

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK**



**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN SISTEM SCADA PADA
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO DI
LABORATORIUM LAPANGAN JURUSAN TEKNIK MESIN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

SKRIPSI

Disusun Oleh :
BAGUS SETYO N
NIM : 02.12.031

MARET 2007

LEMBAR PERSETUJUAN

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN SISTEM SCADA PADA
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO DI
LABORATORIUM LAPANGAN JURUSAN TEKNIK MESIN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**


SKRIPSI

*Disusun dan Diajukan Untuk Melengkapi dan Memenuhi Syarat-Syarat
Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik*


Disusun Oleh :

**BAGUS SETYO NUGROHO
NIM. 02.12.031**

**Diperiksa dan Disetujui,
Dosen Pembimbing I**



**Ir. H. Almizan Abdullah, MSEE
NIP.P. 103.900.0208**

**Diperiksa dan Disetujui,
Dosen Pembimbing II**


**Ir. Widodo Pudji M, MT
NIP.P. 102.870.0171**



**Mengetahui,
Jurusan Teknik
Elektro S-1**


**Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP.P. 103.950.0274**

**KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

ABSTRAKSI**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN SISTEM SCADA PADA
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO DI
LABORATORIUM LAPANGAN JURUSAN TEKNIK MESIN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG”**

(BAGUS SETYO N, 02.12031 , TEKNIK ENERGI LISTRIK)

(Dosen Pembimbing : Ir. H. Almizan Abdullah, MSEE ;

Ir. Widodo Pudji M, MT)

Sistem tenaga listrik terdiri atas sejumlah unit-unit pembangkit yang letaknya terpisah dan dihubungkan satu sama lainnya dalam melayani beban pada daerah pelayanan melalui sistem jaringan tenaga listrik yang terinterkoneksi. Stasiun pembangkit umumnya terdiri lebih dari satu unit pembangkit, tergantung pada aspek teknis dan ekonomis setempat untuk mendukung pengoperasian yang optimal.

Pada laboratorium lapangan pembangkit listrik tenaga mikrohidro jurusan Teknik Mesin S-1 Institut Teknologi Nasional Malang terdapat sebuah turbin pelton yang akan dimanfaatkan untuk melengkapi sebuah pembangkit listrik mikrohidro yang selanjutnya disebut PLTMH ITN Malang.

Fungsi sistem *Supervisory Control And Data Aquisition (SCADA)* adalah :melakukan pengawasan atau monitoring (*Supervisory Control*) yang terpusat dari semua unit operasi atau sistem, sehingga diharapkan berjalan dalam keadaan senormal mungkin dalam jangka waktu yang lama. Sistem SCADA ini dapat diaplikasikan pada PLTMH yang terletak ditempat yang terpencil, tanpa memerlukan operator yang mengawasi setempat.

Kata kunci : *Supervisory Control And Data Aquisition (SCADA), Supervisory Control, PLTMH ITN Malang.*

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran ALLAH SWT , atas limpahan Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul :

“PERENCANAAN DAN PEMBUATAN SISTEM SCADA PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO DI LABORATORIUM LAPANGAN JURUSAN TEKNIK MESIN INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG”

Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi program strata satu (S-1) jurusan Teknik Elektro/Program Studi Teknik Energi Listrik , Fakultas Teknologi Industri , Institut Teknologi Nasional Malang.

Sebelum dan selama penulisan skripsi, penulis telah banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak DR. Ir. Abraham Lomi, MSEE, selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
 2. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro (S-1) Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
 3. Bapak Ir. H. Almizan Abdullah, MSEE, dan Bapak Ir. Widodo Pudi W, MT, selaku Dosen pembimbing dalam penyusunan skripsi ini.
 4. Bapak dan Ibu dosen jurusan Teknik Elektro Energi Listrik.
-

5. Ibu , Bapak , Mbak Naning , Mas Nanang dan Mas Dedy, yang sangat berarti dalam kehidupan penyusun, dimana do'a serta restu dan keridhaannya senantiasa penyusun harapkan.
6. Teman-teman di jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Malang, terutama angkatan 2002 yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.
7. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari sepenuhnya akan segala kekurangan yang ada dalam penulisan skripsi ini, maka dengan kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran demi penyempurnaan skripsi ini. Akhirnya semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Maret 2007

Penulis

DAFTAR ISI

Lembar Persetujuan.....	i
Abstraksi	ii
Kata Pengantar.....	iii
Daftar Isi	iv
Daftar gambar	xi
Daftar Tabel.....	xiv
Bab I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Metode Pembahasan	4
1.6 Sistematika Pembahasan	5
1.7 Kontribusi	5
Bab II Pembangkitan Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) ITN MALANG dan Sistem SCADA pada PLTMH ITN MALANG	6
2.1 Sistem Pembangkitan Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) ITN MALANG	6
2.1.1 hidrologi	7
2.1.2 bangunan sipil.....	8
2.1.3 turbin pelton mikro	11

2.1.4. Nosel	13
2.1.5. Generator	14
2.1.5.1. prinsip kerja generator	14
2.1.5.2. reaksi Jangkar	15
2.1.5.3. alternator tanpa beban	15
2.1.5.4. alternator bcrbeban	16
2.1.5.5. rangkaian penyearah alternator	17
2.2 Sistem SCADA PLTMH ITN MALANG	18
2.2.1. Akuisisi Data	20
2.2.2. Konversi Data	22
2.2.3. Data Prosesing	23
2.2.4. Supervisi Perintah Kendali (<i>Supervisory control</i>)	23
2.2.5. Remote Terminal Unit (RTU)	26
2.2.6. operational amplifier.....	29
2.2.7. ic lm 324	30
2.2.8. rangkaian inverting amplifier.....	31
2.2.9. light emitting dioda (LED) infrared	33
2.2.10. photo dioda	34
2.2.11. scimitt trigger 74 LS14	35
2.2.12. optocoupler	36
2.2.13. interfacę ke personal computer	37
2.2.13.1. pengertian interfacing	37

2.2.13.2. teknik interfacing	38
2.2.14. software.....	38
Bab III Perencanaan dan Pembuatan Sistem SCADA	
Pada PLTMH ITN MALANG	39
3.1 Sistem Pembangkitan Listrik Tenaga Mikrohidro	
(PLTMH) ITN MALANG	39
3.1.2. prinsip kerja PLTMH ITN Malang	40
3.1.1 Diagram Alir PLTMH ITN MALANG	42
3.2 Sistem SCADA PLTMH ITN MALANG	43
3.2.1. prinsip kerja sistem SCADA pada PLTMH ITN Malang.....	43
3.3. Perencanaan Komponen Sistem SCADA	44
3.3.1. Detektor tegangan AC	44
3.3.2. Detektor Arus	44
3.3.3. Sensor Putaran	47
3.3.4 Rangkaian Pengendali (<i>Supervisory Control</i>)	48
3.3.5. Detektor tegangan DC	49
3.3.6. sensor frekuensi	50
3.3.7. software.....	51
3.3.8. interfacing	53
Bab IV. Analisa sistem SCADA Pada PLTMH ITN Malang.....	54
4.1. Pengujian dan Pengukuran Komponen sistem SCADA.....	55
4.1.1. Pengujian perangkat lunak (software) sistem SCADA.....	55

4.1.1.1. Tujuan	55
4.1.1.2. Peralatan yang digunakan.....	55
4.1.1.3. tampilan formt panel program labview	55
4.1.1.4. Tampilan Block Diagram Program Labview	57
4.1.2. Pengujian perangkat keras (hardware) sistem SCADA	58
4.1.2.1. Pengukuran dan Pengujian Detektor tegangan AC.....	59
4.1.2.1.1. Tujuan	59
4.1.2.1.2. Peralatan yang digunakan	59
4.1.2.1.3. Prosedur Pengujian	60
4.1.2.1.4. hasil pengukuran dan pengujian detektor tegangan AC	60
4.1.2.2. Pengukuran dan pengujian detektor Arus	61
4.1.2.2.1. Tujuan	61
4.1.2.2.2. Peralatan yang digunakan	61
4.1.2.2.3. Prosedur Pengujian	62
4.1.2.2.4. hasil pengukuran dan pengujian detektor Arus	62
4.1.2.2. Pengukuran dan pengujian Rangkaian Pengendali	63
4.1.2.2.1. Tujuan	63
4.1.2.2.2. Peralatan yang digunakan	64
4.1.2.2.3. Prosedur Pengujian	64

4.1.2.2.4. hasil pengukuran dan pengujian rangkaian Pengendali	65
4.1.2.2. Pengukuran dan pengujian sensor putaran	65
4.1.2.2.1. Tujuan	65
4.1.2.2.2. Peralatan yang digunakan	66
4.1.2.2.3. Prosedur Pengujian	66
4.1.2.2.4. hasil pengukuran dan pengujian Sensor Putaran	66
4.1.2.2. Pengukuran dan pengujian detektor Tegangan DC	67
4.1.2.2.1. Tujuan	67
4.1.2.2.2. Peralatan yang digunakan	67
4.1.2.2.3. Prosedur Pengujian	68
4.1.2.2.4. hasil pengukuran dan pengujian detektor Tegangan DC	68
4.1.2.2. Pengukuran dan pengujian Sensor Frekuensi	69
4.1.2.2.1. Tujuan	69
4.1.2.2.2. Peralatan yang digunakan	69
4.1.2.2.3. Prosedur Pengujian	70
4.1.2.2.4. hasil pengukuran dan pengujian Sensor Frekuensi	70
4.2. Pengujian Sistem SCADA Pada PLTMH ITN Malang	71
4.2.1. Tujuan	71

4.2.2. Hasil tampilan Perangkat Lunak Sistem SCADA	71
4.2.3. Perangkat Keras Sistem SCADA.....	73
4.2.4. Data PLTMH ITN Malang.....	74
4.2.5. Analisa Data	74
Bab V. Kesimpulan Dan Saran.....	77
5.1. Kesimpulan	77
5.2. Saran	77

DAFTAR GAMBAR

2-1. Komponen-komponen Besar dari sebuah Skema Mikro Hidro	8
2-2. Intake pada suatu mikro hidro.....	9
2-3. Saluran Pembawa	10
2-4. Bak Penenang.....	10
2-5. Pipa Pesat	11
2-6. Runner dan Sudu dari Sebuah turbin Pelton	12
2-7. Penampang Nosel	13
2-8. Alternator dan Bagian-bagiannya	14
2-9. Kurva Pemagnetan Alternator Tanpa Beban	16
2-10. Rangkaian Diagram Vektor Alternator Berbeban	17
2-11. Rangkaian penyearah Alternator.....	18
2-12. Sistem SCADA	19
2-13. Model Generasi Pertama SCADA	28
2-14. Model Generasi Kedua SCADA	28
2-15. Model Generasi Ketiga SCADA	29
2-16. Gambar dasar terminal input output OP-AMP	30
2-17. rangkaian ekivalen LM324	30
2-18. kemasan mini 8- lead	31
2-19. Rangkain penguat Tegangan.....	32
2-20. LED Infrared.....	34

2-21. Photo dioda	35
2-22. Rangkaian dasar optp coupler	37
3-1. Diagram sistem PLTMH ITN Malang	39
3-2. Diagram Alir PLTMH ITN Malang	42
3-3. Diagram Sistem SCADA pada PLTMH ITN MALANG	43
3-4. Rangkaian Detektor Tegangan AC	44
3-5. Rangkaian Detektor Arus	45
3-6. Rangkaian Sensor Putaran	47
3-7. Rangkaian Pengendali	48
3-8. Detektor Tegangan DC	49
3-9. Sensor Frekuensi	50
3-10. Software Labview 7.1	51
3-11 Labjack DAQ UI2	53
4-1. Tampilan front panel Program Labview	56
4-2. Tampilan Block Diagram Program Labview	57
4-3. Perangkat Keras sistem SCADA	58
4-4. Detektor Tegangan AC	59
4-5. sekema pengukuran detektor tegangan AC	60
4-6. detektor Arus	61
4-7. sekema pengukuran detektor Arus	62
4-8. rangkaian pengendali	63
4-9. sekema pengukuran rangkaian pengendali	64

4-10. Sensor Putaran.....	65
4-11. sekema pengukuran sensor putaran.....	66
4-12. Detektor Tegangan DC	67
4-13. Sekema pengukuran detektor tegangan DC.....	68
4-14. Sensor Frekuensi	69
4-15. sekema pengukuran sensor frekuensi.....	70
4-16. Tampilan Front panel program labview pada sistem SCADA di PLTMH ITN Malang	72
4-17. perrangkat keras sistem SCADA di PLTMH ITN MALANG	73

Daftar Tabel

Tabel 1. hasil pengukuran detektor tegangan AC	60
Tabel 2. Hasil pengukuran detektor arus.....	62
Table 3. hasil pengukuran rangkaian pengendali	65
Table 4. hasil pengukuran sensor putran	66
Table 5. hasil pengukuran detektor tegangan dc	68
Table 6. hasil pengukuran sensor frekuensi	70
Table 7. hasil pengukuran pada PLTMH ITN Malang	74
Table 8. hasil perhitungan pada PLTMH ITN Malang	76

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem tenaga listrik terdiri atas sejumlah unit-unit pembangkit yang letaknya terpisah dan dihubungkan satu sama lainnya dalam melayani beban pada daerah pelayanan melalui sistem jaringan tenaga listrik yang terinterkoneksi. Stasiun pembangkit umumnya terdiri lebih dari satu unit pembangkit, tergantung pada aspek teknis dan ekonomis setempat untuk mendukung pengoperasian yang optimal.

Pada laboratorium lapangan pembangkit listrik tenaga mikrohidro jurusan Teknik Mesin S-1 Institut Teknologi Nasional Malang terdapat sebuah turbin pelton yang akan dimanfaatkan untuk melengkapi sebuah pembangkit listrik mikrohidro yang selanjutnya disebut PLTMH ITN Malang. Penggunaan kincir angin untuk menghasilkan energi listrik mempunyai kendala yaitu, energi angin yang besarnya tidak tetap. Untuk mengatasi kendala tersebut, maka ada suatu pemikiran untuk memanfaatkan energi angin tersebut dengan cara memompa air ke sebuah tandon air yang terletak di suatu ketinggian. Dengan demikian air ditampung terlebih dulu dalam tandon tersebut, yang dinamakan tandon atas, untuk selanjutnya dialirkan ke turbin air yang menjalankan generator listrik sesuai dengan kebutuhan beban. Namun, karena sistem bagian depan (*front end*) : pompa – kincir angin belum direalisasikan, maka dalam skripsi ini hanya akan di bahas sistem bagian belakang (*rear end*) : tandon – turbin – Alternator – beban – SCADA, yang terbagi atas 3 pokok bahasan, yaitu :

- a. Perancangan dan pembuatan AVR (*Automatic Voltage Regulator*).
- b. Perancangan dan pembuatan Inverter.
- c. Perencanaan dan penerapan SCADA.

Dalam skripsi ini dibahas tentang perencanaan dan pembuatan sistem SCADA pada PLTMH ITN Malang.

Fungsi sistem *Supervisory Control And Data Acquisition* (SCADA) adalah :

- a. melakukan pengawasan atau monitoring (*Supervisory Control*) yang terpusat dari semua unit operasi atau sistem, sehingga diharapkan berjalan dalam keadaan senormal mungkin dalam jangka waktu yang lama.
- b. melakukan pengumpulan data secara terpadu dan terpusat (*Data Acquisition*) yang diperoleh dari semua informasi sistem tenaga listrik dari beberapa sensor atau *remote terminal unit* (RTU) ke pusat kendali.
- c. merubah data - data yang diterima menjadi data – data rekayasa serta menyimpannya sebagai *real time database*.

Sistem SCADA memberikan banyak manfaat pada sistem pembangkit listrik pada umumnya, antara lain :

- a. SCADA dapat membantu dalam mengatur kebutuhan dan permintaan konsumen secara *real time*.
 - b. Pada sistem SCADA diperlukan hanya sedikit operator yang berkualitas untuk mengendalikan dan memonitor keseluruhan sistem.
 - c. SCADA membantu dalam hal meningkatkan efisiensi manajemen.
-

- d. Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) ITN Malang SCADA juga memberikan manfaat antara lain, memberikan efisiensi dan kemudahan dalam hal memantau serta mengendalikan keseluruhan sistem dari jauh tanpa harus dari dekat .

Penerapan teknologi SCADA ini dapat pula digunakan untuk pendidikan aplikasi sistem kendali SCADA.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan mengacu pada uraian yang dikemukakan dalam latar belakang, timbul pertanyaan : Dapatkah sistem SCADA diterapkan pada PLTMH ITN Malang untuk mengontrol dan memonitor alat – alat yang ada pada sistem tersebut ? Sehubungan dengan hal itu, maka skripsi ini diberi judul :

**“PERENCANAAN DAN PEMBUATAN SISTEM SCADA PADA
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO DI
LABORATORIUM LAPANGAN JURUSAN TEKNIK MESIN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG”**

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari studi skripsi ini adalah merencanakan dan membuat sistem SCADA pada PLTMH ITN Malang, baik software maupun hardware.

1.4 Batasan Masalah

Dalam pembahasan masalah ini agar tidak terlalu luas perlu ditetapkan batasan masalah, sebagai berikut :

- 1) Merancang dan membuat mekanisme pengukuran tegangan pada beban, arus pada beban, dan saklar elektronik.
- 2) Membahas perangkat lunak yang mudah digunakan pada operator.
- 3) Sistem yang ditinjau adalah PLTMH ITN Malang.
- 4) Tidak membahas tentang pemompaan air dari tandon bawah ke tandon atas.
- 5) Membahas tentang peralatan penguat instrumentasi.

1.5 Metode Pembahasan

Metode pembahasan yang digunakan dalam skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Studi Literature : Referensi jurnal dan buku-buku pendukung dan lainnya
 2. Data : Pengambilan data yang sebenarnya di lapangan.
 3. Analisa data dilakukan dengan memasukkan data lapangan secara online dengan menggunakan software Lab 7.1
 4. Pengambilan kesimpulan dengan hasil Pengujian dan pengukuran.
-

1.6 Sistematika Pembahasan

Untuk mendapatkan arah yang tepat mengenai hal-hal yang akan dibahas maka skripsi ini di susun sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Meliputi Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan yang ingin dicapai, Batasan Masalah, Metodologi Penulisan dan Sistematika Penulisan, Kontribusi

BAB II : LANDASAN TEORI

Berisi tentang landasan teori PLTMH , SCADA, dan Komponen SCADA.

BAB III : PERENCANAAN DAN PEMBUATAN SISTEM SCADA PADA PLTMH ITN MALANG.

Berisi tentang perencanaan dan pembuatan SCADA.

BAB IV : ANALISA SISTEM SCADA PADA PLTMH IITN MALANG

Berisi tentang analisa dan evaluasi unjuk kerja SCADA yang dibuat.

BAB V : PENUTUP

Meliputi kesimpulan dan saran

1.7 Kontribusi

Sistem SCADA ini dapat diaplikasikan pada PLTMH yang terletak ditempat yang terpencil, tanpa memerlukan operator yang mengawasi setempat.

BAB II LANDASAN TEORI

2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

Mikrohidro adalah istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan energi air. Kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya (*resources*) penghasil listrik adalah memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu dari instalasi. Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya dari instalasi maka semakin besar energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik.

Biasanya Mikrohidro dibangun berdasarkan kenyataan bahwa adanya air yang mengalir di suatu daerah dengan kapasitas dan ketinggian yang memadai. Istilah kapasitas mengacu kepada jumlah volume aliran air persatuan waktu (*flow capacity*) sedangkan beda ketinggian daerah aliran sampai ke instalasi dikenal dengan istilah *head*. Mikrohidro juga dikenal sebagai *white resources* dan biasa dikatakan dengan sebutan "*energi putih*". Dikatakan demikian karena instalasi pembangkit listrik seperti ini menggunakan sumber daya yang telah disediakan oleh alam dan ramah lingkungan. Suatu kenyataan bahwa alam memiliki air terjun atau jenis lainnya yang menjadi tempat air mengalir. Dengan teknologi sekarang maka energi aliran air beserta energi perbedaan ketinggiannya dengan daerah tertentu (tempat instalasi akan dibangun) dapat diubah menjadi energi listrik.

2.1.1. Hidrologi

A. Debit sungai

Debit sungai merupakan data pokok untuk perencanaan pembangkit tenaga listrik dengan memanfaatkan tenaga potensial air, sehingga debit harus diukur secara teliti dan dalam waktu yang sepanjang mungkin. Pengukuran debit sungai didasarkan pada debit andalan yakni pengukuran aliran sungai sepanjang tahun sehingga diperoleh data statistik debit sungai maksimum maupun minimum.

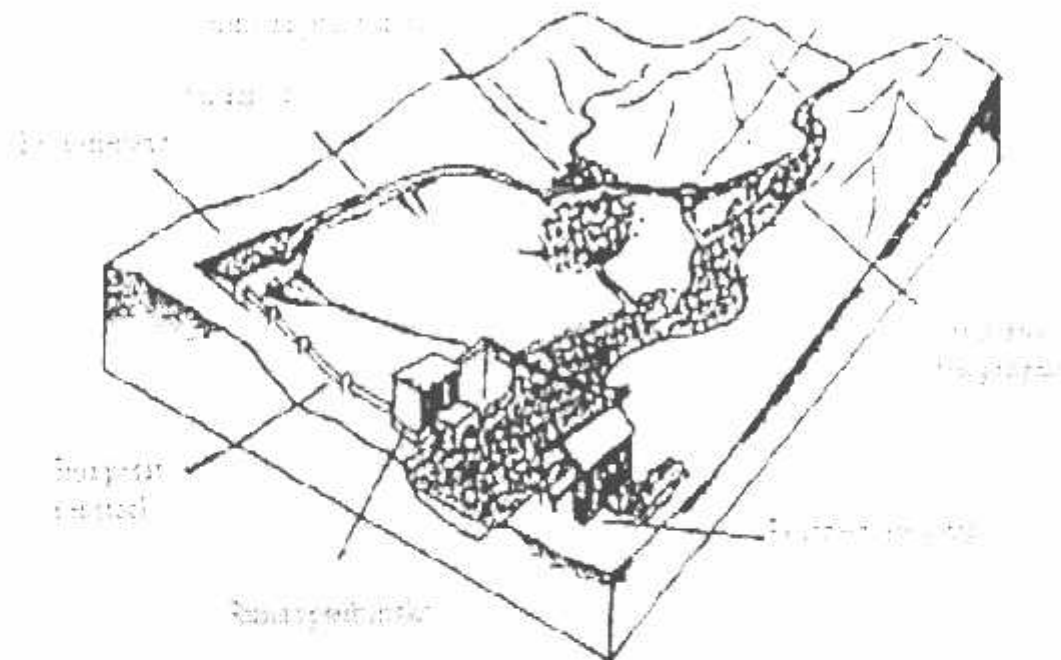
B. Debit andalan

Duration curve adalah suatu grafik yang memperlihatkan debit sungai selama beberapa waktu tertentu dalam satu tahun, debit ini terdapat didalam sungai. Debit minimum terdapat selama setahun penuh, sedangkan debit maksimum hanya terdapat selama beberapa jam. *Duration curve* digambarkan dari data-data debit, sekurang-kurangnya selama 10 tahun, agar dapat memberikan informasi yang bias digunakan.

Untuk menentukan besarnya debit sungai yang diharapkan dalam rangka merencanakan kapasitas turbin serta bangunan sipil lainnya yang diperlukan adalah suatu lengkung debit / *duration curve*, dari lengkung debit ini dapat diketahui sifat dari sungai tersebut, sehingga dapat diperkirakan besarnya debit andalan yang diharapkan.

2.1.2. Bangunan Sipil

Bangunan sipil yang direncanakan pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro meliputi : Bak penampung, *reservoir*, *penstock*, saluran tertutup antara bak penampung-*reservoir* dan *power house*.



Gambar 2-1. Komponen-komponen Besar dari sebuah Skema Mikro Hidro
(Sumber : www.mikrohidro.net)

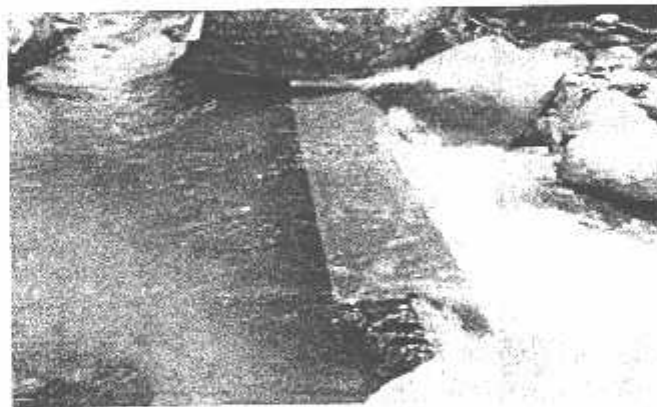
A. Bendung

Bendung adalah bangunan yang berfungsi untuk meninggikan elevasi muka air di sungai sehingga air dapat mengalir ke arah *intake* untuk selanjutnya dialirkan ke arah saluran pembawa khususnya pada musim kemarau. Bendung dilengkapi dengan pintu air penguras yang berfungsi mengendalikan jumlah air yang masuk ke dalam *intake* sekaligus sebagai pintu penguras untuk menggelontorkan endapan-endapan lumpur (*sendimen*) yang cepat atau lambat akan terkumpul di hulu bendung. Pada musim hujan khususnya musim banjir,

pintu bendung harus dalam keadaan terbuka agar tekanan yang menimpa badan bendung dapat dikurangi.

B. *Intake*

Intake adalah bangunan disisi kiri atau kanan bendung yang berfungsi untuk mengalirkan air ke saluran pembawa sesuai debit yang telah direncanakan. *Intake* dirancang agar selalu mampu mengalirkan air sesuai dengan debit perencanaan pada kondisi debit sungai yang bagaimanapun. Pada *intake* dilengkapi saringan kasar untuk mencegah sampah dan kayu-kayu besar masuk ke dalam saluran pembawa.



Gambar 2-2. *Intake* pada suatu Mikro Hidro

(Sumber : [www. Mikrohidro. Net](http://www.Mikrohidro.Net))

C. Saluran pembawa (*Headrace*)

Merupakan saluran yang berfungsi untuk mengalirkan air dari *intake* ke bak penenang sehingga pada bak penenang selalu akan diperoleh suplai air sesuai dengan debit yang telah direncanakan.

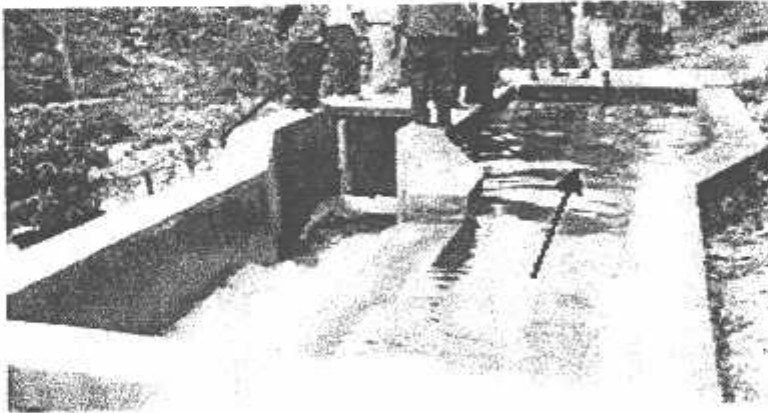


Gambar 2-3. Saluran pembawa

(Sumber : [www. Mikrohidro. Net](http://www.Mikrohidro.Net))

D. Bak Penenang (*Headtank*)

Bak penenang berfungsi untuk mengurangi kecepatan air yang masuk dari saluran, sehingga turbulensi air pada saat masuk ke dalam penstock berkurang untuk dapat membangkitkan daya yang optimal. Pada bak penenang dilengkapi dengan saringan (*trash rack*) dimaksudkan agar air yang masuk ke dalam turbin bebas dari benda-benda keras yang dapat merusak *runner* turbin.

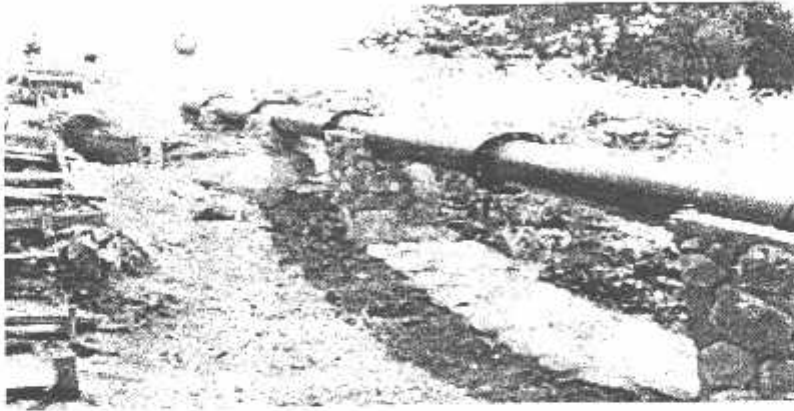


Gambar 2-4. Bak Penenang (*Headtank*)

(Sumber : [www. Mikrohidro. Net](http://www.Mikrohidro.Net))

E. Pipa Pesat (*penstock*)

Merupakan sebuah pipa yang menghubungkan antara bak penenang dan turbin yang berada di rumah pembangkit.



Gambar 2-5. Pipa Pesat (*penstock*)

(Sumber : [www. Mikrohidro. Net](http://www.Mikrohidro.Net))

F. Rumah Pembangkit (*Power House*)

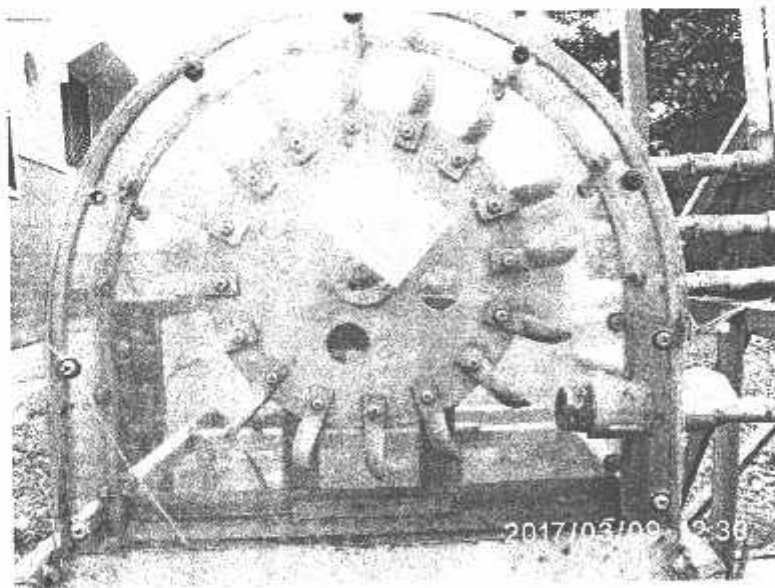
Rumah pembangkit (*Power House*) berfungsi untuk melindungi alat-alat pembangkit serta merupakan pusat kontrol dari sistem pembangkit. Diluar rumah pembangkit terdapat *ballast tank*. *Ballast tank* diisi dengan air untuk menyerap panas yang dihasilkan oleh *ballast load* (elemen pemanas air). Dibawah rumah pembangkit terdapat saluran buang (*tail race*) yang berfungsi untuk mengalirkan air kembali ke saluran setelah melalui turbin.

2.1.3. Turbin Pelton Mikro

Turbin Pelton mikro adalah suatu instalasi turbin pelton yang kapasitasnya jauh lebih kecil dari pada turbin Pelton yang digunakan pada pembangkit tenaga listrik dengan skala yang lebih besar. Mekanisme dasar dari turbin Pelton mikro

pada dasarnya sama dengan turbin pelton kapasitas besar. Pada turbin Pelton mikro terdapat kincir (*runner*) dan sudu, yang merupakan sebuah roda piringan yang dipasangi sudu-sudu berbentuk mangkok pada bagian keliling luar secara *uniform* (merata).

Karena sudu dipasang melingkar, maka sudu tersebut bergerak bersama-sama dengan kincir. Oleh sebab itu sudu tersebut disebut sudu gerak. Permukaan sudu dibuat halus dan rata. Untuk tinggi jatuh yang rendah sudu umumnya terbuat dari besi cor, tetapi untuk pemakaian tinggi jatuh yang tinggi, sudu dibuat dari *bronze* atau *stainless steel* atau paduan lainnya. Pemasangan sudu pada *runner* biasanya dilakukan dengan baut, tetapi terkadang sudu dan piringan dicor menjadi satu kesatuan, dengan anggapan seluruh sudu akan aus dalam waktu yang bersamaan. Berikut adalah contoh *runner* turbin Pelton :



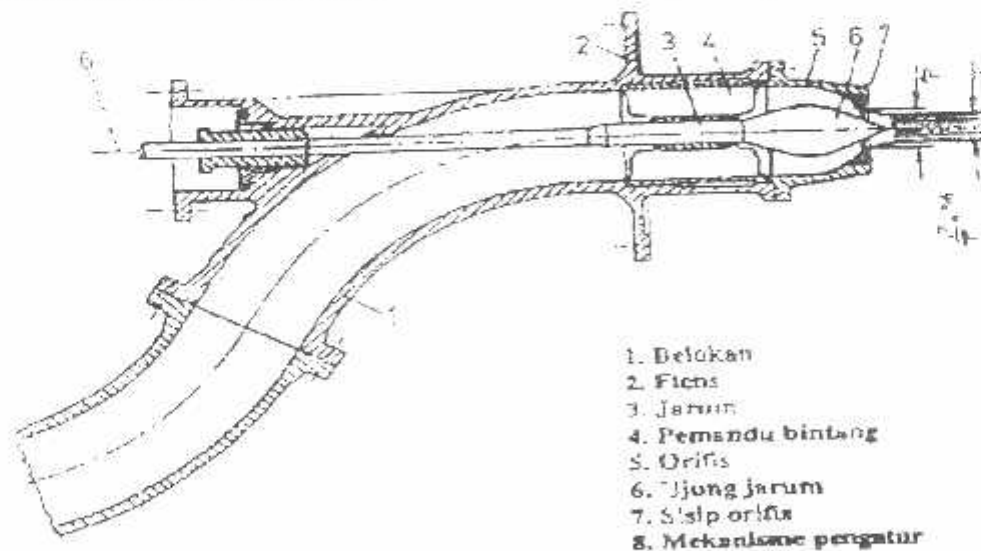
Gambar 2-6. Runner dari sebuah turbin Pelton

(Sumber :Foto Turbin Pelton Mikro di Lab. Pneumatic dan Hidrolic T. Mesin S-1 ITN Malang)

2.1.4. Nosel

Merupakan mekanisme pemancar air berbentuk lengkung yang mengarahkan air sesuai dengan arah aliran yang direncanakan dan mengatur aliran air. Aliran air dalam bentuk jet menumbuk *bucket* (mangkok). Sebuah jarum mekanis di bagian dalam nosel berfungsi untuk mengatur jumlah air yang dialirkan. Apabila jarum didorong ke arah nosel akan mengakibatkan jumlah air yang mengalir melalui nosel berkurang dan sebaliknya bila ditarik menjauhi nosel maka jumlah air yang mengalir melalui jet bertambah. Gerakan dari jarum diatur dengan tangan atau secara otomatis, sesuai dengan keperluan yang dikehendaki. Nosel diusahakan diletakkan sangat dekat dengan *bucket*, sebagai usaha untuk memperkecil kerugian akibat putaran.

Turbin Pelton mungkin dikonstruksi dengan nosel lebih dari sebuah. Pada poros mendatar dilengkapi satu atau dua buah nosel, sedang yang berporos tegak mempunyai sampai enam buah nosel. Untuk mencapai jumlah putaran tertentu.



1. Belokan
2. Flens
3. Jarum
4. Pemandu bintang
5. Orifis
6. Ujung jarum
7. Sisip orifis
8. Mekanisme pengatur

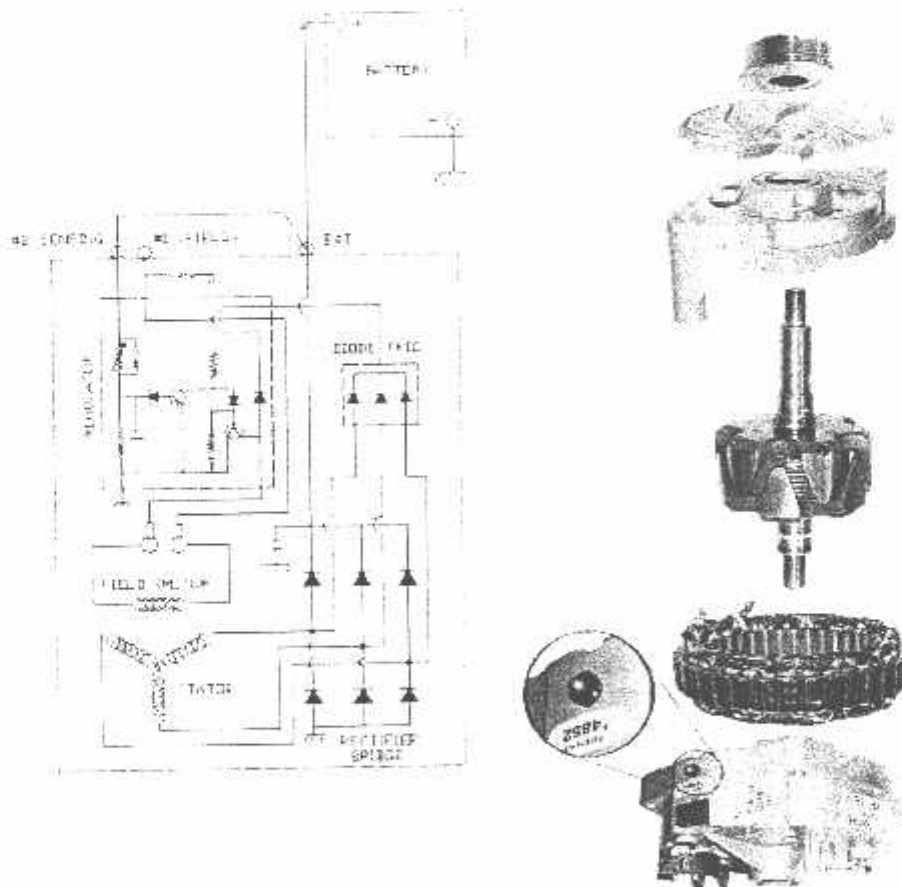
Gambar 2-7. Penampang Nosel

(Sumber : Markus Einsenring, M. Edi Sunarto, *Turbin Pelton Mikro*, hal 18)

2.1.5. Generator

2.1.5.1. Prinsip kerja Generator

Generator yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis Alternator, Alternator mempunyai kumparan jangkar pada stator dan kumparan medan pada rotor. Kumparan jangkarnya berbentuk sama dengan pada mesin induksi sedangkan kumparan medan alternator dapat berbentuk kutub sepatu (*salient*) atau kutub dengan celah udara sama rata (rotor silinder). Arus searah (d-c) untuk menghasilkan fluks pada kumparan medan dialirkan ke rotor melalui cincin.



Gambar 2-8. Rangkaian Alternator dan Bagiannya

2.1.5.2. Reaksi jangkar

Apabila alternator melayani beban, maka pada kumparan jangkar stator mengalir arus, dan arus ini menimbulkan fluks jangkar. Fluks jangkar yang ditimbulkan arus (ϕ_A) akan berinteraksi dengan yang dihasilkan kumparan medan rotor (ϕ_F), sehingga menghasilkan fluks resultante (ϕ_R).

$$\phi_R = \phi_F + \phi_A; \text{ jumlah secara vektor.}$$

Adanya interaksi ini dikenal sebagai reaksi jangkar.

2.1.5.3. Alternator tanpa beban

Dengan memutar alternator pada kecepatan nominal dan rotor diberi arus medan (I_f), tegangan (E_0) akan terinduksi pada kumparan jangkar stator.

$$E_0 = c.n.\phi$$

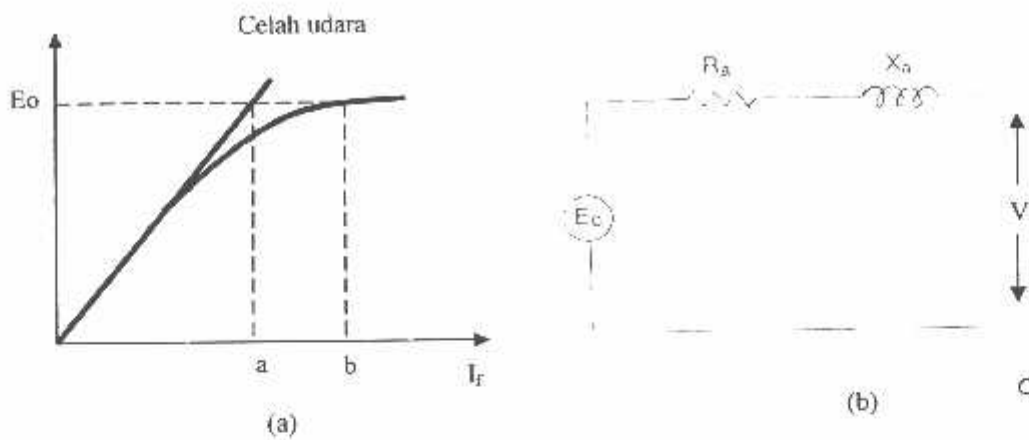
Dimana :

c = konstanta mesin

n = putaran nominal

ϕ = fluksi yang dihasilkan oleh I_f .

Dalam keadaan tanpa beban arus jangkar tidak mengalir pada stator, karenanya tidak terdapat pengaruh reaksi jangkar. Fluks hanya dihasilkan oleh arus medan (I_f). Apabila arus medan (I_f) diubah-ubah harganya, akan diperoleh harga E_0 seperti yang terlihat pada kurva pemagnetan gambar 2.5a di bawah. Pada celah udara kurva pemagnetan merupakan garis lurus.



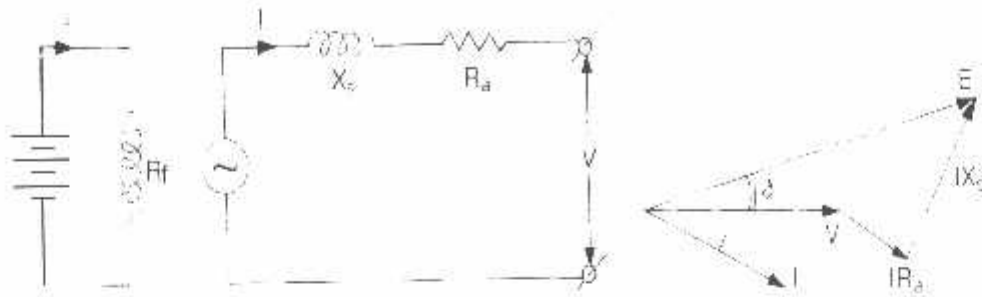
Gambar 2-9. Kurva pemagnetan alternator tanpa beban

Keterangan :
 ab – tambahan arus medan yang diperlukan untuk daerah jenuh
 R_a = tahanan stator
 X_a = Fluks bocor
 $E_o = V$ (keadaan tanpa beban)

(Sumber : Zuhul, *Dasar Tenaga Listrik*, hal 94)

2.1.5.4. Alternator berbeban

Dalam keadaan berbeban arus jangkar akan mengalir dan mengakibatkan terjadinya reaksi jangkar. Reaksi jangkar bersifat reaktif karena itu dinyatakan sebagai reaktansi dan disebut reaktansi pemagnet (X_m). reaktansi pemagnet (X_m) ini bersama-sama dengan reaktansi fluks bocor (X_a) dikenal sebagai reaktansi sinkron (X_s). Model rangkaian dan diagram vektor dari generator berbeban induktif (faktor kerja terbelakang) dapat dilihat pada gambar berikut.

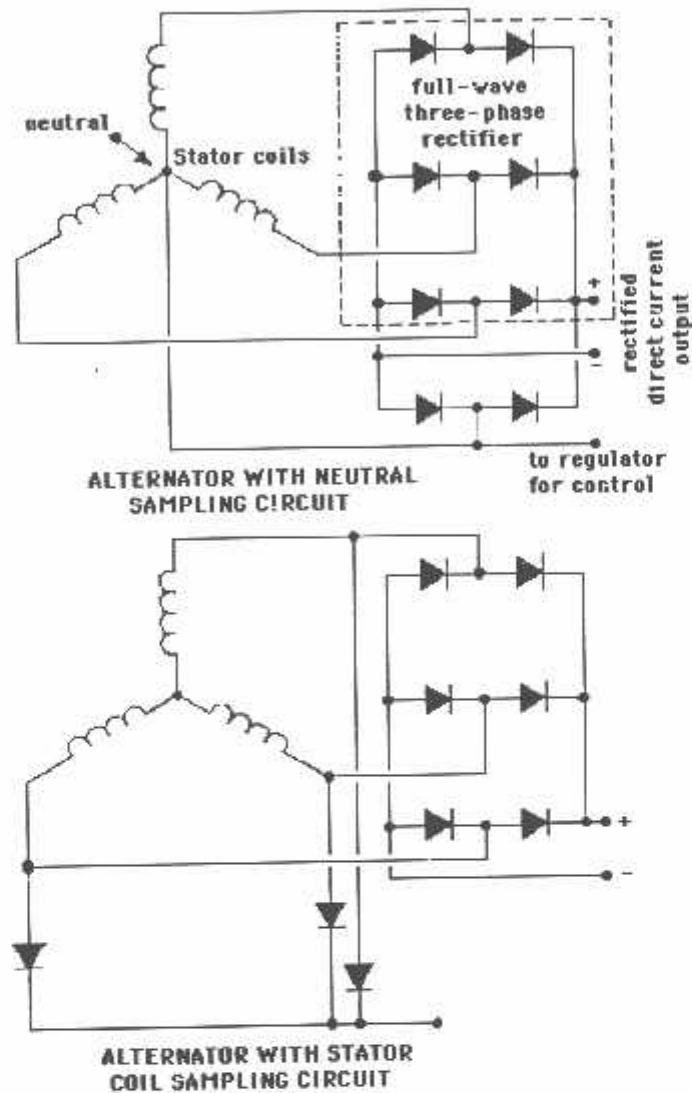


Gambar 2-10. Rangkaian dan diagram vektor alternator berbeban

(Sumber : Zuhdi, *Dasar Tenaga Listrik*, hal 95)

2.1.5.5. Rangkaian Penyearah Alternator

Pada dasarnya Alternator mobil mempunyai konstruksi dengan tiga buah kumparan medan dengan masing – masing bejarak 120 derajat, yang menghasilkan tegangan AC tiga fasa. Untuk menghasilkan tegangan DC maka di perlukan rangkaian penyearah tiga fasa, seperti pada gambar 2-11:



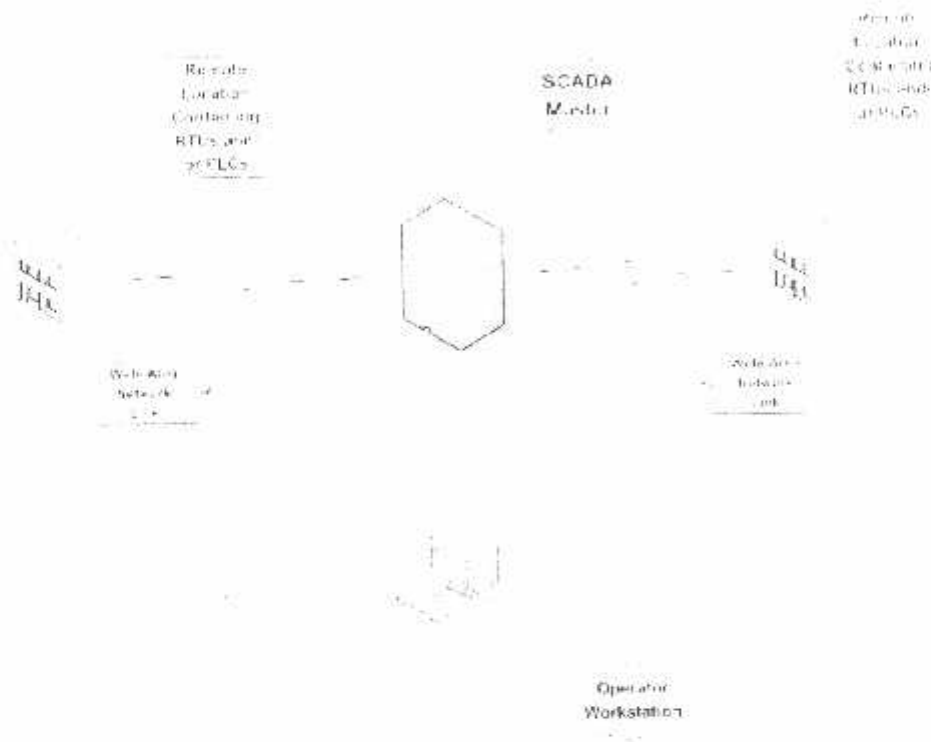
Gambar 2-11. Rangkaian penyearah alternator

(Sumber : <http://members.1stconnect.com/anozira/>)

2.2. Sistem SCADA PLTMH ITN Malang

Sistem *Supervisory Control And Data Acquisition* (SCADA) yaitu sistem kendali pengawasan atau monitoring (*Supervisory Control*) yang terpusat dari semua unit operasi atau sistem, dan sistem pengumpulan data secara terpadu serta terpusat (*Data Acquisition*) semua informasi sistem tenaga listrik yang diperoleh

dari beberapa sensor atau *remote terminal unit* (RTU) ke pusat kendali, kemudian merubah data - data yang diterima menjadi data - data rekayasa serta menyimpannya sebagai *real time database*.



Gambar 2-12 Sistem SCADA

(Sumber : TECHNICAL INFORMATION BULLETIN 04-1, hal 5)

Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) mempunyai fungsi – fungsi utama, sebagai berikut :

1. Akusisi Data, yaitu proses penerimaan data dari peralatan di lapangan.
2. Konversi Data, yaitu proses konversi data – data dari lapangan ke dalam format standar.

3. Pemrosesan Data, yaitu menganalisa data yang diterima untuk di laporkan kepada operator.
4. *Supervisory Control*, yang memungkinkan operator untuk melakukan pengendalian pada peralatan – peralatan dilapangan.
5. *Tagging*, yang memungkinkan operator untuk meletakkan informasi tertentu pada peralatan tertentu. Ini adalah sebagai alat bertukar informasi sesama operator / pemakai sistem SCADA.
6. Pemrosesan *Alarm* dan *event*, yang menginformasikan kepada operator apabila ada perubahan pada sistem.

2.2.1. Akuisisi Data

Fungsi akuisisi data adalah menerima data dari peralatan – peralatan di lapangan. Dan berkomunikasi dengan komputer *front end communication*. *Telecommunication front end computer* harus dapat melakukan komunikasi serentak dengan berbagai RTU dengan protocol yang berbeda. Terdapat beberapa jenis prosesi yang harus tersedia sebagai berikut :

- Permintaan operator

Fasilitas ini akan memungkinkan operator untuk mengeluarkan atau mengendalikan peralatan komunikasi dari sistem.

- Permintaan secara perodis

Sistem harus dimungkinkan untuk melakukan scan besaran – besaran analog atau data akumulator, percobaan penggantian *link*

telekomunikasi, sinkronisasi waktu RTU atau informasi – informasi tentang permintaan – permintaan *scanning*.

- Pesan – pesan pada *Telecommunication front end*

Sistem harus bisa mengendalikan berbagai pesan yang berbeda – beda yang menunjukkan adanya ke tidak sesuaian (*mismatch*) antara *server* SCADA dan *database telemetry front end* (TFE) atau kesalahan – kesalahan lainnya didalam jaringan telekomunikasi.

- Permintaan sinkronisasi RTU

Sistem harus mempunyai kemampuan untuk melakukan sinkronisasi *clock* RTU dari *control center*.

- *Communication equipment configuration*

Sistem harus mempunyai fasilitas mengeluarkan perangkat komunikasi keluar dari sistem dan fasilitas untuk mengembalikan jaringan komunikasi tersebut kembali menghubungkan sistem dengan RTU.

2.2.2. Konversi Data

Sistem SCADA harus mempunyai fungsi konversi data – data telemetri yang di terima dari T.F.E dan merubah data – data tersebut dalam bentuk format standar untuk di proses lebih lanjut. Tipe – tipe konversi data paling tidak harus tersedia adalah :

- Raw telemetered data

Data – data ini (*digital status point*, harga – harga analog dan harga – harga pulsa akumulator) diterima dari *telecommunication front end computer*.

- Pengukuran besaran – besaran analog

Bahan baku data – data analog yang diterima harus diubah menjadi data – data rekayasa dengan menggunakan translasi *linier* atau *non linier*.

- Pengukuran pulsa akumulator

Harga – harga pulsa akumulator harus disimpan sebagai *floating point value* dalam *database*. Konversi data jenis ini berbeda dengan konversi data analog biasa sebab data – data akumulator mengandung komponen data historis yang bukan hanya merupakan data hasil pembacaan.

- Status telemetering

Bit – bit masukan harus disimpan di dalam modul perangkat lunak fungsi konversi sebelum dilakukan data konversi yang sebenarnya.

2.2.3. Data Prosesing

Data Processing adalah analisa data yang telah dirubah dalam bentuk format standar dalam harga – harga batasnya. Data – data hasil pemrosesan akan dilengkapi dengan berbagai atribut yang tergantung dari hasil pengecekan yang dilakukan, atribut – atribut ini akan menentukan proses atau perhitungan yang lebih lanjut yang diperlukan.

Beberapa sumber data SCADA adalah sebagai berikut :

- Data – data telemetri.
- Data – data hasil perhitungan.
- Data – data manual.
- Data – data yang diperoleh dari *host external*.

Bila sumber normal tidak tersedia maka data – data tersebut dapat diperoleh dari dua sumber, sebagai berikut :

- Data – data yang dimasukkan secara normal.
- Data – data hasil perhitungan – perhitungan *estimator*.

2.2.4 Supervisi perintah kendali (*Supervisory control*)

Pada umumnya pengendalian sistem tenaga listrik jarak jauh terdiri atas tiga macam pengendalian sebagai berikut :

- a. Pengendalian buka – tutup perangkat pemutus daya, pemisah dan atau pengendalian start / stop generator
- b. Pengendalian perangkat regulator seperti menaikkan dan menurunkan posisi *tap changer*, pengaturan set point.
- c. Pengendalian yang dilakukan secara otomatis untuk keseragaman dan pengendalian perintah berurutan, misal merubah utilitas keseluruhan konfigurasi bus – bar, memasukan atau mengeluarkan suatu *bay* ke atau dari jaringan pelayanan.

Pengendalian sistem tenaga listrik harus dilakukan dengan hati – hati dan benar, setiap kesalahan kecil dapat menimbulkan persoalan yang bisa berbahaya dan membawa akibat fatal. Oleh karena itu sistem pengendalian harus dirancang dengan semua pertimbangan – pertimbangan secara hati – hati terhadap semua aspek sekuriti. Yang termasuk dalam pertimbangan sekuriti disini adalah semua aspek yang diperlukan selama suatu perintah kendali di proses mulai sistem dialog dengan *man – machine interface* hingga rancangan keluaran sinyal pengendalian sampai ke peralatan yang di kehendaki di gardu – gardu induk.

Dialog – dialog untuk melaksanakan suatu perintah kendali biasanya dilaksanakan dengan menggunakan sebuah layar tampilan atau *video display unit*. Pertama – tama operator memilih terminal tampilan dimana perangkat yang mau dikendalikan dapat diperagakan, misalnya tampilan perangkat yang merupakan bagian atau elemen pada gambar *single line diagram* atau tampilan – tampilan lainnya. Perangkat yang mau dikendalikan pada gambar *single line diagram*

tersebut disorot, kemudian diikuti dengan melakukan pemilihan jenis kendali yang mau dilaksanakan terhadap perangkat tersebut.

Tanggapan sistem terhadap permintaan tersebut akan dilakukan dengan mengadakan pemeriksaan apakah permintaan tersebut dapat dilakukan dari terminal yang dipilih. Permintaan operator tersebut kemudian akan dievaluasi dengan teliti mengenai validasinya terhadap parameter - parameter maupun referensi - referensi yang terdapat dalam sistem *database* dan terhadap status perangkat saat ini. Untuk lebih amannya maka disamping pengecekan *database* diatas sering pula dilakukan pengendalian dengan skema *select before operate* dimana perintah pilihan pengendalian dikirimkan ke perangkat control di gardu induk dimana dapat dilakukan pemeriksaan akhir yang hasilnya dikonfirmasi ke *control center* sebelum pada akhirnya perintah kendali yang sesungguhnya diteruskan ke perangkat yang dituju.

Setelah mendapat konfirmasi yang dapat dilihat oleh operator dengan informasi spesifik tertentu misalnya dari perubahan warna perangkat yang akan dikendalikan, maka operator dapat meneruskan pekerjaannya untuk meneruskan perintah kendali tutup atau buka melalui perangkat *remote terminal unit* gardu induk sampai perangkat yang ingin dikendalikan. Semua informasi mengenai perubahan status perangkat yang dikendali akan diperagakan pada daftar *event* yang terkait dimana dicatat waktu terjadinya perubahan, fungsi perubahan dan identifikasi lainnya. Dalam rancangan proses pengendalian diatas selalu diperlukan peluang dan fasilitas untuk memungkinkan operator dapat

membatalkan perintah kendali sesuai dengan kendala yang mungkin dihadapi dengan perintah *cancel*.

Proses penendalian diatas dibuat dengan memperhatikan waktu dengan pengertian suatu perintah yang belum berhasil dalam waktu yang ditentukan akan secara otomatis dibatalkan dengan memperagakan pesan *time out*.

2.2.5. Remote Terminal Unit (RTU)

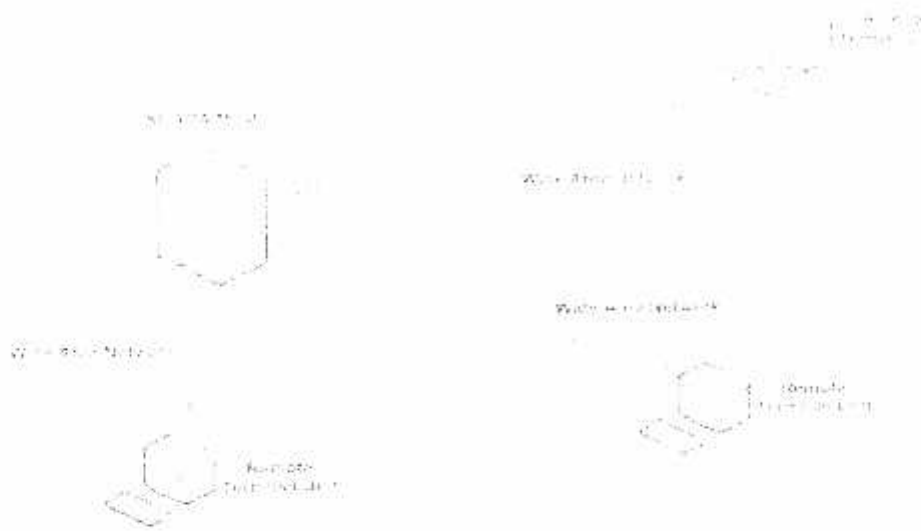
Remote terminal unit adalah salah satu komponen dari suatu sistem pengendalian tenaga listrik yang merupakan perangkat elektronik yang dapat diklasifikasikan sebagai perangkat cerdas. Biasanya ditempatkan di gardu – gardu induk maupun pusat – pusat pembangkit sebagai perangkat yang diperlukan oleh *control center* untuk mengakusisi data – data rangkaian proses untuk melakukan *remote control*, teleindeksi dan telemetering. Perangkat ini merupakan alat pendengar, melihat dan sebagai tangan dari pusat pengendalian. Ukurannya dapat terdiri dari suatu sistem dengan jumlah masukan – keluaran yang sangat kecil hingga ke sistem ukuran besar yang dapat dilengkapi dengan perangkat lunak mulai dari yang paling sederhana hingga ke sistem perangkat lunak yang kompleks.

Karena merupakan komponen yang sangat penting dalam sistem pengendalian maka RTU ini harus mempunyai tingkat keandalan dan ketepatan (akurasi) yang tinggi, yang tidak boleh terpengaruh oleh gangguan – gangguan, misalnya noise, guncangan tegangan catu, dsb.

Pada prinsipnya RTU mempunyai fungsi – fungsi dasar sebagai berikut :

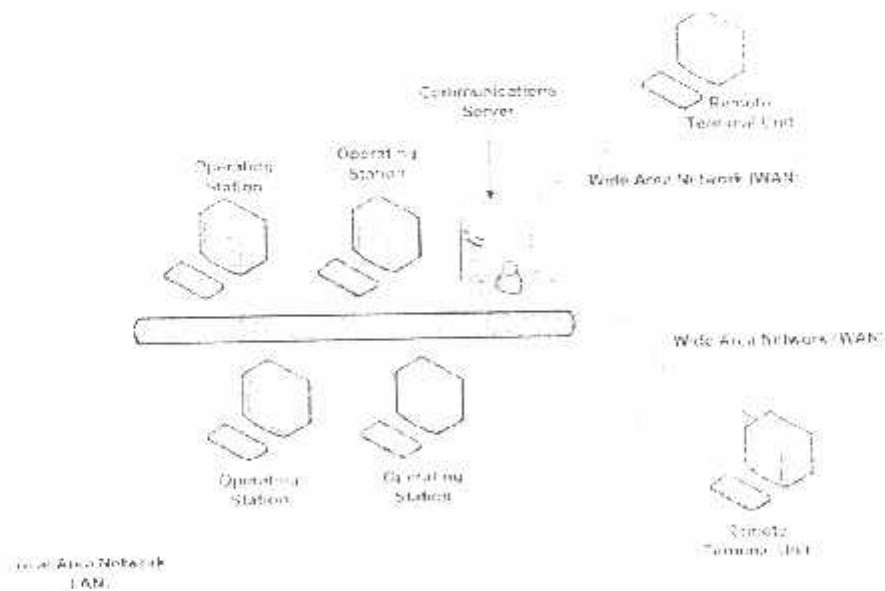
- a. Mengakuisisi data data analog maupun sinyal – sinyal indikasi.
- b. Melakukan control buka / tutup kontak, naik / turun setting atau fungsi – fungsi set point lainnya.
- c. Meneruskan hasil – hasil pengukuran (daya aktif, daya reaktif, frekuensi, arus, tegangan) dan sebagainya ke pusat pengendalian.
- d. Melakukan komunikasi dengan pusat pengendalian (*control center*).

Tergantung dari pabrik pembuat maka dalam praktek terdapat berbagai cara yang dapat ditempuh dalam merancang suatu *remote terminal unit*. Terdapat suatu sistem yang hanya terdiri dari beberapa modul input – output yang kadang disatukan dengan prosesor nya dalam satu modul terpadu yang disebut mikro – kontroler. Namun terdapat juga *remote terminal unit* yang terbentuk dari unit – unit prosesor yang saling terhubung satu sama lainnya dengan menggunakan sistem berorientasi bus. Sistem ini pada umumnya terdiri dari beberapa komponen perangkat keras seperti *central processing unit*, memori, perangkat antar muka input – output (I / O), perangkat antar muka telekomunikasi dan perangkat catu daya.



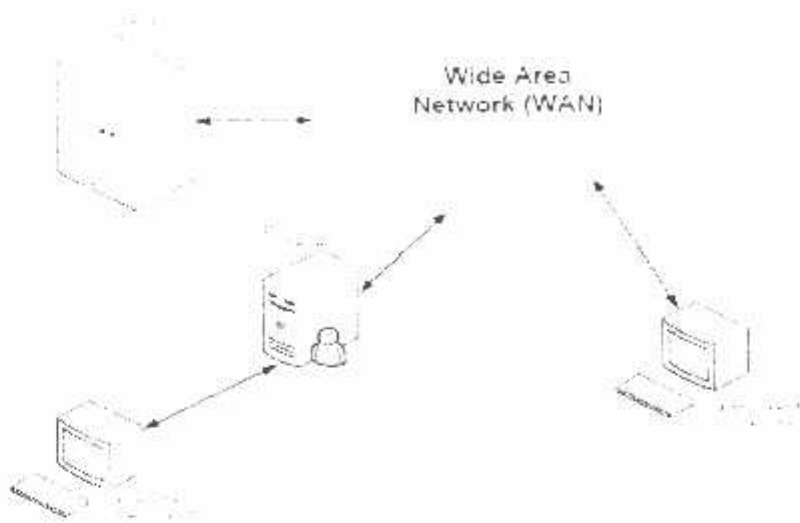
Gambar 2-13 Model Generasi Pertama SCADA

(Sumber : TECHNICAL INFORMATION BULLETIN 04-1, hal 11)



Gambar 2-14 Model Generasi Kedua SCADA

(Sumber : TECHNICAL INFORMATION BULLETIN 04-1, hal 12)



Gambar 2-15 Model Generasi Ketiga SCADA

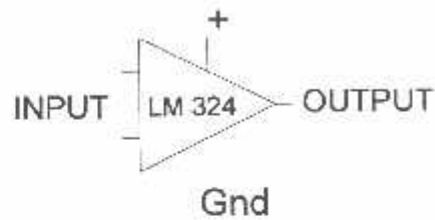
(Sumber : TECHNICAL INFORMATION BULLETIN 04-1, hal 13)

2.2.6. Operational Amplifier

Istilah penguat operasional (*operational amplifier*) mulai dipakai dalam lapangan computer analog, yaitu untuk mengerjakan operasi perhitungan. Dalam rangkaian-rangkaian penguat, sifat rangkaian tersebut ditentukan oleh *feedback* diluar penguat operasional mempunyai beberapa keuntungan, diantaranya, diantaranya ukurannya kecil, harganya murah, keandalannya tinggi, tegangan dan arus offsetnya kecil, tidak terlalu sensitive terhadap kenaikan temperature, dan banyak dijual dipasaran.

Pada gambar 2.15 memperlihatkan terminal-terminal dasar untuk input dari *Op-Amp* yang terdiri dari dua terminal input dan satu terminal output. Pada terminal input 1 merupakan terminal input *inverting* karena sinyal yang masuk

akan merubah polaritas pada outputnya. Sedangkan pada terminal input 2 merupakan terminal input *non-inverting* karena sinyal yang masuk tidak akan merubah polaritasnya pada outputnya.

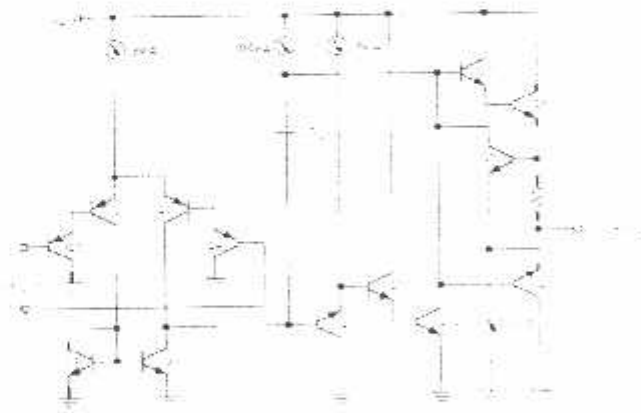


Gambar 2-16. Gambar Dasar Terminal Input Output Op – Amp

(Sumber : Philips Semiconductors)

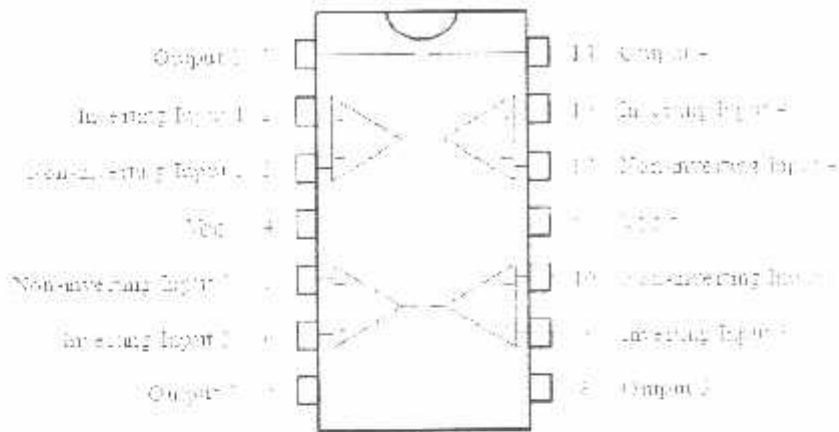
2.2.7. IC LM 324

IC LM 741 dikeluarkan dan dibuat oleh Philips Semiconductors. Ic ini banyak modelnya yang terbuat dari kemasan plastic antara lain bentuk Kaki laba-laba dan bentuk kotak. Skema rangkaian *Op-Amp* IC LM 324



Gambar 2-17. Rangkaian Ekivalaen LM324

(Sumber : Philips Semiconductors)



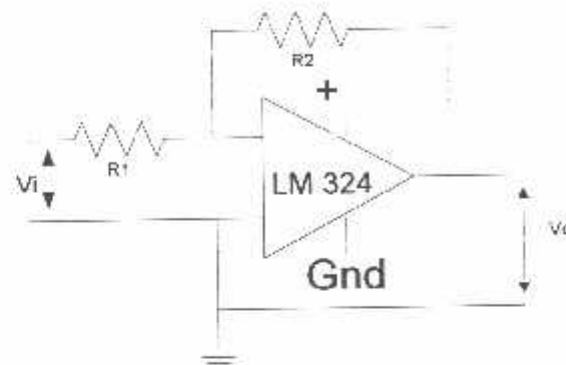
Gambar 2-18. Kemasan Mini 8 – Lead

(Sumber : Philips Semiconductors)

2.2.8. Rangkaian *Inverting Amplifier*.

Rangkaian dari gambar 2.14 adalah salah satu rangkaian Op-Amp yang banyak digunakan. Rangkaian ini disebut *inverting amplifier* karena sinyal input masuk ke terminal (-) Op-Ampnya yang menyebabkan pembalikan polaritas sinyal input. Rangkaian ini merupakan sebuah penguat yang gain untaiannya tertutupnya dari V_{input} ke V_{output} ditentukan R_2 dan R_1 yang dapat memperkuat sinyal AC atau DC. Untuk memahami kerja rangkaian ini kita buat dua penyederhanaan yang realistis yaitu:

1. Tegangan E_d antara masukan (+) dan (-) pada dasarnya nol.
2. Arus yang dialirkan oleh terminal masukan (+) atau (-) dapat diabaikan



Gambar 2-19. Rangkaian Penguat Tegangan

Sumber : Johnson, D. *Operational Amplifier Circuit : Design and Application*, Prentice-Hall inc. 1982. Hal 33

Dalam gambar 2.18 tegangan positif V_{in} diterapkan melalui tahanan masukan R_1 ke masukan (-) Op-Amp-nya. Umpan balik negatif dibuat oleh tahanan umpan balik R_2 . Tegangan antara masukan (+) dan (-) pada dasarnya sama dengan nol Volt. Karena ujung R_1 yang satunya ada di V_{in} , penurunan tegangan melalui R_1 adalah V_{in} . Arus yang melalui R_1 didapat dari hukum ohm, yaitu:

$$I = \frac{V_{in}}{R_1} \dots\dots\dots(3.1)$$

Seluruh arus masukan I mengalir melalui R_2 , karena jumlah yang dialirkan oleh terminal masukan (-) nya dapat diabaikan. Catat bahwa arus yang melalui R_2 ditentukan oleh R_1 dan V_{in} dan bukan oleh R_2 . Penurunan tegangan yang melalui R_2 adalah:

$$VR_2 = I.R_2 = \frac{V_{in}}{R_1}.R_2 \dots\dots\dots(3.2)$$

Sebagaimana terlihat pada gambar 2.18 satu ujung R_2 dan ujung out put Op-Amp telah dihubungkan. Tegangan dari hubungan ini ke ground adalah V_o . Ujung R_2 dan out put Op-Amp yang lain berada pada potensial ground. Karenanya V_o menyamai V_{R_2} (tegangan melalui R_2), memaksa ujung kanan R_2 menjadi negatif. Oleh sebab itu V_e menjadi negative bila V_{in} positif. Sekarang dengan menyamakan V_o dengan V_{R_2} dan menambahkan tanda minus untuk menandakan bahwa V_o menjadi negatif bila V_{in} positif maka persamaannya sebagai berikut:

$$V_o = -V_{in} \frac{R_2}{R_1} \dots\dots\dots(3.3)$$

sekarang dengan memasukkan definisi bahwa gain untai tertutup dari penguat tersebut sebagai ACL, persamannya menjadi:

$$ACL = \frac{V_o}{V_{in}} = - \frac{R_2}{R_1} \dots\dots\dots(3.4)$$

tanda minus (-) dalam persamaan diatas memperlihatkan bahwa polaritas keluaran V_o terbalik terhadap V_{in} . Untuk alasan ini, rangkaian dari gambar 2-18 disebut *inverting amplifier*.

2.2.9. Light Emithing Dioda (LED) Infrared

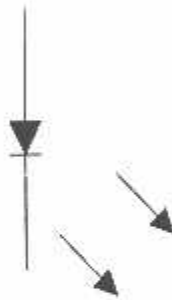
LED *infrared* adalah dioda semikonduktor khusus yang dirancang untuk memancarkan cahaya apa bila arus melaluinya. Apa bila diberi bias maju, electron mengalir melewati tahanan dan langsung diubah menjadi energi cahaya.

Pada saat dialiri arus *forward*, elektron dari pita konduksi melewati *junction* dan jatuh ke dalam *hole* pita valensi, sehingga elektron - elektron

tersebut memancarkan energi. Pada dioda, biasanya energi ini dipancarkan dalam bentuk panas, sedangkan LED *infrared* dipancarkan dalam bentuk cahaya.

LED *infrared* harus dioperasikan di dalam tegangan dan arus kerja tertentu untuk mencegah kerusakan, yaitu 1,5 – 2,2 Volt dan arus 20 – 30 m A. LED *infrared* dihubungkan seri dengan tahanan yang membatasi tegangan dan arus yang dikehendaki..

Keuntungan penggunaan LED *infrared* sebagai sumber cahaya dibandingkan dengan bola lampu biasa adalah penggunaan daya yang jauh lebih rendah. Berikut ini adalah gambar dari LED *infrared*.



Gambar 2-20. LED Infrared

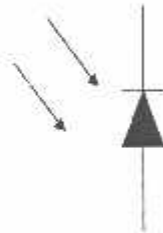
(Sumber : Albert Paul Malvino, Hanapi Gunawan, Prinsip – prinsip Elektronika, Erlangga, Jakarta, 1990)

2.2.10. Photo Dioda

Photodioda adalah dioda sambungan PN yang dirancang khusus untuk mendeteksi cahaya dan bekerja apabila di bias *reverse*.

Photodiode memiliki sifat ke balikan dari LED *infrared*. Jenis dioda ini akan mengalirkan arus *forward*, saat dikenai cahaya *infrared*. Kuat arus yang mengalir tergantung dari kuat cahaya *infrared* yang jatuh pada dioda tersebut.

Prinsip kerja dioda ini sama dengan phototransistor, hanya yang membedakan adalah kalau dioda tidak memiliki penguatan arus pada anodanya, sedangkan pada phototransistor memiliki penguatan arus pada kolektornya. Simbol photo dioda sama dengan LED *infrared*, hanya saja tanda panah masuk menuju dioda. Berikut ini adalah gambar dari photo dioda.



Gambar 2-21. Photo Dioda

(Sumber : Albert Paul Malvino, Hanapi Gunawan, Prinsip – prinsip Elektronika, Erlangga, Jakarta, 1990)

2.2.11. Scmitt Trigger 74LS14

Scmitt Trigger merupakan sebuah chip berlogika *inverter* yang terdiri dari 14 pin. Scmitt Trigger digunakan untuk membuat sinyal yang akan dihubungkan ke I \ O interface benar-benar sinyal kotak yang lebih baik lagi.

2.2.12. Optocoupler

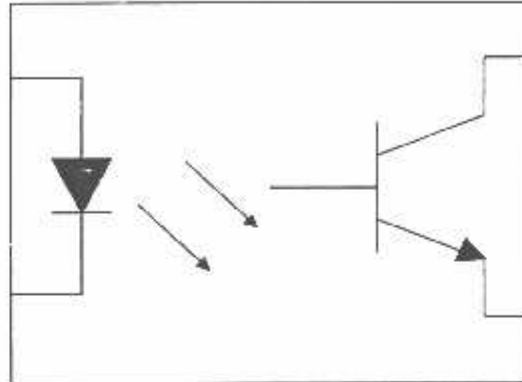
Optocoupler merupakan komponen penghubung (*coupling*) yang bekerja berdasarkan “picu” cahaya, yang akan bekerja bila ada cahaya sebagai tegangan bias, optocoupler berasal dari kata “*opto*” yang berarti cahaya dan “*coupler*” yang berarti *coupling* atau penghubung.

Optocoupler terdiri dari dua bagian, yaitu bagian *transmitter* (pemancar) dan bagian *receiver* (penerima). Bagian transmitter dari optocoupler terdiri dari LED *infrared* untuk memperoleh keluaran yang baik dari sinar atau cahaya yang tampak di banding menggunakan led biasa. Sedangkan, bagian *receiver* terdiri dari photo transistor yang akan bekerja bila mendapat cahaya atau sinar, cahaya menggantikan tegangan bias yang dibutuhkan transistor yang berasal dari LED *infrared*.

Optocoupler dapat digunakan sebagai :

- a. Pengisolasi level tegangan antara sisi transmitter dan receiver. Untuk hal ini, opto coupler di buat dalam bentuk solid tanpa ada ruang antara led (transmitter) dan photo transistor (receiver), sehingga sinar lewat tidak terhalangi.
 - b. Pendeteksi adanya penghalang antara *transmitter* dan *receiver*. Untuk hal ini, bagian optocoupler antara led dengan photo dioda diberi ruang uji untuk penghalang. Bila cahaya led terhalang , maka photo dioda tidak bekerja atau *off*, karena tidak mendapat cahaya sebagai tegangan biasnya. Tetapi, jika ada cahaya atau sinar mengenai photo dioda maka akan bekerja atau *on*.
-

Berikut ini adalah gambar dari optocoupler.



Gambar 2-22. Rangkaian Dasar Optocoupler

(Sumber : Petruzella, Frank, D, *Elektronika Industri, Andi, Yogyakarta, 1996*)

2.2.13. Interface ke Personal Computer

2.2.13.1. Pengertian *Interfacing*

Interfacing disebut juga dengan antar muka, antar muka adalah suatu titik sambung antara dua alat yang tidak sama yang dapat menggunakan perangkat karakter yang berbeda bahkan dengan cara pengiriman yang berbeda. Pengubahan ini biasanya dilakukan melalui metode perangkat keras dan menggunakan prosedur yang sama dengan protocol yang juga membentuk bagian definisi antar muka.

Disisi lain, protocol merupakan seperangkat aturan (biasanya diwujudkan dalam perangkat lunak) yang mengatur antara mesin atau proses serupa dan memiliki fungsi yang sama meskipun antar muka memerlukan protocol agar dapat bekerja dengan benar. Perbedaan mendasar antara keduanya

adalah antar muka lebih mementingkan faktor operasional lokal dimana *protocol* sibuk sendiri dengan interaksi jarak jauh yaitu antara system basis jarak jauh.

2.2.13.2. Teknik *Interfacing*

Jika hendak menghubungkan piranti seperti card, motor listrik dan lainnya maka dibutuhkan rangkaian tambahan yang disebut dengan *interfacing* atau antar muka. Rangkaian ini berfungsi untuk menyesuaikan piranti *peripheral* dengan computer.

2.2.14. *Software*

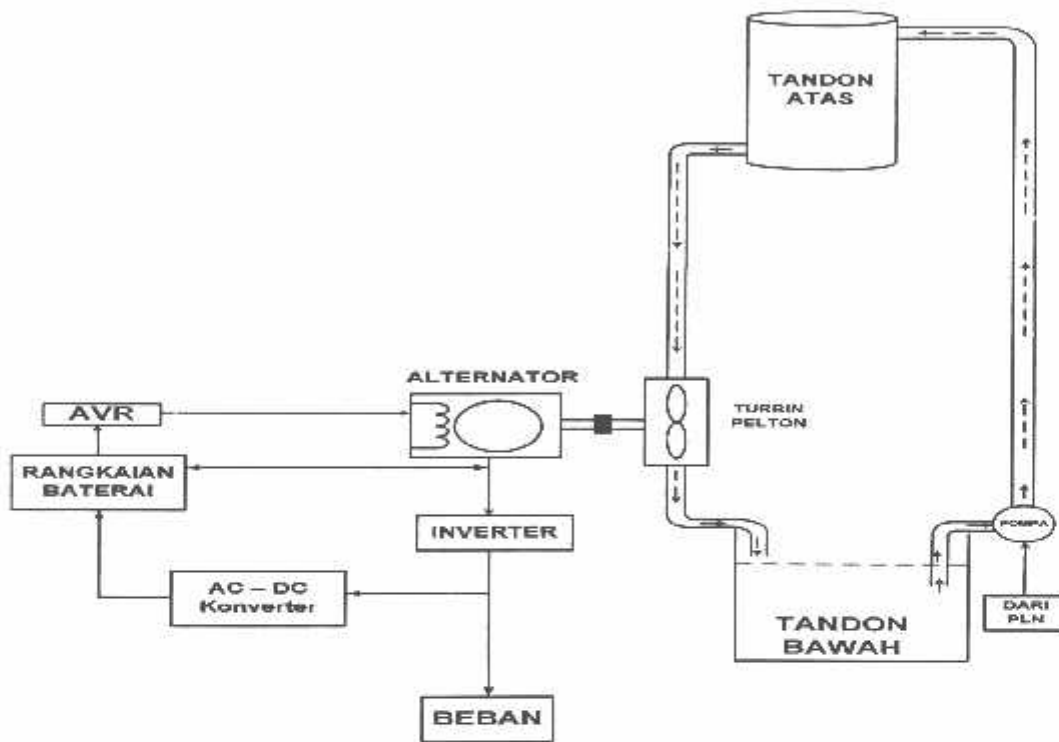
labview sebenarnya merupakan suatu bahasa program yang digunakan untuk menganalisa dan suatu instrument yang fleksibel yang ditampilkan dengan program grafis dan dapat digunakan untuk keperluan analisis dan presentasi. Yang secara luas labview mengadopsi seluruh bidang industri, akademik, dan laboratorium. Di dalam program labview instrument perangkat lunak dapat digunakan untuk mengendalikan data. Dengan menggunakan bahasa program grafis ini dapat digunakan suatu metode diagram blok yang disusun kedalam kode mesin. Program ini juga dapat digunakan sebagai monitoring mutu daya listrik dan simulasi perencanaan peralatan.

BAB III

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN SISTEM SCADA PADA PLTMH

ITN MALANG.

3.1. Sistem PLTMH ITN Malang.



Gambar 3-1 Diagram Sistem PLTMH ITN Malang

(sumber : Gambar Bagan PLTMH Lab. Produksi T. Mesin S-1 ITN Malang)

3.1.1. Data pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) ITN

Malang :

1. Generator

- Type : Alternator mobil
- Daya : Max 450 Watt
- Tegangan : + 12 Volt – DC

- Putaran : 1500 rpm

2. Inverter

- Daya : Max 300 Watt
- Tegangan
 - Input : + 12 Volt – DC
 - Output : 220 Volt - AC
- Frekuensi : 50 Hz

3. Turbin

- Type : Turbin Mini Pelton.
- Daya : 77,479 Watt
- Putaran : 364 rpm
- Jumlah Sudu : 16

4. Tinggi jatuh air : 11 meter

5. Debit Aliran Air : $0,000718 \frac{m^3}{det}$

3.1.2. Prinsip kerja PLTMH ITN Malang.

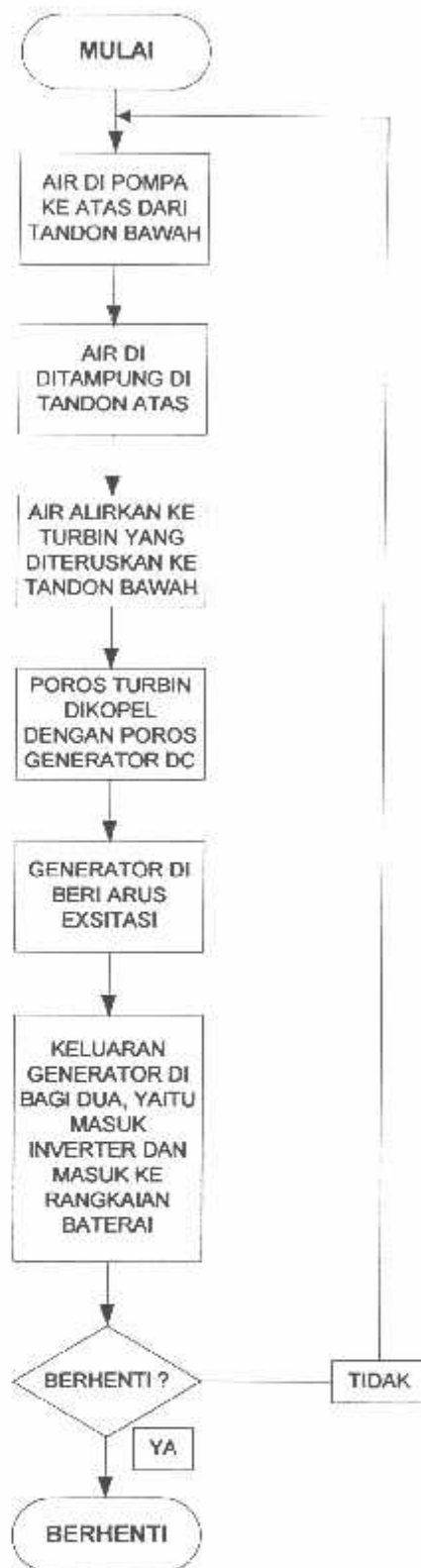
Pada dasarnya prinsip kerja dari keseluruhan sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro adalah sebagai berikut : air dari tandon atas dialirkan ke bawah melalui pipa, selanjutnya, air dimasukkan ke turbin air sehingga turbin berputar dan setelah itu air menuju tandon bawah. Air dari tandon bawah di pompa kembali ke tandon atas.

Poros turbin air dikopel dengan poros generator DC, sehingga pada saat turbin berputar maka generator juga ikut berputar, untuk menghasilkan energi

listrik generator diberi arus eksitasi yang berasal dari baterai, dan untuk menjaga kestabilan tegangan eksitasi yang masuk ke generator yang dipengaruhi oleh kebutuhan beban maka dipasang AVR (*Automatic Voltage Regulator*).

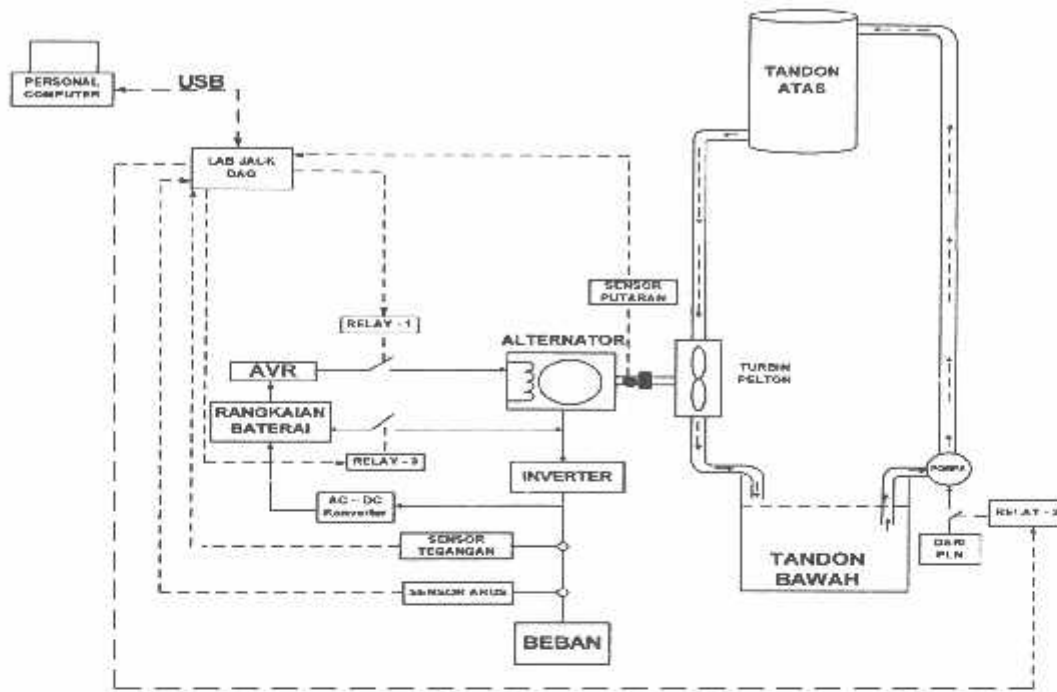
Setelah itu keluaran dari generator di paralel, yang satu dimasukkan ke baterai, yang bertujuan untuk menyimpan energi listrik dan selanjutnya dihubungkan dengan *inverter*. Sedangkan keluaran yang lainnya dihubungkan ke *inverter* guna untuk mengubah tegangan DC dihasilkan dari generator menjadi tegangan AC, setelah itu dihubungkan ke beban. (Seperti pada gambar 3.1).

3.1.3. Diagram Alir PLTMH ITN Malang



Gambar 3-2 Diagram Alir PLTMH ITN Malang

3.2. Sistem SCADA PLTMH ITN Malang



Gambar 3-3. Diagram Sistem SCADA PLTMH ITN Malang

(sumber : Gambar Bagan PLTMH Lab. Produksi T. Mesin S-1 ITN Malang)

3.2.1. Prinsip kerja Sistem SCADA Pada PLTMH ITN Malang.

Pada dasarnya prinsip kerja dari keseluruhan sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang menggunakan SCADA adalah sebagai berikut : air dari tandon atas dialirkan ke bawah melalui pipa, selanjutnya, air dimasukkan ke turbin air sehingga turbin berputar dan setelah itu air menuju tandon bawah. Air dari tandon bawah di pompa kembali ke tandon atas.

Poros turbin air dikopel dengan poros generator DC, sehingga pada saat turbin berputar maka generator juga ikut berputar, untuk menghasilkan energi listrik generator diberi arus eksitasi yang berasal dari baterai, dan untuk menjaga

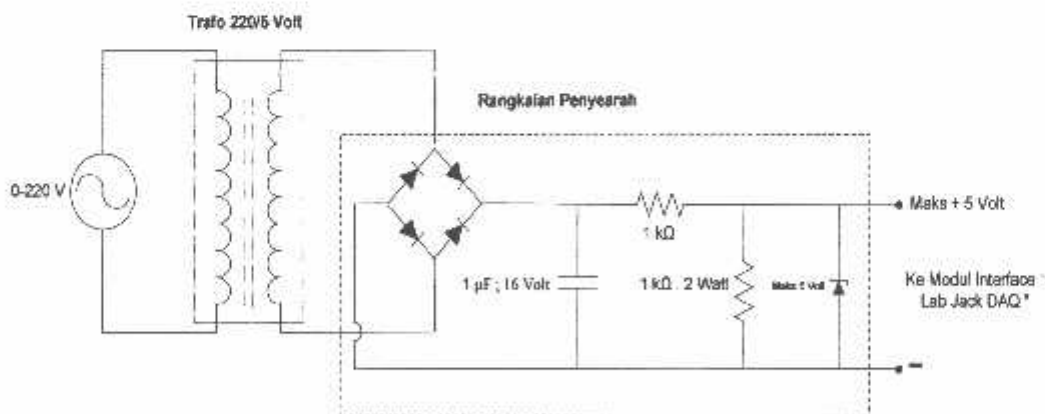
kestabilan tegangan eksitasi yang masuk ke generator yang dipengaruhi oleh kebutuhan beban maka dipasang AVR (*Automatic Voltage Regulator*).

Setelah itu keluaran dari generator di paralel, yang satu dimasukkan ke baterai, yang bertujuan untuk menyimpan energi listrik dan selanjutnya dihubungkan dengan *inverter*. Sedangkan keluaran yang lainnya dihubungkan ke *inverter* guna untuk mengubah tegangan DC dihasilkan dari generator menjadi tegangan AC, setelah itu dihubungkan ke beban.

Untuk mengetahui putaran generator, dipasang sebuah sensor putaran, serta untuk mengetahui besarnya tegangan dan arus yang masuk ke beban maka dipasang detektor tegangan dan arus dibelakang *inverter*. Sedangkan untuk menghidupkan atau mematikan arus eksitasi, beban, dan pompa dipasang saklar elektronik. Dimana terminal semua detektor dan saklar elektronik tersebut dihubungkan ke *LAB JACK DAQ* yang dihubungkan ke PC (*Personal Computer*) untuk di pantau di layar monitor melewati kabel USB (Seperti pada gambar 3.3).

3.3. Perencanaan Komponen Sistem SCADA

3.2.1. Detektor Tegangan AC.



Gambar 4. Rangkaian Detektor Tegangan

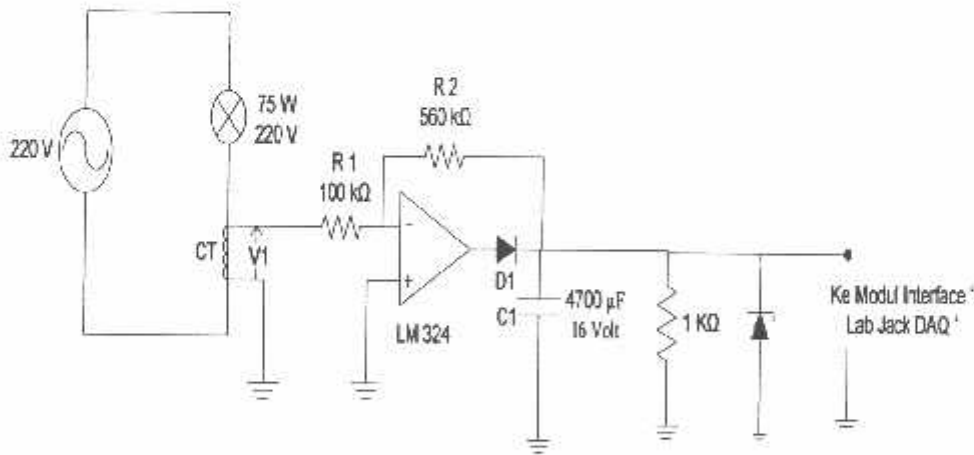
(sumber : Lab. Kendali Industri T. Elektro S-1 ITN Malang)

- a. Daftar Komponen :
- Tahanan ($R_1 = R_2$) : $1\text{ K}\Omega$, 2 Watt.
 - Kapistor : $1\ \mu\text{F}$, 16 Volt.
 - Dioda Zener : 5 Volt.
 - Trafomotor : 220 / 5 Volt , 2 A.
 - Dida Jembatan : 2 A.

b. Prinsip Kerja :

Tegangan 0 – 220 volt atau lebih diturunkan dengan menggunakan trafo tegangan sehingga menjadi 5 volt, setelah itu masuk ke rangkaian penyearah sehingga dihasilkan tegangan DC. Untuk mencegah tegangan tidak lebih dari +5 volt – DC maka didalam rangkaian penyearah dipasang dioda zener dengan maksimal tegangan 5 volt. Sehingga tegangan keluaran tidak lebih dari +5 volt – DC.

3.2.2. Detektor Arus.



Gambar 5. Rangkaian sensor arus

(sumber : Lab. Kendali Industri T. Elektro S-1 ITN Malang)

- a. Daftar Komponen :
- Tahanan 1 (R_1) : 100 K Ω .
 - Tahanan 2 (R_2) : 560 K Ω .
 - Tahanan 3 (R_3) : 1 K Ω .
 - Kapistor : 4700 μ F , 50 Volt.
 - Dioda Zener : 5 Volt.
 - Trafomator Arus : 100 / 5 A.
 - Dioda : 2 A.
 - IC LM 324

- b. Rumus Penguatan *Inverting* Pada IC LM 324 :

$$V_{out} = - V_{in} * Gain$$

$$Gain = \frac{R_2}{R_1} \times$$

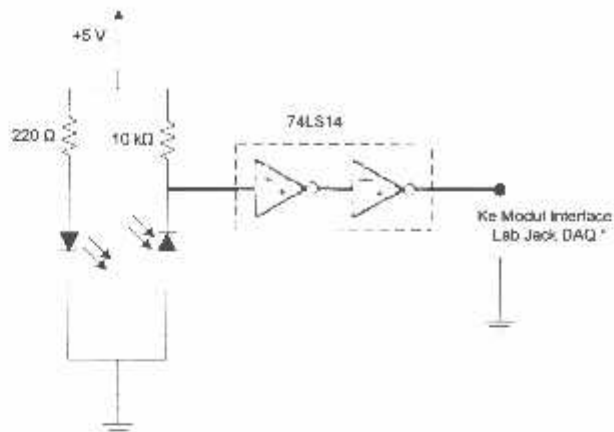
$$= \frac{560000}{100000} \times$$

$$= 5,6 \text{ kali}$$

- c. Prinsip Kerja :

Untuk mengetahui berapa arus yang mengalir pada beban maka dipasang sensor arus. Untuk sensor arus ini, dipasang Trafo arus dan menggunakan rangkaian Op – Amp Penyearah gelombang penuh (*Precision full-wave rectifiers*) dengan penguatan sama dengan 5.6 kali. Untuk mencegah tegangan tidak lebih dari +5 volt – DC maka didalam rangkaian tersebut dipasang dioda zener dengan maksimal tegangan 5 volt. Sehingga tegangan keluaran tidak lebih dari +5 volt – DC setelah itu dihubungkan dengan Labjack untuk diteruskan ke computer.

3.2.3. Sensor Putaran.



Gambar 6. Rangkaian Sensor Putaran

(sumber : Lab. Kendali Industri T. Elektro S-1 ITN Malang)

- a. Daftar Komponen :
- Tahanan 1 (R_1) : 10 K Ω .
 - Tahanan 2 (R_2) : 220 Ω .
 - Opto Interupter
 - IC LM 324

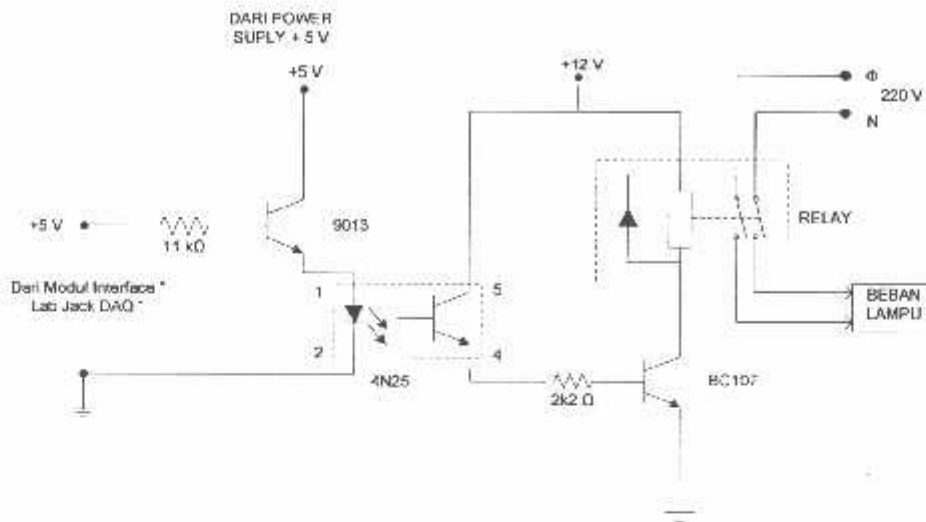
- b. Perhitungan konversi :

$$\text{rpm} = \text{Jumlah lubang} \times \text{Konstanta} \times \text{waktu sample}$$

- c. Prinsip Kerja :

Sensor ini digunakan untuk mendeteksi jumlah putaran per satuan waktu. Dengan lempeng lingkaran yang di lubangi, sensor ini akan menghasilkan pulsa high, jika sinar tidak terhalangi lempeng lingkaran dan akan low, jika sinar dihalangi oleh lempeng lingkaran. Untuk menghasilkan output yang benar – benar digital (kotak) maka keluaran ini masih dihubungkan dengan Schmitt trigger 74LS14, yang berfungsi membuat sinyal yang akan di hubungkan ke I / O interfacing benar – benar sinyal digital.

3.2.4. Saklar Elektronik



Gambar 7. Rangkaian Pengendali

(sumber : Lab. Kendali Industri T. Elektro S-1 ITN Malang)

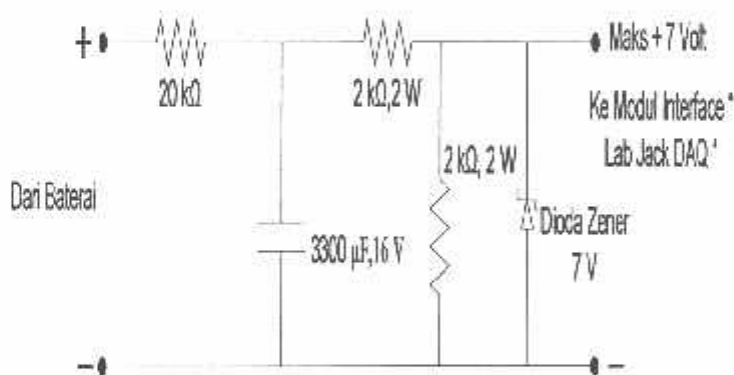
- a. Daftar Komponen :
- Tahanan 1 (R_1) : 11 K Ω .
 - Tahanan 2 (R_2) : 2 K 2 Ω .
 - Transistor 1 (Tr_1) : 9013.
 - Transistor 1 (Tr_1) : BC 107.
 - Opto Coupler : 4N25.
 - Relay : 12 V-DC.
 - Dioda : 6 A.

b. Prinsip Kerja :

Fungsi rangkaian pengendali adalah sebagai pengendali saklar elektronik yang secara otomatis akan terhubung dan terputus hubungannya melalui kontaktor sebuah relay yang bekerja secara elektro magnetis. Prinsip kerja rangkaian pengendali ini adalah jika ada sinyal yang berlogika 1 dari computer melalui port USB yang terhubung dengan Labjack, maka sinyal tersebut akan

membuat transistor menjadi on. Keadaan tersebut akan menyebabkan kumparan yang ada di dalam relay di lewati arus. Kondisi tersebut akan menyebabkan magnet kontaktor NO relay terhubung secara otomatis dan lampu akan menyala. Jika ada sinyal yang berlogika 0 dari computer melewati port USB yang terhubung dengan Labjack, maka sinyal tersebut akan menyebabkan transistor yang berarada di rangkaian pengendali menjadi berada dalam keadaan cut off sehingga transistor menjadi off. Kondisi off dari transistor ini akan membuat kumparan yang ada didalam relay tidak dilewati arus sehingga tidak ada energi elektromagnetis yang membuat kontaktor NO terhubung dengan sumber arus bolak – balik sehingga lampu padam.

3.2.5. Detektor Tegangan DC



Gambar 8. Detektor Tegangan DC

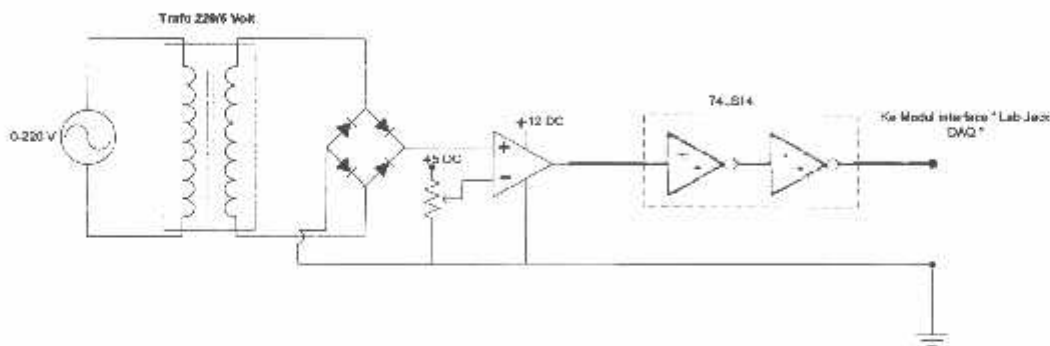
(sumber : *Lab. Kendali Industri T. Elektro S-1 ITN Malang*)

- a. Daftar Komponen :
- Tahanan 1 (R_1) : 20 K Ω .
 - Tahanan 2 (R_2) : 2 K Ω , 2 W
 - Tahanan 3 (R_3) : 2 K Ω , 2 W.
 - Elco : 3300 μ F, 16 V.
 - Dioda Zener : 5 V.

b. Prinsip Kerja :

Tegangan dari baterai diturunkan oleh tahanan 1 sebesar 20 k Ω . Setelah itu di stabilkan oleh elko, untuk membatasi tegangan yang masuk ke lab jack maka di beri dioda zener 7 v.

3.2.6. Sensor Frekuensi



Gambar 9. Sensor Frekuensi

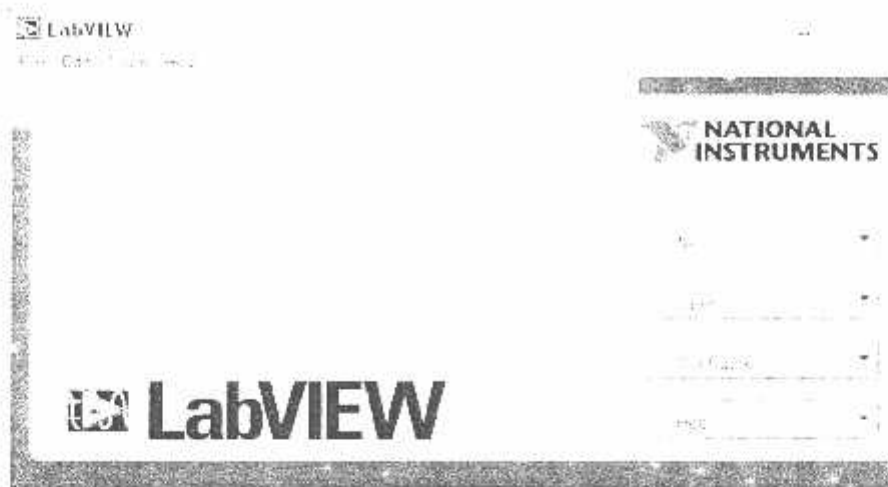
(sumber : Lab. Kendali Industri T. Elektro S-1 ITN Malang)

- a. Daftar Komponen :
- Tahanan 1 (R_1) : 100 K Ω variabel.
 - Dioda jembatan : 6 A
 - Ic Op-Amp : LM 324.
 - Schimit Triger : 74 LS14.

b. Prinsip Kerja :

Tegangan dari dioda jembatan masuk ke Kaki Input Positif Op-Amp, sedangkan input negative nya berasal dari tahanan Vraiabel ,sehingga keluaran Op-Amp akan berbentuk Gelombang kotak, Untuk membatasi besarnya tegangan keluaran maka dipasang schimit trigger.

3.2.7. Software



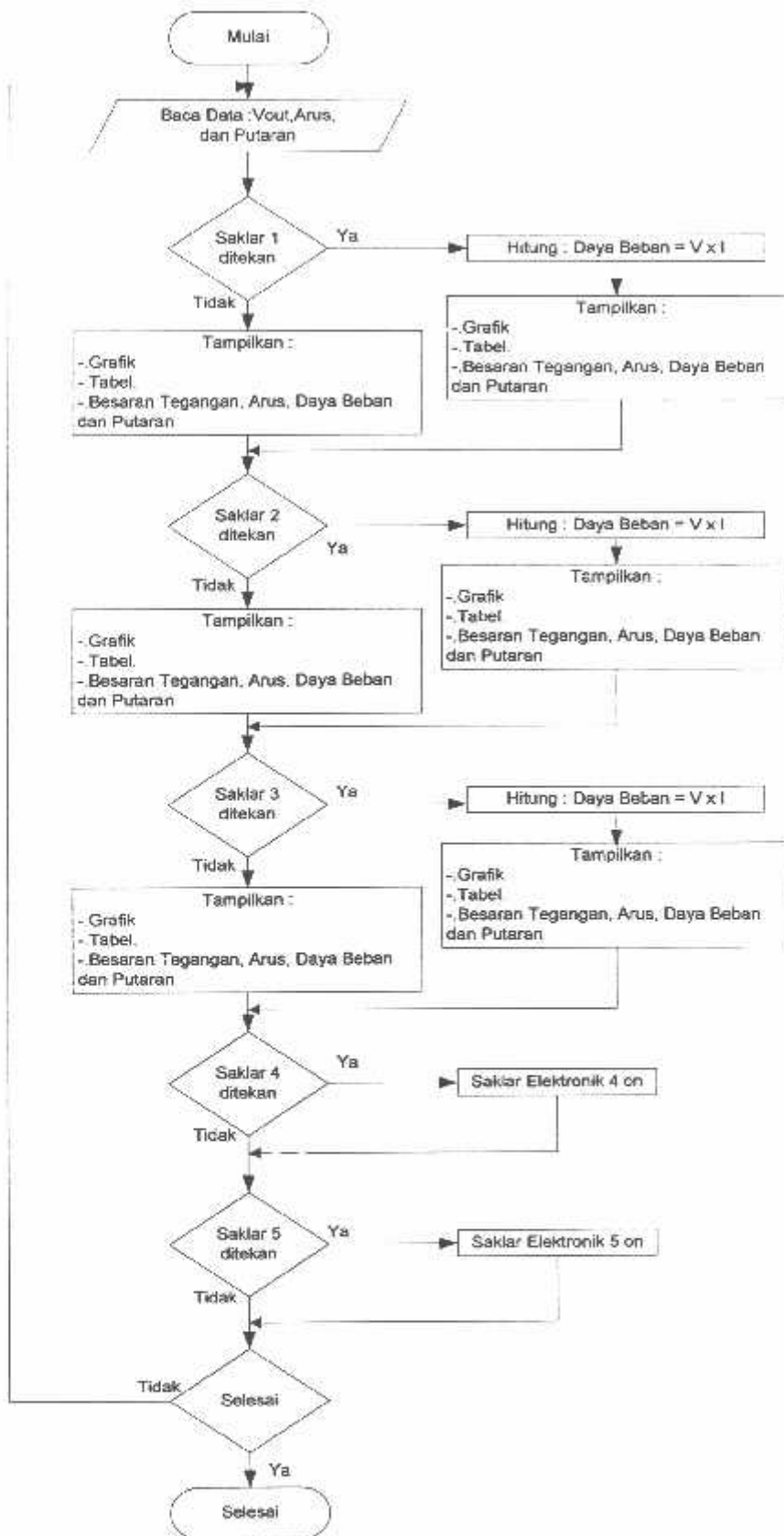
Gambar 10. Software LabVIEW 7.1

(sumber : Lab. Kendali Industri T. Elektro S-1 ITN Malang)

Dalam sistem ini digunakan software LabView. LabView merupakan sebuah bahasa pemrograman grafis yang tidak menggunakan teks untuk membuat suatu aplikasi melainkan dengan menggunakan icon – icon yang telah disediakan. Hal ini berbeda dengan pemrograman yang menggunakan bahasa program, dimana pada pemrograman yang menggunakan bahasa program instruksi yang menentukan eksekusi program. Sedangkan labview menggunakan pemrograman aliran data, dimana aliran data yang menentukan eksekusi dari program.

Data – data hasil dari program LabView tidak bisa langsung disimpan untuk setiap hasil pengukuran atau analisa, tetapi masih menggunakan suatu program bantu yaitu spreadsheet excel untuk menyimpan data sehingga dapat digunakan untuk menganalisa sistem tersebut.

Flowchart Program SCADA



3.2.7. Interfacing



Gambar 11. LabJack DAQ U12

(sumber : Lab. Kendali Industri T. Elektro S-1 ITN Malang)

Interfacing disebut juga dengan antar muka, antar muka merupakan suatu sambungan antara dua alat yang tidak sama yang dapat menggunakan perangkat dengan karakter maupun cara pengiriman yang berbeda.

Untuk interfacing kami menggunakan Labjack. Labjack merupakan suatu peralatan yang dapat digunakan sebagai penghubung antar peralatan yang langsung dapat dikoneksikan pada Personal Computer (PC). Tampilan luar dari labjack U12 adalah

- ⇒ Konektor USB.
- ⇒ DB25 konektor digital input – output
- ⇒ Status LED
- ⇒ 30 terminal sekrup

Kabel USB menyediakan power supply dan jalur komunikasi, jadi power supply dari luar tidak dibutuhkan lagi.

BAB IV

ANALISA SISTEM SCADA PADA PLTMH ITN MALANG

Pengujian alat meliputi pengujian perangkat keras dan perangkat lunak sistem. Pengujian dilakukan setiap bagian untuk mempermudah dalam menganalisis hasil dari perancangan dan pengujian yang telah dilakukan.

Bagian-bagian yang diuji adalah :

- a. Perangkat Lunak, antara lain :
 - Software Labview.
- b. Perangkat Keras, antara lain :
 - Detektor Tegangan AC.
 - Detektor Tegangan DC.
 - Detektor Arus.
 - Sensor Putaran.
 - Sensor Frekuensi.
 - Saklar Elektronik

Setelah semua pengujian yang dilakukan tidak mengalami masalah dan setiap blok dapat berfungsi dengan baik maka alat dapat dipergunakan.

4.1. Pengujian Dan Pengukuran Komponen Sistem SCADA

4.1.1. Pengujian Perangkat Lunak (*Software*) Sistem SCADA

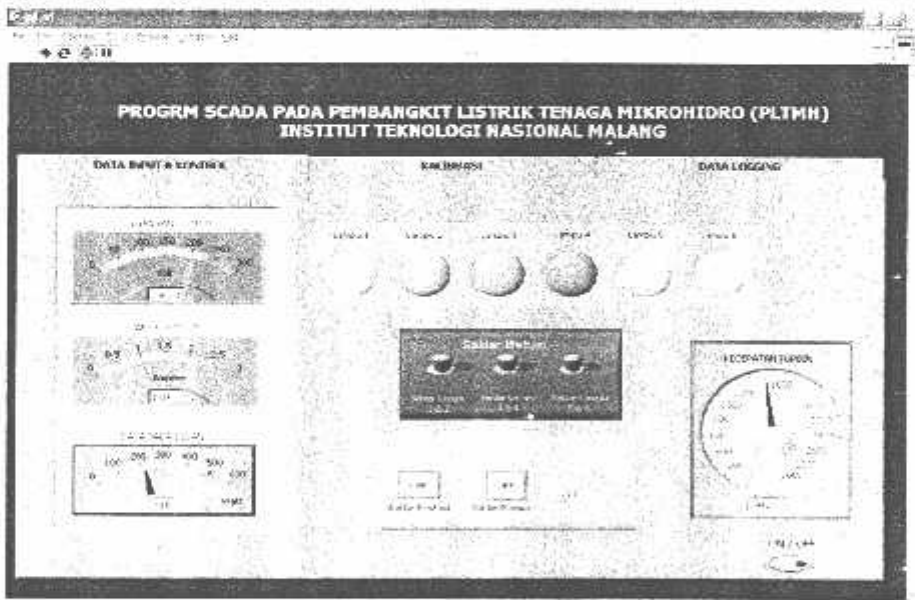
4.1.1.1. Tujuan

Untuk Mengetahui apakah Perangkat Lunak (*Software*) Sistem SCADA dapat berjalan dengan baik sesuai dengan apa yang telah diprogramkan pada pengujian.

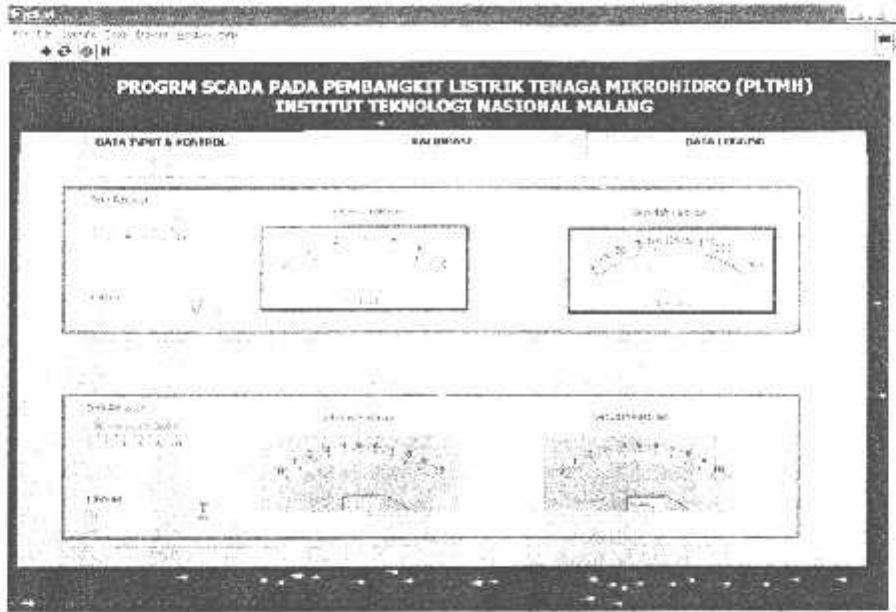
4.1.1.2. Peralatan yang digunakan

1. Satu set personal Komputer
2. Lab Jack DAQ U12
3. Perangkat Keras SCADA

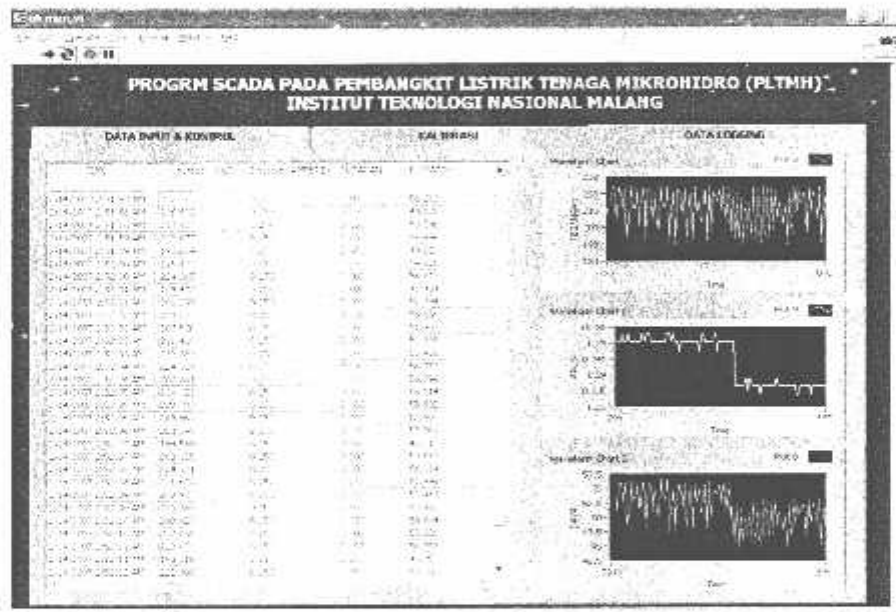
4.1.1.3. Tampilan *Front panel* Program Lab View



(a)



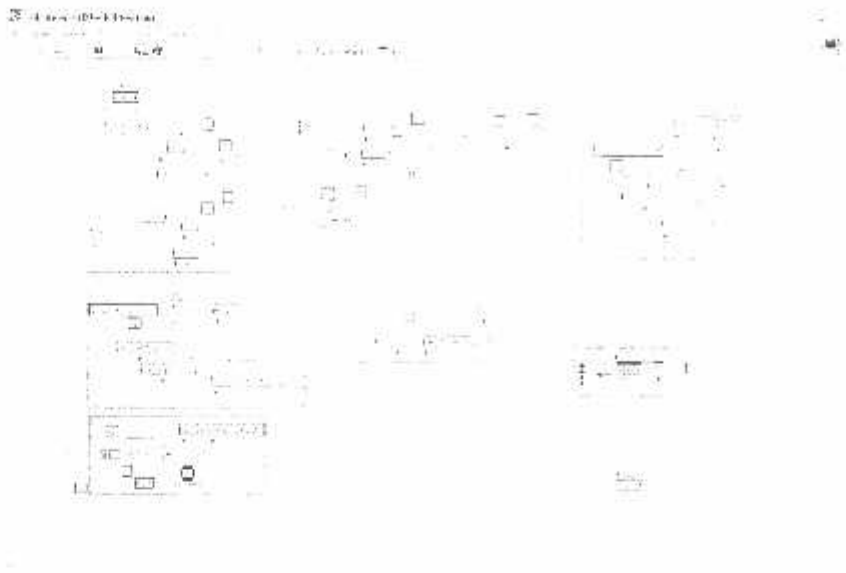
(b)



(c)

Gambar 4-1. Tampilan *Front Panel* Program Lab View

4.1.1.4. Tampilan *Block Diagram* Program Lab View



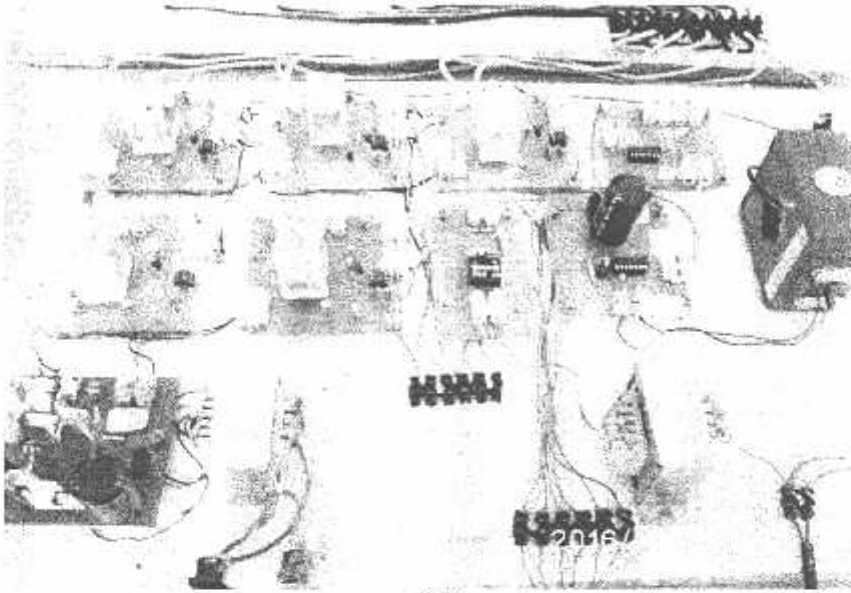
Gambar 4-2. Tampilan *Block diagram* Program Lab View

4.1.2 Pengujian Perangkat Keras (*Hardware*) Sistem SCADA

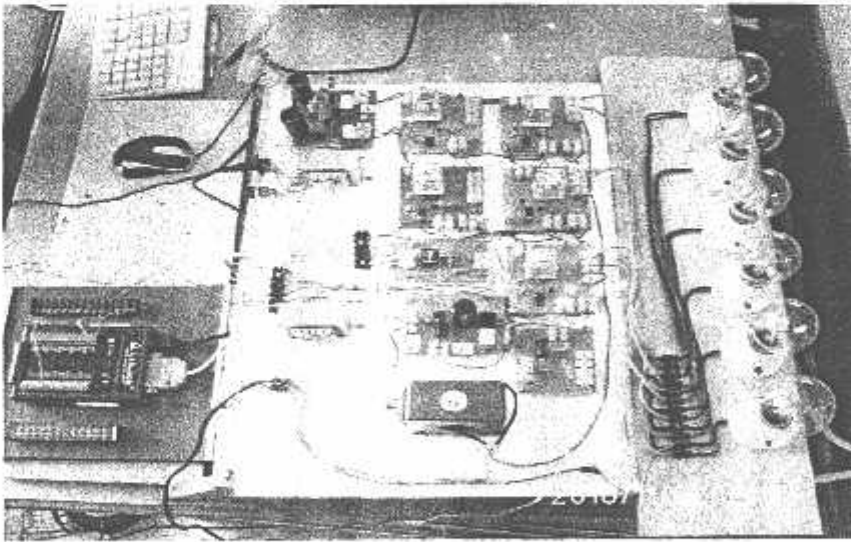
- Tujuan

Untuk Mengetahui apakah Perangkat Keras (*Hardware*) Sistem SCADA dapat bekerja dengan baik..

- Tampilan Perangkat Keras (*Hardware*) Sistem SCADA



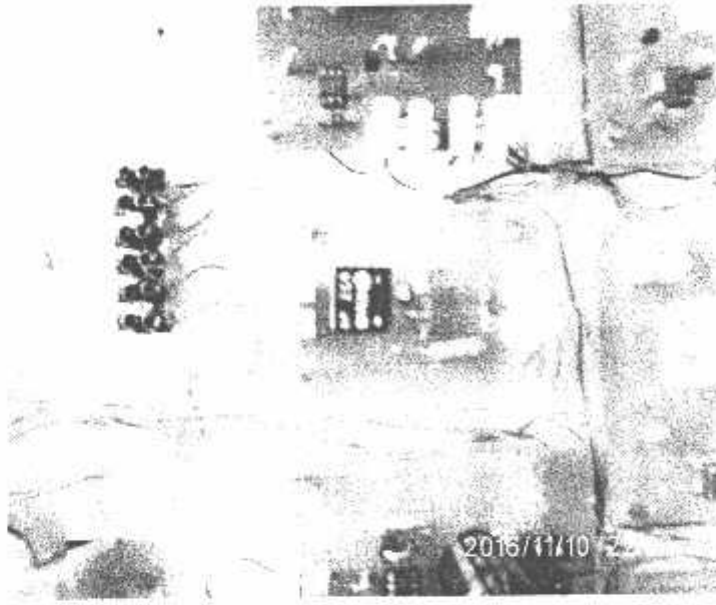
(a)



(b)

Gambar 4-3. Perangkat Keras Sistem SCADA

4.1.2.1. Pengukuran Dan Pengujian Detektor Tegangan AC.



Gambar 4-4. Detektor Tegangan AC

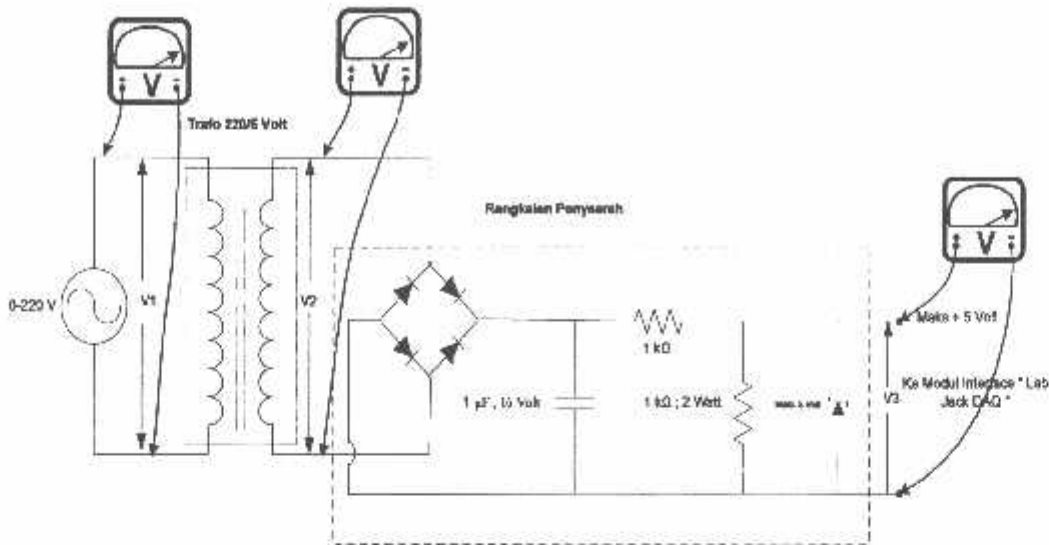
4.1.2.1.1. Tujuan

Untuk Mengetahui apakah Detektor tegangan dapat memantau tegangan keluaran dari inverter.

4.1.2.1.2. Peralatan yang digunakan

- a. Volt meter SANWA CD – 720 E, DIGITAL MULTIMETER.
- b. Rangkaian Detektor Tegangan AC.

4.1.2.1.3. Prosedur Pengujian



Gambar 4-5. Sekema Pengukuran Detektor Tegangan AC

1. Merangkai peralatan yang digunakan sesuai dengan gambar 4-5.
2. Pada sisi primer di beri tegangan 220 V
3. Mencatat hasil pengukuran yang terlihat pada alat ukur.

4.1.2.1.4. Hasil Pengukuran Dan Pengujian Detektor Tegangan AC

Tabel 1. Hasil Pengukuran V_1 (Volt) Pada Detektor Tegangan AC

Beban	Pengukuran 1	pengukuran 2	Pengukuran 3	Pengukuran 4	Pengukuran 5	Rata - Rata
Tanpa Beban	220	220	220	220	220	220
1-2	220	220	220	220	220	220
1-2,3-4	220	220	220	220	220	220
1-2,3-4,5-6	220	220	220	220	220	220

Keterangan :
 -. Beban 1-2 = Lampu 20 Watt
 -. Beban 1-2,3-4 = Lampu 40 Watt
 -. Beban 1-2,3-4,5-6 = Lampu 60 Watt

Tabel 2. Hasil Pengukuran V_2 (Volt) Pada Detektor Tegangan AC

Beban	Pengukuran 1	pengukuran 2	Pengukuran 3	Pengukuran 4	Pengukuran 5	Rata - Rata
Tanpa Beban	6.59	6.59	6.59	6.59	6.59	6.59
1-2	6.59	6.59	6.59	6.59	6.59	6.59
1-2,3-4	6.59	6.59	6.59	6.59	6.59	6.59
1-2,3-4,5-6	6.59	6.59	6.59	6.59	6.59	6.59

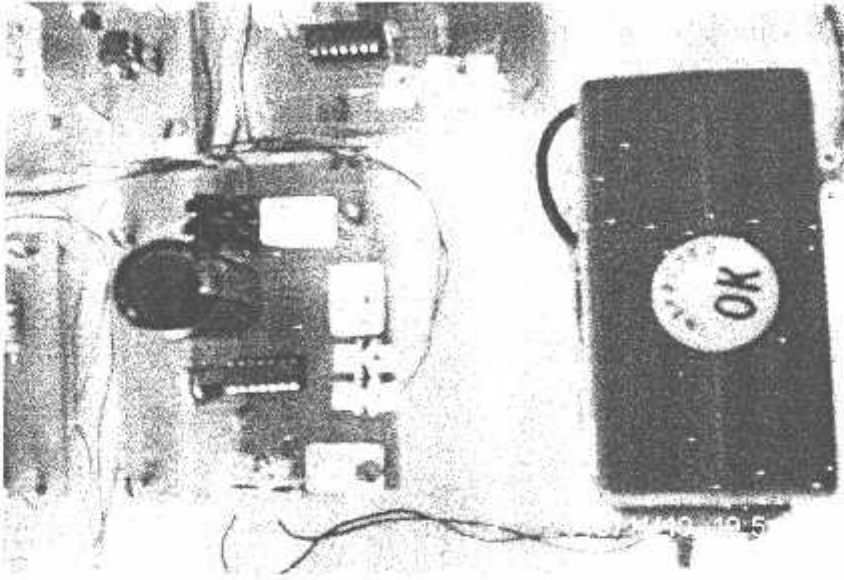
Keterangan : -. Beban 1-2 = Lampu 20 Watt
 -. Beban 1-2,3-4 = Lampu 40 Watt
 -. Beban 1-2,3-4,5-6 = Lampu 60 Watt

Tabel 3. Hasil Pengukuran V_3 (Volt) Pada Detektor Tegangan AC

Beban	Pengukuran 1	pengukuran 2	Pengukuran 3	Pengukuran 4	Pengukuran 5	Rata - Rata
Tanpa Beban	4.16	4.16	4.16	4.16	4.16	4.16
1-2	4.16	4.16	4.16	4.16	4.16	4.16
1-2,3-4	4.16	4.16	4.16	4.16	4.16	4.16
1-2,3-4,5-6	4.16	4.16	4.16	4.16	4.16	4.16

Keterangan : -. Beban 1-2 = Lampu 20 Watt
 -. Beban 1-2,3-4 = Lampu 40 Watt
 -. Beban 1-2,3-4,5-6 = Lampu 60 Watt

4.2.2.2. Pengukuran Dan Pengujian Detektor Arus.



Gambar 4-6. Detektor Arus

4.1.2.2.1. Tujuan

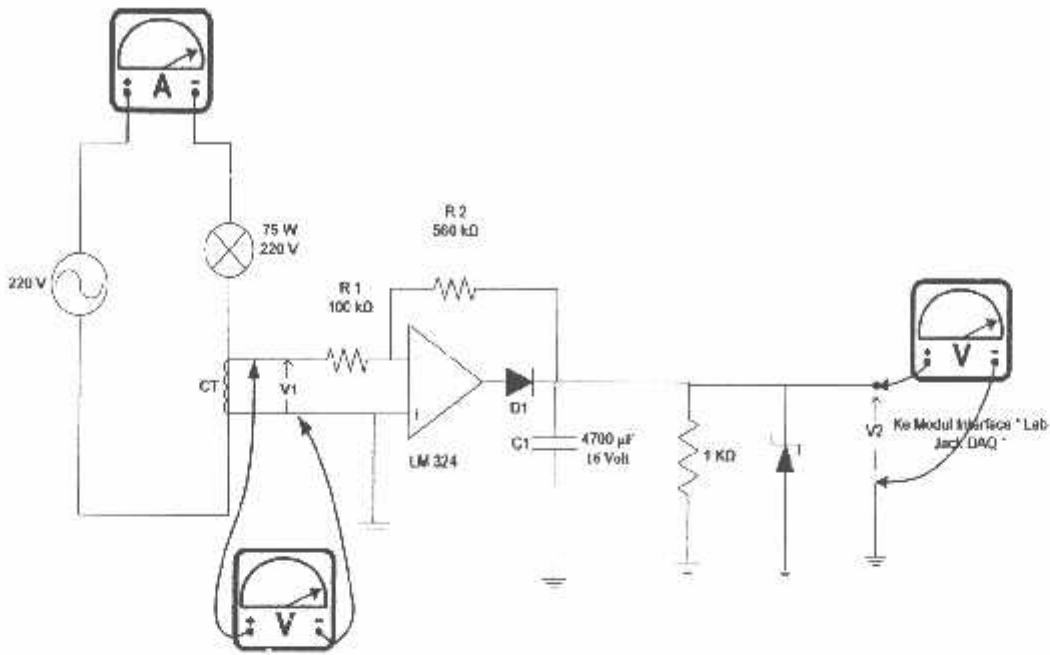
Untuk Mengetahui apakah Detektor Arus dapat memantau arus pada beban.

4.1.2.2.2. Peralatan yang digunakan

- a. Volt meter SANWA CD – 720 E, DIGITAL MULTIMETER.
- b. Ampere meter SANWA CD – 720 E, DIGITAL MULTIMETER.
- c. Rangkaian Detektor Arus.

Alat ukur a dan b dianggap masih standar

4.1.2.2.3. Prosedur Pengujian



Gambar 4-7. Sekema Pengukuran Detektor Arus

1. Merangkai peralatan yang digunakan sesuai dengan gambar 4-7.
2. Beban dihidupkan.
3. Mencatat hasil pengukuran yang terlihat pada alat ukur.

4.1.2.2.4. Hasil Pengukuran Dan Pengujian Detektor Arus

Tabel 4. Hasil Pengukuran V_1 (Volt) Pada Detektor Arus

Beban	Pengukuran 1	pengukuran 2	Pengukuran 3	Pengukuran 4	Pengukuran 5	Rata - Rata
Tanpa Beban	0	0	0	0	0	0
1-2	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011
1-2,3-4	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052
1-2,3-4,5-6	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087

Keterangan : -. Beban 1-2 = Lampu 20 Watt

-. Beban 1-2,3-4 = Lampu 40 Watt

-. Beban 1-2,3-4,5-6 = Lampu 60 Watt

Tabel 5. Hasil Pengukuran V_2 (Volt) Pada Detektor Arus

Beban	Pengukuran 1	pengukuran 2	Pengukuran 3	Pengukuran 4	Pengukuran 5	Rata - Rata
Tanpa Beban	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
1-2	0.119	0.119	0.119	0.119	0.119	0.119
1-2,3-4	0.291	0.291	0.291	0.291	0.291	0.291
1-2,3-4,5-6	0.487	0.487	0.487	0.487	0.487	0.487

Keterangan : -. Beban 1-2 = Lampu 20 Watt

-. Beban 1-2,3-4 = Lampu 40 Watt

-. Beban 1-2,3-4,5-6 = Lampu 60 Watt

Tabel 6. Hasil Pengukuran I_b (Ampere) Pada Detektor Arus

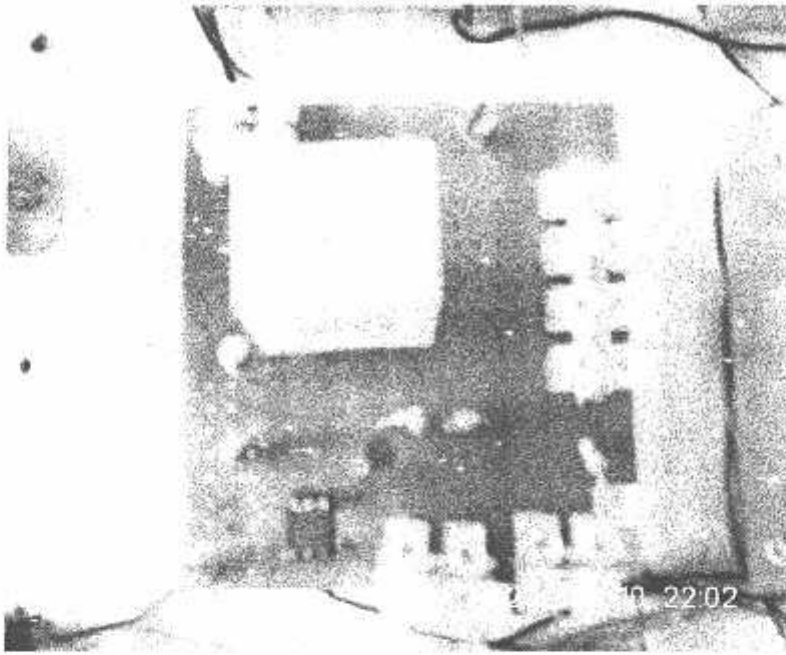
Beban	Pengukuran 1	pengukuran 2	Pengukuran 3	Pengukuran 4	Pengukuran 5	Rata - Rata
Tanpa Beban	0	0	0	0	0	0
1-2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
1-2,3-4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
1-2,3-4,5-6	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

Keterangan : -. Beban 1-2 = Lampu 20 Watt

-. Beban 1-2,3-4 = Lampu 40 Watt

-. Beban 1-2,3-4,5-6 = Lampu 60 Watt

4.1.2.3. Pengujian Rangkaian Pengendali.



Gambar 4-8. Rangkaian Pengendali.

4.1.2.3.1. Tujuan

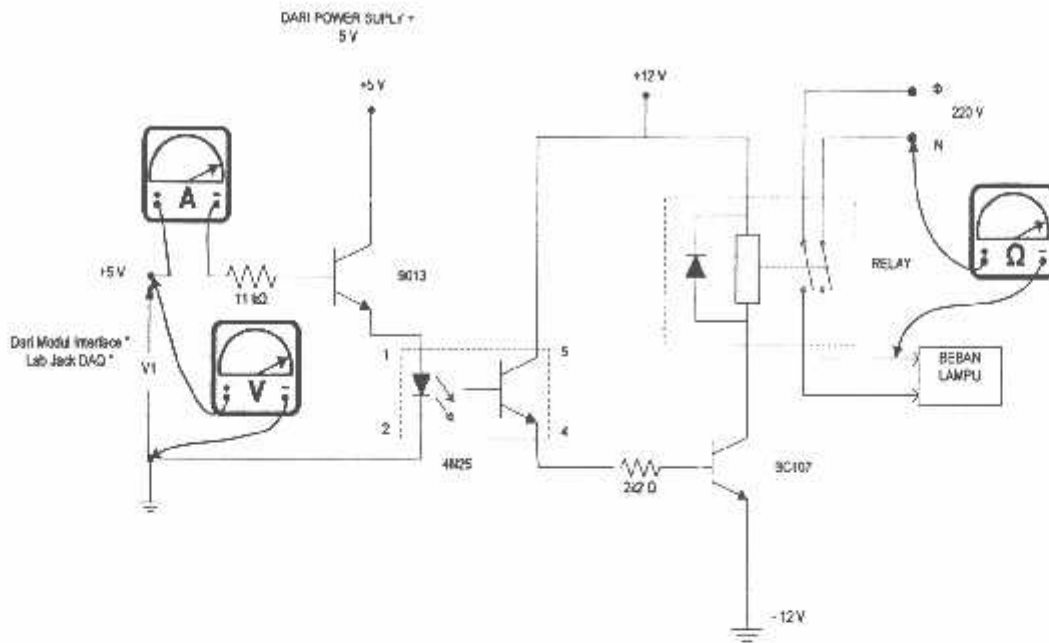
Untuk Mengetahui apakah Rangkaian Pengendali dapat bekerja dengan baik sesuai dengan instruksi dari Program SCADA.

4.1.2.3.2. Peralatan yang digunakan

- a. Volt meter SANWA CD – 720 E, DIGITAL MULTIMETER.
- b. Ohm meter SANWA CD – 720 E, DIGITAL MULTIMETER.
- c. Ampere meter SANWA CD – 720 E, DIGITAL MULTIMETER.
- d. Rangkaian Pengendali.
- e. Personal computer.
- f. Labjack DAQ U12.

Alat ukur a, b, dan c dianggap masih standar

4.1.2.3.3. Prosedur Pengujian



Gambar 4-9. Sekema Pengukuran Rangkaian Pengendali.

1. Merangkai peralatan yang digunakan sesuai dengan gambar 4-9.
2. Saklar dari program SCADA dihidupkan.
3. Mencatat hasil pengukuran yang terlihat pada alat ukur.

4.1.2.2.4. Hasil Pengukuran Dan Pengujian Rangkaian Pengendali

Tabel 7. Hasil Pengukuran V_1 (Volt) Pada Rangkaian Pengendali

Saklar Dari Program SCADA	Pengukuran 1	pengukuran 2	Pengukuran 3	Pengukuran 4	Pengukuran 5	Rata - Rata
On	5	5	5	5	5	5
Off	0	0	0	0	0	0

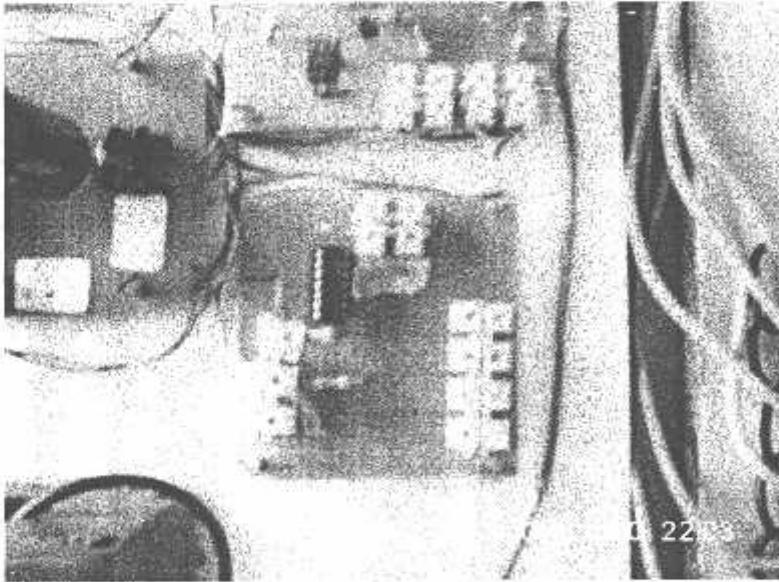
Tabel 8. Hasil Pengukuran I_1 (mili Ampere) Pada Rangkaian Pengendali

Saklar Dari Program SCADA	Pengukuran 1	pengukuran 2	Pengukuran 3	Pengukuran 4	Pengukuran 5	Rata - Rata
On	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Off	0	0	0	0	0	0

Tabel 9. Hasil Pengujian Relay Pada Rangkaian Pengendali

Saklar Dari Program SCADA	Pengukuran 1	pengukuran 2	Pengukuran 3	Pengukuran 4	Pengukuran 5	Rata - Rata
On	On	On	On	On	On	On
Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off

4.1.2.4. Pengujian Sensor Putaran



Gambar 4-10. Sensor Putaran

4.1.2.4.1. Tujuan

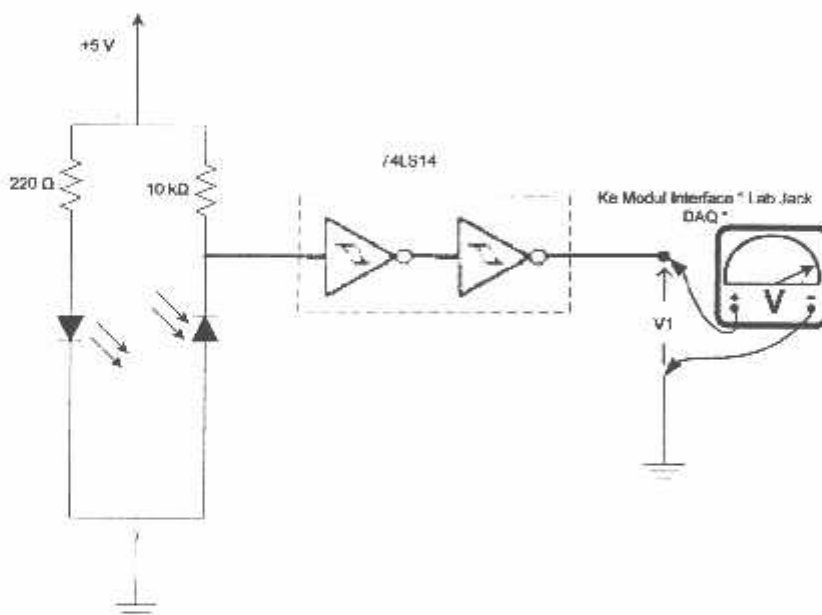
Untuk Mengetahui apakah keluaran dari Sensor Putaran berupa tegangan 5 volt dan 0 volt.

4.1.2.4.2. Peralatan yang digunakan

- Volt meter SANWA CD – 720 E, DIGITAL MULTIMETER.
- Rangkaian Sensor Putaran.

Alat ukur dianggap masih standar

4.1.2.4.3. Prosedur Pengujian



Gambar 4-11. Sekema Pengukuran Sensor Putaran

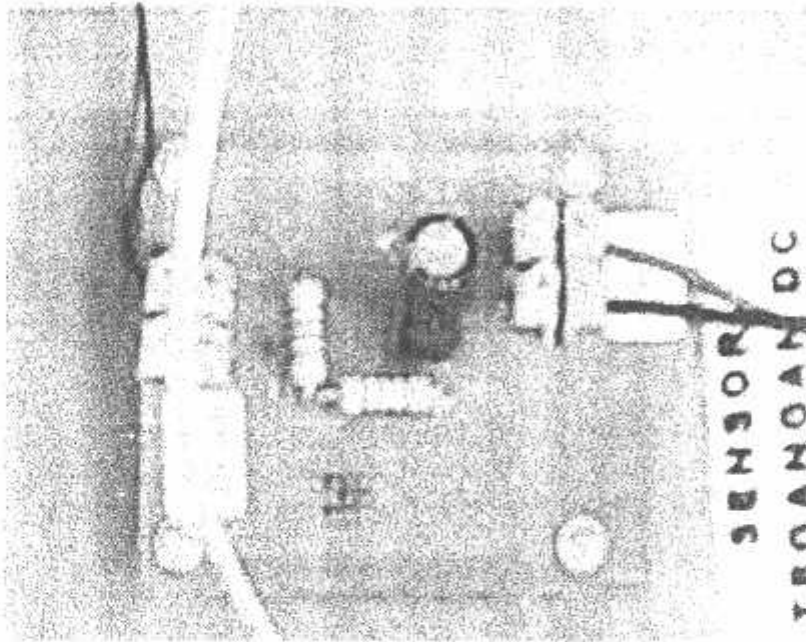
- Merangkai peralatan yang digunakan sesuai dengan gambar 4-11.
- Pada Optocoupler di beri penghalang.
- Mencatat hasil pengukuran yang terlihat pada alat ukur.

4.1.2.4.4. Hasil Pengukuran Dan Pengujian Sensor Putaran.

Tabel 10. Hasil Pengukuran V_1 (Volt) Pada Sensor Putaran

Keadaan Optocoupler	Pengukuran 1	pengukuran 2	Pengukuran 3	Pengukuran 4	Pengukuran 5	Rata - Rata
Terhalangi	4.73	4.73	4.73	4.73	4.73	4.73
Tidak Terhalangi	0	0	0	0	0	0

4.1.2.5. Pengujian Detektor Tegangan DC



Gambar 4-12. Detektor Tegangan DC

4.1.2.5.1. Tujuan

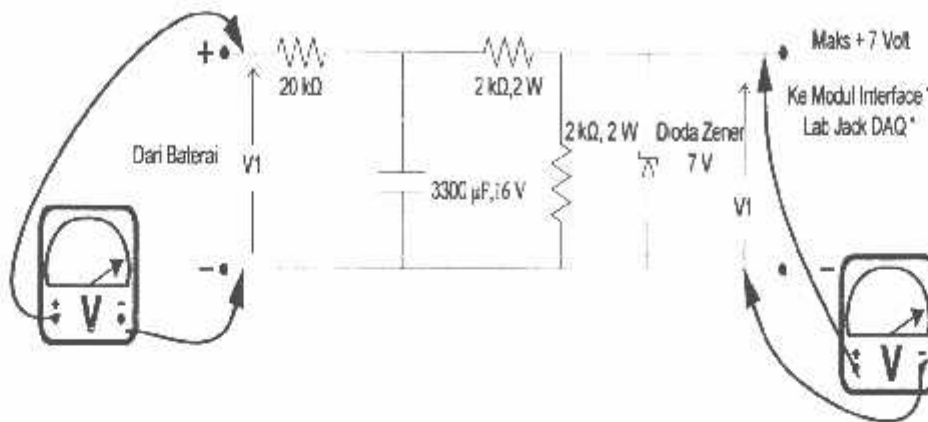
Untuk Mengetahui apakah Detektor tegangan DC dapat memantau tegangan masukan dari inverter.

4.1.2.5.2. Peralatan yang digunakan

- Volt meter SANWA CD – 720 E, DIGITAL MULTIMETER.
- Rangkaian Detektor Tegangan DC.

Alat ukur dianggap masih standar

4.1.2.5.3. Prosedur Pengujian



Gambar 4-13. Sekema Pengukuran Detektor Tegangan DC

1. Merangkai peralatan yang digunakan sesuai dengan gambar 4-13.
2. Pada sisi Baterai di beri tegangan
3. Mencatat hasil pengukuran yang terlihat pada alat ukur.

4.1.2.5.4. Hasil Pengukuran Dan Pengujian Detektor Tegangan DC

Tabel 11. Hasil Pengukuran V_1 (Volt) Pada Detektor Tegangan DC

Beban	Pengukuran 1	pengukuran 2	Pengukuran 3	Pengukuran 4	Pengukuran 5	Rata - Rata
Tanpa Beban	12	12	12	12	12	12
1-2	12	12	12	12	12	12
1-2,3-4	12	12	12	12	12	12
1-2,3-4,5-6	12	12	12	12	12	12

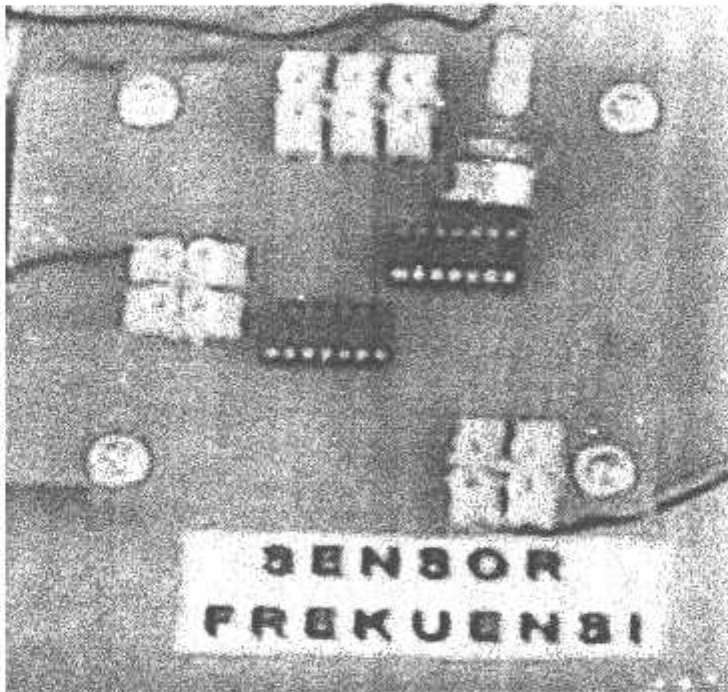
Keterangan :
 -. Beban 1-2 = Lampu 20 Watt
 -. Beban 1-2,3-4 = Lampu 40 Watt
 -. Beban 1-2,3-4,5-6 = Lampu 60 Watt

Tabel 12. Hasil Pengukuran V_2 (Volt) Pada Detektor Tegangan DC

Beban	Pengukuran 1	pengukuran 2	Pengukuran 3	Pengukuran 4	Pengukuran 5	Rata - Rata
Tanpa Beban	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
1-2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
1-2,3-4	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
1-2,3-4,5-6	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

Keterangan :
 -. Beban 1-2 = Lampu 20 Watt
 -. Beban 1-2,3-4 = Lampu 40 Watt
 -. Beban 1-2,3-4,5-6 = Lampu 60 Watt

4.1.2.6. Pengujian Sensor Frekuensi



Gambar 4-12. Sensor Frekuensi

4.1.2.6.1. Tujuan

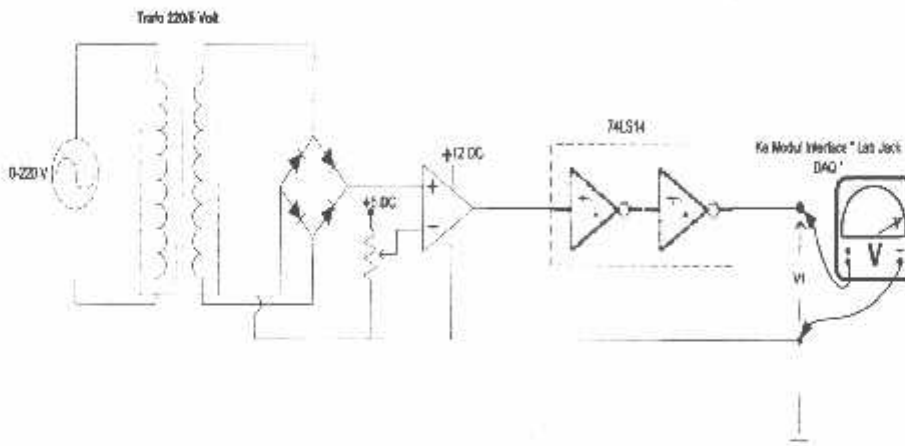
Untuk Mengetahui apakah Detektor Frekuensi dapat memantau Frekuensi dari inverter.

4.1.2.6.2. Peralatan yang digunakan

- Volt meter SANWA CD – 720 E, DIGITAL MULTIMETER.
- Rangkaian Detektor Tegangan DC.

Alat ukur dianggap masih standar

4.1.2.6.3. Prosedur Pengujian



Gambar 4-13. Sekema Pengukuran Detektor Tegangan

- Merangkai peralatan yang digunakan sesuai dengan gambar 4-13.
- Pada Sisi trafo di beri tegangan AC
- Mencatat hasil pengukuran yang terlihat pada alat ukur.

4.1.2.6.4. Hasil Pengukuran Dan Pengujian Sensor Frekuensi

Tabel 13. Hasil Pengukuran V_1 (Volt) Pada Sensor Frekuensi

Beban	Pengukuran 1	pengukuran 2	Pengukuran 3	Pengukuran 4	Pengukuran 5	Rata - Rata
Tanpa Beban	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92
1-2	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92
1-2,3-4	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92
1-2,3-4,5-6	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92

Keterangan :
 -. Beban 1-2 = Lampu 20 Watt
 -. Beban 1-2,3-4 = Lampu 40 Watt
 -. Beban 1-2,3-4,5-6 = Lampu 60 Watt

4.3 Pengujian Simulasi Sistem SCADA .

4.2.1. Data Hasil Pengujian Sistem SCADA.

Tabel 14. Hasil Pengukuran V_{Out} Inverter (Volt)

Beban	Pengukuran 1	pengukuran 2	Pengukuran 3	Pengukuran 4	Pengukuran 5	Rata - Rata
Tanpa Beban	215	215	215	215	215	215
1-2	166	166	166	166	166	166
1-2,3-4	127.6	127.6	127.6	127.6	127.6	127.6
1-2,3-4,5-6	95.7	95.7	95.7	95.7	95.7	95.7

Keterangan : -. Beban 1-2 = Lampu 20 Watt

-. Beban 1-2,3-4 = Lampu 40 Watt

-. Beban 1-2,3-4,5-6 = Lampu 60 Watt

Tabel 15. Hasil Perbandingan V_{Out} Inverter Rata - rata(Volt) Dengan

$V_{Software}$

Beban	V_{out} Detektor Tegangan AC	Kalibrasi	Hasil Perhitungan	Hasil Tampilan Di Monitor	$V_{alat ukur}$	Error (%)
Tanpa Beban	4.06	52.88	213	213	215	0.93
1-2	3.13	52.88	164.9	164.9	166	0.66
1-2,3-4	2.41	52.88	127.6	127.6	127.6	0
1-2,3-4,5-6	1.809	52.88	95.7	95.7	95.7	0

Keterangan : -. Beban 1-2 = Lampu 20 Watt

-. Beban 1-2,3-4 = Lampu 40 Watt

-. Beban 1-2,3-4,5-6 = Lampu 60 Watt

-. Untuk Penentuan acuan Kalibrasi digunakan data hasil pengukuran pada komponen, dimana Kalibrasi = $220 / 4.16$.

Tabel 16. Hasil Pengukuran V_{in} Inverter (Volt)

Beban	Pengukuran 1	pengukuran 2	Pengukuran 3	Pengukuran 4	Pengukuran 5	Rata - Rata
Tanpa Beban	12.54	12.54	12.54	12.54	12.54	12.54
1-2	12.20	12.20	12.20	12.20	12.20	12.20
1-2,3-4	11.96	11.96	11.96	11.96	11.96	11.96
1-2,3-4,5-6	11.69	11.69	11.69	11.69	11.69	11.69

Keterangan :
 -. Beban 1-2 = Lampu 20 Watt
 -. Beban 1-2,3-4 = Lampu 40 Watt
 -. Beban 1-2,3-4,5-6 = Lampu 60 Watt

Tabel 17. Hasil Perbandingan V_{in} Inverter Rata - rata(Volt) Dengan $V_{Software}$

Beban	V_{out} Detektor Tegangan dc	Kalibrasi	Hasil Perhitungan	Hasil Tampilan Di Monitor	V_{alat} ukur	Error (%)
Tanpa Beban	1.254	10	12.54	12.54	12.54	0
1-2	1.22	10	12.3	12.3	12.2	-0.82
1-2,3-4	1.196	10	11.89	11.89	11.96	0.585
1-2,3-4,5-6	1.169	10	11.3	11.3	11.69	3.336

Keterangan :
 -. Beban 1-2 = Lampu 20 Watt
 -. Beban 1-2,3-4 = Lampu 40 Watt
 -. Beban 1-2,3-4,5-6 = Lampu 60 Watt
 -. Untuk Penentuan acuan Kalibrasi digunakan data hasil pengukuran pada komponen, dimana Kalibrasi = $12 / 1.2$

Tabel 18. Hasil Pengukuran I_{out} Inverter (Ampere)

Beban	Pengukuran 1	pengukuran 2	Pengukuran 3	Pengukuran 4	Pengukuran 5	Rata - Rata
Tanpa Beban	0	0	0	0	0	0
1-2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
1-2,3-4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
1-2,3-4,5-6	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

Keterangan :
 -. Beban 1-2 = Lampu 20 Watt
 -. Beban 1-2,3-4 = Lampu 40 Watt
 -. Beban 1-2,3-4,5-6 = Lampu 60 Watt

Tabel 19. Hasil Perbandingan **I_{out} Inverter Rata - rata(Ampere)Dengan $I_{Software}$**

Beban	V_{out} Detektor Tegangan dc	Kalibrasi	Hasil Perhitungan	Hasil Tampilan Di Monitor	$V_{alat ukur}$	Error (%)
Tanpa Beban	0	2.23	0	0	0	0
1-2	0.045	2.23	0.0987	0.0987	0.1	1.3
1-2,3-4	0.09	2.23	0.197	0.197	0.2	1.5
1-2,3-4,5-6	0.135	2.23	0.299	0.299	0.3	0.333

Keterangan :
 -. Beban 1-2 = Lampu 20 Watt
 -. Beban 1-2,3-4 = Lampu 40 Watt
 -. Beban 1-2,3-4,5-6 = Lampu 60 Watt
 -. Untuk Penentuan acuan Kalibrasi digunakan data hasil pengukuran pada komponen, dimana Kalibrasi = $0.1/0.045$

Tabel 20. Hasil Pengukuran Putaran (rpm)

Beban	Pengukuran 1	pengukuran 2	Pengukuran 3	Pengukuran 4	Pengukuran 5	Rata - Rata
Tanpa Beban	1490	1490	1490	1490	1490	1490
1-2	1490	1490	1490	1490	1490	1490
1-2,3-4	1490	1490	1490	1490	1490	1490
1-2,3-4,5-6	1490	1490	1490	1490	1490	1490

Keterangan : -. Beban 1-2 = Lampu 20 Watt
 -. Beban 1-2,3-4 = Lampu 40 Watt
 -. Beban 1-2,3-4,5-6 = Lampu 60 Watt

Tabel 21. Hasil Perbandingan Pengukuran Putaran (rpm)

Beban	Hasil Tampilan Di Monitor	$V_{\text{alat ukur}}$	Error (%)
Tanpa Beban	1490	1490	0
1-2	1490	1490	0
1-2,3-4	1490	1490	0
1-2,3-4,5-6	1490	1490	0

Keterangan : -. Beban 1-2 = Lampu 20 Watt
 -. Beban 1-2,3-4 = Lampu 40 Watt
 -. Beban 1-2,3-4,5-6 = Lampu 60 Watt

Tabel 22. Hasil Pengukuran Frekuensi (Hz)

Beban	Pengukuran 1	pengukuran 2	Pengukuran 3	Pengukuran 4	Pengukuran 5	Rata - Rata
Tanpa Beban	50	50	50	50	50	50
1-2	50	50	50	50	50	50
1-2,3-4	50	50	50	50	50	50
1-2,3-4,5-6	50	50	50	50	50	50

Keterangan : -. Beban 1-2 = Lampu 20 Watt
 -. Beban 1-2,3-4 = Lampu 40 Watt
 -. Beban 1-2,3-4,5-6 = Lampu 60 Watt

Tabel 23. Hasil Pengukuran Frekuensi (Hz)

Beban	Hasil Tampilan Di Monitor	$V_{\text{alat ukur}}$	Error (%)
Tanpa Beban	50	50	0
1-2	50	50	0
1-2,3-4	50	50	0
1-2,3-4,5-6	50	50	0

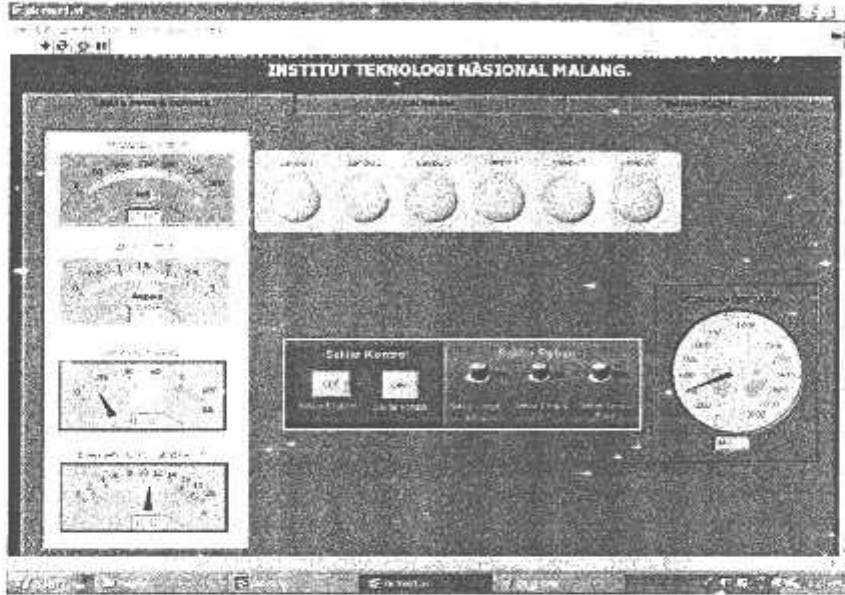
Keterangan :
 -. Beban 1-2 = Lampu 20 Watt
 -. Beban 1-2,3-4 = Lampu 40 Watt
 -. Beban 1-2,3-4,5-6 = Lampu 60 Watt

4.3 Penerapan Sistem SCADA Pada PLTMH ITN Malang.

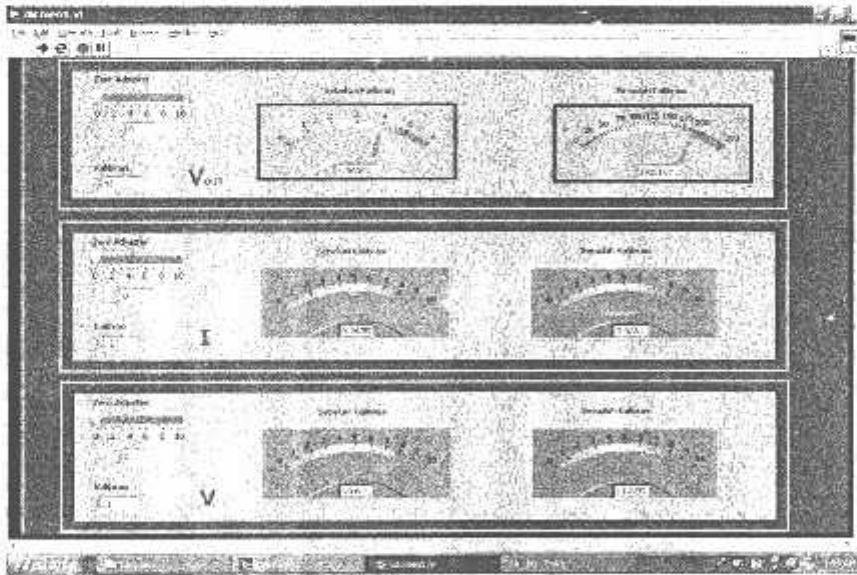
4.3.1. Tujuan.

Untuk memantau dan mengontrol PLTMH ITN Malang.

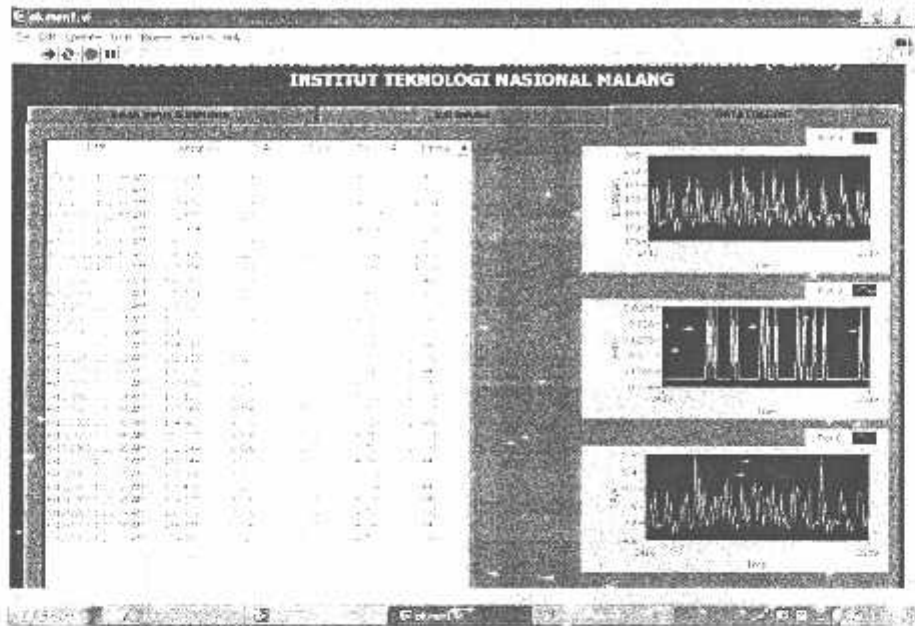
4.3.2. Hasil Tampilan Perangkat Lunak Sistem SCADA.



(a)



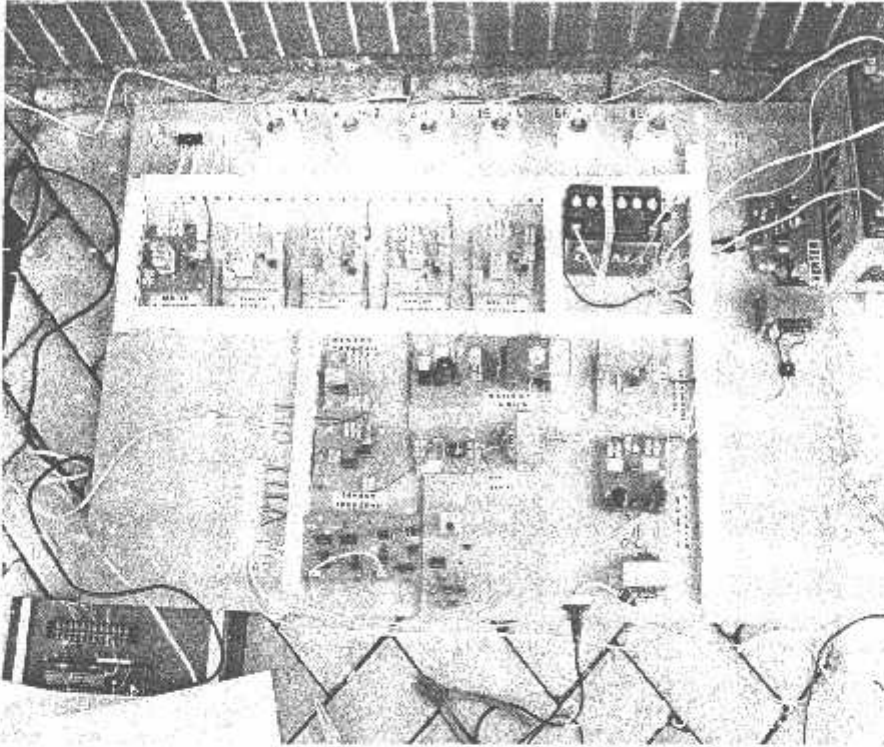
(b)



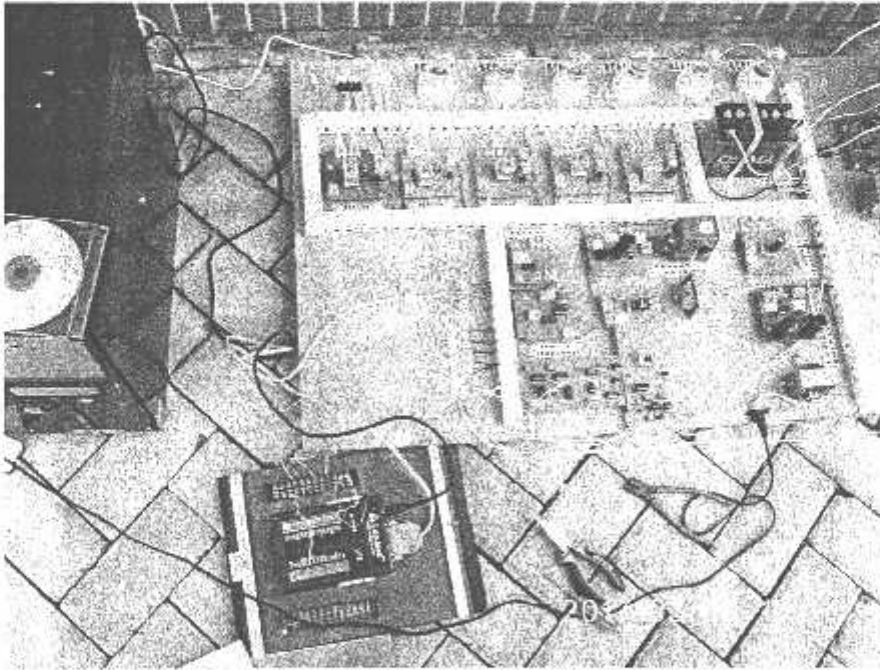
(c)

Gambar 4-16. Tampilan *Front Panel* Program Lab View Pada Sistem SCADA Pada PLTMH ITN Malang

4.3.3. Perangkat Keras Sistem SCADA.



(a)



(b)

**Gambar 4-17. Perangkat Keras Pada Sistem SCADA Di PLTMH ITN
Malang**

4.3.4. Data Lapangan PLTMH ITN Malang

Tabel 24. Hasil Pengukuran Pada PLTMH ITN Malang

Beban	Vout Inv	Vin Inv	V Eks	Vout Alt	I in Inv	I out Inv	I in AVR	I out AVR	N	F Inv
Tanpa Beban	215	12.54	12.37	12.54	1.09	0	0	0.21	485	50
1-2	166	12.20	11.84	12.20	3.52	0.1	0.01	0.18	479	50
1-2, 3-4	127.6	11.96	11.59	11.96	4.87	0.2	0.17	0.17	456	50
1-2,3-4,5-6	95.7	11.69	11.46	11.69	5.56	0.3	0.024	0.17	440	50

Keterangan :
 -. Beban 1-2 = Lampu 20 Watt
 -. Beban 1-2,3-4 = Lampu 40 Watt
 -. Beban 1-2,3-4,5-6 = Lampu 60 Watt
 -. Inv = Inverter
 -. Eks = Eksitasi
 -. Alt = Alternator

Tabel 24. Hasil Tampilan Sistem SCADA Pada PLTMH ITN Malang

Beban	Vout Inv	Vin Inv	I out Inv	N	F Inv
Tanpa Beban	213	12.54	0	485	50
1-2	164.9	12.3	0.0987	479	50
1-2, 3-4	127.6	11.89	0.197	456	50
1-2,3-4,5-6	95.7	11.3	0.299	440	50

Keterangan :

- Beban 1-2 = Lampu 20 Watt
- Beban 1-2,3-4 = Lampu 40 Watt
- Beban 1-2,3-4,5-6 = Lampu 60 Watt
- Inv = Inverter
- Eks = Eksitasi
- Alt = Alternator

4.3.5. Analisa Data PLTMH ITN Malang

1. Phitungan Daya keluaran Generator

- Tanpa Beban :

$$\begin{aligned}
 P &= V * I \\
 &= 12.54 * 1.09 \\
 &= 13.6686 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

- Beban 1-2 :

$$\begin{aligned}
 P &= 12.20 * 3.52 \\
 &= 42.94 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

-. Beban 1-2,3-4 :

$$\begin{aligned} P &= 11.96 * 4.87 \\ &= 58.2452 \text{ Watt} \end{aligned}$$

-. Beban 1-2,3-4,5-6 :

$$\begin{aligned} P &= 11.69 * 5.56 \\ &= 64.9964 \text{ Watt} \end{aligned}$$

2. daya keluaran Inverter:

-. Tanpa Beban :

$$\begin{aligned} P &= V * I \\ &= 213 * 0 \\ &= 0 \text{ VA} \end{aligned}$$

-. Beban 1-2 :

$$\begin{aligned} P &= 164.9 * 0.1 \\ &= 16.49 \text{ VA} \end{aligned}$$

-. Beban 1-2,3-4 :

$$\begin{aligned} P &= 127.6 * 0.2 \\ &= 25.52 \text{ VA} \end{aligned}$$

-. Beban 1-2,3-4,5-6 :

$$\begin{aligned} P &= 95.7 * 0.3 \\ &= 28.71 \text{ VA} \end{aligned}$$

Tabel 7. Hasil Perhitungan Pada PLTMH ITN Malang

Beban	Daya output alternator (Watt)	Daya output Inverter (VA)
Tanpa beban	13.6686	0
1-2	42.94	16.49
1-2, 3-4	58.2452	25.52
1-2,3-4,5-6	64,9964	28.71

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil pengukuran dan pengujian pada masing – masing bagian dari perangkat keras dan perangkat lunak sistem SCADA yang dibuat maka dapat diambil kesimpulan bahwa sistem SCADA tersebut memenuhi syarat untuk diterapkan pada PLTMH ITN Malang dengan catatan sebagai berikut :

- a. Pada pengujian masing – masing komponen ternyata pada Detektor Arus pada keadaan tanpa beban, di V_2 nya terdapat tegangan sebesar 0.003 Volt, yang mengakibatkan adanya selisih 0.003 Volt pada keadaan berbeban. Mengingat bahwa nilainya kecil sekali, maka dapat diabaikan.
- b. Pada rangkaian Pengendali, Kontrol yang digunakan adalah buka tutup saklar sehingga dapat dikatakan sebagai sistem control yang *open loop*.
- c. Sistem SCADA ini mudah digunakan dan dioperasikan oleh operator dengan sedikit pelatihan.

5.2. Saran

Ketika akan melakukan pengoperasian sistem SCADA ini maka perlu dilakukan pengkalibrasian oleh operator, sehingga data yang diambil bisa akurat.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Marsudi, Djiteng. Ir, "*Pembangkitan Energi Listrik*", Jakarta, ISTN.
 - [2] Zuhail, "*Dasar Tenaga Listrik*", Bandung, ITB.
 - [3] Pandjaitan, Bonar, "*Teknologi Sistem Pengendalian Tenaga Listrik Berbasis SCADA*", Jakarta.
 - [4] Madabhushi, Srinivas, Babu , "*Can SCADA Benefit Small Systems*", NDWC Technical Assistance. 2000.
 - [5] A.G. Bruce, ". "*Reliability Analysis Of Electric Utility SCADA Systems*". IEEE Trans. On Power System, Vol.13, No. 3,pp.844-849, August 1998.
-

L
A
M
P
I
R
A
N



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

1. Nama : BAGUS SETYO NUGROHO
2. NIM : 02.12.031
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : PERENCANAAN DAN PEMBUATAN SISTEM SCADA PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO DI LABORATORIUM LAPANGAN JURUSAN TEKNIK MESIN INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :

Hari : Rabu
Tanggal : 21 Maret 2007
Dengan Nilai : 78,84 (B+) *By*



Ir. Mochtar Asroni, MSME
Ketua

Panitia Ujian Skripsi

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
Sekretaris

Anggota Penguji

Ir. Teguh Herbasuki, MT
Penguji Pertama

Ir. Junior Siahaan
Penguji Kedua



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : BAGUS SETYO N
 Nim : 02.12.031
 Masa Bimbingan : 29 Juli 2006 s/d 29 Januari 2007
 Judul Skripsi : PERENCANAAN DAN PEMBUATAN SCADA PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO DI LABORATORIUM LAPANGAN JURUSAN TEKNIK MESIN S-1 INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

No.	Tanggal	Uraian	Parap Pembimbing
1.	23-08-06	Bab I : Bab II hanya menyangkut landasan teori. Judulnya dapat lebih spesifik yang dipandang sesuai. Bab II : Materi yang menyangkut sistem yg diuraikan dalam penelitian masalah ke	
2.		Bab III : Harus dilengkapi uraian ttg perangkat keras SCADA (Prinsip kerjanya).	
3.	26-02-06	Bab III : Ada kondisi sedaksi awal sedekt.	
4.	14-03-06	Bab IV : 1. Foto dilakukan, kalibrasi, alat ukur 2. Foto dilakukan, pengujian, min. 9x untuk menentuka, besalalan	
5.	16-03-06	Bab V : Kesimpulan harus menjelaskan apakah tujuan skripsi ini tercapai atau tidak.	
6.	17-03-06	Selesai	
7.			
8.			
9.			
10.			

Malang, Juli 2006
 Dosen Pembimbing

Ir. H. Almizan Abdullah, MSEE
 Nip. P. 103 900 0208

Form.S-4b




FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : BAGUS SETYO NUGROHO
Nim : 02.12.031
Masa Bimbingan : 29 Juli 2006 s/d 29 Januari 2007
Judul Skripsi : PERENCANAAN DAN PEMBUATAN SISTEM SCADA
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO PADA
LABORATORIUM LAPANGAN JURUSAN TEKNIK MESIN S-1
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	29/07/06	Bab I Perbaiki rumusan masalah	
2.	20/12/06	materi penunjang	
3.	8/01/07	Perencanaan Detektor tegangan Perencanaan Detektor arus	
4.	3/02/07	Perhitungan Rumusan, Kalibrasi program	
5.	10/03/07	Perbaiki program	
6.	13/03/07	Bab V	
7.	15/03/07	ACC Seminar	
8.	16/03/07	ACC Ujian	
9.			
10.			

Malang,

Dosen Pembimbing II


Ir. WIDODO PUDJI. M, MT

NIP. P. 102 8700 171

Form S-4b

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2
MALANG

Lampiran : 1 (satu) berkas
Pembimbing Skripsi

Kepada : Yth. Bapak Ir. WIDODO PUDJI. M, MT
Dosen Institut Teknologi Nasional
MALANG

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : BAGUS SETYO NUGROHO
Nim : 02.12.031
Jurusan : TEKNIK ELEKTRO S-1
Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK

Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak bersedia menjadi Dosen Pembimbing (~~Utama~~/Pendamping*) dari satu (~~dua~~) dosen pembimbing, untuk penyusunan Skripsi dengan judul (proposisi terlampir) :

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM SCADA
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO PADA
LABORATORIUM LAPANGAN JURUSAN TEKNIK MESIN S-1
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

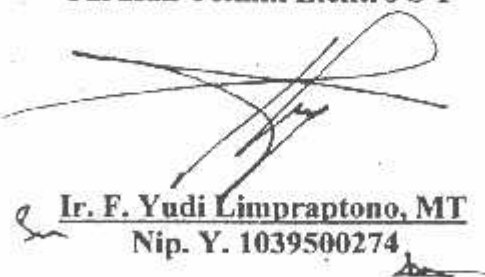
Adapun tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk menempuh Ujian Akhir Sarjana Teknik.

Demikian permohonan kami dan atas kesediaan Bapak kami ucapkan terima kasih.

Malang, Juli-2006

Hormat kami,

Ketua
Jurusan Teknik Elektro S-1


Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
Nip. Y. 1039500274


BAGUS SETYO NUGROHO

Form S-3a

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2
MALANG

Lampiran : 1 (satu) berkas
Pembimbing Skripsi

Kepada : Yth. Bapak Ir. H. ALMIZAN ABDULLAH, MSEE
Dosen Institut Teknologi Nasional
MALANG

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : BAGUS SETYO NUGROHO
Nim : 02.12.031
Jurusan : TEKNIK ELEKTRO S-1
Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK

Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak bersedia menjadi Dosen PembimbingUtama/Pendamping*) dari satu(~~dua~~) dosen pembimbing, untuk penyusunan Skripsi dengan judul (proposal terlampir) :

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM SCADA
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO PADA
LABORATORIUM LAPANGAN JURUSAN TEKNIK MESIN S-1
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Adapun tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk menempuh Ujian Akhir Sarjana Teknik.

Demikian permohonan kami dan atas kesediaan Bapak kami ucapkan terima kasih.


Malang, Juli 2006

Hormat kami,



BAGUS SETYO NUGROHO

Ketua
Jurusan Teknik Elektro S-1



Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
Nip. Y. 1039500274

Form S-3a

DATA SHEET



4N25
4N37

4N26
H11A1

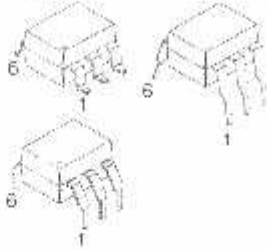
4N27
H11A2

4N28
H11A3

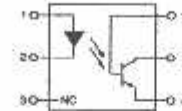
4N35
H11A4

4N36
H11A5

WHITE PACKAGE (-M SUFFIX)

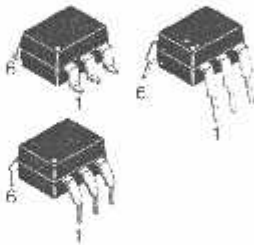


SCHEMATIC



PIN 1. ANODE
2. CATHODE
3. NO CONNECTION
4. EMITTER
5. COLLECTOR
6. BASE

BLACK PACKAGE (NO -M SUFFIX)



DESCRIPTION

The general purpose optocouplers consist of a gallium arsenide infrared emitting diode driving a silicon phototransistor in a 6-pin dual in-line package.

FEATURES

- Also available in white package by specifying -M suffix. eg. 4N25-M
- UL recognized (File # E90700)
- VDE recognized (File # 94766)
 - Add option V for white package (e.g., 4N25V-M)
 - Add option 300 for black package (e.g., 4N25.300)

APPLICATIONS

- Power supply regulators
- Digital logic inputs
- Microprocessor inputs

4N25
4N37

4N26
H11A1

4N27
H11A2

4N28
H11A3

4N35
H11A4

4N36
H11A5

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Value	Units
TOTAL DEVICE			
Storage Temperature	T_{STG}	-55 to +150	$^\circ\text{C}$
Operating Temperature	T_{OPR}	55 to +100	$^\circ\text{C}$
Wave solder temperature (see page 14 for reflow solder profiles)	T_{SOL}	260 for 10 sec	$^\circ\text{C}$
Total Device Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	250 3.3 (non-M), 2.94 (-M)	mW
EMITTER			
DC/Average Forward Input Current	I_F	100 (non-M), 60 (-M)	mA
Reverse Input Voltage	V_R	6	V
Forward Current - Peak (300 μs , 2% Duty Cycle)	$I_F(pk)$	3	A
LED Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	150 (non-M), 120 (-M) 2.0 (non-M), 1.41 (-M)	mW mW/ $^\circ\text{C}$
DETECTOR			
Collector-Emitter Voltage	V_{CE0}	30	V
Collector-Base Voltage	V_{CB0}	70	V
Emitter-Collector Voltage	V_{EC0}	7	V
Detector Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	150 2.0 (non-M), 1.76 (-M)	mW mW/ $^\circ\text{C}$

4N25
4N37

4N26
H11A1

4N27
H11A2

4N28
H11A3

4N35
H11A4

4N36
H11A5

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)

INDIVIDUAL COMPONENT CHARACTERISTICS

Parameter	Test Conditions	Symbol	Min	Typ*	Max	Unit
EMITTER						
Input Forward Voltage	($I_F = 10\text{ mA}$)	V_F		1.18	1.50	V
Reverse Leakage Current	($V_R = 6.0\text{ V}$)	I_R		0.001	10	μA
DETECTOR						
Collector-Emitter Breakdown Voltage	($I_C = 1.0\text{ mA}$, $I_F = 0$)	BV_{CEO}	30	100		V
Collector-Base Breakdown Voltage	($I_C = 100\text{ }\mu\text{A}$, $I_F = 0$)	BV_{CBO}	70	120		V
Emitter-Collector Breakdown Voltage	($I_E = 100\text{ }\mu\text{A}$, $I_F = 0$)	BV_{ECO}	7	10		V
Collector-Emitter Dark Current	($V_{CE} = 10\text{ V}$, $I_F = 0$)	I_{CEO}		1	50	nA
Collector-Base Dark Current	($V_{CB} = 10\text{ V}$)	I_{CBO}			20	nA
Capacitance	($V_{CE} = 0\text{ V}$, $f = 1\text{ MHz}$)	C_{CE}		8		pF

ISOLATION CHARACTERISTICS

Characteristic	Test Conditions	Symbol	Min	Typ*	Max	Units
Input-Output Isolation Voltage	(Non '-M', Black Package) ($f = 60\text{ Hz}$, $t = 1\text{ min}$)	V_{ISO}	5300			Vac(rms)
	('M', White Package) ($f = 60\text{ Hz}$, $t = 1\text{ sec}$)		7500			Vac(pk)
Isolation Resistance	($V_{I/O} = 500\text{ VDC}$)	R_{ISO}	10^{11}			Ω
Isolation Capacitance	($V_{I/O} = \&$, $f = 1\text{ MHz}$)	C_{ISO}		0.5		pF
	('M' White Package)			0.2	2	pF

Note

* Typical values at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

4N25
4N37

4N26
H11A1

4N27
H11A2

4N28
H11A3

4N35
H11A4

4N36
H11A5

TRANSFER CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise specified.)

DC Characteristic	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ*	Max	Unit	
Current Transfer Ratio, Collector to Emitter	$(I_F = 10 \text{ mA}, V_{CE} = 10 \text{ V})$	CIR	4N35 4N36 4N37	100			%	
			H11A1	50				
			H11A5	30				
			4N25 4N26 H11A2 H11A3	20				
			4N27 4N28 H11A4	10				
			4N35 4N36 4N37	40				
		$(I_F = 10 \text{ mA}, V_{CE} = 10 \text{ V}, T_A = -55^\circ\text{C})$						
		$(I_F = 10 \text{ mA}, V_{CE} = 10 \text{ V}, T_A = +100^\circ\text{C})$						
	Collector-Emitter Saturation Voltage	$(I_C = 2 \text{ mA}, I_F = 50 \text{ mA})$	$V_{CE(SAT)}$	4N25 4N26 4N27 4N28				0.5
4N35 4N36 4N37						0.3		
$(I_C = 0.5 \text{ mA}, I_F = 10 \text{ mA})$		H11A1 H11A2 H11A3 H11A4 H11A5				0.4		
AC Characteristic			Device					
Non-Saturated Turn-on Time	$(I_F = 10 \text{ mA}, V_{CC} = 10 \text{ V}, R_L = 100\Omega)$ (Fig.20)	T_{ON}	4N25 4N26 4N27 4N28 H11A1 H11A2 H11A3 H11A4 H11A5		2		μs	
Non Saturated Turn-on Time	$(I_C = 2 \text{ mA}, V_{CC} = 10 \text{ V}, R_L = 100\Omega)$ (Fig.20)	T_{ON}	4N35 4N36 4N37		2	10	μs	

4N25 4N37	4N26 H11A1	4N27 H11A2	4N28 H11A3	4N35 H11A4	4N36 H11A5
--------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

TRANSFER CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise specified.) (Continued)

AC Characteristic	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ*	Max	Unit
Turn-off Time	($I_F = 10 \text{ mA}$, $V_{CC} = 10 \text{ V}$, $R_L = 100\Omega$) (Fig.20)	t_{OFF}	4N25 4N26 4N27 4N28 H11A1 H11A2 H11A3 H11A4 H11A5		2		μs
	($I_C = 2 \text{ mA}$, $V_{CC} = 10 \text{ V}$, $R_L = 100\Omega$) (Fig.20)		4N35 4N36 4N37		2	10	

Typical values at $T_A = 25^\circ\text{C}$

DM74LS14 Hex Inverter with Schmitt Trigger Inputs

General Description

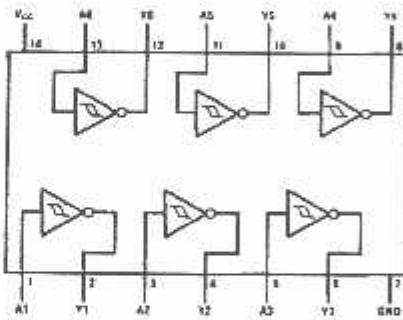
This device contains six independent gates each of which performs the logic INVERT function. Each input has hysteresis which increases the noise immunity and transforms a slowly changing input signal to a fast changing, jitter free output.

Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
DM74LS14M	M14A	14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150 Narrow
DM74LS14SJ	M14D	14 Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide
DM74LS14N	N14A	14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

Connection Diagram



Function Table

$$Y = \bar{A}$$

Input	Output
A	Y
L	H
H	L

H = HIGH Logic Level
L = LOW Logic Level

Absolute Maximum Ratings(Note 1)

Supply Voltage	7V
Input Voltage	7V
Operating Free Air Temperature Range	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-55°C to +150°C

Note 1: The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the Electrical Characteristics tables are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.

Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	Min	Nom	Max	Units
V_{CC}	Supply Voltage	4.75	5	5.25	V
V_{T+}	Positive-Going Input Threshold Voltage (Note 2)	1.4	1.6	1.9	V
V_{T-}	Negative-Going Input Threshold Voltage (Note 2)	0.5	0.8	1	V
HYS	Input Hysteresis (Note 2)	0.4	0.8		V
I_{OH}	HIGH Level Output Current			-0.4	mA
I_{OL}	LOW Level Output Current			8	mA
T_A	Free Air Operating Temperature	0		70	°C

Note 2: $V_{CC} = 5V$.

Electrical Characteristics

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

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 3)	Max	Units
V_I	Input Clamp Voltage	$V_{CC} = \text{Min}, I_I = -18 \text{ mA}$			-1.5	V
V_{OH}	HIGH Level Output Voltage	$V_{CC} = \text{Min}, I_{OH} = \text{Max}$ $V_{IL} = \text{Max}$	2.7	3.4		V
V_{OL}	LOW Level Output Voltage	$V_{CC} = \text{Min}, I_{OL} = \text{Max}$ $V_{IH} = \text{Min}$		0.35	0.5	V
		$V_{CC} = \text{Min}, I_{OL} = 4 \text{ mA}$		0.25	0.4	
I_{T+}	Input Current at Positive-Going Threshold	$V_{CC} = 5V, V_I = V_{T+}$		-0.14		mA
I_{T-}	Input Current at Negative-Going Threshold	$V_{CC} = 5V, V_I = V_{T-}$		-0.18		mA
I_I	Input Current @ Max Input Voltage	$V_{CC} = \text{Max}, V_I = 7V$			0.1	mA
I_{IH}	HIGH Level Input Current	$V_{CC} = \text{Max}, V_I = 2.7V$			20	μA
I_{IL}	LOW Level Input Current	$V_{CC} = \text{Max}, V_I = 0.4V$			-0.4	mA
I_{OS}	Short Circuit Output Current	$V_{CC} = \text{Max}$ (Note 4)	-20		-100	mA
I_{CC1}	Supply Current with Outputs HIGH	$V_{CC} = \text{Max}$		8.5	16	mA
I_{CC2}	Supply Current with Outputs LOW	$V_{CC} = \text{Max}$		12	21	mA

Note 3: All typicals are at $V_{CC} = 5V, T_A = 25^\circ\text{C}$.

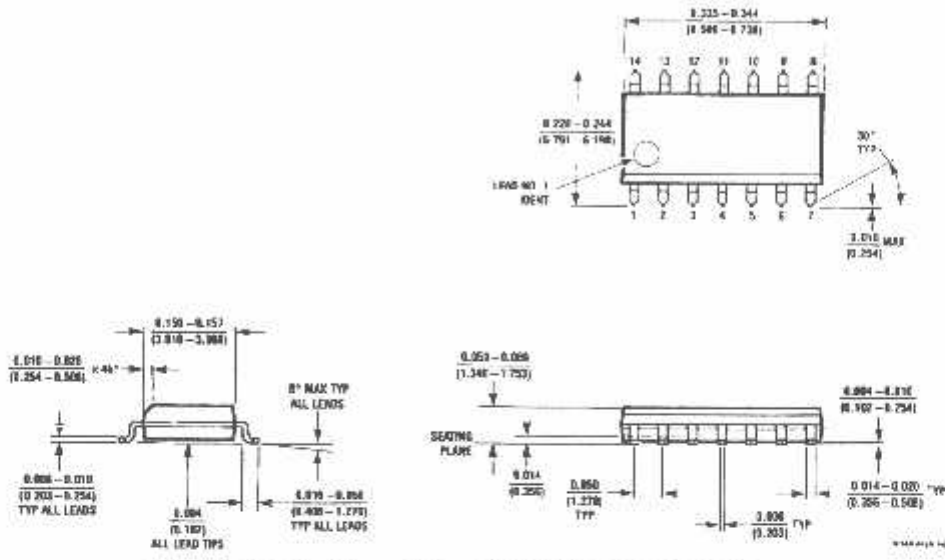
Note 4: Not more than one output should be shorted at a time, and the duration should not exceed one second.

Switching Characteristics

at $V_{CC} = 5V$ and $T_A = 25^\circ\text{C}$

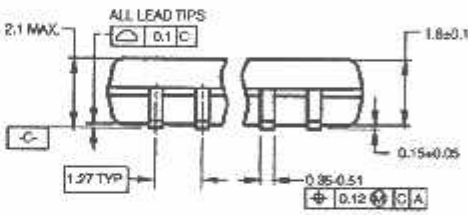
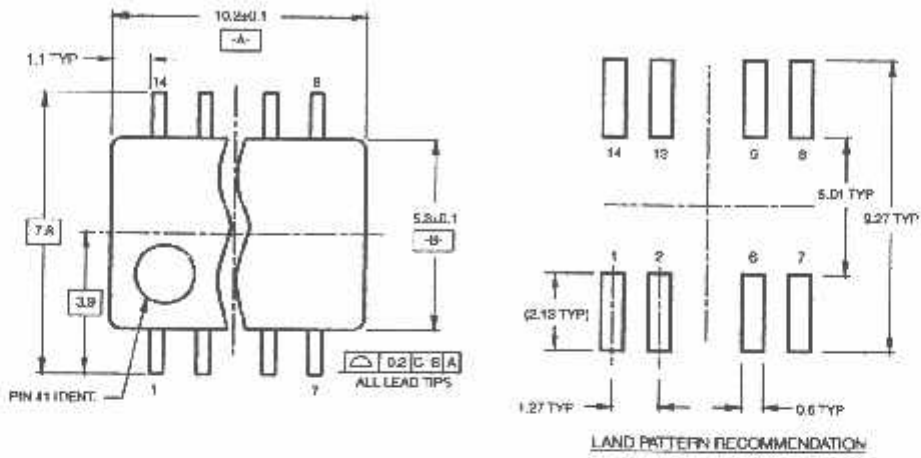
Symbol	Parameter	$R_L = 2 \text{ k}\Omega$				Units
		$C_L = 15 \text{ pF}$		$C_L = 50 \text{ pF}$		
		Min	Max	Min	Max	
t_{PLH}	Propagation Delay Time LOW-to-HIGH Level Output	5	22	8	25	ns
t_{PHL}	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level Output	5	22	10	33	ns

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted

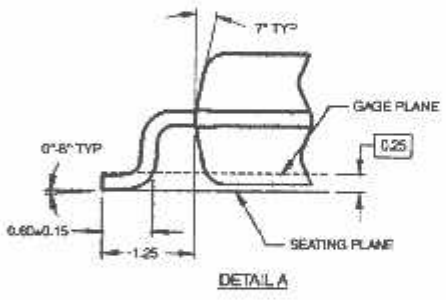
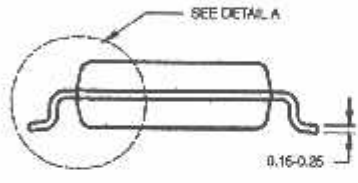


14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150 Narrow Package Number M14A

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



DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS

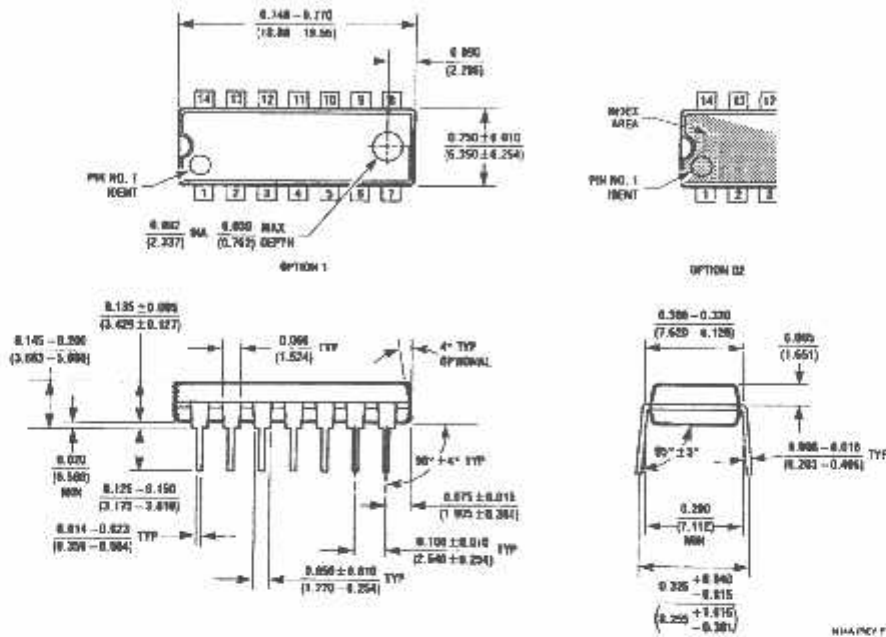


- NOTES:
 A. CONFORMS TO EIAJ EDR-7320 REGISTRATION, ESTABLISHED IN DECEMBER, 1998.
 B. DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 C. DIMENSIONS ARE EXCLUSIVE OF BURRS, MOLD FLASH, AND TIE BAR EXTRUSIONS.

M14DRevB1

14-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide Package Number M14D

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



14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide Package Number N14A

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

LIFE SUPPORT POLICY

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

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and (c) 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 in 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.

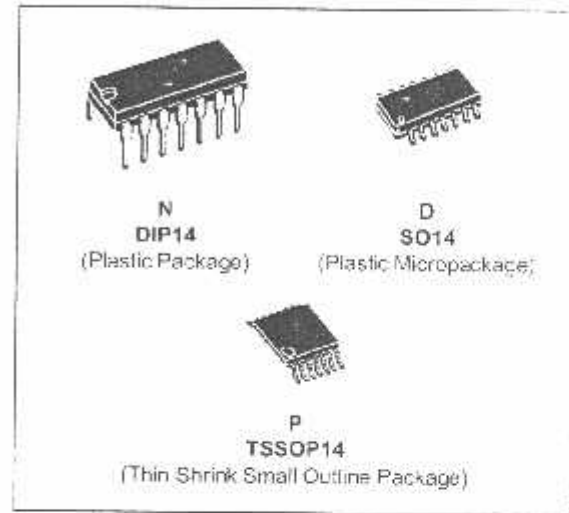
www.fairchildsemi.com



LM124 LM224 - LM324

LOW POWER QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS

- WIDE GAIN BANDWIDTH : 1.3MHz
- INPUT COMMON-MODE VOLTAGE RANGE INCLUDES GROUND
- LARGE VOLTAGE GAIN : 100dB
- VERY LOW SUPPLY CURRENT/AMPLI : 375µA
- LOW INPUT BIAS CURRENT : 20nA
- LOW INPUT OFFSET VOLTAGE : 5mV max.
(for more accurate applications, use the equivalent parts LM124A-LM224A-LM324A which feature 3mV max)
- LOW INPUT OFFSET CURRENT : 2nA
- WIDE POWER SUPPLY RANGE :
SINGLE SUPPLY : +3V TO +30V
DUAL SUPPLIES : ±1.5V TO -15V



DESCRIPTION

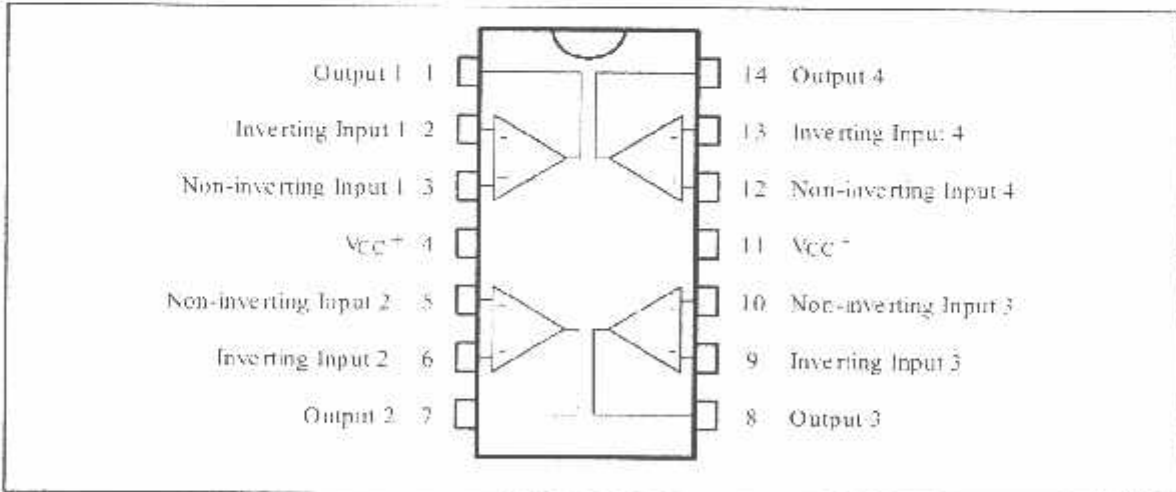
These circuits consist of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers. They operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

ORDER CODES

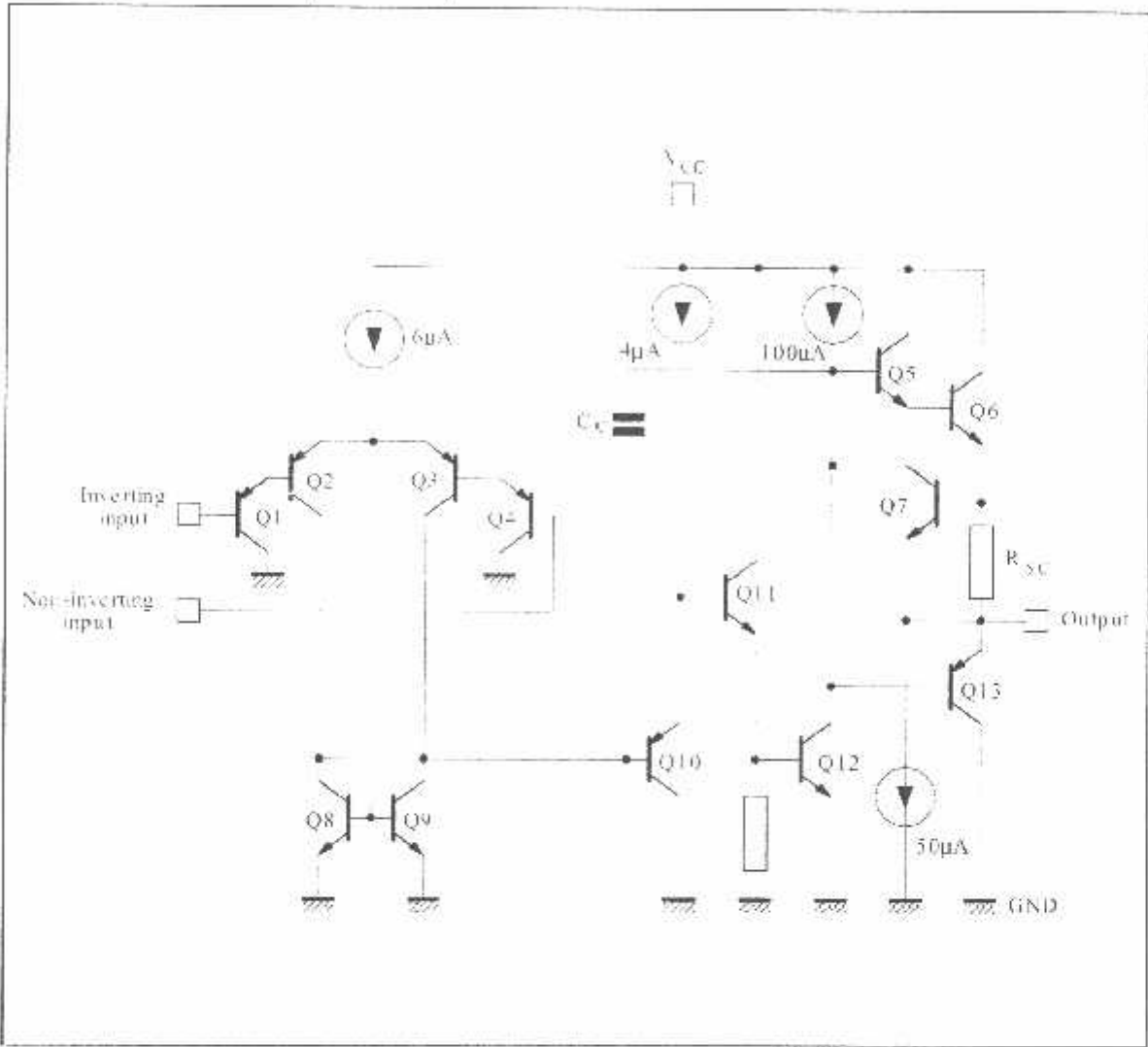
Part Number	Temperature Range	Package		
		N	D	P
LM124	-55°C, +125°C	•	•	•
LM224	-40°C, +105°C	•	•	•
LM324	0°C, +70°C	•	•	•

Example : LM224N

PIN CONNECTIONS (top view)



SCHEMATIC DIAGRAM (1/4 LM124)



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	LM124	LM224	LM324	Unit
V_{cc}	Supply Voltage		±16 or 32		V
V_i	Input Voltage		-0.3 to +32		V
V_{di}	Differential Input Voltage - (*)	+32	+32	+32	V
P_{tot}	Power Dissipation	503	500	500	mW
		-	400	400	mW
-	Output Short-circuit Duration - (note 1)		Infinite		
I_n	Input Current - (note 6)	50	50	50	mA
T_{oper}	Operating Free Air Temperature Range	-55 to +125	-40 to +105	0 to +70	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range	-65 to +150	-65 to +150	-65 to +150	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

$V_{CC1} = +5V$, $V_{CC} = \text{Ground}$, $V_O = 1.4V$, $T_{amb} = +25^\circ C$ (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	LM124 - LM224 - LM324			Unit
		Min.	Typ.	Max.	
V_{io}	Input Offset Voltage (note 3) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min.} \leq T_{amb} \leq T_{max.}$ LM324 LM324		2	5 7 7 9	mV
I_{io}	Input Offset Current $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min.} \leq T_{amb} \leq T_{max.}$		2	30 100	nA
I_b	Input Bias Current (note 2) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min.} \leq T_{amb} \leq T_{max.}$		20	150 300	nA
A_{vd}	Large Signal Voltage Gain ($V_{CC1} = +15V$, $R_L = 2k\Omega$, $V_O = 1.4V$ to $11.4V$) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min.} \leq T_{amb} \leq T_{max.}$	50 25	100		V/mV
SVR	Supply Voltage Rejection Ratio ($R_S \leq 10k\Omega$) ($V_{CC1} = 5V$ to $30V$) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min.} \leq T_{amb} \leq T_{max.}$	65 65	110		dB
I_{CC}	Supply Current, all Amp, no load $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min.} \leq T_{amb} \leq T_{max.}$ $V_{CC} = +5V$ $V_{CC} = +30V$ $V_{CC} = +5V$ $V_{CC} = +30V$		0.7 1.5 0.8 1.5	1.2 3 1.2 3	mA
V_{ICM}	Input Common Mode Voltage Range ($V_{CC1} = +30V$) - (note 4) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min.} \leq T_{amb} \leq T_{max.}$	0 0		$V_{CC} - 1.5$ $V_{CC} - 2$	V
CMR	Common-mode Rejection Ratio ($R_S \leq 10k\Omega$) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min.} \leq T_{amb} \leq T_{max.}$	70 60	80		dB
I_{source}	Output Current Source ($V_{id} = +1V$) $V_{CC} = +15V$, $V_O = +2V$	20	40	70	mA
I_{sink}	Output Sink Current ($V_{id} = -1V$) $V_{CC} = +15V$, $V_O = +2V$ $V_{CC} = +15V$, $V_O = +0.2V$	10 12	20 50		mA μA