lebih pada motor 1



Gambar 4.9

Pada saat terjadi beban lebih pada motor 1, secara otomatis berganti ke motor 2

9. Klik tombol IB untuk menjalankan proteksi beban lebih pada motor 2



Gambar 5.0

Pada saat terjadi beban lebih pada motor 2, secara otomatis berganti ke motor 1

4.5 Pengujian sensor suhu

4.5.1. Tujuan

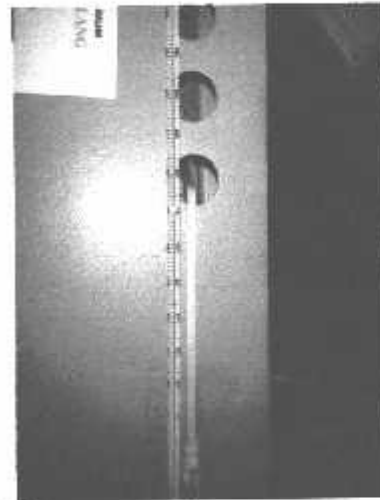
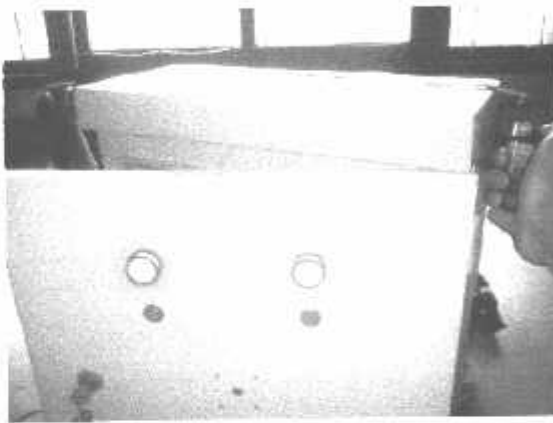
Mengetahui tegangan kerja proteksi terhadap suhu lebih, untuk menggerakkan motor bersamaan.

4.5.2. Peralatan yang digunakan

1. AVO meter
2. korek api
3. termometer

4.5.3. Prosedur Pengujian

1. Panaskan IC LM35 dengan korek api/solder untuk mempercepat simulasi saat suhu lebih



Gambar 5.1

Pemanasan manual pada IC LM35

2. baca input analog setiap perubahan suhu di LCD Zelio smart relay

4.5.4. Tabel hasil pengujian suhu dan tegangan

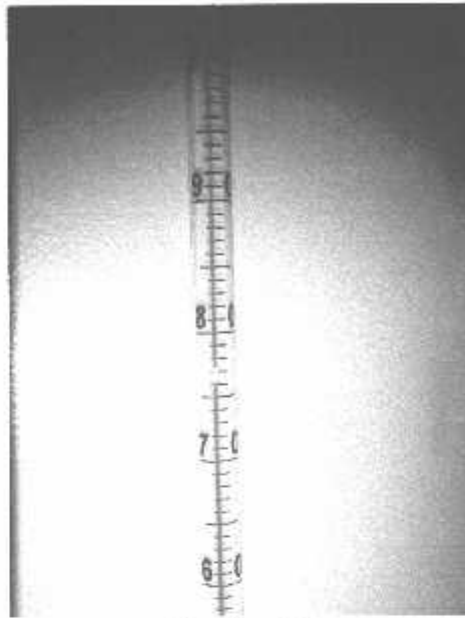
Dari hasil pengamatan pada pengujian suhu dan tegangan didapatkan batas penyalaan input analog zelio pada suhu 90°C dan batas suhu minimal pada 85°C .

Tabel 4.1 Pengamatan input analog zelio smart relay

NO	SUHU LM35 ($^{\circ}\text{C}$)	INPUT ANALOG ZELIO (volt)	HASIL
1	28	0.2	Mati
2	50	0.5	Mati
3	80	0.75	Mati
4	90	1	Hidup
5	85	0.88	mati

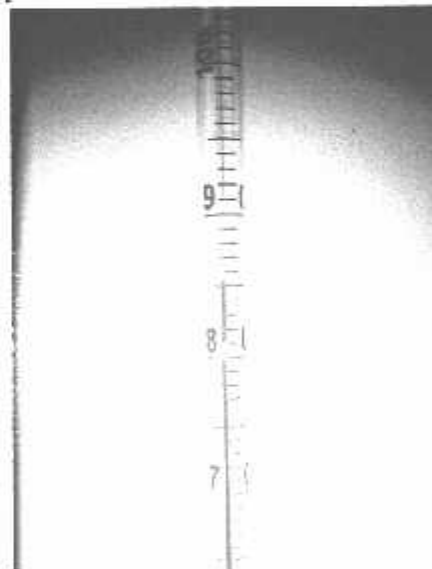
6	80	0.75	mati
7	50	0.5	mati

4.5.6. Pengamatan pada termometer



Gambar 5.2

Pengamatan pada thermometer saat kedua motor bekerja

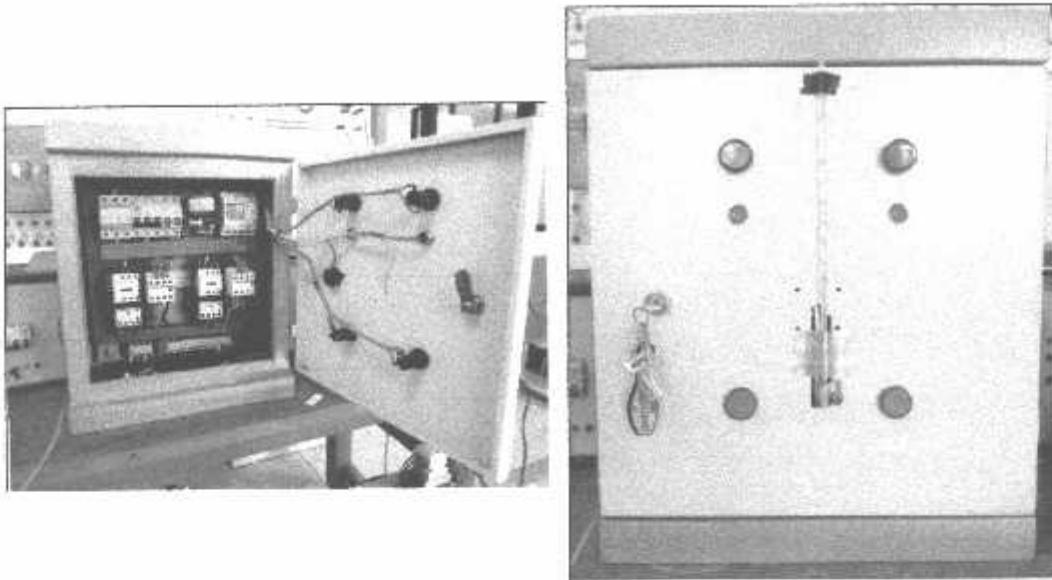


Gambar 5.3

Pengamatan pada thermometer saat motor kembali bergantian

4.6 Spesifikasi Alat

Dari hasil perancangan Alat Pengendalian motor pendingin generator berbasis smart relay di PLTA Wlingi, maka spesifikasinya sebagai berikut :



Gambar 5.4
Bentuk Panel

Panjang	= 40 cm
Lebar	= 18 cm
Tinggi	= 50 cm
Tebal	= 3 mm
Temperature	= 25 °C
Tegangan kerja	= 220/380 v
System	= smart relay zelio SR1B121BD
Pengasutan	= Y / Δ

BAB V

KESIMPULAN

5.1 KESIMPULAN

Dari perencanaan, pembuatan dan pengujian pengendalian motor pendingin generator berbasis smart relay di PLTA Wlingi maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Setiap motor bekerja selama 8 jam, dan beroperasi secara bergantian.
2. Jika sensor suhu IC LM35 mendeteksi suhu hingga 90 °celcius, maka kedua motor bekerja bersamaan. Saat suhu generator kembali normal di bawah 85 °celcius, maka motor akan kembali bekerja secara bergantian.
3. Saat terjadi overload pada salah satu motor, alarm akan berbunyi dan motor yang stanby akan otomatis beroperasi dan dalam kendali manual.
4. Pengasutan menggunakan bintang (star) – segitiga (delta), membutuhkan waktu selama 7 detik.
5. Kapasitas motor 2,2 Kw

5.2 SARAN

Dari pengalaman yang diperoleh selama penyelesaian tugas akhir ini ada beberapa hal yang perlu di perhatikan dalam pengembangan alat ini di kemudian hari. Meskipun alat ini sudah dapat bekerja dengan baik dan sesuai dengan system yang direncanakan masih ada hal-hal yang perlu ditingkatkan baik dari sisi hardware maupun softwarentya, adapun saran yang kami berikan :

1. Tambahkan sensor suhu untuk motor, agar motor tidak bekerja berdasarkan waktu saja.
2. Tambahkan alarm peringatan untuk suhu generator yang lebih dari 90 °celcius.

DAFTAR PUSTAKA

Djoekardi, Djuhana. 1996. *Mesin-Mesin Listrik Motor Induksi*. Penerbit Universitas Trisakti, Jakarta.

Wijaya, Mochtar. 2001. *Dasar-Dasar Mesin Listrik*, Djambatan, Jakarta.

<http://www.google.com>

<http://www.wikipedia.com>

<http://www.duniaelektro.com>

LAMPIRAN



PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551451 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**BERITA ACARA UJIAN TUGAS AKHIR
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Stevanus Septian Vicky Putra Pratama
NIM : 1152006
Jurusan : Teknik Listrik D-III
Judul : Prototype pengendalian motor pendingin generator berbasis smart relay di PLTA Wlingi

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Tugas Akhir Jenjang Diploma Tiga pada :

Hari : Kamis
Tanggal : 20 Februari 2014
Nilai : 90 (A) *Enf*

Panitia Ujian Tugas Akhir :



Ketua Majelis Penguji

Enf
Bambang Prio Hartono, ST, MT
NIP. Y. 1028400082

Sekretaris Majelis Penguji

Enf
Ir. Eko Nurcahyo, MT
NIP. Y. 1028700172

Anggota Penguji :

Penguji Pertama

Enf
Ir. H. Taufik Hidayat, MT
NIP. Y. 101187000151

Penguji Kedua

Enf
Ir. Choirul Shaleh, MT
NIP. Y. 1018800190



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
 BANK NIAGA MALANG

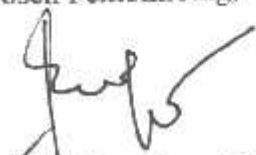
Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting). Fax. (0341) 553015 Malang 65145
 Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

FORMULIR BIMBINGAN TUGAS AKHIR

NAMA : Stevanus Septian Vicky Putra Pratama
 N.I.M : 1152006
 MASA BIMBINGAN :
 JUDUL : **PENGENDALIAN MOTOR PENDINGIN GENERATOR
 BERBASIS SMART RELAY DI PLTA WLINGI**

NO	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	19-12-2013	BAB I: Revisi Latar Belakang, P.M	Euf
2.	2-01-2014	Ace BAB I : BAB II: Materi Motor	Euf
3.	6-01-2014	Ace BAB II.	Euf
4.	7-02-2014	BAB III: Flow Chart & Cara Kerja	Euf
5.		Relay	
6.	12-02-2014	Ace BAB III.	Euf
7.	13-02-2014	BAB IV. Revisi Pagarjikan	Euf
8.	14-02-2014	Ace BAB IV. Revisi BAB IV	Euf
9.	15-02-2014	Ace maju ujian T.A	Euf
10.			

Malang, 17-02-2014
 Dosen Pembimbing.


 (Ir. Eko Nurcahyo, MT)
 NIP. Y. 1028700172



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting). Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

FORMULIR PERBAIKAN TUGAS AKHIR

Dalam pelaksanaan Tugas Akhir Program Studi Teknik Listrik Jenjang Diploma TIGA, maka perlu adanya perbaikan Tugas Akhir untuk mahasiswa/i dibawah ini :

Nama : Stevanus septian Vicky Putra Pratama
N.I.M : 11.52.006
Jurusan/Prodi : Teknik Listrik DIII
Masa Bimbingan :
JUDUL : PROTOTYPE PENGENDALIAN MOTOR PENDINGIN
GENERATOR BERBASIS SMART RELAY DI PLTA
WLINGI

NO	Penguji	Tanggal	Uraian	Paraf
1.	Penguji I	20/02/ 2014	- Gambar rangkaian pendingin (awal) - Tambahkan penjadwalan operasi motor -Kapasitas motor asumsikan dengan yang ada di PLTA -Tabel 4.1 Tabel hasil pengujian suhu dan tegangan, belum uraian dan analisa -Penulisan daftar pustaka -Pengujian alat hanya ditekankan pada suhu dan tegangan -judul di sesuaikan	
2.	Penguji II	20/02/ 2014	Masukkan pada batasan masalah : Tidak membahas pengatur kecepatan motor	

Disetujui :

Dosen Penguji I

(Ir. H. Taufik Hidayat, MT)
NIP.Y. 101187000151

Dosen Penguji II

(Ir. Choirul Shaleh, MT)
NIP.Y. 1018800190

Mengetahui :
Dosen Pembimbing

(Ir. Eko Nurcahyo, MT)
NIP.Y. 1028700172



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2

Kampus II : Jl. Raya Karanglo Km. 2

MALANG

Formulir Perbaikan Tugas Akhir

Dalam pelaksanaan Ujian Tugas Akhir Jenjang D-III, Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Elektro, maka perlu adanya perbaikan Tugas Akhir untuk mahasiswa :

Nama : STEVANUS SEPTIAN VICKY PUTRA.P

NIM : 1152006


Jurusan : Teknik Listrik D-III

Adapun perbaikan-perbaikan tersebut meliputi antara lain :

- gambar rangkaian motor pendingin (analisa)
- tambahkan prosedur operasi motor
- kapasitas motor disesuaikan dengan yang ada di PLTU.
- sub bab 4.4.4 -
- Tabel 4.1. Tabel Hasil pengujian Suhu dan Tegangan
berikan uraian/analisa dan hasil pengujian
- analisis Daftar pustaka
- pengujian alat yang dibicarakan pada Suhu,
Tegangan dan
hasil dibarengkan dengan Hasil pengujian
- Kesimpulan

Malang, 20 Februari 2014

Dosen Penguji,


(Taufik Hidayat, ST)



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2

Kampus II : Jl. Raya Karanglo Km. 2

MALANG

Formulir Perbaikan Tugas Akhir

Dalam pelaksanaan Ujian Tugas Akhir Jenjang D-III, Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Elektro, maka perlu adanya perbaikan Tugas Akhir untuk mahasiswa :

Nama : STEVANUS SEPTIAN VICKY PUTRA.P

NIM : 1152006

Jurusan : Teknik Listrik D-III

Adapun perbaikan-perbaikan tersebut meliputi antara lain :

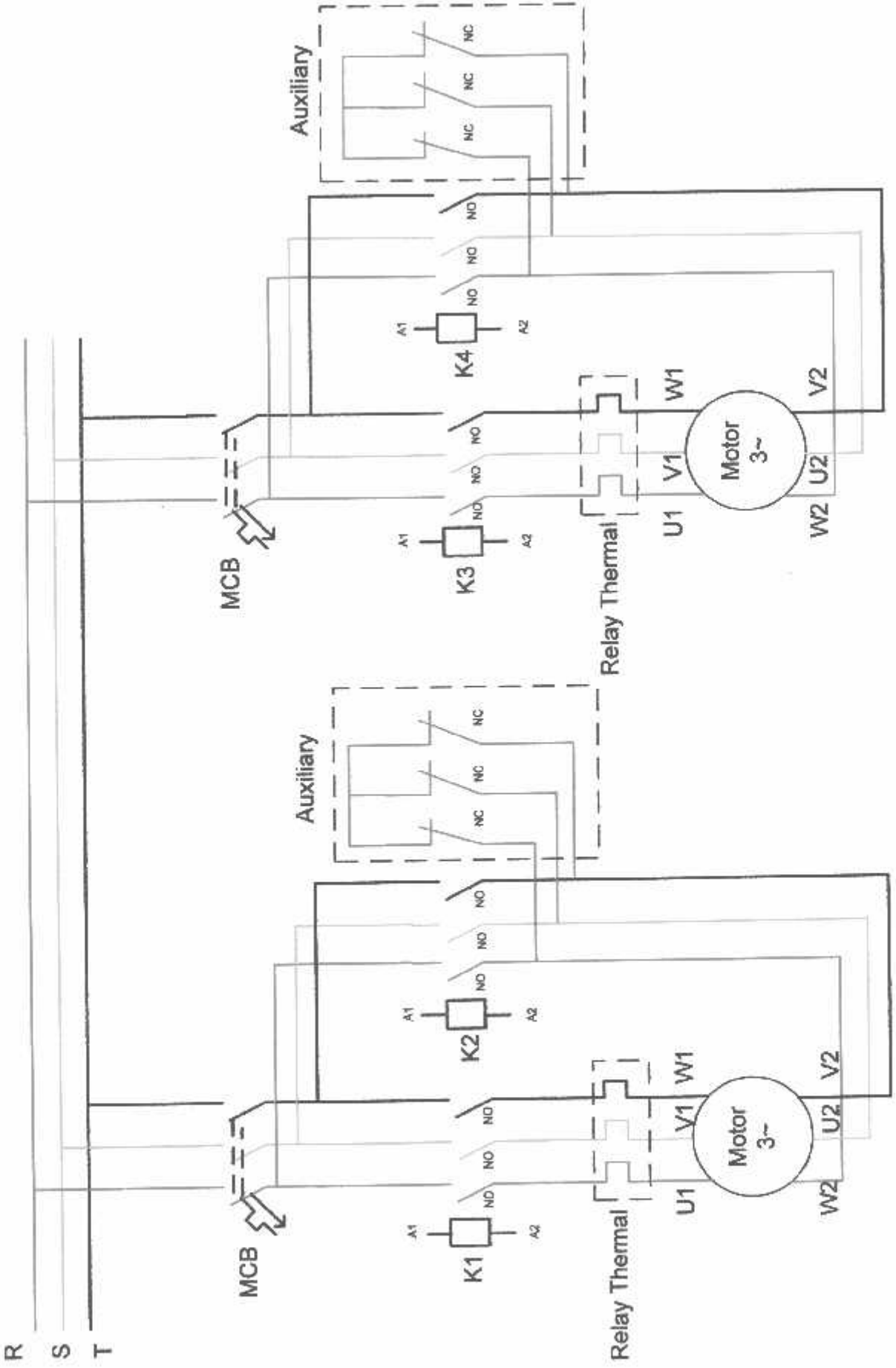
→ Menentukan pada batasan masalah
Pembahasan " tidak membahas bagaimana
mengapa maka "

Malang, 20 - Februari 2014

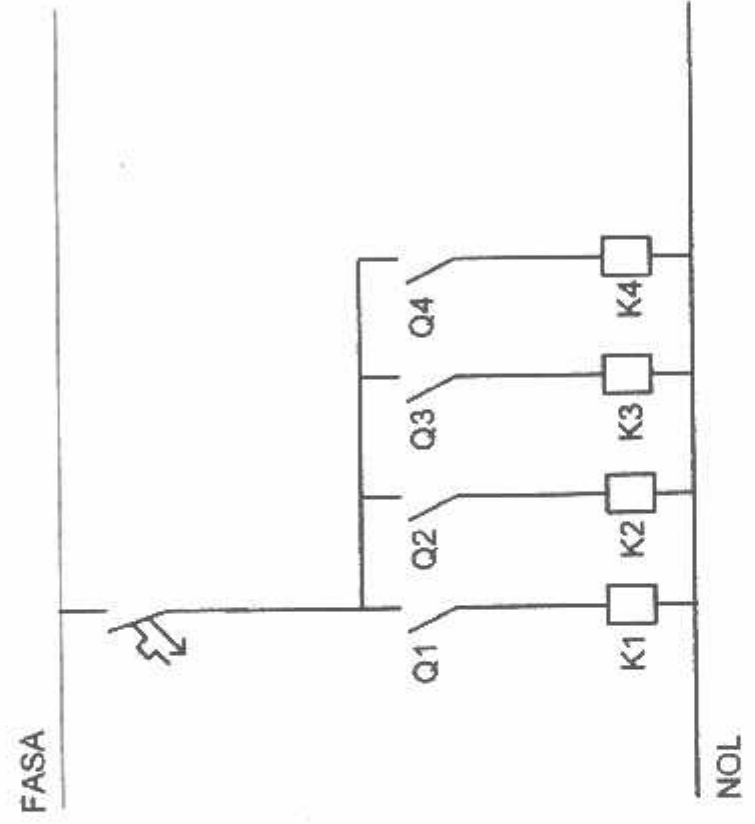
Dosen Penguji,

(_____)

RANGKAIAN UTAMA



RANGKAIAN PENGENDALI





DOM parameters

yes on predefined conditions

n :

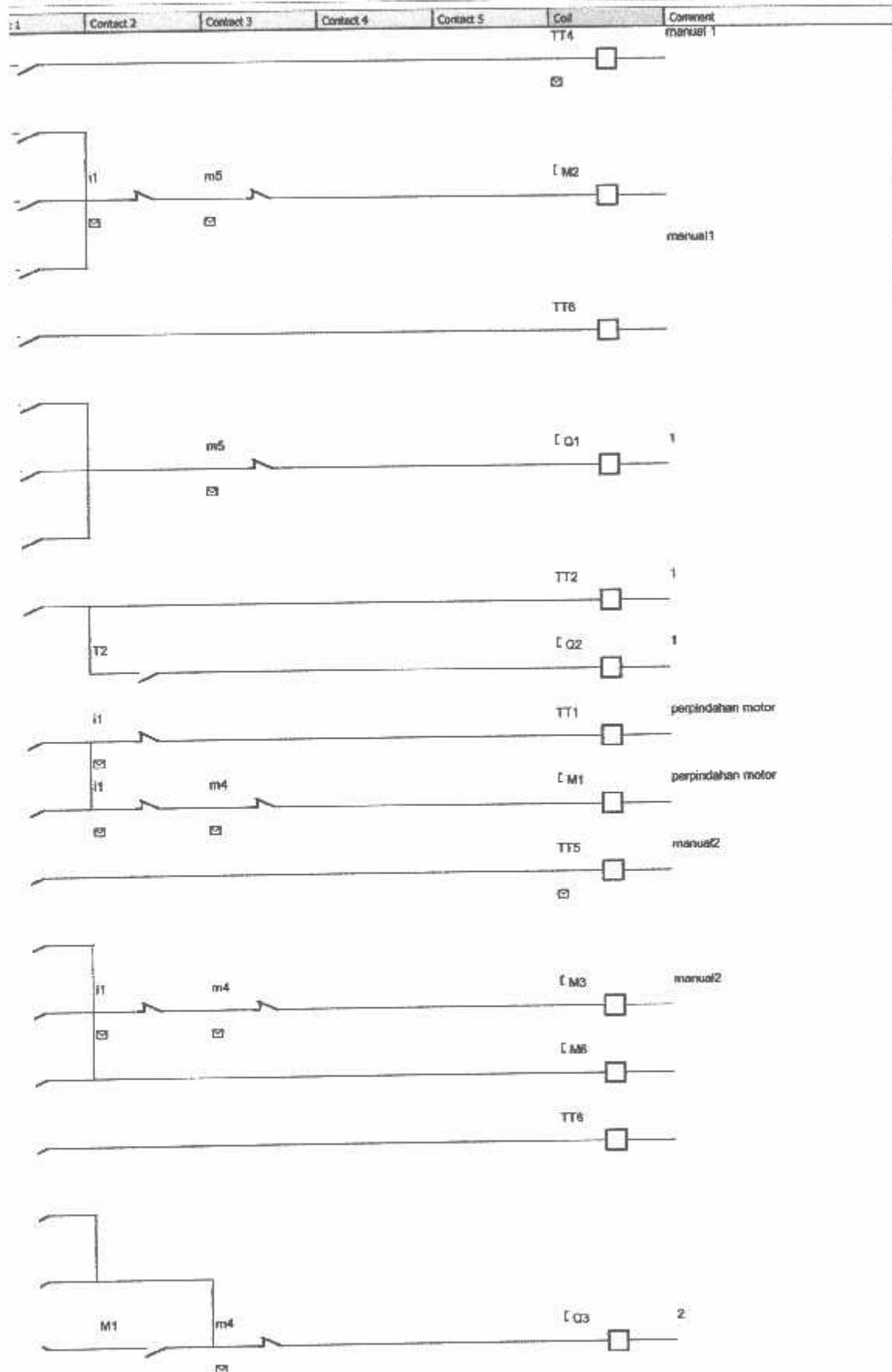
Alarm :
condition for generating the message : ---

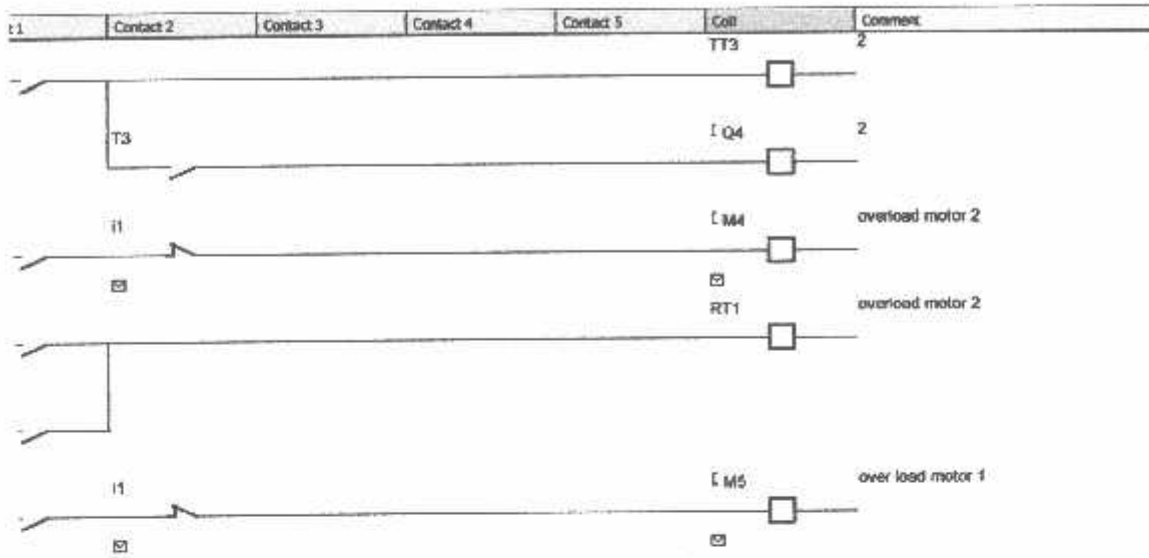
max size of the remote station : 30 characters

max size of Email address : 30 characters



m schema







al inputs

Symbol	Function	Lock	Parameters	Comment
	Discrete inputs	—	No parameters	stop
	Discrete inputs	—	No parameters	start auto
	Discrete inputs	—	No parameters	manual1
	Discrete inputs	—	No parameters	manual2
	Discrete inputs	—	No parameters	overload2
	Discrete inputs	—	No parameters	overload1

al outputs

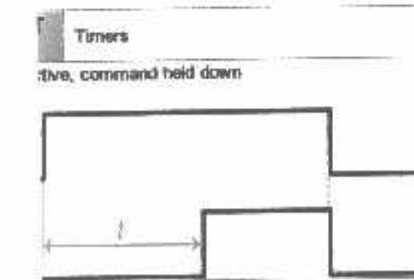
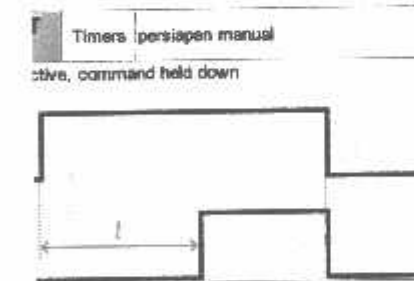
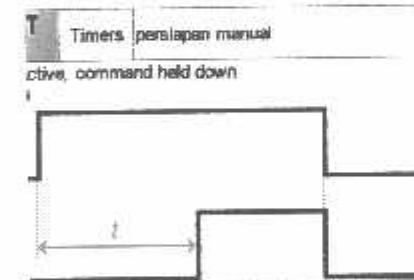
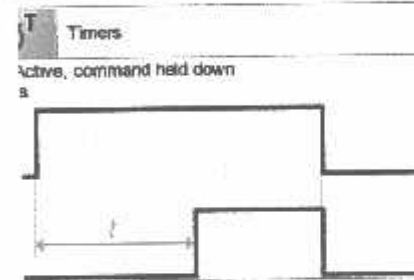
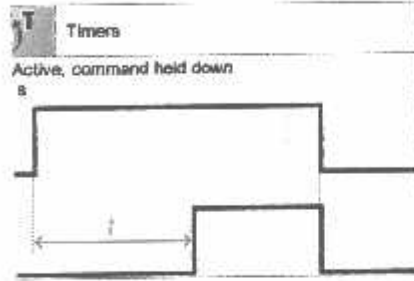
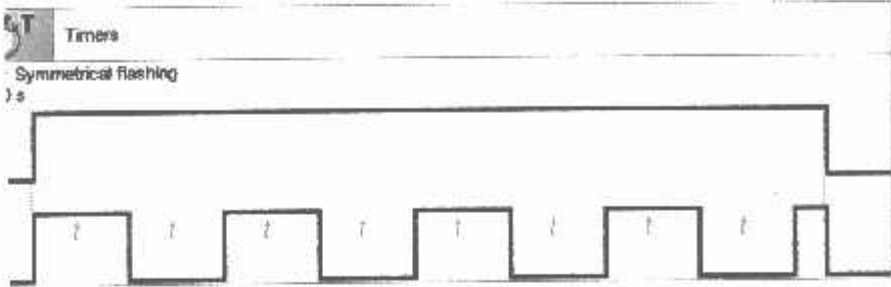
Symbol	Function	Latching	Comment
	Discrete outputs	No	
	Discrete outputs	No	
	Discrete outputs	No	
	Discrete outputs	No	

able functions

Symbol	Function	Lock	Latching	Parameters	Comment
	Analog comparators	No	—	Id >= 4.0	sensor suhu
	Auxiliary relays	—	No	No parameters	
	Auxiliary relays	—	No	No parameters	
	Auxiliary relays	—	No	No parameters	
	Auxiliary relays	—	No	No parameters	overload motor 2
	Auxiliary relays	—	No	No parameters	overload motor 1
	Auxiliary relays	—	No	No parameters	
	Timers	No	No	See details below	
	Timers	No	No	See details below	
	Timers	No	No	See details below	
	Timers	No	No	See details below	persiapan manual
	Timers	No	No	See details below	persiapan manual
	Timers	No	No	See details below	



Timer



LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 1/4^\circ\text{C}$ at room temperature and $\pm 3/4^\circ\text{C}$ over a full -55 to $+150^\circ\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only $60\ \mu\text{A}$ from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55 to $+150^\circ\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40 to $+110^\circ\text{C}$ range (-10 with improved accuracy). The LM35 series is available pack-

aged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

Features

- Calibrated directly in $^\circ\text{C}$ (Centigrade)
- Linear $+10.0\ \text{mV}/^\circ\text{C}$ scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at $+25^\circ\text{C}$)
- Rated for full -55 to $+150^\circ\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than $60\ \mu\text{A}$ current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/4^\circ\text{C}$ typical
- Low impedance output, $0.1\ \Omega$ for $1\ \text{mA}$ load

Typical Applications

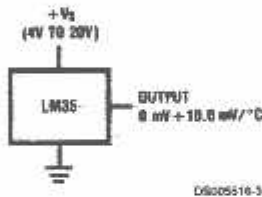
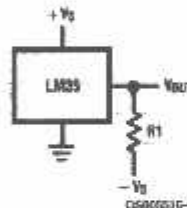


FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor ($+2^\circ\text{C}$ to $+150^\circ\text{C}$)



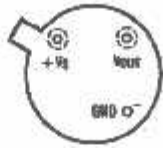
Choose $R_1 = -V_2/50\ \mu\text{A}$
 $V_{OUT} = +1,500\ \text{mV}$ at $+150^\circ\text{C}$
 $= +250\ \text{mV}$ at $+25^\circ\text{C}$
 $= -550\ \text{mV}$ at -55°C

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

Connection Diagrams

**TO-46
Metal Can Package***

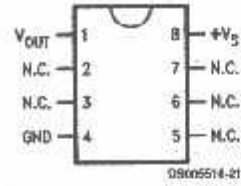


BOTTOM VIEW
DS005514-1

*Case is connected to negative pin (GND)

**Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH, LM35CAH or
LM35DH**
See NS Package Number H03H

**SO-8
Small Outline Molded Package**

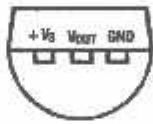


DS005514-2

N.C. = No Connection

Top View
Order Number LM35DM
See NS Package Number M08A

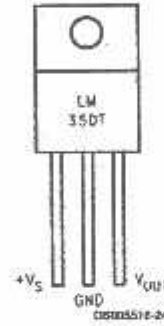
**TO-92
Plastic Package**



BOTTOM VIEW
DS005516-2

**Order Number LM35CZ,
LM35CAZ or LM35DZ**
See NS Package Number Z03A

**TO-220
Plastic Package***



DS005517-24

*Tab is connected to the negative pin (GND).

Note: The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP.

Order Number LM35DT
See NS Package Number TA03F

Absolute Maximum Ratings (Note 10)

Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	+35V to -0.2V
Input Voltage	+6V to -1.0V
Input Current	10 mA
Storage Temp.:	
TO-46 Package,	-60°C to +180°C
TO-92 Package,	-60°C to +150°C
SO-8 Package,	-65°C to +150°C
TO-220 Package,	-65°C to +150°C
Lead Temp.:	
TO-46 Package, (Soldering, 10 seconds)	300°C

TO-92 and TO-220 Package, (Soldering, 10 seconds)	260°C
SO Package (Note 12)	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 11)	2500V
Specified Operating Temperature Range: T_{MIN} to T_{MAX} (Note 2)	
LM35, LM35A	-55°C to +150°C
LM35C, LM35CA	-40°C to +110°C
LM35D	0°C to +100°C

Electrical Characteristics

(Notes 1, 6)

Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.2	± 0.5		± 0.2	± 0.5		$^\circ\text{C}$
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.3			± 0.3		± 1.0	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{MAX}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{MIN}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4		± 1.5	$^\circ\text{C}$
Linearity (8)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.18		± 0.35	± 0.15		± 0.3	$^\circ\text{C}$
Open Loop Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	+10.0	+9.9, +10.1		+10.0		+9.9, +10.1	mV/ $^\circ\text{C}$
Regulation (3) $0 \leq I_L \leq 1$ mA	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.5		± 3.0	± 0.5		± 3.0	mV/mA
Regulation (3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.05		± 0.01	± 0.05		mV/V
	$4V \leq V_S \leq 30V$	± 0.02		± 0.1	± 0.02		± 0.1	mV/V
Load Current (9)	$V_S = +5V, +25^\circ\text{C}$	56	67		56	67		μA
	$V_S = +5V$	105		131	91		114	μA
	$V_S = +30V, +25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		μA
	$V_S = +30V$	105.5		133	91.5		116	μA
Change of Load Current (3)	$4V \leq V_S \leq 30V, +25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		μA
	$4V \leq V_S \leq 30V$	0.5		2.0	0.5		2.0	μA
Temperature Coefficient of Load Current		+0.39		+0.5	+0.39		+0.5	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Trim Temperature Coefficient Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	$^\circ\text{C}$
Term Stability	$T_J = T_{MAX}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			$^\circ\text{C}$

Electrical Characteristics

(Notes 1, 6)

Parameter	Conditions	LM35			LM35C, LM35D			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy, LM35, LM35C (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		$^\circ\text{C}$
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.5			± 0.5		± 1.5	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$	± 0.8	± 1.5		± 0.8		± 1.5	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$	± 0.8		± 1.5	± 0.8		± 2.0	$^\circ\text{C}$
Accuracy, LM35D (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$				± 0.6	± 1.5		$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$				± 0.9		± 2.0	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$				± 0.9		± 2.0	$^\circ\text{C}$
Nonlinearity (Note 8)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.3		± 0.5	± 0.2		± 0.5	$^\circ\text{C}$
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	$+10.0$	$+9.6,$ $+10.2$		$+10.0$		$+9.8,$ $+10.2$	$\text{mV}/^\circ\text{C}$
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 2.0		± 0.4	± 2.0		mV/mA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.5		± 5.0	± 0.5		± 5.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.1		± 0.01	± 0.1		mV/V
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	± 0.02		± 0.2	± 0.02		± 0.2	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56	80		56	80		μA
	$V_S = +5\text{V}$	105		158	91		138	μA
	$V_S = +30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56.2	82		56.2	82		μA
	$V_S = +30\text{V}$	105.5		161	91.5		141	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	0.2	2.0		0.2	2.0		μA
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	0.5		3.0	0.5		3.0	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.7	+0.39		+0.7	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	$^\circ\text{C}$
Long Term Stability	$T_A = T_{\text{MAX}}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			$^\circ\text{C}$

Note 1: Unless otherwise noted, these specifications apply: $-55^\circ\text{C} \leq T_J \leq +150^\circ\text{C}$ for the LM35 and LM35A; $-40^\circ\text{C} \leq T_J \leq +110^\circ\text{C}$ for the LM35C and LM35CA; and $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +100^\circ\text{C}$ for the LM35D. $V_S = +5\text{Vdc}$ and $I_{\text{LOAD}} = 50 \mu\text{A}$, in the circuit of Figure 2. These specifications also apply from $+2^\circ\text{C}$ to T_{MAX} in the circuit of Figure 1. Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.

Note 2: Thermal resistance of the TO-46 package is $400^\circ\text{C}/\text{W}$, junction to ambient, and $24^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to case. Thermal resistance of the TO-92 package is $190^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is $220^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. Thermal resistance of the TO-220 package is $90^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the Applications section.

Note 3: Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output due to heating effects can be computed by multiplying the internal dissipation by the thermal resistance.

Note 4: Tested Limits are guaranteed and 100% tested in production.

Note 5: Design Limits are guaranteed (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.

Note 6: Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.

Note 7: Accuracy is defined as the error between the output voltage and $10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ times the device's case temperature, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in $^\circ\text{C}$).

Note 8: Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the device's rated temperature range.

Note 9: Quiescent current is defined in the circuit of Figure 1.

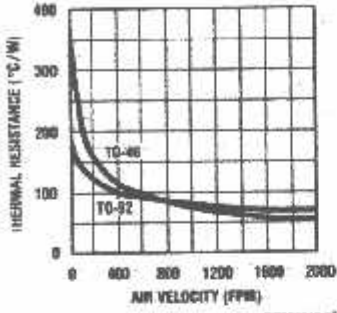
Note 10: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See Note 1.

Note 11: Human body model, 100 pF discharged through a $1.5 \text{ k}\Omega$ resistor.

Note 12: See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" or the section titled "Surface Mount" found in a current National Semiconductor Linear Data Book for other methods of soldering surface mount devices.

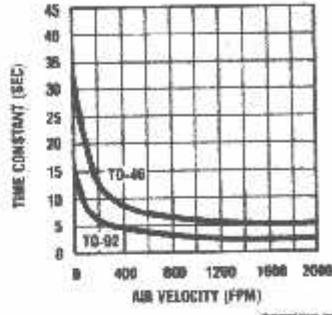
Typical Performance Characteristics

Thermal Resistance Junction to Air



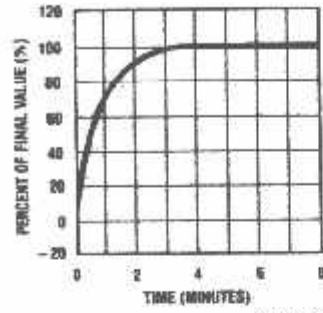
DS00516-25

Thermal Time Constant



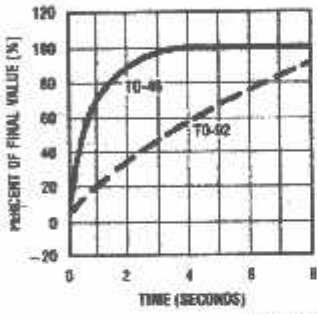
DS00516-26

Thermal Response in Still Air



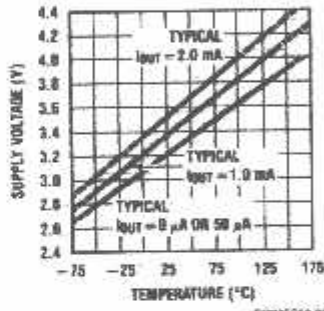
DS00516-27

Thermal Response in Irrigated Oil Bath



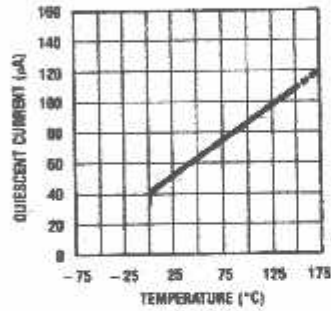
DS00516-28

Minimum Supply Voltage vs. Temperature



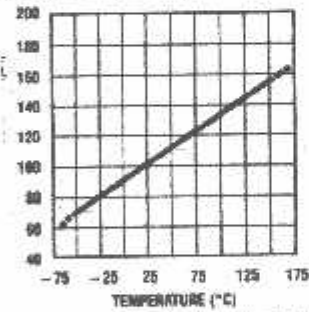
DS00516-29

Quiescent Current vs. Temperature (In Circuit of Figure 1.)



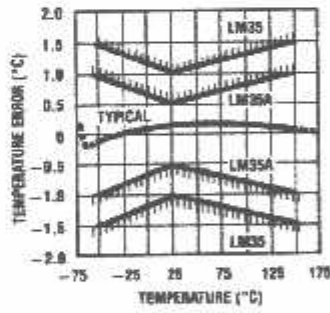
DS00516-30

Quiescent Current vs. Temperature (Circuit of Figure 2.)



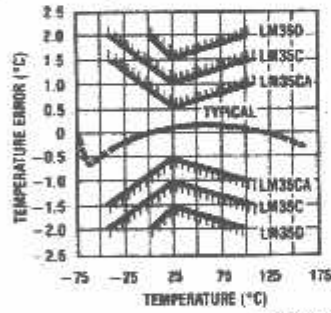
DS00516-31

Accuracy vs. Temperature (Guaranteed)



DS00516-32

Accuracy vs. Temperature (Guaranteed)



DS00516-33

Typical Applications

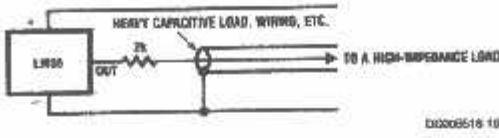


FIGURE 3. LM35 with Decoupling from Capacitive Load

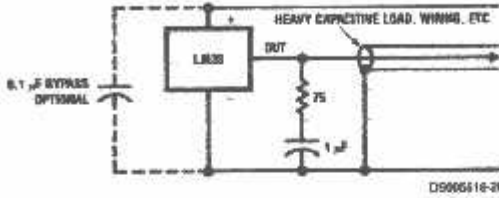


FIGURE 4. LM35 with R-C Damper

CAPACITIVE LOADS

In most micropower circuits, the LM35 has a limited ability to drive heavy capacitive loads. The LM35 by itself is able to drive 50 pF without special precautions. If heavier loads are anticipated, it is easy to isolate or decouple the load with a resistor; see Figure 3. Or you can improve the tolerance of capacitance with a series R-C damper from output to ground; see Figure 4.

When the LM35 is applied with a 200Ω load resistor as shown in Figure 5, Figure 6 or Figure 8 it is relatively immune to wiring capacitance because the capacitance forms a bypass from ground to input, not on the output. However, as in any linear circuit connected to wires in a hostile environment, its performance can be affected adversely by inductive electromagnetic sources such as relays, radio transmitters, motors with arcing brushes, SCR transients, etc., as wiring can act as a receiving antenna and its internal connections can act as rectifiers. For best results in such cases, bypass capacitor from V_{IN} to ground and a series R-C damper such as 75Ω in series with 0.2 or 1 μF from output to ground are often useful. These are shown in Figure 13, Figure 14, and Figure 16.

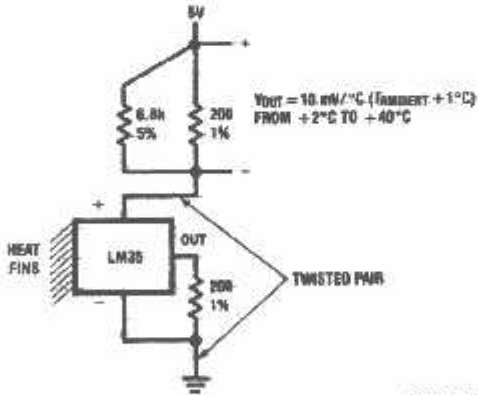


FIGURE 5. Two-Wire Remote Temperature Sensor (Grounded Sensor)

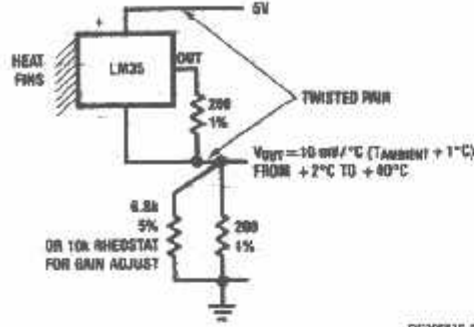


FIGURE 6. Two-Wire Remote Temperature Sensor (Output Referred to Ground)

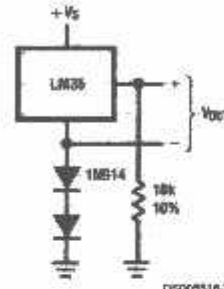


FIGURE 7. Temperature Sensor, Single Supply, -55° to +150°C

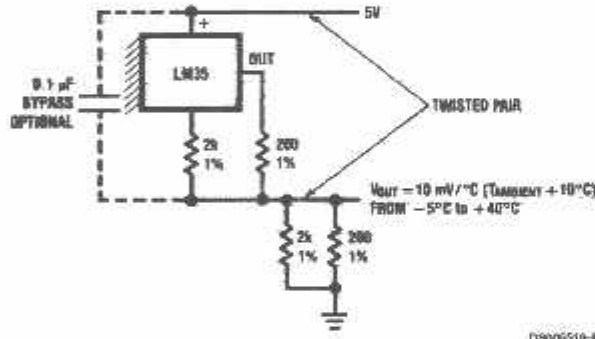


FIGURE 8. Two-Wire Remote Temperature Sensor (Output Referred to Ground)

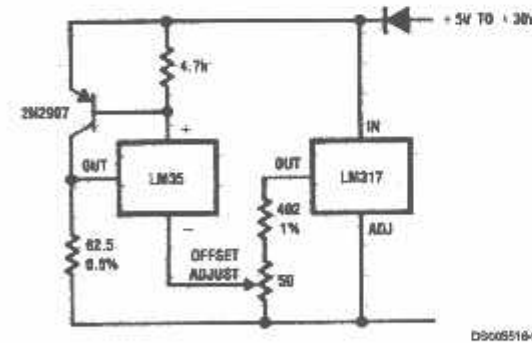
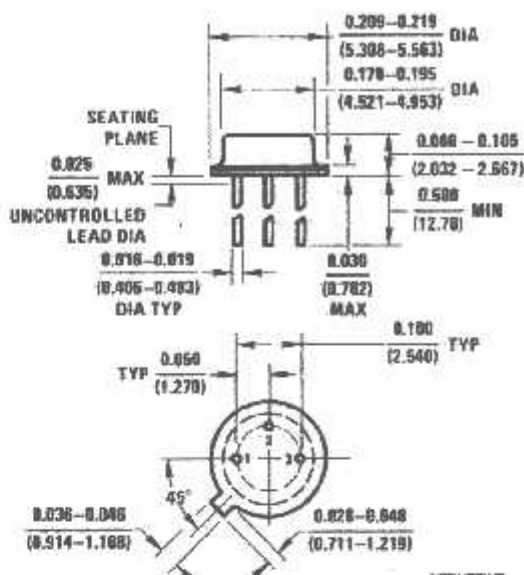
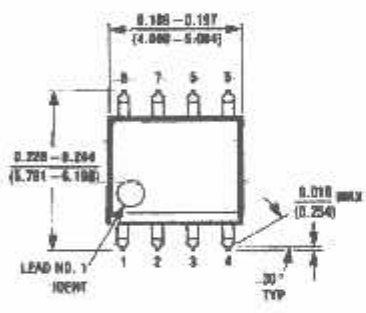


FIGURE 9. 4-To-20 mA Current Source (0°C to +100°C)

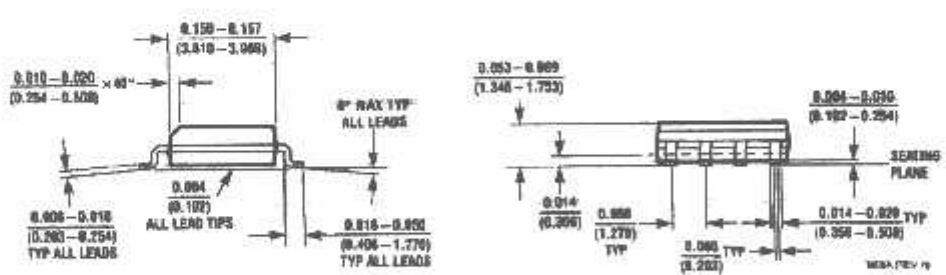
Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



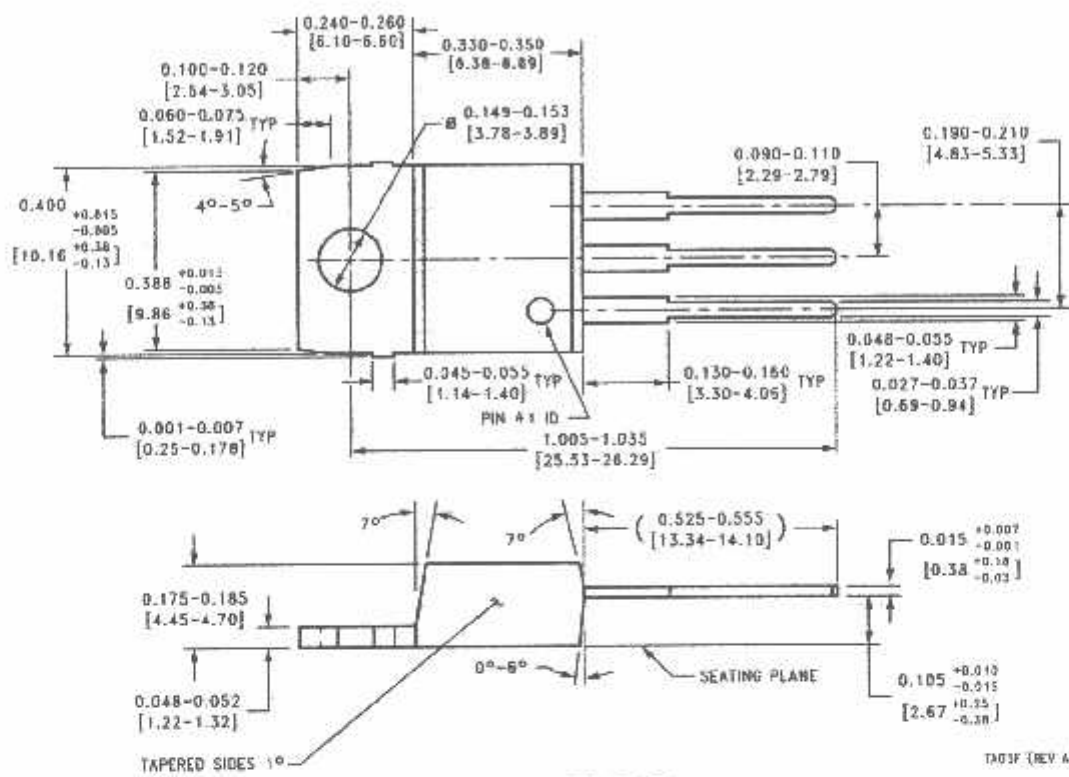
TO-46 Metal Can Package (H)
 Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH,
 LM35CAH, or LM35DH
 NS Package Number H03H



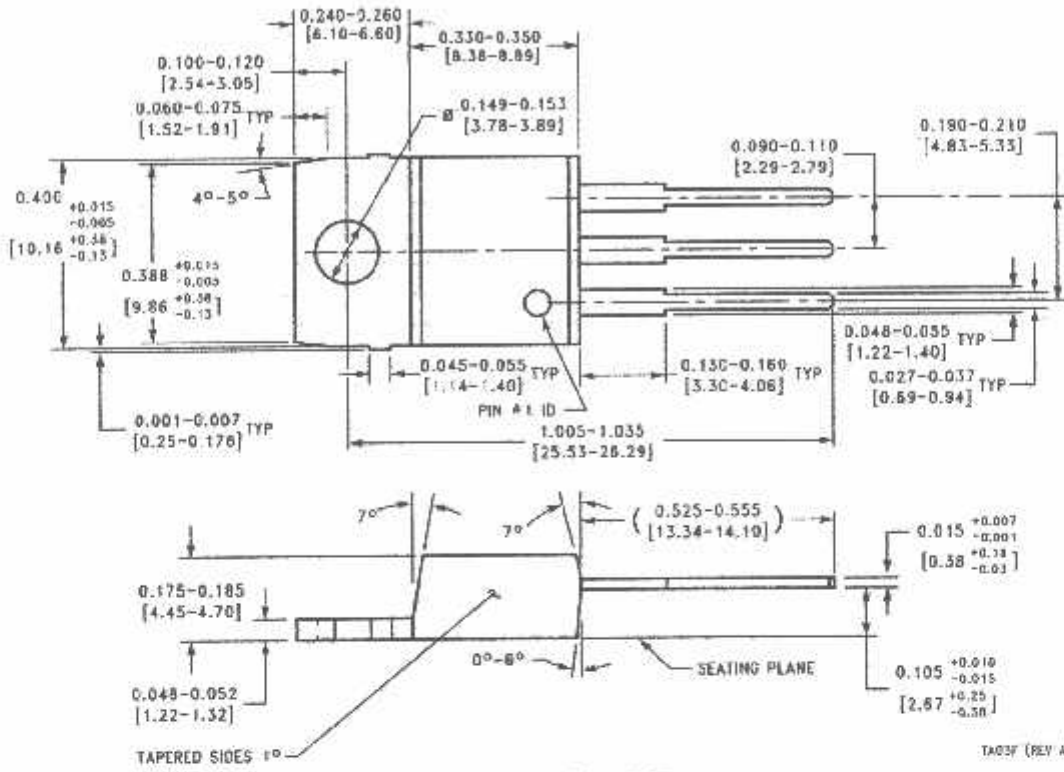
SO-6 Molded Small Outline Package (M)
 Order Number LM350M
 NS Package Number M08A



Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



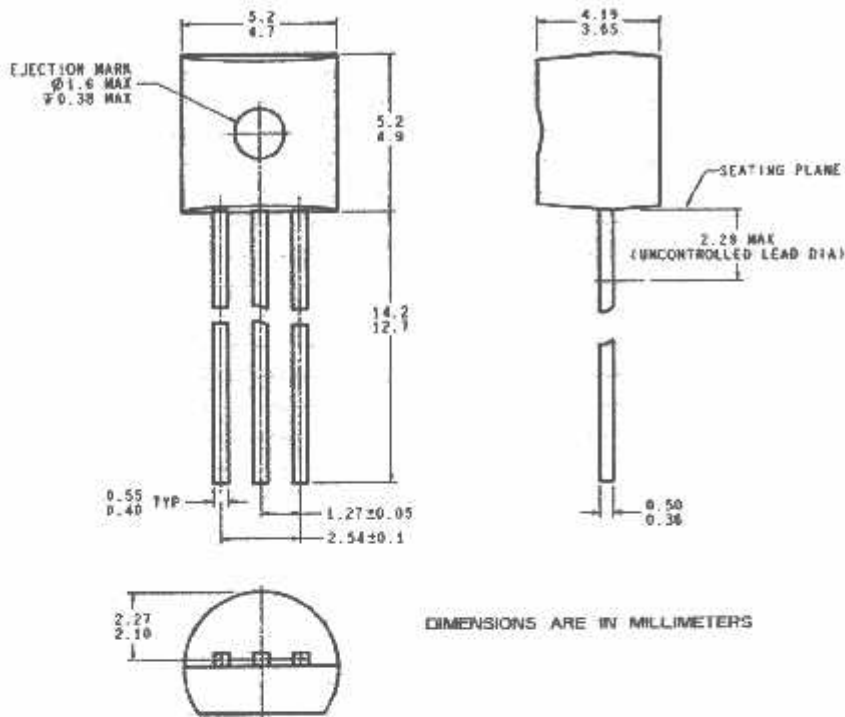
Power Package TO-220 (T)
 Order Number LM35DT
 NS Package Number TA03F

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)


TA03F (REV A)

Power Package TO-220 (T)
 Order Number LM35DT
 NS Package Number TA03F

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted. (Continued)



TO-92 Plastic Package (Z)
 Order Number LM35CZ, LM35CAZ or LM35DZ
 NS Package Number Z03A

DS9A 1847 01

SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT AND GENERAL MANAGER OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. A life support device or system is a device or system which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.

2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

National Semiconductor Corporation
 Americas
 Tel: 1-800-272-9958
 Fax: 1-800-737-7918
 Email: support@nsc.com
 nsc.com

National Semiconductor Europe
 Fax: +49 (0) 180 530 85 86
 Email: europe.support@nsc.com
 Deutsch: Tel: +49 (0) 69 9506 6208
 English: Tel: +44 (0) 870 24 0 2171
 Française: Tel: +33 (0) 1 41 91 8790

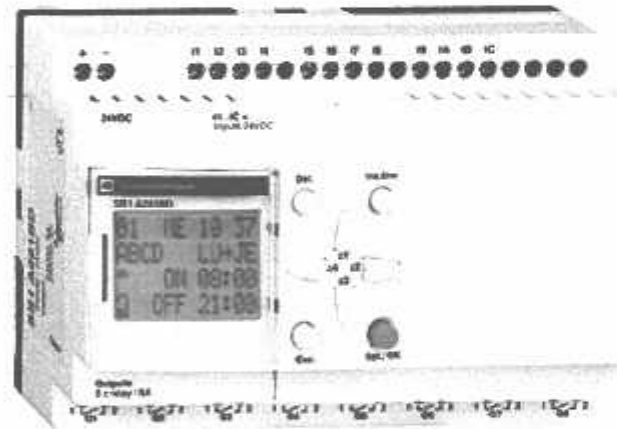
National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group
 Tel: 85-2544468
 Fax: 65-2504486
 Email: ap.support@nsc.com

National Semiconductor Japan Ltd.
 Tel: 81-3-5639-7560
 Fax: 81-3-5639-7507

National Semiconductor Corporation does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

Telemecanique Zelio-Logic Smart Relay

User's Guide
June 2002



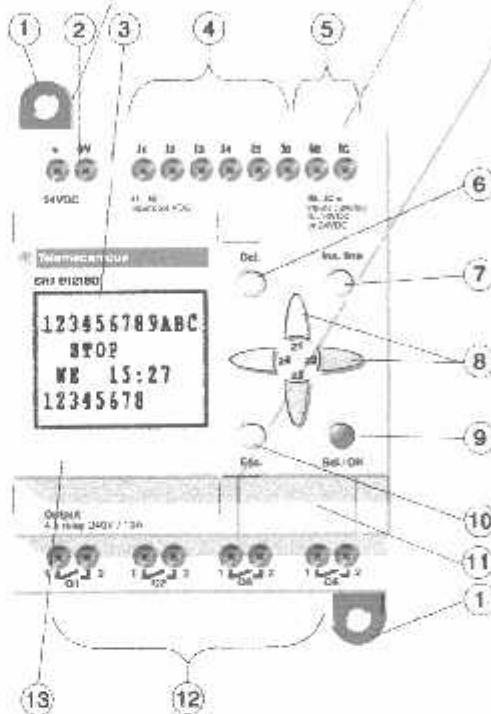
erlin Gerin
odicon
quare D
emecanique

Schneider
 **Electric**

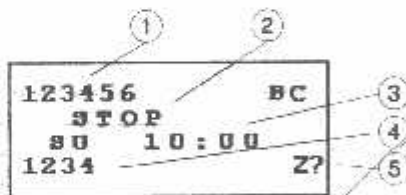
1. Presentation

Smart relays are designed to simplify the electrical wiring of intelligent solutions. A smart relay is very simple to implement. Its flexibility and its high performance allows users to save significant amounts of time and money.

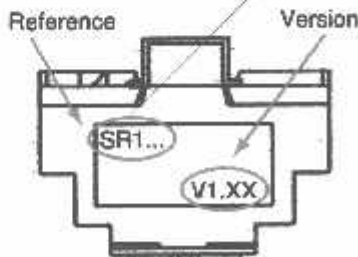
This User's Guide is intended for people who do not have an in-depth knowledge of automation systems and who would like to be able to implement smart relays.



- 1-Retractable mounting feet
- 2-Screw terminal block for the power supply
- 3-LCD, 4 lines, 12 characters
- 4-Screw terminal block for inputs
- 5-Screw terminal block for 0-10 Volt analog inputs usable in discrete mode on some models
- 6-Delete key
- 7-Insert line key
- 8-Arrow keys or after first configuring them, Z pushbuttons
- 9-Selection and validation key
- 10-Escape key
- 11-Connector for backup memory or PC connection cable
- 12-Relay output screw terminal block
- 13-Slot for re-writable label



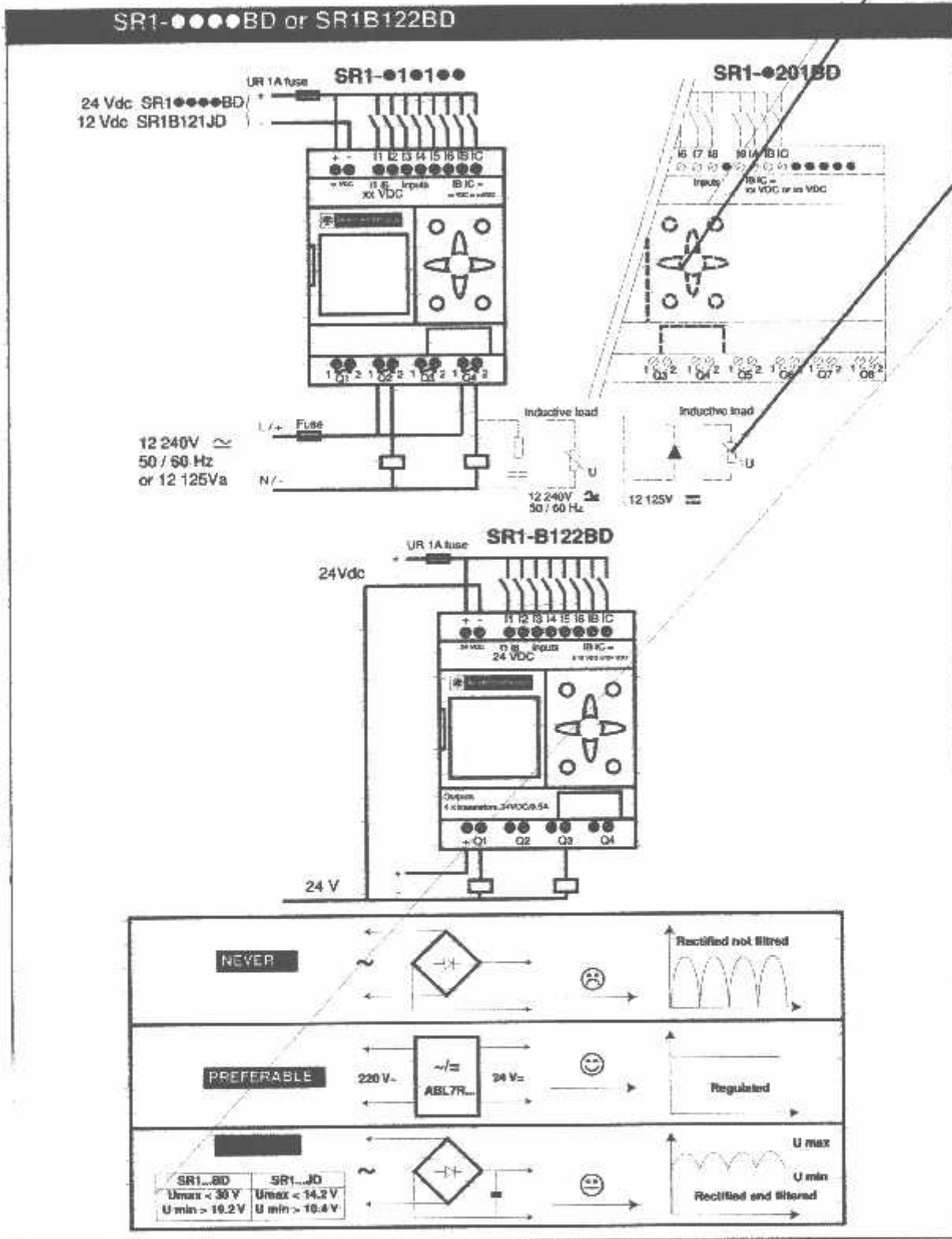
- 1-Input status display (b and c represent the analog inputs)
- 2-Operating mode display (RUN/STOP)
- 3-Parameter display, by default the day and time for models with a clock
- 4-Output status display
- 5-Z key function display, when these keys are activated.



The smart relay's reference number and version level are shown on the label that can be seen on the side of the smart relay.

2. Characteristics and Connections





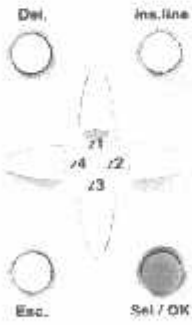
Connecting DC smart relays



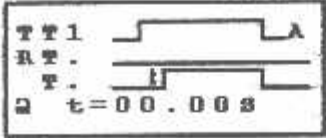
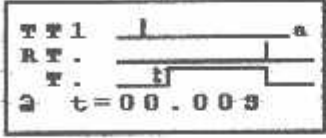
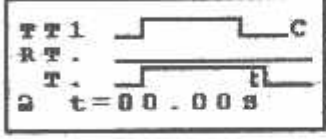
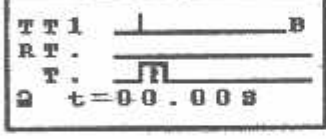
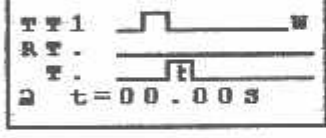
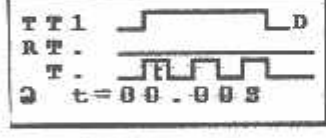
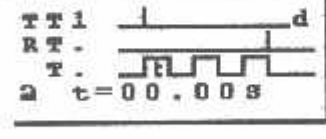
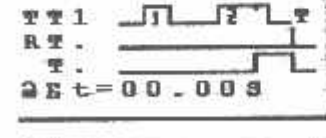
3. Command Keys

Description of keys (not available on Blind modules)

The keys located on the front of the smart relay are used to configure, program and control the application.
They perform the following actions:

Key	
	Press this key to delete a Ladder diagram element or line.
	Press this key to insert a Ladder diagram line.
	<p>Press this key to:</p> <ul style="list-style-type: none"> Make a selection, Enter the parameter page for an element, Enter a display page, Validate a selection. <p>To use the smart relay, the first action required is to press this key to access the main menu.</p>
	Press this key to exit a menu or a selection.
	The arrow keys are used to move up, left, down and right. The position on screen is shown by the ">" indicator, a "■" or "●" cursor or the blinking text "lni".

Timer Function Block

Type	Description
	<p>Type A: Trigger delay (working contact delay). Example: To delay triggering a contactor to limit the current level required.</p>
	<p>Type a: Trigger delay on a control pulse rising edge with reset.</p>
	<p>Type C: Trigger delay (idle contact delay). Example: To maintain fan operation after stopping the engine.</p>
	<p>Type B: Calibrated pulse on the control input rising edge (passage contact). Example: To trigger a timed lighting circuit using a pushbutton and a timer.</p>
	<p>Type W: Calibrated pulse on the control input falling edge. Example: A pulse triggered brake control function triggered after a power supply break.</p>
	<p>Type D: Symmetrical blinker. Example: Indicating a failure using a flashing light.</p>
	<p>Type d: Symmetrical blinker triggered by the rising edge on the control input with a reset function. Example: A blinking alarm indicator and acknowledgment function.</p>
	<p>Type T: A totalizing count with reset. Example: To request the replacement of a filter when the recommended service life is exceeded. (Function not available on versions \geq V1.7)</p>