



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

37167/H/09



RSF  
629.89  
Yul  
P-1  

---

2009

TUGAS AKHIR RF 0469

PERANCANGAN *EMERGENCY SHUTDOWN SYSTEM*  
PADA SIMULATOR SISTEM MONITORING *PRESSURE* DAN  
*TEMPERATURE* DI WORKSHOP INSTRUMENTASI

WENI YULIATI  
NRP 2406.030.045

Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. Totok Soehartanto, DE

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	19-8-2009
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	1191

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK INSTRUMENTASI  
JURUSAN TEKNIK FISIKA  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2009



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**FINAL PROJECT RF 0469**

***DESIGNING OF EMERGENCY SHUTDOWN SYSTEM  
AT PRESSURE AND TEMPERATURE MONITORING SYSTEM  
SIMULATOR IN WORKSHOP INSTRUMENTASI***

**WENI YULIATI**  
**NRP 2406.030.045**

**Advisor Lecturer**  
**Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA**

**STUDY PROGRAM D3 INSTRUMENTATION ENGINEERING**  
**Department of Physics Engineering**  
**Faculty of Industrial Technology**  
**Sepuluh November Institute of Technology**  
**Surabaya**  
**2009**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

**PERANCANGAN *EMERGENCY SHUTDOWN SYSTEM*  
PADA SIMULATOR SISTEM MONITORING  
*PRESSURE DAN TEMPERATURE*  
DI WORKSHOP INSTRUMENTASI**

**OLEH:**

**WENI YULIATI**  
**NRP. 2406 030 045**

**Surabaya, Maret 2009**  
**Mengetahui/Menyetujui**  
**Pembimbing**

**Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA**  
**NIP. 131 879 399**

**Ketua Jurusan**  
**Teknik Fisika FTI-ITS**

**Ketua Program Studi**  
**D3 T. Instrumentasi**



**Dr. Bambang L.W. ST.MT.**  
**NIP. 132 137 895**

**Dr.rer.nat Aulia M.T.N, M.Sc**  
**NIP. 132 163 667**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PERANCANGAN *EMERGENCY SHUTDOWN SYSTEM*  
PADA SIMULATOR SISTEM MONITORING  
*PRESSURE DAN TEMPERATURE*  
DI WORKSHOP INSTRUMENTASI**


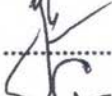
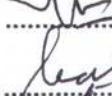
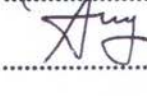

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya  
pada  
Bidang Studi Instrumentasi  
Program Studi D3 Teknik Instrumentasi  
Jurusan Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**WENI YULIATI**  
NRP. 2406.030.045

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

- |                                   |   |                     |
|-----------------------------------|---|---------------------|
| 1. Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA |   | ..... (Pembimbing)  |
| 2. Ir. Ya'umar, MT.               |  | ..... (Penguji I)   |
| 3. Hendra Cordova, ST. MT.        |  | ..... (Penguji II)  |
| 4. Katherin I, ST. MT.            |  | ..... (Penguji III) |
| 5. Deddy Ardiansyah, ST.          |  | ..... (Penguji IV)  |

**SURABAYA**  
**Maret, 2009**



**PERANCANGAN *EMERGENCY SHUTDOWN SYSTEM*  
PADA SIMULATOR SISTEM MONITORING  
*PRESSURE* DAN *TEMPERATURE*  
DI WORKSHOP INSTRUMENTASI**

**Nama** : Weni Yulianti  
**NRP** : 2406 030 045  
**Jurusan** : D3 Teknik Instrumentasi  
**Dosen Pembimbing** : Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA

**Abstrak**

*Emergency Shutdown System* (ESD System) merupakan “*safety sistem*” yang termasuk dalam terminologi *Safety Instrument System* (SIS), dimana SIS adalah sistem instrumentasi dan kontrol yang mengintegrasikan input control - output dan difungsikan secara khusus dan *independent* untuk kondisi *hazard*. Pada tugas akhir ini dilakukan perancangan *Emergency Shutdown System* pada simulator sistem pengendalian *pressure* dan *temperature*, dimana sensor yang dipergunakan untuk memonitor variabel *pressure* adalah *pressure gauge* dan sensor yang dipergunakan untuk mengukur variabel *temperature* adalah LM35. Hasil *monitoring* secara *online* ini diolah oleh *microcontroller AT89S51* guna menghasilkan *output* untuk mengindikasikan kondisi proses dalam keadaan operasi normal atau berbahaya (*emergency*) berupa alarm dan *flashing lamp*. Dari implementasi ESD pada simulator sistem pengendalian *pressure* dan *temperature* dapat diperoleh sebuah sensor *pressure* yang memiliki nilai sensitivitas sebesar 0.351 Volt/Psi dan sebuah sensor *temperature* dengan nilai sensitivitas 0.01 Volt/°C.

Kata kunci : *Emergency Shutdown System, Pressure* dan *Temperature*, Mikrokontroler AT89S51

**DESIGNING OF EMERGENCY SHUTDOWN SYSTEM  
AT PRESSURE AND TEMPERATURE  
MONITORING SYSTEM SIMULATOR  
IN WORKSHOP INSTRUMENTASI**

**Name** : Weni Yuliaty  
**NRP** : 2406 030 045  
**Department** : Diploma of Instrumentation  
Engineering  
**Advisor Lecturer** : Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA

**Abstract**

*Emergency Shutdown System (ESD System) is an safety system which included in Safety Instrument System (SIS) terminology, where SIS is control and instrumentation system which is integrating input - control - output and functioned particulaly and independent for condition of hazard. At this final project will be done scheme of Emergency Shutdown System at pressure and temperature control system simulator, where utilized censor for monitoring pressure variable is pressure gauge and utilized censor for measuring temperature variable is LM35. This monitoring result onlinely controlled by microcontroller AT89S51 to give an output for indicating the condition of process in a state of normally operation or dangerous condition (emergency) using horn and flashing lamp. From implementation ESD at pressure and temperature control system simulator have a pressure censor which have sensitivity value equal to 0.351 Volt/Psi and a temperature censor with sensitivity value of 0.01 Volt/°C.*

**Key words** : Emergency Shutdown System, Pressure and Temperature, Mikrokontroler AT89S51

## KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah atas berkah dan rahmat yang diberikan Allah SWT, karena atas petunjuk, karunia, dan ridlo-Nya lah penulis mampu untuk melaksanakan dan menyelesaikan tugas akhir dengan judul :

### **PERANCANGAN *EMERGENCY SHUTDOWN SYSTEM* PADA SIMULATOR SISTEM MONITORING *PRESSURE* DAN *TEMPERATURE* DI WORKSHOP INSTRUMENTASI**

Tugas akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan bagi seorang mahasiswa untuk memperoleh gelar Ahli Madya pada Program Studi D3 Teknik Instrumentasi Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Selama pengerjaan tugas akhir ini penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Keluarga besar saya, atas kasih sayang dan do'a yang telah diberikan selama ini yang menjadikan penulis tidak hanya sekedar mampu menyelesaikan tugas akhir ini namun mampu menjadikan penulis sebagai orang yang berarti dalam hidup.
2. Bapak Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA beserta keluarga selaku Kalab Workshop Instrumentasi dan Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan segenap bimbingan, kesabaran, dan ilmu yang tiada ternilai harganya.
3. Bapak Dr. Bambang Lelono W. ST.MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika dan Dosen Wali penulis.
4. Teman-teman angkatan 2006 khususnya dan teman-teman angkatan 2007/2008 pada umumnya yang telah memberikan dorongan moral.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini tidaklah sempurna, tetapi penulis berharap tugas akhir ini dapat memberikan kontribusi yang berarti dan dapat menambah wawasan bagi pembaca dan mahasiswa D3 Teknik Instrumentasi yang nanti dapat digunakan sebagai referensi pengerjaan tugas akhir baru. Semoga awal dari permulaan yang panjang ini dapat membawa manfaat dan hikmah bagi kita semua dan juga semoga hari esok lebih baik dari hari ini.

Amin...

Surabaya, Maret 2009

Penulis



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i	
LEMBAR PENGESAHAN	ii	
ABSTRAK	iv	
KATA PENGANTAR	vi	
DAFTAR ISI	viii	
DAFTAR GAMBAR	x	
DAFTAR TABEL	ix	
Bab I	Pendahuluan	
1.1	Latar Belakang	1
1.2	Permasalahan	2
1.3	Pendekatan Masalah	2
1.4	Tujuan	3
1.5	Metodologi	4
Bab II	Dasar Teori	
2.1	<i>Safety Instrumented System (SIS)</i>	5
2.2	<i>Local Control Panel</i>	8
2.3	<i>Engineering Interface</i>	10
2.4	Sistem Pengendalian Proses	15
2.5	Pengendalian <i>Pressure dan Temperature</i>	17
2.6	Sensor / <i>Transmitter</i>	19
2.7	Pencatu Daya	23
2.8	ADC ( <i>Analog to Digital Converter</i> )	28
2.9	Mikrokontroler AT89S51	32
2.10	LCD 2 x 16	34
2.11	Audible Alarm	35
2.12	Relay	36
2.13	<i>Driver Relay</i>	37
2.14	Mode Pengendalian Proses	38
2.15	Perhitungan Data	39
Bab III	Perancangan dan Pembuatan Alat	41
3.1	Perancangan <i>Miniplant</i> Workshop Instrumentasi	42

3.1.1	Sistem Komunikasi	43
3.1.2	<i>Local Control Panel</i>	44
3.2	Perancangan <i>Emergency Shutdown System</i>	45
3.3	Perancangan <i>Hardware</i> Sistem Pengendalian <i>Pressure</i> dan <i>Temperature</i>	46
3.3.1	Perancangan <i>Power Supply</i>	46
3.3.2	Perancangan Sensor / <i>Transmitter</i>	48
3.3.3	Perancangan Sistem Akuisisi Data	50
3.4	Perancangan Perangkat Lunak ( <i>Software</i> )	56
Bab IV	Pengujian dan Analisa Data	59
4.1	Pengujian Alat	60
4.1.1	Pengendalian <i>Plant</i> Sistem Pengendalian <i>Pressure</i> dan <i>Temperature</i>	60
4.1.2	Pengujian Hardware	62
4.2	Analisa Data	73
Bab V	Kesimpulan dan Saran	75
5.1	Kesimpulan	75
5.2	Saran	76
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Safety and Layers of Protection</i>	7
Gambar 2.2	Komponen Dasar <i>Local Control Panel</i>	8
Gambar 2.3	Partisi Sistem Komunikasi	11
Gambar 2.4	Transmisi Data Serial Asinkron	14
Gambar 2.5	Transmisi Data Sinkron	15
Gambar 2.6	Diagram Blok Aliran Proses Pengendalian	17
Gambar 2.7	Rancangan Pengendalian <i>Pressure</i> dan <i>Temperature</i>	18
Gambar 2.8	<i>Pressure Gauge Bourdon Tube "C"</i>	19
Gambar 2.9	<i>Pressure Gauge</i>	20
Gambar 2.10	LM 35	21
Gambar 2.11	LDR ( <i>Light Dependent Resistor</i> )	22
Gambar 2.12	Rangkaian Pembagi	22
Gambar 2.13	<i>Transformator Daya</i>	24
Gambar 2.14	(a) Arus sama. (b) Arus yang disearahkan. (c) Lambang dioda.	25
Gambar 2.15	IC Regulator	26
Gambar 2.16	Kapasitor sebagai filter.(a) Rangkaian. (b) Selama $\frac{1}{4}$ siklus pertama. (c) Setelah sedikit saja melewati puncak positif. (d) Tegangan output dc dengan ripple. (e) Output dari rangkaian gelombang penuh.	27
Gambar 2.17	Fungsi <i>Transfer</i> Ideal ADC	29
Gambar 2.18	Pin-pin ADC 0804	30
Gambar 2.19	Konfigurasi Pin IC AT89S51	32
Gambar 2.20	LCD 2 x 16	34
Gambar 2.21	<i>Timing Diagram Data Write</i>	35
Gambar 2.22	<i>Timing Diagram Data Read</i>	35
Gambar 2.23	Sirene	36
Gambar 2.24	<i>Relay DC</i>	37
Gambar 2.25	<i>Driver Relay</i>	38
Gambar 2.26	Mode Pulsa Pengendalian ON/OFF	39
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> Perancangan dan Pembuatan Alat	41



Gambar 3.2	Rancang Bangun <i>Miniplant Workshop Instrumentasi</i>	43
Gambar 3.3	Skema Rangkaian Komunikasi <i>Interface</i>	43
Gambar 3.4	Skema <i>Local Control Panel</i>	44
Gambar 3.5	Rancangan <i>Emergency Shutdown System</i>	45
Gambar 3.6	Rangkaian Catu Daya 5	47
Gambar 3.7	Rangkaian Catu Daya 12 V	47
Gambar 3.8	(a) Rangkaian Sensor. (b) Peletakan Sensor <i>Pressure</i> pada <i>Miniplant</i>	48
Gambar 3.9	Rangkaian Pembagi	49
Gambar 3.10	(a) Rangkaian Sensor. (b) Peletakan Sensor <i>Temperature</i> pada <i>Miniplant</i>	50
Gambar 3.11	Rangkaian ADC	50
Gambar 3.12	<i>Minimum Sistem AT89S51</i> (a) <i>Minimum Sistem Microcontroller Pressure</i> (b) <i>Minimum Sistem Microcontroller Temperature</i>	52
Gambar 3.13	<i>Timing Diagram Data Write</i>	54
Gambar 3.14	<i>Timing Diagram Data Read</i>	54
Gambar 3.15	Diagram Blok dan Tampilan LCD	55
Gambar 3.16	<i>Panel Local Control Panel</i> Secara Umum	56
Gambar 3.17	<i>Flowchart</i> Sistem Pengendalian	57
Gambar 4.1	Gambar Loop Pengendalian <i>Pressure</i> dan <i>Temperature</i>	60
Gambar 4.2	Grafik Tegangan Keluaran Sensor <i>Pressure</i>	65
Gambar 4.3	Grafik Tegangan Keluaran Sensor <i>Temperature</i>	67



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tabel Fungsi Pin LCD	53
Tabel 4.1	Tegangan <i>Power Supply</i> 5 Volt	62
Tabel 4.2	Tegangan <i>Power Supply</i> 12 Volt	63
Tabel 4.3	Tegangan Keluaran Sensor <i>Pressure</i>	64
Tabel 4.4	Tegangan Keluaran Sensor <i>Temperature</i>	66
Tabel 4.5	Digital ADC <i>Pressure</i>	68
Tabel 4.6	Digital ADC <i>Temperature</i>	69
Tabel 4.7	Tampilan PV <i>Pressure</i> Pada LCD	69
Tabel 4.8	Tampilan PV <i>Temperature</i> Pada LCD	70
Tabel 4.9	Tampilan <i>Alarm</i> dan <i>Flashing Lamp Pressure</i>	71
Tabel 4.10	Tampilan <i>Alarm</i> dan <i>Flashing Lamp Temperature</i>	71

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*Miniplant Workshop Instrumentasi* dengan variabel proses *pressure* dan *temperature* adalah suatu sistem pengendalian proses dengan prinsip pengerjaan panas pada suatu fluida yang dilakukan oleh *mini-boiler* dengan tujuan produksi *steam* (uap). Pengendalian variabel tekanan (*pressure*) disini yaitu pada tangki *mini-boiler* yang memiliki peningkatan nilai tekanan akibat dari proses produksi *steam* tersebut, dikarenakan tangki *mini-boiler* ini termasuk jenis tangki *pressurize* maka dilakukan proses pengendalian dengan memanipulasi kondisi *heater* (pemanas) *mini-boiler* secara *on-off*. Sedangkan pengendalian untuk variabel suhu (*temperature*) dilakukan pada *steam* hasil keluaran dari tangki *mini-boiler* dengan prinsip pertukaran nilai panas pada tangki *heat exchanger*, pengendalian disini dilakukan dengan cara memanipulasi kerja dari pompa air secara *on-off* untuk melakukan proses pertukaran *fluida* pada tangki *heat exchanger*. Pada akhirnya variabel *pressure* dan *temperature* dari *steam* yang dihasilkan dapat dikendalikan sesuai dengan nilai *set-point* yang diberikan.

Pada perancangan tugas akhir ini merupakan kelanjutan dari proses sebelumnya yaitu *output steam* dari keluaran *heat exchanger heat* yang telah dikendalikan nilai *pressure* dan *temperature*-nya, *steam* disini diberi perlakuan panas kembali pada suatu tangki tertutup yang terhubung dengan pipa keluaran *heat exchanger*. Aplikasi *Storage Tank* seperti ini bertujuan untuk merubah fase *steam* ke dalam kondisi *superheated steam*, yang kemudian diambil variabel proses *pressure* dan *temperature* sebagai input *Emergency Shutdown System* (ESD-System). Kombinasi pengendalian proses seperti ini memiliki potensi terjadinya kondisi berbahaya (*emergency*), hal ini sesuai dengan persamaan gas ideal untuk tekanan (*pressure*) dan suhu (*temperature*) yaitu kenaikan nilai tekanan berbanding lurus

dengan kenaikan nilai suhu sehingga perlu dilakukan proses monitoring yang intensif terhadap proses pengendalian kedua variabel proses ini untuk menghindari kemungkinan terjadinya *un-safe condition*.

Pada dasarnya tugas akhir yang diambil sangat berkaitan dengan tugas akhir yang telah dibuat oleh 2 orang mahasiswa D3 Teknik Instrumentasi yaitu mengenai *Local Control Unit (LCU) Pressure dan Temperature* yang terintegrasi dalam sistem *Distributed Control System (DCS)*. Namun pada pelaksanaannya masih belum terdapat *safety system* pada sistem pengendalian *pressure* dan *temperature*-nya, *safety system* disini yaitu pada kontrol dan *monitoring* proses terhadap kondisi abnormal (*emergency*) yang mungkin terjadi pada sistem pengendalian tersebut hingga aktivasi *indicator, annunciator, dan actuator* untuk memberi kemudahan kepada operator untuk melakukan tindakan koreksi. Perancangan *ESD System* disini dirancang dengan tujuan menambahkan nilai *safety system* pada proses pengendalian *pressure* dan *temperature* tersebut tanpa mengurangi optimasi kontrol proses pada sistem *DCS* itu sendiri.

## 1.2 Permasalahan

Sistem pengendalian proses sudah banyak dikembangkan pada beberapa tugas akhir sebelumnya, namun masih belum dikembangkan untuk kepentingan *safety* dalam suatu sistem pengendalian itu sendiri. Oleh karena itu, permasalahan yang diangkat dalam pembuatan tugas akhir ini adalah bagaimana membangun *Emergency Shutdown System (ESD-System)* pada *pressure* dan *temperature miniplant* sebagai aplikasi *safety* sistem dengan cara memberikan informasi kondisi proses secara *real time* dengan alarm dan indikator lampu sebagai *annunciator* pada kondisi berbahaya kepada operator atau bahkan men-*shutdown plant*.



### **1.3 Batasan Masalah**

Adapun pendekatan – pendekatan pada permasalahan yang terjadi dengan tujuan agar pembahasan tidak meluas dan menyimpang dari tujuan adalah sebagai berikut :

- *Miniplant* yang digunakan adalah simulator sistem pengendalian *pressure* dan *temperature* yang ada di *Workshop Instrumentasi*.
- *Variable Process* yang dimonitor dan dikendalikan adalah *pressure* dan *temperature*.
- *Controller* yang digunakan adalah Mikrokontroler AT89S51 dengan bahasa pemrograman yang digunakan berupa bahasa assembly.
- Mode Kontroller yang digunakan adalah mode ON-OFF.
- Pada tugas akhir ini hanya membahas mengenai *local control panel* saja, tidak membahas tentang *server*.

### **1.4 Tujuan**

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah untuk merancang dan membangun *Emergency Shutdown System* pada *Pressure* dan *Temperature Miniplant Workshop Instrumentasi*. Manfaat yang didapatkan dari pengerjaan tugas akhir ini adalah dipergunakan sebagai studi pemahaman prinsip kerja *Safety Instrument System* (SIS) secara *real time*.

### **1.5 Metodologi**

Metodologi yang digunakan dalam menyelesaikan tugas akhir ini yaitu :

- Studi literatur mengenai filosofi *Safety Instrument System* (SIS) dengan aplikasi *Emergency Shutdown System* (ESD-System).
- Studi literatur *hardware* dan *software* (*Miniplant Emergency Shutdown System* dan Mikrokontroler AT89S51)



- Mengaplikasikan perancangan *hardware* dan *software* ke seluruh sistem *plant* melalui hubungan antarmuka menggunakan rangkaian minimum sistem mikrokontroler AT89S51.
- Melakukan pengujian dan analisa sistem di atas baik pada *software* maupun *hardware*.
- Penyusunan laporan dan buku tugas akhir.

### 1.6 Sistematika Laporan

- Bab I      PENDAHULUAN  
Berisi tentang latar belakang, permasalahan, batasan masalah, tujuan dan manfaat, metodologi tugas akhir, dan sistematika laporan.
- Bab II      TEORI PENUNJANG  
Berisi tentang dasar teori *Emergency Shutdown System* (ESD-System) dan minimum sistem Mikrokontroler AT89S51 serta *hardware* elektronik penunjang sistem.
- Bab III     METODOLOGI PENELITIAN  
Berisi tentang langkah-langkah analisa yang akan dilakukan selama tugas akhir, diantaranya adalah perancangan *Emergency Shutdown System* (ESD-System), perancangan *hardware* elektronika untuk kepentingan proses kontrol, perancangan *software* assembly, pengujian, dan analisa sistem.
- Bab IV     HASIL DAN ANALISA  
Berisi tentang hasil perancangan *Emergency Shutdown System* (ESD-System) secara keseluruhan, pengujian *hardware* dan pengujian sistem serta analisa
- Bab V      KESIMPULAN DAN SARAN  
Berisi tentang hasil yang diperoleh dari analisa sistem, analisa data, dan saran.

## BAB II TEORI PENUNJANG

Pada bab II akan dibahas mengenai beberapa dasar teori yang menunjang perancangan *Emergency Shutdown System* pada simulator sistem pengendalian *Pressure* dan *Temperature* di Workshop Instrumentasi, antara lain : *Safety Instrument System*, komponen *miniplant* sistem pengendalian proses *pressure* dan *temperature*, akuisisi data melalui ADC, *minimum sistem Microcontroller AT89S51*, LCD serta sistem *annunciator* oleh *sirine* atau *flashing lamp*

### 2.1 Safety Instrument System (SIS)

*Safety Instrument System* adalah sistem instrumentasi dan kontrol yang terintegrasi input – control - output dan difungsikan secara khusus dan *independent* untuk kondisi hazard. Terminologi ini merupakan penggabungan dari fungsi - fungsi kritikal seperti *Emergency Shutdown System (ESD)*, *Fire and Gas Detection System (FGDS)*, dan *High Integrity Pressure Protection System (HIPPS)*. Tujuan utama dari ESD, FGDS, dan HIPPS adalah untuk menjamin keselamatan atau *safety* dari plant dan lingkungannya. Jadi *SIS system* bukan merupakan sistem kontrol reguler yang menjamin bagaimana proses dapat berjalan sebagaimana yang diinginkan dan menghasilkan produk olahan menurut desain proses *engineer*, tetapi menjamin keselamatan sebagaimana didesain oleh *process safety engineer*. P&ID sudah memberikan simbol secara khusus (Wajib dengan huruf I) untuk mengkategorikan bahwa *field devices* merupakan bagian dari *SIS system*. Serta dari *alarm signal* yang dikirim oleh *field devices* apabila menunjukkan kondisi kritikal (*Hi-Hi it means very High or Lo-Lo it means very Low*) maka *field devices* itu merupakan golongan *SIS system*. Apabila *alarm* yang ditunjukkan adalah *Hi or Lo* saja maka *devices* itu bukan termasuk bagian dari *SIS system*.

*Cause & Effect Matrix* merupakan "holy book" yang digunakan untuk dapat menterjemahkan bagaimana SIS harus dijalankan. *Field devices protocol* yang *approve* untuk SIS system adalah sistem konvensional 4-20 mA dan juga *SMART transmitter* dengan *HART (Highway Addressable Remote Transducer) Protocol*. *Fieldbus Protocol* masih belum dapat diaplikasikan untuk SIS system. Sebagaimana dunia *safety* yang selalu memperhitungkan resiko *fatality, injury*, dan kerusakan peralatan maka SIS system menerapkan hal serupa.

Hasil estimasi resiko kemudian diterjemahkan menjadi tingkat kehandalan *devices* yang dapat digolongkan menjadi *Safety Integrity Level* SIL 1, SIL 2, SIL 3, dan SIL 4. Semakin tinggi SIL maka semakin *robust* dan handal *devices* tersebut dan dibuktikan melalui sertifikat kehandalan dari berbagai pengujian kegagalan (*failure test*). *Devices* tersebut meliputi *field devices* dan *safety control system devices*. Bagaimana untuk *matching* pilihan SIL *devices* yang tepat dan aktual SIL *requirements* adalah dengan cara setiap *plant* harus dievaluasi secara komprehensif yang melibatkan multi disiplin ilmu terutama adalah ilmu kimia. Dari evaluasi resiko tersebut maka *plant* atau *sub-plant package* dapat digolongkan ke dalam SIL tertentu. Dari penjelasan di atas dapat dikatakan bahwa ada beberapa tingkatan pada SIS system yaitu :

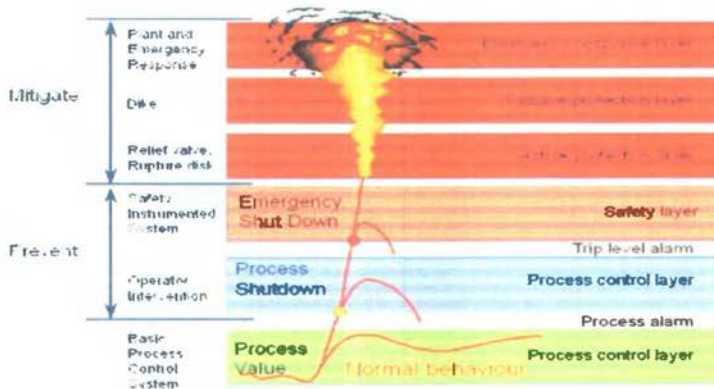
- Level Pertama (*Alarm Only*)
- Level Kedua (*Shutdown* peralatan individu)
- Level Ketiga (*Shutdown* Proses Train)
- Level Keempat (*Shutdown* Semua Proses)
- Level Kelima (*Emergency Shutdown*)

*Emergency Shutdown System (ESD-System)* sebagai sistem yang bertugas untuk mendeteksi dan sekaligus memberikan indikasi dan *action* atas kondisi berbahaya (*Un-Safe Condition*) pada sistem, *ESD-System* mempunyai tiga komponen dasar yaitu sensor, *controller* dan *logic system*, serta *final element* SIS. *Final element* adalah semua peralatan yang diaktifkan oleh *controller* sesuai dengan *sequence* program didalamnya. *Final element* dapat



berupa *ON- OFF Valve, Indicator* (Sirine, Lampu, dll) dan *Horn*. Indikator berupa lampu dan *horn* biasanya disebut "*Annunciator*". Pada kondisi yang aman *annunciator* bekerja tanpa disertai *action* dari *final element* yang lain. Tetapi dalam kondisi yang lain, *annunciator* akan bekerja bersama-sama dengan *action final element*. Fungsi dari *accumulator* adalah memberikan indikasi pada operator bahwa keadaan abnormal melalui lampu dan horn. Sebagian kecil *accumulator* sudah memakai rangkaian elektronika. Namun masih juga ada yang memakai *pneumatic* yang digunakan pada lokasi-lokasi yang tidak memiliki daya listrik. Pertimbangan tentang sensor yang terhubung ke *annunciator-system* adalah :

- Alarm harus tersedia untuk setiap sensor
- Semua komponen proteksi (Alarm, Trip, Indikator, dll) yang terhubung dengan sensor harus beraksi secara serempak kecuali diberikan *time-delay*.
- Pada fasilitas yang dilindungi, dapat juga diberikan *per-shutdown* alarm yang memberikan kesempatan kepada operator untuk mengambil tindakan koreksi agar *shutdown* dapat dihindari.
- Untuk keperluan "*testing*" dan *maintenance*, sensor harus dilengkapi dengan *bypass-switch*.



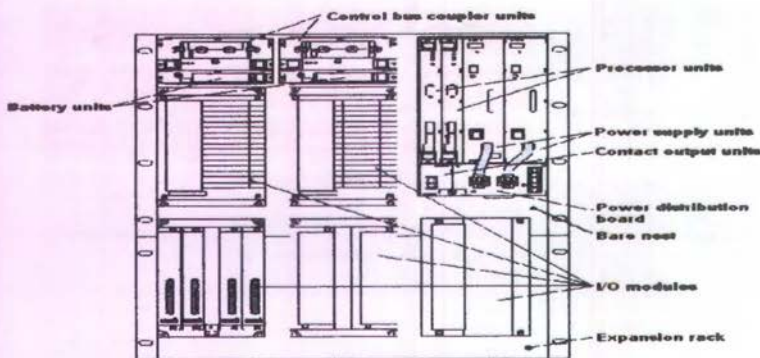
Gambar 2.1 Safety and Layers of Protection<sup>[1]</sup>



## 2.2 Local Control Panel

*Local Control Panel* atau *Local Control Unit (LCU)* merupakan kombinasi terkecil perangkat keras dalam sistem kontrol terdistribusi seperti DCS yang melakukan fungsi kontrol rangkaian tertutup. *Local Control Panel* mengambil *input* dari alat ukur proses (*transmitter*) dan perintah operator, selanjutnya digunakan sebagai data untuk menghitung sinyal *output* agar proses mengikuti perintah yang diinginkan. Setelah perhitungan kontrol selesai dilakukan, *Local Control Panel* mengirim *output* kontrol ke *aktuator*, penggerak (*drive system*), *valve* atau alat mekanik lain yang berfungsi untuk mengatur aliran, temperatur, tekanan dan variabel proses lainnya yang dikontrol.

*Local Control Panel* dapat bekerja secara mandiri pada proses pengontrolan apabila sistem kontrol yang ada di pusat mengalami gangguan, begitu juga sebaliknya apabila pada *Local Control Panel* mengalami gangguan maka dapat langsung ditangani oleh sistem kontrol pusat dan lokal kontrol akan di *shutdown*, sehingga sistem tetap berjalan sesuai dengan parameter yang diinginkan. *Local Control Panel* memiliki rangkaian *input/output (I/O)* sehingga dapat berkomunikasi dengan dunia luar dengan cara membaca atau menerima data analog dan data digital maupun mengirim data serupa keluar *panel*.



Gambar 2.2 Komponen Dasar *Local Control Panel*<sup>[2]</sup>

Pada Gambar 2.2 merupakan konfigurasi minimum yang diperlukan untuk melakukan fungsi kontrol dasar.

- Unit *Prosesor*
  - Melakukan komputasi fungsi kontrol
  - Setting nomor domain dan nomor station
- Unit Catu Daya
  - Menerima daya dari *power distribution board* dan mengkonversinya menjadi tegangan searah (DC).
  - Mendistribusikan tegangan DC ke semua unit pada *Local Control Panel*.
- Modul Masukan/Keluaran (*I/O Module*)
  - Modul Masukan/Keluaran mengubah sinyal analog atau digital dari *field equipment* yang menuju *Local Control Panel* atau sebaliknya.

*Local Control Panel* akan mengakuisisi data *plant* dari sensor. Mengontrol proses / mesin melalui modul keluaran menggunakan program. Program dieksekusi oleh prosesor. Algoritma kontrol dapat dikodekan dalam bahasa assembly dan disimpan didalam memory. Setelah kontroler dihidupkan, *Local Control Panel* segera membaca data input, melaksanakan algoritma kontrol dan kemudian membangkitkan outputan kontrol. Para pengguna dapat merubah program menggunakan suatu bahasa pemrograman dan menyimpannya dalam memori program di *Local Control Panel*.

*Local Control Panel* merupakan kontroler berbasis mikroprosesor yang dilengkapi dengan bermacam-macam fungsi-fungsi kontrol yang berpusat di sekitar kontrol umpan balik dan kontrol sekuensial, fleksibelitas dalam memberikan respons terhadap operasi *CRT* dan *panelboard* serta berbagai fasilitas interfacing *input/output (I/O)* yang memungkinkan pemrosesan bermacam-macam sinyal dapat digunakan pada berbagai bidang dimulai dari pengontrolan proses kontinyu sampai dengan proses *batch*.

### 2.3 Engineering Interface

Pendefinisian dan set up sistem *monitoring* dan kontrol dengan menggunakan sistem kontrol analog dan modul sekuensial melibatkan pekerjaan *engineering* yang sangat besar. *Instrument-engineer* (vendor dan user) harus memilih dan mengadakan modul-modul akuisisi data dan kontrol, memasangnya dalam kabinet dan memasang pengkabelan yang diperlukan untuk menghubungkan modul-modul yang terkait. *Engineer* menguji dan memeriksa seluruh sistem secara manual sebelum dilakukan instalasi di lapangan. Pekerjaan lain yang harus dilakukan adalah memilih instrumentasi untuk operator *interface*, memasangnya pada *panel-board*, memasang *wiring* dan akhirnya mengujinya. Disamping itu harus pula disiapkan dokumentasi untuk seluruh konfigurasi perangkat keras sistem kontrol dan operator *interface* lengkap dengan *diagram logic* instrumentasinya yang biasanya dikembangkan dari gambar secara manual. Jika ditemui kesalahan dalam sistem kontrol modul baru mungkin harus diadakan, pengkabelan harus dilakukan lagi dan kemudian yang terakhir dokumentasinya juga harus diperbarui. *Engineering Interface* diklasifikasikan atas 2 level perangkat keras yaitu :

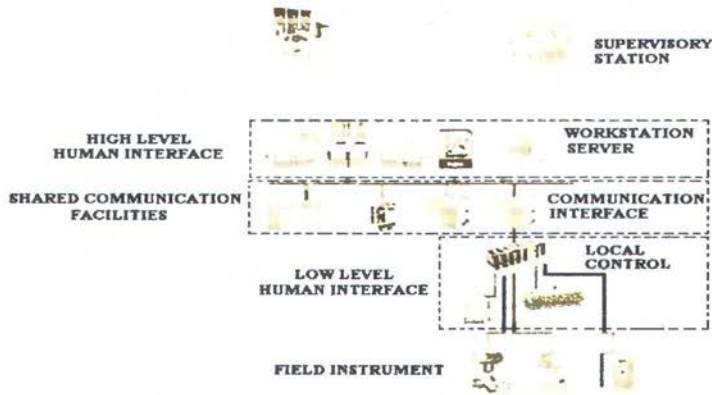
- *Low-Level*

Pada level ini perangkat keras yang digunakan mempunyai fungsi minimum tetapi cocok untuk aplikasi pada sistem kontrol sederhana, penerapannya yaitu pada sebuah local control untuk beberapa *field instrument* dari suatu sistem pengendalian proses.

- *High-Level*

Pada level ini perangkat keras yang digunakan mempunyai fungsi yang jauh lebih banyak dari *low-level (powerfull)*, jauh lebih mahal namun diperlukan untuk sistem kontrol terdistribusi skala menengah ke atas yaitu seperti sebuah *workstation server* untuk keperluan suatu *integrated monitoring*.





Gambar 2.3 Partisi Sistem Komunikasi<sup>[3]</sup>

Sistem kontrol terdistribusi seperti DCS telah sangat menyederhanakan proses *engineering* pada sistem kontrol. Modul-modul berbasis mikroprosesor dalam jumlah kecil mampu menggantikan sejumlah besar modul-modul perangkat keras yang semula mempunyai fungsi khusus. Penggunaan saluran komunikasi bersama telah banyak mengurangi dan mungkin menghilangkan *intermodule-wiring*. *Logic* sistem kontrol yang semula diimplementasikan dengan *dedicated hardware module (hardware)* telah diganti dengan fungsi-fungsi *logic* yang dapat diprogram atau dimodifikasi secara software tanpa mengubah konfigurasi perangkat kerasnya. Namun pekerjaan *engineering* yang besar masih tetap diperlukan untuk menghubungkan DCS dengan lapangan (*field*). Perangkat keras khusus dikembangkan sebagai bagian dari arsitektur DCS untuk membuat agar pekerjaan *engineering* yang masih diperlukan dapat dilakukan sesederhana mungkin. Perangkat keras khusus yang disebut *engineering interface* ini harus dapat digunakan untuk melakukan fungsi-fungsi berikut :

- *System Configuration*

Lingkup pengkonfigurasi sistem adalah mendefinisikan konfigurasi dan interkoneksi perangkat keras maupun *logic* dan algoritma komputasi kontrol.

- *Operator Interface Configurastion*

Dalam hal ini mendefinisikan peralatan yang diperlukan operator untuk melakukan pekerjaannya dan mendefinisikan hubungan antara *operator interface* dengan sistem kontrol.

- *System Documentation*

Fungsi ini harus mampu memberikan mekanisme pengembangan dokumentasi konfigurasi sistem dan operator interface yang mudah dan cepat, baik pada saat awal pengembangan maupun pada saat diinginkan adanya perubahan konfigurasi.

- *System Failure Diagnosis*

Fungsi ini menyediakan mekanisme untuk memungkinkan *instrument-engineer* menentukan eksistensi dan lokasi kegagalan (*failure*) sistem agar perbaikan dapat cepat dilakukan secara cepat dan efisien.

Adapun beberapa persyaratan umum dari sebuah *Engineering Interface*, yaitu.

- *Acces Security*

*User* yang tidak mempunyai wewenang tidak bisa mengakses engineering station.

- *Ergonomic Design*

Kenyamanan bagi *user*.

- *Data Reasonableness And Consistency*

Jika pada waktu mengoperasikan *engineering station* terjadi kesalahan, *interface* harus mampu menunjukkan pesan kesalahan dan sekaligus memberikan bimbingan sedemikian rupa sehingga tidak membahayakan sistem operasi.

- *User Convenience*

*Engineering interface* harus dapat dioperasikan secara mudah dan praktis.



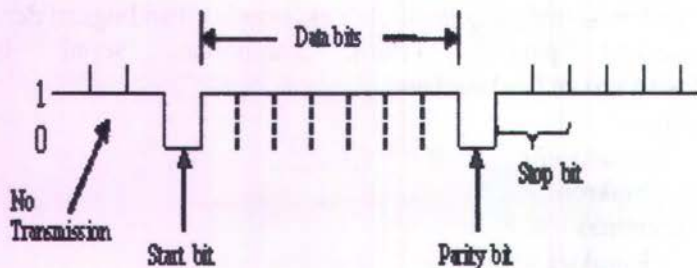
Pada dasarnya ada 2 cara transmisi data, yaitu secara serial dan secara paralel<sup>[1]</sup>. Transmisi serial merupakan pengiriman data yang dilakukan perbit. Pada sistem ini hanya diperlukan 2 saluran komunikasi masing – masing untuk pengiriman dan penerimaan. Pada transmisi data secara paralel setiap bit *data word* mempunyai saluran komunikasi sendiri, walaupun cara ini sangat cepat, namun biayanya akan sangat mahal terutama untuk pengiriman data jarak jauh. Kecepatan transmisi data (serial maupun paralel) dinyatakan dalam *bit persecond* (bps). Kemampuan *interface* komunikasi serial umumnya adalah 110, 300, 600, 1200, 2400, 4800 dan 9600 bps. Beberapa *interface* komunikasi serial yang baru mempunyai kemampuan kecepatan transmisi data sampai 2 Mbps. Komunikasi data diantara peralatan tidak mungkin dilakukan tanpa menggunakan kode karakter. Dalam hal ini karakter dinyatakan dalam kode biner 1 dan 0. kode karakter yang lazim digunakan adalah kode ASCII yang menggunakan representasi data dengan lebar 7 bit untuk setiap karakter.

Dasar dari komunikasi data serial adalah transmisi informasi melalui satu kabel. Jika komputer dan *peripheral* dipisahkan oleh jarak yang sangat jauh, maka penggunaan *interface* komunikasi paralel tidak layak lagi. Disini *interface* komunikasi serial merupakan solusi yang jauh lebih ekonomis dibandingkan dengan komunikasi paralel. Teknik komunikasi serial dapat diklasifikasikan berdasarkan:

- Mode
  - Asinkron
  - Sinkron
- Kuantitas
  - Karakter
  - Blok
- Jarak
  - Lokal
  - *Remote*

- Kode
  - ASCII
  - Kode lain

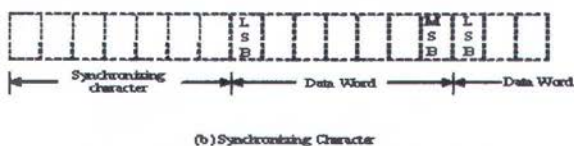
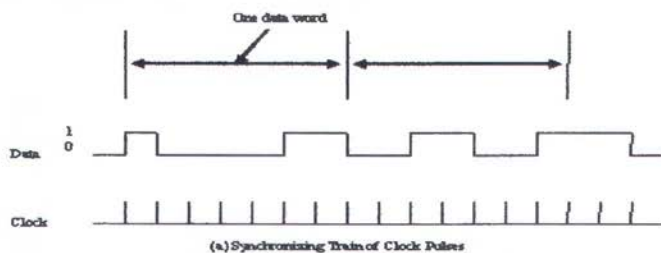
Pada komunikasi asinkron, data ditransmisikan dalam bentuk format standar (gambar 2.3)<sup>[1]</sup> dan data dapat dikirimkan setiap saat dengan ukuran banyaknya data sebaran. Bentuk yang paling lazim digunakan adalah transmisi asinkron karakter demi karakter dengan format data 7 bit. Disamping data diperlukan tambahan beberapa bit untuk keperluan *handshaking*, misalnya transmisi asinkron menggunakan format 11 bit, yaitu 1 start bit, 7 bit data, 1 *parity* bit dan 2 stop bit. Start bit merupakan tanda awal dari karakter untuk memberitahu penerima bahwa suatu karakter akan dikirimkan, diikuti oleh bit data (karakter), yang dikirim dengan susunan dari bit terkecil sampai bit terbesar. Penerima memperhitungkan datangnya sinyal, kemudian mencacah tiap bit sinyal kurang lebih di pusat bit. Baik pengirim maupun penerima harus mempunyai ukuran waktu bit yang sama, dimana waktu bit ini ditentukan oleh kecepatan pengiriman karakter. Dibekas bit data terdapat bit *parity* yang berfungsi sebagai *detector* kesalahan, bit *parity* ini dapat diset sebagai *parity* genap (*even parity*, jumlah bilangan 1 genap) atau *parity* ganjil (*odd parity*, jumlah bilangan 1 ganjil).



Gambar 2.4 Transmisi Data Serial Asinkron<sup>[4]</sup>

Bit yang terakhir, stop bit (2 bit) hanyalah sekedar *timer* yang berfungsi untuk memberi kesempatan kepada penerima untuk menyusun kembali data yang diterima. Pada transmisi sinkron,

data dikirimkan dengan kecepatan tetap yang disinkronkan dengan sinyal pewaktuan atau alat kontrol. Pada tipe yang pertama, sinkronisasi dilakukan dengan mengirimkan deretan pulsa *clock* melalui saluran yang terpisah. Pada tipe yang kedua, sinkronisasi dilakukan dengan menggunakan karakter namun dalam hal ini penerima harus mempunyai *clock* tersendiri yang dapat mengunci pulsa yang datang.



Gambar 2.5 Transmisi Data Sinkron<sup>[4]</sup>

## 2.4 Sistem Pengendalian Proses

Hampir semua proses di industri membutuhkan peralatan – peralatan otomatis untuk mengendalikan parameter – parameter prosesnya. Otomatisasi tidak hanya diperlukan demi kelancaran operasi, keamanan, ekonomi maupun mutu produk, tetapi lebih merupakan kebutuhan pokok. Suatu proses industri tidak akan dapat dijalankan tanpa bantuan sistem pengendalian. Parameter – parameter yang umum dikendalikan dalam suatu proses adalah tekanan ( *pressure* ), laju aliran ( *flow* ), suhu ( *temperature* ) dan permukaan zat cair ( *level* ). Gabungan serta alat – alat pengendalian otomatis itulah yang disebut sistem pengendalian proses ( *process control system* ). Sedangkan semua peralatan yang



membentuk sistem pengendalian tersebut disebut instrumentasi pengendalian proses (*process control instrumentation*).

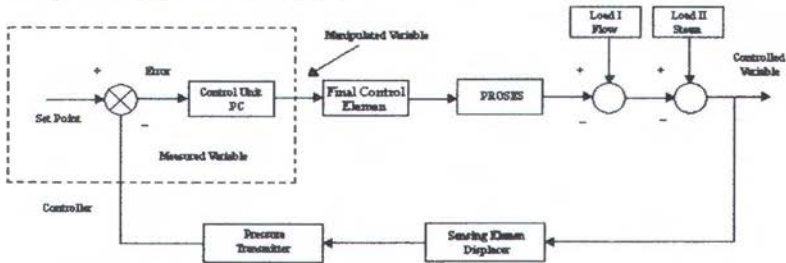
Istilah – istilah yang perlu diketahui dalam sistem otomatis adalah sebagai berikut :

- **Proses** : tatanan peralatan yang mempunyai suatu fungsi tertentu, contohnya *level* tangki.
- **Controlled Variable** : besaran atau variabel yang dikendalikan. Besaran ini pada diagram kotak disebut juga dengan output proses atau *level* tangki..
- **Manipulated Variable** : input dari suatu proses yang dapat di manipulasi agar *controlled variable* sesuai dengan set point-nya.
- **Disturbance** : besaran lain (selain *manipulated variable*) yang dapat menyebabkan berubahnya *level* tangki diatas dari tangki yang dikendalikan
- **Sensing Element** : bagian paling ujung suatu sistem pengukuran, seperti *sensor level*.
- **Transmitter** : untuk membaca sinyal sensing element dan mengubah sinyal yang dapat dipahami oleh kontroller seperti *signal conditioning* (SC).
- **Tranducer** : unit pengalih sinyal.
- **Measurement Variable** : sinyal yang keluar dari transmitter. Jika dalam pengendalian *level*, sinyal yang keluar adalah berupa *level*.
- **Set Point** : besar *process variable* (*level*) yang dikehendaki.
- **Controller** : elemen yang melakukan tahapan mengukur - membandingkan - menghitung - mengkoreksi. *Proporsional Integral Derivatif* (PID) salah satu *controller* yang sering digunakan dalam industri.
- **Final Control Element** : bagian akhir dari instrumentasi sistem pengendalian yang berfungsi untuk mengubah *measurement variable* dengan cara *manipulated variable*, berdasarkan perintah pengendali. Salah satu *final control element* yang digunakan dalam pengendalian *level* adalah *motorized valve*.





Secara garis besar suatu rangkaian pengendalian proses dibagi menjadi 4 langkah, yaitu : mengukur – membandingkan - menghitung – mengkoreksi. Langkah pertama yaitu mengukur , merupakan tugas dari sensor. Langkah berikutnya adalah membandingkan apakah hasil pengukuran dari sensor sudah sesuai dengan apa yang dikehendaki. Apabila terjadi ketidaksesuaian antara *set point* dengan hasil pengukuran maka akan dilakukan perhitungan untuk menentukan aksi apa yang dilakukan supaya sesuai dengan set point yang diinginkan. Pada langkah kedua dan ketiga ini adalah tugas dari pengendali. Langkah terakhir adalah melakukan pengkoreksian yang merupakan tugas dari aktuator.

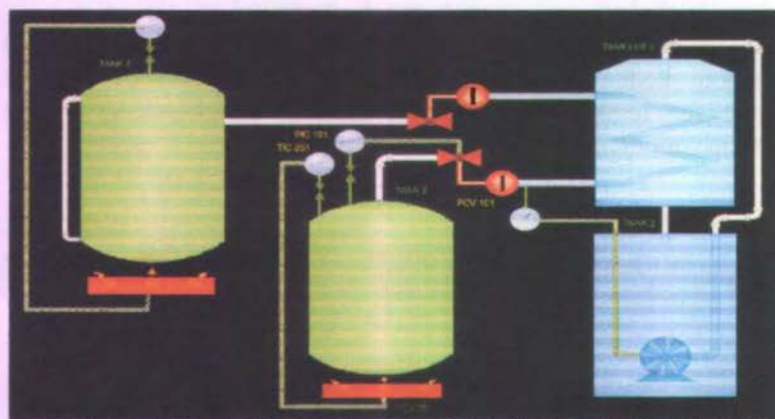


Gambar 2.6 Diagram Blok Aliran Proses Pengendalian<sup>[5]</sup>

## 2.5 Pengendalian Pressure dan Temperature

Sistem pengendalian tekanan (*pressure*) dan suhu (*temperature*) pada *Workshop Instrumentasi* dengan prinsip pengerjaan panas pada suatu fluida yang dilakukan oleh *mini-boiler* dengan tujuan produksi *steam* (uap). Pengendalian variabel tekanan (*pressure*) disini yaitu pada tangki *mini-boiler* yang memiliki peningkatan nilai tekanan akibat dari proses produksi *steam* tersebut dengan memanipulasi kondisi *heater* (pemanas) *mini-boiler* secara *on-off*. Sedangkan pengendalian variabel suhu (*temperature*) dilakukan pada *steam* hasil keluaran dari tangki *mini-boiler* dengan prinsip pertukaran nilai panas pada tangki *heat exchanger*, pengendalian disini dilakukan dengan cara memanipulasi kerja dari

pompa air secara *on-off*. Proses selanjutnya yaitu tangki tertutup yang mendapatkan inputan berupa *steam* dari proses sebelumnya kemudian akan diberi sumber panas dengan tujuan adanya perubahan fase vapor menjadi *superheated*. Dari proses perubahan fase vapor menjadi *superheated* yang dihasilkan oleh proses pemanasan tersebut yang nantinya akan dikendalikan tingkat tekanan dan temperturnya.



**Gambar 2.7** Rancangan Pengendalian *Pressure* dan *Temperature*

## 2.6 Sensor / Transmitter

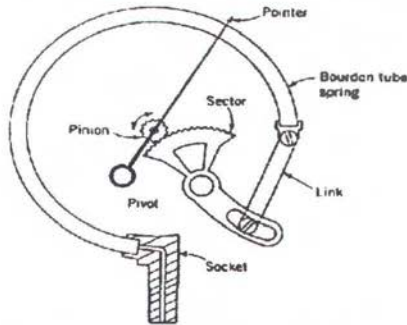
Dalam tugas akhir ini menggunakan sensor *pressure gauge* yang telah dimodifikasi dan sensor temperature yaitu LM 35.

### • Pressure Gauge

Secara garis besar metode pengukuran tekanan dapat dibagi dalam beberapa metode, yaitu *gravitation instrument*, *alastic devormation instrument*, *special type (strain gauge dan piezo electric crystal)*. Pada dasarnya pengukuran tekanan dibedakan menjadi dua metode yaitu pengukuran tekanan absolute dan tekanan gauge, pengukuran tekanan absolute dilakukan dengan menganggap tekanan udara sekitar juga berpengaruh yang berarti hasil pengukuran absolute sedangkan pengukuran tekanan gauge



dilakukan dengan mengabaikan tekanan udara luar atau tekanan udara luar dianggap sama dengan nol pada pengukuran ini *bourdon tube*, *bellow*, *spiral* dapat digunakan untuk menera besar perubahan tekanan. *Gauge pressure* adalah tekanan yang terbaca pada alat ukur. Sedangkan *absolute pressure* adalah tekanan yang diukur mulai dari titik nol absolute, jika tekanan ini melebihi tekanan atmosfer lokal maka tekanan ini dapat dinyatakan sebagai jumlah dari tekanan atmosfer lokal dengan tekanan gauge. Perbedaan antara *gauge pressure scala* dengan *absolute pressure* adalah terletak pada lokasi nolnya. Pada *gauge pressure scala* titik nol adalah pada tekanan atmosfer, sedang pada *absolute pressure scala* titik nol terletak pada *absolute zero pressure point*.



**Gambar 2.8** Pressure Gauge Bourdon Tube "C"<sup>[6]</sup>

*Pressure gauge* terdiri dari dua macam, yaitu *mechanic pressure gauge* dan *electric pressure gauge*. Perbedaan dari kedua alat pengukur tekanan tersebut pada dasarnya terletak pada sensor yang menghubungkan antara tekanan dengan jarum penunjuk sekala yaitu menggunakan mekanik dan elektrik. Bahan yang digunakan untuk tabung *bourdon* adalah *bronze*, *monel*, *alloy steel*, *beryllium copper*, *Ni-span C* dan *stainless steel*. Disamping *bourdon tube* instrument ini juga ada yang dilengkapi spiral dan atau *helix element* untuk membantu pergerakannya. *Elastic pressure gauge* adalah tipe yang paling sering digunakan. Dalam *elastic pressure gauge*, sebuah bodi elastis digunakan



sebagai elemen sensor, dan tekanan tergantung dari jumlah perubahan bentuk dari elemen sensor. Range dari tekanan yang terukur tergantung dari *bourdon tube*, diafragma atau *bellow* yang digunakan sebagai elemen sensor.



**Gambar 2.9 Pressure Gauge<sup>[6]</sup>**

Tipe *pressure gauge* seperti Gambar 2.9 menggunakan *bellows* yang terbuat dari kuningan, *phosphor bronze* atau dari *stainless steel*. *Bellows pressure gauge* biasanya digabungkan dengan sebuah pegas. Bentuk *alarm contact* adalah suatu bentuk yang dihubungkan ke suatu alat peringatan bahaya, dengan menstel atau menset pada tekanan tertentu, sehingga apabila melebihi dari yang dipasang maka akan memberikan tanda bahaya. Alat ini dipakai untuk mengontrol mesin-mesin dan peralatan pada suatu pabrik atau kilang. Tipe ini dapat dibagi dua sistem kerjanya, yang satu berdasarkan elektrik atau pneumatik dan pemasangannya juga dapat melalui kontak langsung dengan jalur atau peralatan yang diukur atau tidak kontak secara langsung.

- **LM 35**

Sensor merupakan elemen perasa pertama dalam sistem pengukuran, dengan menggunakan sensor kita dapat menentukan berapa besar variabel yang ada pada objek yang kita amati. variabel yang ada pada objek yang kita amati tentunya beragam antara lain, suhu, tekanan, level, Konsentrasi dan lain sebagainya.



Pada aplikasi yang kami rancang kita mencoba untuk mengukur besarnya variabel suhu pada objek yang kita amati.

Sensor yang digunakan adalah LM35, prinsip kerja dari LM 35 yaitu mengubah besaran temperatur menjadi tegangan yang proposional. Dimana LM 35 merupakan sensor dengan kebutuhan tegangan 5 Volt, dengan *output* tegangan berdasar *temperature* (10 mAmpere/Derajat Celcius), misalnya pada temperatur kamar 25<sup>0</sup>C diperoleh tegangan 250mV. LM 35 mempunyai 3 kaki. Dimana tiap – tiap kaki mempunyai fungsi masing – masing. Fungsi dari kaki LM 35 adalah sebagai *power supply* +5 VDC, *output* dan *ground* (Gnd). Sedangkan permukaan yang digunakan dalam pengukuran (permukaan yang peka) adalah bagian ujung dari bungkus LM35. Gambar 2.10 dibawah menunjukkan susunan kaki IC sensor LM35<sup>2)</sup>.



**Gambar 2.10** LM 35<sup>[7]</sup>

#### • LDR

Sensor adalah salah satu bagian dari suatu sistem yang berfungsi sebagai penerima sinyal dan sinyal inilah yang akan digunakan untuk monitoring atau bisa juga untuk pengendalian. Dan sensor mampu merubah dari besaran fisis menjadi besaran elektronik agar dapat diolah oleh rangkaian transduser yang nantinya data tersebut cukup kuat untuk ditransmisikan, karena dalam pentransmisiian data akan mengalami jika data tersebut dalam bentuk sinyal yang lemah.

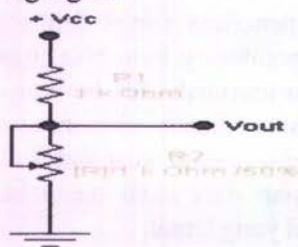


**Gambar 2.11 LDR (*Light Dependent Resistor*)<sup>[6]</sup>**

LDR (*Light Dependent Resistor*) merupakan sensor cahaya. LDR yang terbuat dari *Cadmium Sulfida*, yaitu bahan semikonduktor yang resistansinya berubah menurut banyaknya cahaya yang jatuh padanya. Daerah peka suatu sel foto konduktif terjadi dari lapisan *Cadmium Sulfida* yang diendapkan pada lapisan bawah isolasi rangkaian dengan kabel-kabel penyambungan diplotkan dalam epoksin respon jernih. Cahaya yang jatuh di atas warna coklat berliku-liku bentuk pada sensor, menyebabkan perlawanan yang biasa dikenal dengan koefisien negatif. Prinsip kerja dari LDR adalah semakin banyak cahaya yang jatuh di sensor maka semakin kecil nilai hambatannya dan sebaliknya.

- **Rangkaian Pembagi**

Rangkaian pembagi tegangan dapat dilihat pada Gambar 2.12 yang digunakan untuk pengkonversian yang diperoleh dari variasi hambatan dan variasi tegangan.



**Gambar 2.12 Rangkaian Pembagi**

Tegangan keluaran dari rangkaian pembagi tegangan adalah:

$$V_{out} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times V_{in} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :  $R_1$  = LDR  
 $R_2$  = Multitone (1 k $\Omega$ )  
 $V_{in}$  = Vcc (5 Volt)

## 2.7 Pencatu Daya

Sebagai sumber daya, sebagian besar piranti elektronika membutuhkan tegangan searah atau biasa disebut tegangan DC (*Direct Current*). Penggunaan baterai sebagai sumber daya DC kurang efektif, hal ini disebabkan daya yang dimiliki oleh baterai hanya mampu digunakan dalam beberapa waktu saja (tidak tahan lama) dan harganya relatif mahal. Satu-satunya sumber daya yang mudah didapat dan paling murah adalah tegangan listrik dari jaringan PLN sebesar 110/220 volt dengan frekuensi 50 -60 Hz. Tegangan jaringan ini berupa tegangan bolak-balik (*Alternate Current/AC*), oleh karena itu supaya dapat *mensupply* piranti elektronik yang membutuhkan tegangan DC, maka diperlukan sebuah rangkaian yang bisa merubah tegangan bolak-balik menjadi tegangan searah yang dinamakan rangkaian penyearah yang tidak berkurang tegangan DC-nya ketika arus beban yang lebih besar dialirkan dari sumber daya ini. Beberapa komponen penunjang dari rangkaian sumber daya (*power supply*) meliputi :

- Transformator daya
- Diode penyearah
- Regulator
- Kapasitor

Masing – masing dari komponen tersebut diatas dapat dijelaskan sebagai berikut :

### • Transformator Daya

Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih

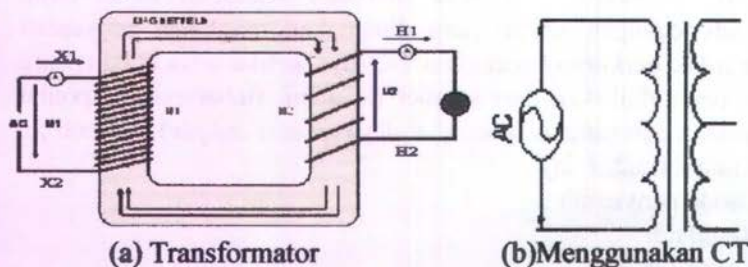


rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Prinsip kerja transformator yang berdasarkan induksi elektromagnetik yakni menghendaki adanya gandengan magnet antara rangkaian primer dan rangkaian sekunder. Gandengan magnet ini berupa inti besi tempat melakukan fluks bersama.

Sisi belitan  $X_1, X_2$  adalah sisi tegangan rendah dan sisi belitan  $H_1, H_2$  adalah sisi tegangan tinggi. Bila salah satu sisi, baik sisi tegangan tinggi maupun sisi tegangan rendah dihubungkan dengan sumber tegangan bolak balik, maka sisi tersebut disebut sisi primer sedangkan sisi lain yang dihubungkan dengan beban disebut sisi sekunder.

Dalam bidang elektronika, transformator digunakan antara lain sebagai

- Gandengan impedansi antara sumber dan beban
- Untuk memisahkan satu rangkaian dengan rangkaian lain
- Untuk menghambat arus searah sambil tetap mengalirkan arus bolak-balik antar rangkaian
- Untuk menurunkan tegangan listrik AC 110 / 220 volt menjadi AC yang lebih rendah.



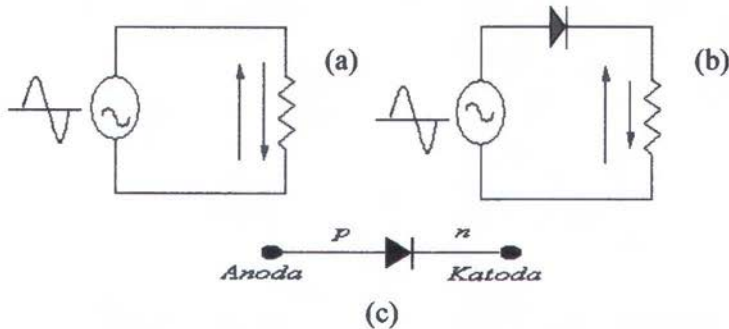
Gambar 2.13 Transformator Daya<sup>[8]</sup>

#### • Dioda Penyearah

Dioda merupakan suatu piranti dua elektroda dengan arah tertentu. Dioda bekerja sebagai penghantar jika beda tegangan



listrik diberikan dalam arah maju dan dioda akan bekerja sebagai isolator bila tegangan diberikan dalam arah yang berlawanan. Sebagai rangkaian aktif dioda banyak digunakan dalam rangkaian elektronika, yaitu sebagai pengubah tegangan bolak – balik menjadi tegangan searah. Gambar 2.14(a) menunjukkan sumber ac mendorong electron ke atas melalui resistor selama setengah perioda positif tegangan input dan turun melalui resistor selama setengah perioda negative. Naik turunnya arus adalah sama.

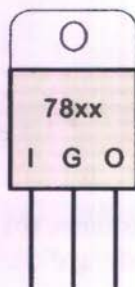


**Gambar 2.14** (a) Arus sama. (b) Arus yang disearahkan.  
(c) Lambang dioda<sup>[8]</sup>

Rangkaian pada Gambar 2.14(b) menunjukkan bahwa setengah perioda positif dari tegangan input akan memberikan bias forward pada dioda, sehingga dioda akan konduksi selama setengah perioda positif. Tetapi untuk setengah perioda *negative*, dioda dibias *reverse* dan hanya arus *reverse* kecil yang mengalir. Tanda panah besar menunjukkan aliran elektron ke atas dan yang kecil untuk aliran kebawah. Dioda telah menyearahkan arus ac berarti mengubahnya dari arus bolak-balik menjadi arus searah. Gambar 2.14(c) melambangkan sebuah dioda penyearah. Sisi *P* disebut anoda dan sisi *n* disebut katoda. Lambang dioda seperti anak panah yang arahnya dari sisi *p* ke sisi *n*. Hal ini disebabkan karena arus konvensional mudah mengalir dari sisi *p* ke sisi *n*.

### • Regulator

Pemakaian regulator pada pencatu daya berfungsi sebagai stabilitas tegangan. Komponen aktif ini mampu meregulasi tegangan menjadi stabil. Komponen ini sudah dikemas dalam sebuah IC regulator tegangan tetap yang biasanya sudah dilengkapi dengan pembatas arus (*current limiter*) dan juga pembatas suhu (*thermal shutdown*). Jenis IC regulator tegangan tetap yang sering dipakai adalah jenis 78xx atau 79xx. IC regulator 78xx menghasilkan output tegangan dengan polaritas positif sedangkan 79xx menghasilkan *output* tegangan dengan polaritas negatif.

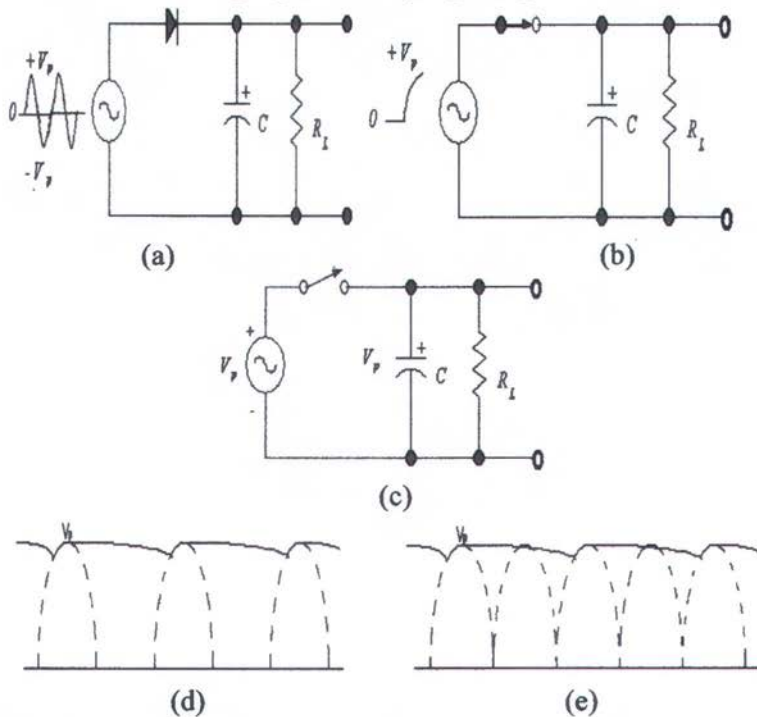


Gambar 2.15 IC Regulator<sup>[8]</sup>

Jenis 78xx dapat diperoleh dalam kemasan alumunium yang boleh mengeluarkan arus lebih dari 1 A, asalkan dilengkapi pembedam panas atau alumunium pendingin (*heat sink*). Sedangkan jenis 79xx adalah regulator 3 terminal yang menghasilkan tegangan *output* tetap, mampu mengeluarkan arus 1,5 A. Hanya saja perlu diketahui supaya rangkaian regulator dengan IC tersebut bisa bekerja, tegangan input harus lebih besar dari tegangan output regulatornya. Biasanya perbedaan tegangan  $V_{in}$  terhadap  $V_{out}$  yang direkomendasikan ada di dalam datasheet komponen tersebut. Pemakaian alumunium pendingin (*heatsink*) dianjurkan jika komponen ini dipakai untuk mencatu arus yang besar.

### • Kapasitor Sebagai Filter

Tegangan keluaran dari diode penyearah gelombang penuh masih dalam kondisi berdenyut (belum rata) sehingga dibutuhkan sebuah kapasitor filter yang ditempatkan pada terminal keluaran tegangan searah dari diode penyearah. Kapasitor ini berfungsi untuk meratakan denyutan-denyutan (*ripple*) tersebut dan memberikan suatu tegangan searah yang hampir murni.



**Gambar 2.16** Kapasitor sebagai filter. (a) Rangkaian. (b) Selama  $\frac{1}{4}$  siklus pertama. (c) Setelah sedikit saja melewati puncak positif. (d) Tegangan output dc dengan *ripple*. (e) Output dari rangkaian gelombang penuh<sup>[8]</sup>.



Gambar 2.16(a) menunjukkan kapasitor sebagai filter. Pada Gambar 2.16(b) selama  $\frac{1}{4}$  perioda pertama tegangan input, dioda dibias *forward*. Secara ideal seperti saklar tertutup. Karena dioda menghubungkan sumber secara langsung pada kapasitor, kapasitor dimuati sampai tegangan puncak  $V_p$ .

Pada Gambar 2.16(c) setelah sedikit saja melewati puncak positif, dioda berhenti konduksi, yang berarti saklar terbuka. Hal ini disebabkan kapasitor memiliki  $+V_p$  Volt. Dengan tegangan sumber yang sedikit kurang dari  $+V_p$  Volt, kapasitor akan coba memaksa arus kembali melalui dioda. Hal ini akan membias dioda secara *reverse*. Dengan *off*-nya dioda, kapasitor mulai mengosongkan diri melalui resistansi beban  $R_L$ . Konstanta waktu dari  $R_L C$  jauh lebih besar daripada perioda  $T$  sinyal input. Oleh sebab itu kapasitor akan kehilangan hanya sedikit dari muatannya. Detak puncak positif berikutnya, dioda akan *on* dan mengisi kapasitor kembali.

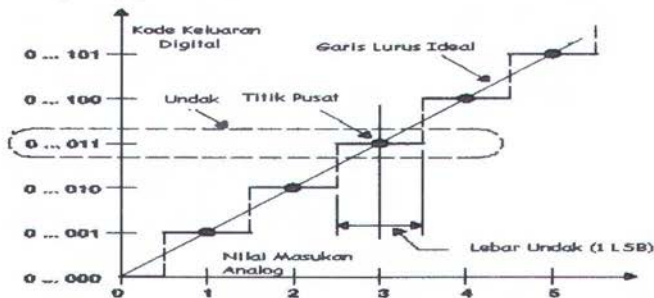
Gambar 2.16(d) menunjukkan bentuk gelombang *output* dari filter kapasitor. Tegangan maksimum sama dengan  $V_p$ . Jika dioda *off* kapasitor membuang muatannya melalui resistansi beban. Dekat puncak positif berikutnya dioda akan *on* dan mengganti kehilangan muatan kapasitor dan tegangan output naik menjadi  $V_p$ .

Pada Gambar 2.16(e) penyearah dengan tap-tengah dan jembatan yang kemudian diberikan pada kapasitor menghasilkan penyearah puncak yang lebih baik karena kapasitor dimuati dua kali lebih sering. Hasilnya *ripple* menjadi lebih kecil dan tegangan output dc lebih mendekati tegangan puncak.

## 2.8 ADC (Analog to Digital Converter)

Didalam pengendalian berbasis komputer memerlukan sebuah divais yang mengubah dari besaran analog kedalam besaran digital baik dalam mengirim data maupun menerima data dan dalam tugas akhir ini perubahan dari analog ke digital maupun sebaliknya menggunakan ADC 0804. Konverter analog ke digital atau biasa disebut dengan ADC merupakan suatu alat yang

berfungsi untuk mengubah data sinyal dari besaran analog 1-5 volt selanjutnya dikonversi menjadi besaran sinyal digital 0-255 bit. Secara teoritis, fungsi transfer ideal untuk konverter analog ke digital (ADC, *analog-to-digital converter*) berbentuk garis lurus. Bentuk ideal garis lurus hanya dapat dicapai dengan konverter data beresolusi tak-hingga. Karena tidak mungkin mendapatkan resolusi tak hingga, maka secara praktis fungsi transfer ideal tersebut berbentuk gelombang tangga seragam seperti terlihat pada Gambar 2.17 semakin tinggi resolusi ADC, semakin halus gelombang tangga tersebut.



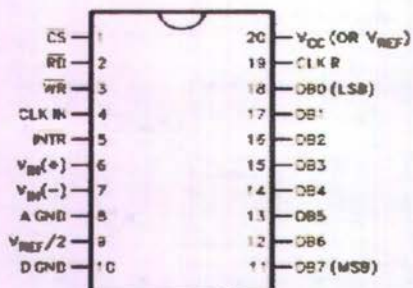
Gambar 2.17 Fungsi Transfer Ideal ADC<sup>(2)</sup>

ADC ideal secara unik dapat merepresentasikan seluruh rentang masukan analog tertentu dengan sejumlah kode keluaran digital. Pada gambar 2.17 ditunjukkan bahwa setiap kode digital merepresentasikan sebagian dari rentang masukan analog total. Oleh karena skala analog bersifat kontinu sedangkan kode digital bersifat diskrit, maka ada proses kuantisasi yang menimbulkan kekeliruan (ralat). Apabila jumlah kode diskritnya (yang mewakili rentang masukan analog) ditambah, maka lebar undak (*step width*) akan semakin kecil dan fungsi transfer akan mendekati garis lurus ideal.

Lebar satu undak (*step*) didefinisikan sebagai 1 LSB (*least significant bit*). Unit ini digunakan sebagai unit rujukan untuk besaran-besaran lain dalam spesifikasi peranti konversi data. Unit 1 LSB itu juga digunakan untuk mengukur resolusi konverter

karena ia juga menggambarkan jumlah bagian atau unit dalam rentang analog penuh. Resolusi ADC selalu dinyatakan sebagai jumlah bit-bit dalam kode keluaran digitalnya. Misalnya, ADC dengan resolusi  $n$ -bit memiliki  $2^n$  kode digital yang mungkin dan berarti juga memiliki  $2^n$  tingkat undak (*step level*). Meskipun demikian, karena undak pertama dan undak terakhir hanya setengah dari lebar penuh, maka rentang skala-penuh (FSR, *full-scale range*) dibagi dalam  $(2^n - 1)$  lebar undak. Karenanya,

$$1 \text{ LSB} = \text{FSR}/(2^n - 1) \dots\dots\dots (2.2)$$



Gambar 2.18 Pin-pin ADC 0804<sup>[10]</sup>.

Sebagai contoh ADC jenis SAC, yaitu IC SAC 8 bit CMOS dalam kemasan 20 pena, yaitu ADC 0804. Gambar 2.18 memperlihatkan diagram pena berikut fungsinya masing – masing. IC ADC 0804 mempunyai 2 masukan analog, yaitu  $V_{in(+)}$  dan  $V_{in(-)}$ , sehingga dapat menerima masukan deferensial (tegangan selisih). Jadi masukan analog sesungguhnya, yaitu  $V_{in}$ , akan sama dengan selisih antara tegangan – tegangan yang dihubungkan kedua pena masukan ini, yaitu:  $V_{in(+)}$  dan  $V_{in(-)}$ . Jika masukan analog berupa tegangan tunggal, maka tegangan ini harus dihubungkan ke  $V_{in(+)}$ , dan  $V_{in(-)}$  harus ke ground analog. Untuk operasi normal, ADC 0804 menggunakan  $V_{cc}$  (tegangan supply) sebesar +5 volt sebagai tegangan referensi, dalam hal ini



jangkauan masukan analog mulai dari 0 volt sampai +5 volt (skala penuh).

ADC 0804 memiliki generator clock internal yang harus diaktifkan dengan menghubungkan sebuah resistor eksternal (R) antara pena *CLK OUT* dan *CLK IN* serta sebuah kapasitor eksternal (C) antara *CLK IN* dan ground digital. Maka frekuensi clock yang digunakan akan sama dengan:

$$f = \frac{1}{1,1 \times R \times C} \dots\dots\dots (2.3)$$

Sedangkan fungsi – fungsi pena lainnya akan dijelaskan secara singkat sebagai berikut :

- Masukan CS (*Chip Select*) aktif rendah.
- Digunakan untuk mengaktifkan ADC 0804 jika CS berlogika 0. Jika CS berlogika 1 ADC 0804 tidak aktif.
- Masukan RD (*Read* atau *Output Enable*).
- Digunakan untuk mengaktifkan keluaran digital ADC 0804. Jika CS = RD = 0, maka kondisi logika di pena D0 – D7 akan mewakili hasil konversi A/D terakhir dan dapat dibaca oleh *microprocessor* atau komputer.
- Masukan WR (*Write* atau *Start Conversion*).
- Digunakan untuk memulai proses konversi. Untuk itu WR harus diberi pulsa logika 0.
- Keluaran INTR (*Interrupt* atau *End of Conversion*).
- Berfungsi untuk memberikan tanda bahwa konversi telah selesai. Pada saat konversi dimulai INTR akan berubah berlogika 1 dan di akhir konversi INTR kembali ke logika 0.
- Masukan  $V_{ref}/2$ .

Digunakan untuk mengurangi tegangan referensi internal, yang berarti mengubah jangkauan analog yang dapat ditangani oleh ADC 0804. Jika masukan  $V_{ref}/2$  tidak dihubungkan, maka jangkauan masukan analog adalah 0 volt sampai +5 volt. Jika dihubungkan ke suatu tegangan eksternal sebesar  $V_x$  volt, maka jangkauan masukan analog akan menjadi 0–( $2 V_x$ ) volt. Contoh

jika  $V_{ref}$  dihubungkan ke tegangan +2 volt, maka jangkauan masukan analog adalah 0 volt sampai +4 volt.

Secara umum algoritma pengoperasian ADC 0804 adalah sebagai berikut :

- Memberikan pulsa logika 0 ke CS.
- Memberikan pulsa logika 0 ke WR.
- Setelah mendeteksi adanya perubahan logika dari logika 1 ke 0 pada keluaran INTR yang menandai berakhirnya proses konversi, maka pada CS dan RD diberi pulsa logika 0.
- Membaca data digital hasil konversi pada D0 – D7.

## 2.9 Mikrokontroler AT89S51

Rangkaian mikrokontroler ini digunakan untuk mengkonfigurasi sinyal dari ADC 0804 agar dapat ditransmisikan secara serial ke mikrokontroler I/O Module. Output dari ADC 0804 8 bit dari D0 sampai D7 dapat dikoneksikan ke salah satu *port input* mikrokontroler. Sedangkan untuk aktifasi ADC 0804 dapat menggunakan *port* mikrokontroler yang masih sisa. Dengan rangkaian tersebut data output dari ADC0804 8 bit D0-D7 dapat langsung terbaca oleh mikrokontroler AT89S51. Pada gambar 2.19 P1 digunakan untuk membaca data sinyal ADC sedangkan mentransmisikan data menggunakan port 3.0 (pin 10) dan port 3.1 (pin 11) sebagai receive dan transfer data.



Gambar 2.19 Konfigurasi Pin IC AT89S51 <sup>[11]</sup>

Fungsi-fungsi pin dari IC AT89S51 adalah sebagai berikut :

- Vcc : Supply Tegangan, +5 Volt
- GND : Ground, 0 Volt
- AD.0 – AD.7 : Port 0, 8 jalur data bersifat *bidirectional* digunakan untuk pertukaran data dari CPU ke rangkaian *Input/Output*. Data dapat dikirim atau diterima melalui instruksi *Input/Output* dari CPU. Setiap pinnya dapat mengendalikan langsung 8 beban TTL.
- P1.0 – P1.7 : Port 1, 8 jalur data bersifat *bidirectional* dengan pengontrol didalamnya, biasa digunakan sebagai jalan pertukaran data dari peralatan luar ke CPU. Dapat mengendalikan beban 4 TTL secara langsung. Setiap pin dapat diakses secara operasi tiap bit atau byte bergantung pemrogram.
- A.8 – A.15 : Port 2, 8 jalur data bersifat *bidirectional* dengan pengontrol didalamnya, dapat mengendalikan beban 4 TTL secara langsung. Port ini digunakan sebagai jalan untuk pertukaran data dari CPU ke *external* memori atau rangkaian *Input/Output*.
- P3.0 – P3.7 : Port 3, 8 jalur data bersifat *bidirectional* dengan pengontrol didalamnya, dapat mengendalikan beban 4 TTL secara langsung. Digunakan untuk pertukaran data dari CPU ke rangkaian *Input/Output*. Pada port 3 ini setiap pin juga memiliki fungsi alternatif
- RST : Reset berfungsi sebagai inputan mikro. Mengaktifkan RST berarti mengembalikan CPU ke keadaan awal.
- ALE/PROG : *Address Latch Enable*, berfungsi sebagai keluaran untuk mengunci jalur keluaran port 2 untuk mengakses *external* memori.
- PSEN : *Program Strobe Enable*, sinyal/strobe baca

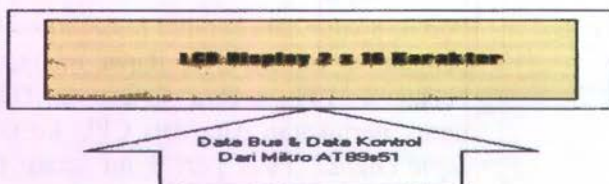


untuk memori eksternal. Ketika AT89S51 ingin membaca data pada memori eksternal maka SEN akan aktif.

- EA/Vpp : *External Access Enable (EA)*, selalu dihubungkan ke GND untuk mengaktifkan AT89S51 jika ingin mengakses ke memori program eksternal, jika untuk mengakses memori program internal dihubungkan ke Vcc.
- XTAL1 : Jalan masukan dari *Inverting Osilator amplifier* dan ke rangkaian internal clock.
- XTAL2 : Jalan keluaran dari *Inverting Osilator amplifier*.

### 2.10 LCD 2 x 16

Untuk menampilkan hasil dari pengukuran kecepatan, inputan setpoint kecepatan yang kita inginkan kita membutuhkan tampilan (display), LCD (*Liquid Cristal Display*) merupakan sejenis *crystal* yang akan berpendar jika diberi tegangan tertentu, sehingga perpendaran tersebut dapat diatur untuk membentuk angka, huruf dan lain sebagainya. LCD yang digunakan dalam percobaan ini adalah menggunakan LCD dengan banyak baris dan karakter adalah 2 x 16.

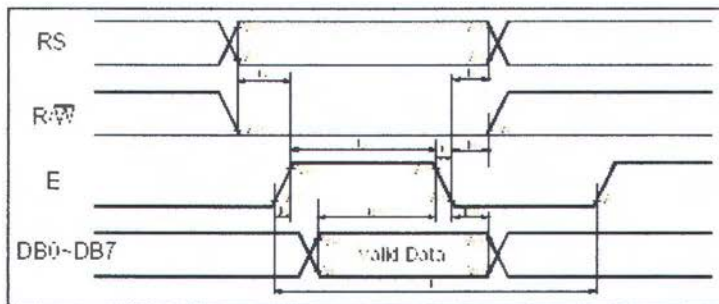


**Gambar 2.20** LCD 2 x 16

Operasi – operasi yang terdapat pada LCD yaitu :

- **Operasi Write**

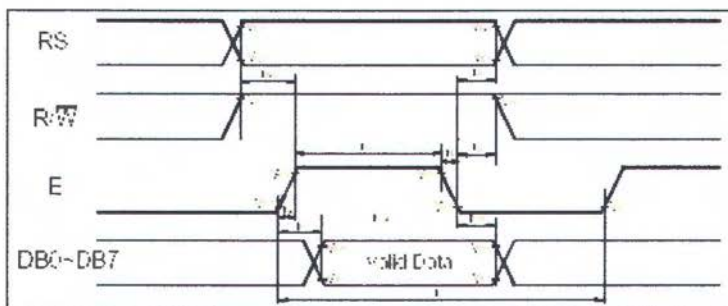
Operasi Write adalah waktu penulisan data pada saat data dimasukkan ke LCD. Pada Gambar 2.18 dapat dilihat diagram pada waktu pengisian data ke Mikrokontroller.



Gambar 2.21 Timing Diagram Data Write<sup>[12]</sup>

### • Operasi Read

Sedangkan Operasi read adalah pembacaan pada saat data masuk ke dalam LCD

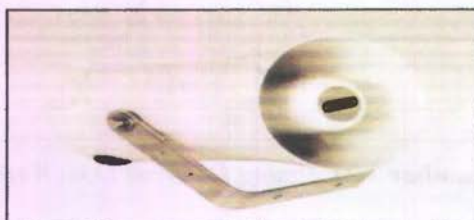


Gambar 2.22 Timing Diagram Data Read<sup>[12]</sup>

## 2.11 Audible Alarm

Alarm dipasang untuk memperingatkan akan adanya bahaya dan memberikan kesempatan kepada orang-orang untuk berpindah ke lokasi yang aman. Untuk alarm yang seringkali dipakai adalah alarm suara (*audible alarm*) seperti bel, sirene, speaker dll. Divais yang sering dipakai adalah *Electric Bell*, *Electronic Annunciator*, *Pneumatic Sirene*. Pada alarm suara yang biasanya digunakan sebagai parameter adalah *Sound*

*Pressure Level (SPL)* output dan net SPL yang dapat meliputi satu zona kebakaran dalam plant area. SPL dan net SPL ini harus +10 dBA di atas kebisingan lingkungan (*ambient noise*) untuk luar ruangan (*outdoor*) dan +5 dBA di atas *ambient noise* untuk dalam ruangan (*indoor*).



Gambar 2.23 Sirene

### 2.12 Relay

Relay adalah peralatan yang menggunakan elektromagnet dalam memberikan gaya untuk membuka atau menutup switch. Dengan kata lain, suatu switch dengan menggunakan tenaga listrik. Suatu switch atau relay pada saat keadaan tidak fiktif memiliki dua kondisi yaitu NO (*Normally Open*) dan NC (*Normally Close*). Dalam pemilihan suatu relay yang harus diperhatikan adalah kapasitas arusnya. Relay merupakan piranti control yang dapat berguna untuk menutup dan membuka kontak. Relay mekanis digunakan untuk menyambung atau memutuskan beban listrik. Proses *swithing* ini dikontrol oleh rangkaian elektrik. Relay magnetic sering digunakan untuk mengontrol relay yang lain atau beban dengan daya yang kecil. Seringnya pengulangan membuka dan menutup, kontak dapat mengalami kerusakan akibat dari bunga api dan gesekan mekanis, sehingga bagian dari kontak tersebut dapat diganti dengan kontak yang baru. Hal ini sering terjadi terutama pada kontak magnetic. Material-material kontak yang sering digunakan adalah logam-logam khusus seperti Tembaga (Ag), Emas (Au), Platina (Pt), Nikel (Au-Ni) dan gabungan senyawa-senyawa seperti Ag-Au-Ni.



Sumber tegangan yang dipakai untuk dialirkan ke coil supaya terjadi gaya elektromagnetik adalah:

- **Sumber Arus Searah (DC)**

Standar tegangan untuk relay DC adalah 6, 12, 24, 48, dan 100 (volt). Kinerja relay DC lebih mantap karena kecepatan *switching* relay DC lebih rendah dibandingkan dengan relay AC karena induktansi dari coil menekan kecepatan menaikkan arus. Kerugiannya adalah memerlukan catu daya DC yang khusus.

- **Sumber Arus Bolak Balik (AC)**

Relay AC biasanya dieksitasi dengan sumber tegangan 100 atau 200 ( V ) dengan frekuensi 50 atau 60 (Hz). Pada arus bolak-balik panas dapat terjadi pada kumparan dan inti besi. Untuk catu tegangan yang lebih rendah dari tegangan minimum yang diijinkan akan terjadi desah dan kinerjanya tidak stabil. Untuk sumber daya arus searah (DC) lebih stabil artinya pada coil tidak terjadi getaran karena sumber DC tidak dipengaruhi oleh adanya frekuensi. Pada relay DC ini kontaktornya tidak bergetar sehingga mempunyai usia pakai yang lama. Untuk sumber daya arus bolak-balik (AC) kurang stabil sehingga terjadi cattering atau getaran pada kontaknya karena sumber daya AC pada coil yang mempunyai frekuensi yaitu antara 50 – 60 Hz.

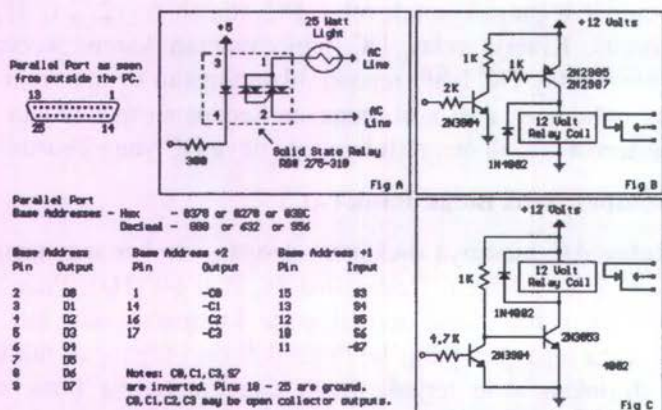


**Gambar 2.24** Relay DC<sup>[13]</sup>

### 2.13 Driver Relay

Driver relay ini digunakan untuk menghubungkan port paralel pada komputer dengan hardware luar berupa pengaktifan relay. Disini driver relay menggunakan transistor sebagai penguat arus,

karena outputan arus dari PC tidak mampu untuk menggerakkan relay. Disamping itu digunakan juga optocoupler sebagai pelindung PC dari terjadinya arus balik yang dapat merusak komponen dalam komputer.



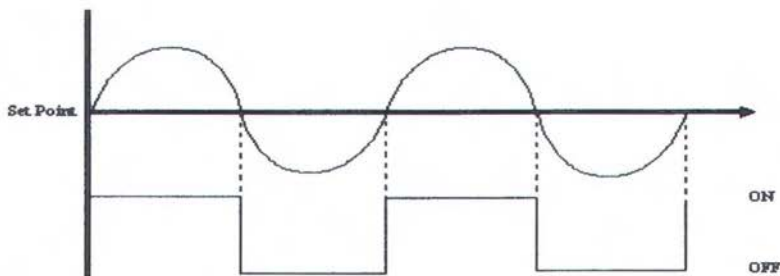
Gambar 2.25 Driver Relay<sup>[13]</sup>

## 2.14 Mode Controller ON-OFF

Pada perancangan sebuah proses pengendalian dibutuhkan adanya suatu penetapan proses mode pengendalian proses terlebih dahulu, hal tersebut dikarenakan mode pengendalian proses merupakan hal yang paling utama dalam perancangan suatu proses pengendalian. Mode proses pengendalian yang digunakan dalam pengerjaan proses pengendalian adalah mode pengendalian proses secara ON-OFF. Aksi pengendalian dari controller ini hanya mempunyai dua kedudukan, maksimum atau minimum, tergantung dari variable terkontrolnya, apakah lebih besar atau lebih kecil dari set point.

$$\text{Persamaanya adalah: } m = N1 \text{ jika } e < 0 \\ m = N2 \text{ Jika } e > 0 \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :  $m$  = manipulated variable  
 $N1$  = harga maksimum dari  $m$  (ON)  
 $N2$  = harga minimum dari  $m$  (OFF)



**Gambar 2.26** Mode Pulsa Pengendalian ON/OFF<sup>[5]</sup>

Pada gambar 2.23 terlihat jika error sering naik turun dengan cepat, maka variabel termanipulasi ( $m$ ) akan sering sekali berubah dari maksimum ke minimum atau sebaliknya, hal ini dalam prakteknya tidak disukai, untuk itu pada pengendalian diberi gap. Pengendalian proses merupakan sebuah loop aliran sinyal-sinyal dari masing-masing instrument pendukungnya. Sinyal sinyal yang mengalir melalui instrument ini membawa informasi berupa data-data sesuai dengan karakteristik instrument-nya.

### 2.15 Karakteristik Statik

Perhitungan dari hasil data yang diperoleh digunakan rumus untuk mencari nilai rata-rata, deviasi, dan standart deviasi dari hasil data tersebut. Untuk mencari nilai-nilai tersebut dari data yang diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$\text{Rata-rata ( } Y_n \text{ )} \quad : \quad \frac{\sum X_n}{n} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\text{Deviasi ( } D \text{ )} \quad : \quad X_n - Y_n \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\text{Standart Deviasi ( } STD \text{ )} \quad : \quad [(X_n - Y_n)^2 / (n - 1)]^{1/2} \dots\dots(2.7)$$

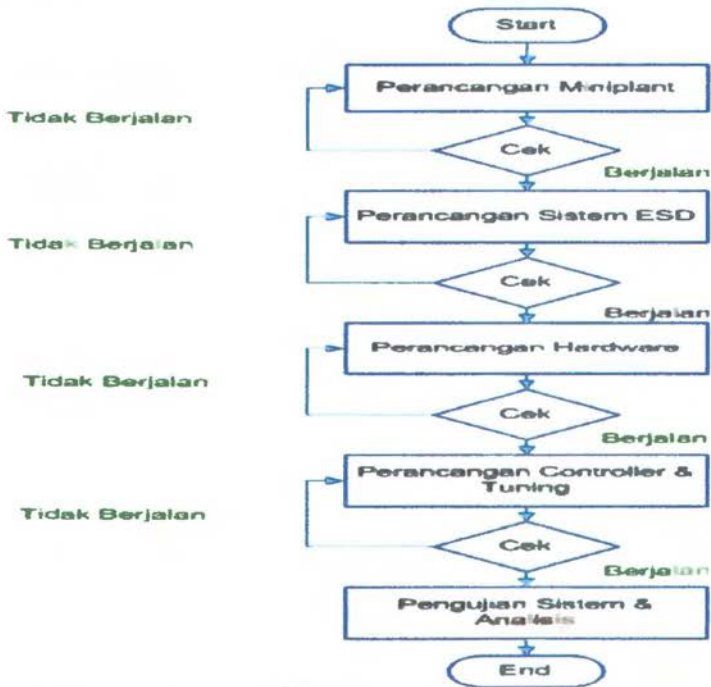
$$\text{Sensitivitas} \quad : \quad X_2 - X_1 / Y_2 - Y_1 \dots\dots\dots(2.8)$$



Dimana: $X_1$	= Data yang diperoleh terbesar
$X_2$	= Data yang diperoleh terkecil
$Y_1$	= Data pembagi terbesar
$Y_2$	= Data pembagi terkecil
$X_n$	= Data yang diperoleh
$Y_n$	= Rata - rata
D	= Deviasi
STD	= Standart Deviasi
$\Sigma$	= Jumlah
n	= Jumlah data yang diambil

### BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

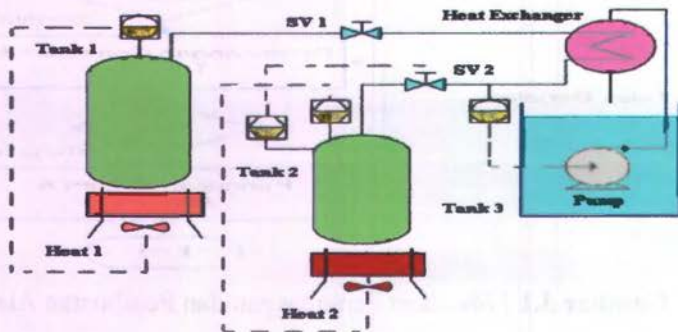
Pada Bab III akan dijelaskan perancangan *Emergency Shutdown System* (ESD-System) pada simulator sistem pengendalian *pressure* dan *temperature* di Workshop Instrumentasi. Untuk perancangan *hardware* terdiri perancangan suplai daya, sensor dan *transmitter*, *Analog to Digital Converter* (ADC), *Minimum System* Mikrokontroler AT89S51, *driver relay*, dan LCD. Untuk aplikasi *software* digunakan bahasa pemrograman *assembly*. Untuk lebih jelas tahapan-tahapan yang ditempuh dalam pengerjaan tugas akhir dapat dilihat pada *flowchart* dibawah.



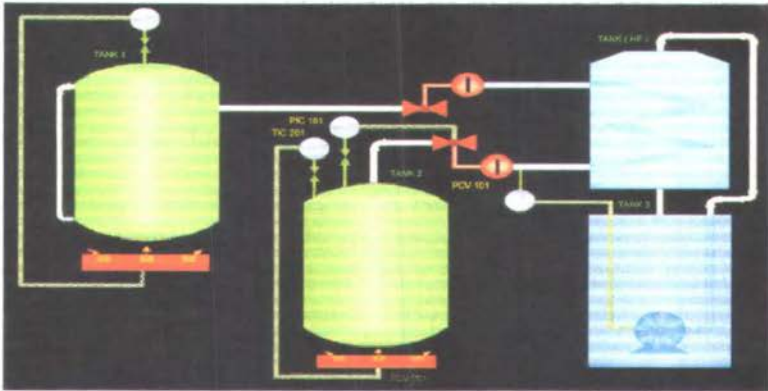
Gambar 3.1 *Flowchart* Perancangan dan Pembuatan Alat

### 3.1 Perancangan *Miniplant Workshop Instrumentasi*

*Miniplant Workshop Instrumentasi* dengan variabel proses *pressure* dan *temperature* adalah suatu sistem pengendalian proses dengan prinsip pengerjaan panas pada suatu fluida yang dilakukan oleh *mini-boiler* dengan tujuan produksi *steam* (uap). Pengendalian variabel tekanan (*pressure*) disini yaitu pada tangki *mini-boiler* yang memiliki peningkatan nilai tekanan akibat dari proses produksi *steam* tersebut, dikarenakan tangki *mini-boiler* ini termasuk jenis tangki *pressurize* maka dilakukan proses pengendalian dengan memanipulasi kondisi *heater* (pemanas) *mini-boiler* secara *on-off*. Sedangkan pengendalian untuk variabel suhu (*temperature*) dilakukan pada *steam* hasil keluaran dari tangki *mini-boiler* dengan prinsip pertukaran nilai panas pada tangki *heat exchanger*, pengendalian disini dilakukan dengan cara memanipulasi kerja dari pompa air secara *on-off* untuk melakukan proses pertukaran *fluida* pada tangki *heat exchanger*. Pada akhirnya variabel *pressure* dan *temperature* dari *steam* yang dihasilkan dapat dikendalikan sesuai dengan nilai *set-point* yang diberikan. Proses selanjutnya yaitu dilanjutkan pada sebuah tangki (*vessel*) yang mendapatkan inputan berupa *steam* dari proses sebelumnya yaitu keluaran *heat exchanger*, kemudian akan diberi sumber panas dengan tujuan adanya perubahan fase vapor pada *steam input* menjadi fase *superheated*. Dari proses tersebut yang nantinya akan dikendalikan tingkat *pressure* dan *temperature*-nya.



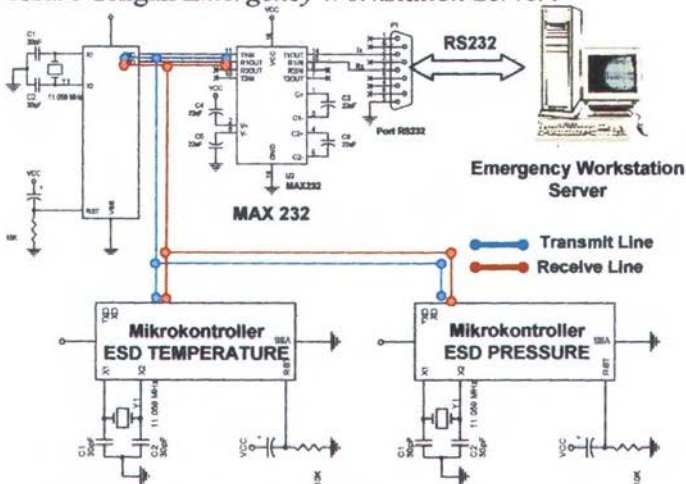




Gambar 3.2 Rancang Bangun *Miniplant Workshop Instrumentasi*

### 3.1.1 Sistem Komunikasi

Sistem komunikasi pada *Emergency Shutdown System (ESD-System)* menggunakan Mikrokontroler AT89S51 dibangun mengadopsi prinsip kerja dari *Hub*, jadi pada sistem ini akan terjadi pertukaran data antara *ESD Temperature* dan *ESD Pressure* dengan *Emergency Workstation Server*.

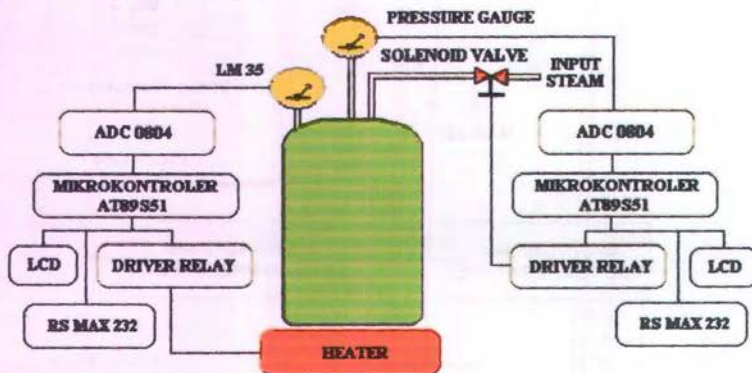


Gambar 3.3 Skema Rangkaian Komunikasi *Interface*

Sistem komunikasi antara *communication interface* dengan server adalah secara serial dengan menggunakan RS 232. Pada rangkaian komunikasi serial menggunakan IC MAX232, suatu piranti yang digunakan untuk mengubah, atau lebih tepatnya mengkonversi, tegangan TTL dan RS232 dan sebaliknya. Sebagaimana diketahui, dalam dunia komputer, tegangan tingkat RS232 sangat jauh berbeda dengan tingkat TTL. Jika TTL bekerja dengan tegangan 0 sampai 5 volt, dengan tegangan sekitar 0 volt dianggap sebagai logika '0' dan tegangan disekitar 5 volt sebagai logika '1', sedangkan untuk tingkat RS232, tegangan kerjanya antara -15 sampai +15 volt dan cara menerjemahkan logika '0' dan '1'-nya sangat berbeda, untuk itu diperlukan suatu piranti khusus yaitu IC MAX232 yang digunakan untuk melakukan konversi tingkat TTL dan RS232.

### 3.1.2 Local Control Panel

Pada perancangan *Local Control Panel* terdiri dari perancangan *hardware* dan *software*. Perancangan untuk *hardware* ini dimulai dari perancangan *plant* pengendalian *pressure* dan *temperature*, suplai daya, perancangan sistem akuisisi data, sistem penyajian data, sistem eksekusi data, serta sistem komunikasi data.

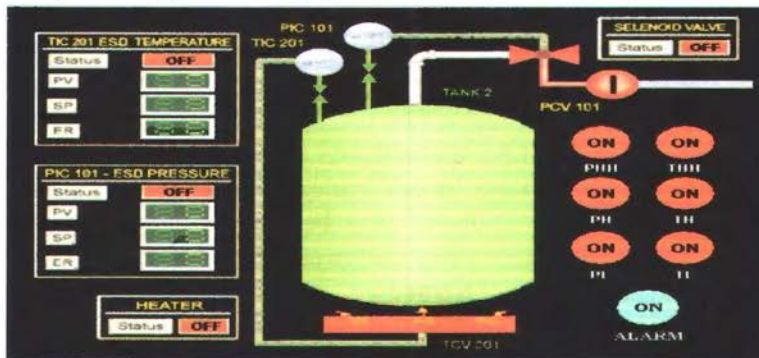


Gambar 3.4 Skema *Local Control Panel*

Sistem pengendalian dimulai dengan pengukuran dari sensor sebagai harga proses *variable* (PV). Hasil pengukuran oleh *sensor* mendapatkan harga tegangan dalam *range output* 0 – 5 Volt kemudian digunakan sebagai input *Analog to digital Converter* (ADC), selanjutnya keluaran (output) dari ADC dapat dimasukkan ke dalam *Microcontroller*. Informasi data digital dari *Local Control Panel* akan dikirim menuju port *Communication Interface* melalui rangkaian serial Maxim RS 232. Sedangkan *Communication Interface* itu sendiri berfungsi sebagai pengatur lalu lintas interfacing komunikasi data antara *Local Control* dengan *Server*.

### 3.2 Perancangan *Emergency Shutdown System (ESD-System)*

Perancangan *Emergency Shutdown System* pada tugas akhir ini terdiri dari sebuah simulator sistem pengendalian *pressure* dan *temperature* dan final element seperti indikator berupa lampu dan *horn* yang biasanya disebut "*Annunciator*". *Emergency Shutdown System* ini dihubungkan secara serial dengan sebuah sistem komunikasi yang mengatur protokol komunikasi sistem secara keseluruhan, sehingga data atau trip yang terjadi di plant dapat diakses oleh *workstation* secara bersamaan dan *real time*. Alarm dan *Emergency Shutdown System (ESD-system)* merupakan bagian dari *Safety Instrument System (SIS)*.



Gambar 3.5 Rancangan *Emergency Shutdown System*



### 3.3 Perancangan Hardware Sistem Pengendalian Pressure dan Temperature

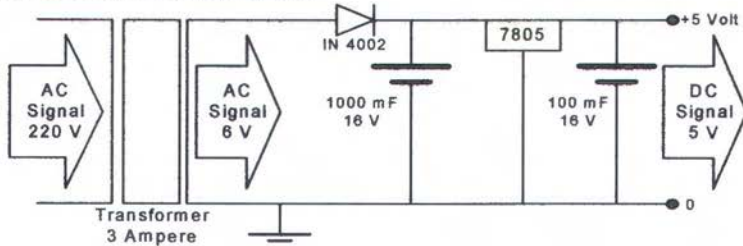
#### 3.3.1 Perancangan Power Supply

Suplai daya adalah sumber tenaga yang dibutuhkan suatu rangkaian elektronik untuk bekerja. Besar suplai daya ini tergantung oleh spesifikasi dari alat masing-masing. Pada perancangan *Emergency Shutdown System (ESD System)* suplay daya digunakan untuk mengaktifkan rangkaian ADC, *driver relay*, dan minimum sistem Mikrokontroler AT89S51. Pada rangkaian *Power Supply* pada umumnya sering menggunakan IC Regulator dalam mengontrol tegangan yang diinginkan. Regulator tegangan menjadi sangat penting gunanya apabila kita mengaplikasikan *system power* tersebut untuk rangkaian – rangkaian yang membutuhkan tegangan yang sangat stabil. Misalkan untuk sistem digital, terutama untuk minimum sistem Mikrokontroler yang sangat membutuhkan tegangan dan arus yang sangat stabil. IC Regulator yang umum digunakan untuk, mengontrol tegangan adalah IC keluarga 78XX. IC ini dapat mengontrol tegangan dengan baik. Keluaran tegangan yang diinginkan tinggal melihat tipe yang ada. Misalkan tipe 7805 dapat memberikan keluaran tegangan 5 Volt dengan toleransi  $\pm 1\%$ , dengan arus keluaran maksimal 1500 mA.

#### • Rangkaian Tegangan 5 Volt

Rangkaian ini merupakan aplikasi dari regulator tegangan IC 7805, yang dapat mengeluarkan tegangan 5 Volt DC. Rangkaian ini dibangun dari beberapa komponen yakni, dioda 2N 4002 yang merupakan dioda yang dapat melewati arus maksimal 3 Ampere, selain itu dioda ini juga berfungsi untuk menjadikan sinyal AC sinusoidal yang melewatinya menjadi sinyal DC setengah gelombang. Kemudian selain itu dibangun oleh kapasitor yang berfungsi untuk memperhalus sinyal DC keluaran dari dioda. Setelah itu sinyal DC keluaran dari kapasitor akan di inputkan pada regulator 7805. Hasil keluaran dari IC 7805 adalah

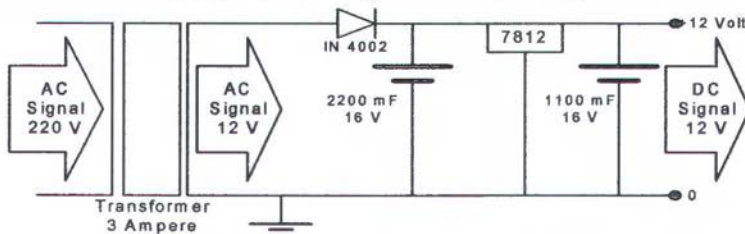
tegangan 5 Volt dengan arus 2 A. Rangkaian ini nantinya akan digunakan untuk memberikan tegangan pada sensor dan transmitter, ADC, driver relay, dan minimum sistem Mikrokontroler AT89S51.



**Gambar 3.6** Rangkaian Catu Daya 5 V

#### • Rangkaian Tegangan 12 Volt

Rangkaian ini merupakan aplikasi dari regulator tegangan IC 7812, yang dapat mengeluarkan tegangan 12 Volt DC. Rangkaian ini dibangun dari beberapa komponen yakni, dioda 2N 4002 yang merupakan dioda yang dapat melewatkan arus maksimal 3 Ampere, selain itu dioda ini juga berfungsi untuk menjadikan sinyal AC sinusoidal yang melewatinya menjadi sinyal DC setengah gelombang. Kemudian selain itu dibangun oleh kapasitor yang berfungsi untuk memperhalus sinyal DC keluaran dari dioda. Setelah itu sinyal DC keluaran dari kapasitor akan di inputkan pada regulator 7812. Hasil keluaran dari IC 7812 adalah tegangan 12 Volt. Rangkaian ini nantinya akan digunakan untuk memberikan tegangan pada rangkaian driver relay.



**Gambar 3.7** Rangkaian Catu Daya 12 V

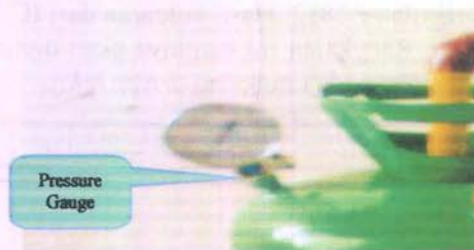
### 3.3.2 Perancangan Sensor / Transmitter

#### • Perancangan Sensor *Pressure*

Dalam tugas akhir ini menggunakan sensor *pressure gauge* yang telah dimodifikasi dengan menggunakan LDR dan led. LDR dan led dipasang berhadapan yang dihalangi oleh plat hitam. LDR dan led ini dipasang pada bagian leher *pressure gauge*, sedangkan plat hitam dipasang pada *link*. LDR dan led dihubungkan dengan resistor sebesar  $470 \Omega$  dan *multitone* sebagai pengatur outputan dari sensor seperti pada gambar 3.11. Prinsip kerja dari sensor ini adalah ketika ada tekanan yang masuk pada *pressure gauge* maka *bourdon* akan mengembang. Mengembangnya *bourdon* membuat *link* terangkat sehingga menyebabkan plat hitam juga terangkat. Dengan terangkatnya plat hitam maka cahaya yang diterima oleh LDR semakin banyak. Sesuai dengan prinsip kerja dari LDR sendiri semakin banyak cahaya yang diterima maka semakin besar tegangan yang terukur.



(a)

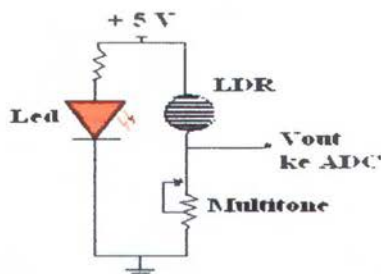


(b)

Gambar 3.8 (a) Rangkaian Sensor. (b) Peletakan Sensor *Pressure* pada *Miniplant*<sup>[6]</sup>



Oleh karena itu tekanan dapat diukur dengan tegangan yang terukur yang kemudian dimasukkan ke ADC. Untuk mendapatkan inputan sensor 0 – 5 Volt maka *pressure gauge* disetting dengan mengubah-ubah multitone. Modifikasi lain dari pembuatan sensor ini adalah dengan menambahkan rangkaian pembagi. Rangkaian pembagi ini digunakan untuk mengeset tegangan keluaran dari LDR untuk memenuhi range 0 sampai 5 Volt sebelum masuk ke ADC. Dengan menggunakan rumus (2.1) maka dapat kita setting keluaran rangkaian pembagi yang masuk ke ADC dengan menyesuaikan buka tutupnya plat hitam. Perubahan hambatan LDR dihasilkan oleh besar kecilnya cahaya yang jatuh pada LDR, yang tergantung buka tutupnya plat hitam. Oleh karena itu semakin besar tekanan maka semakin banyak pula cahaya yang datang.



Gambar 3.9 Rangkaian Pembagi<sup>[8]</sup>

#### • Perancangan *Sensor Temperature*

Pada tugas akhir kami untuk mengukur temperatur dari keluaran proses atau plant, sensor yang digunakan adalah sensor LM35, dimana sensor ini bisa mengukur temperatur dari 0°C sampai 150°C. Untuk mengaktifkan sensor ini menggunakan sumber tegangan sebesar 5 Volt DC. Setiap kenaikan 1°C dari sensor, maka tegangan akan naik sebesar 10ml Volt sehingga sudah memenuhi untuk merubah data desimal dari ADC yang hanya membutuhkan tegangan sebesar 1,09 mV untuk setiap perubahan desimalnya. Sedangkan untuk memenuhi kebutuhan



ADC tipe ini memakai metode pendekatan berturut-turut (*Successive Approximation*) untuk mengkonversi masukan analog (0 – 5,02 Volt DC) menjadi data digital 8-bit. Pada gambar 3.13 terdapat hubungan pin-pin IC ADC 0804 yang dihubungkan dalam pemenuhan kebutuhan sinyal digital untuk masukan pada PPI 8255. Pada ADC 0804 ini memiliki input  $V_{cc}$  sebesar 5 Volt DC, resolusi 8-bit dan total error  $\pm \frac{1}{4}$  LSB,  $\pm \frac{1}{2}$  LSB, dan  $\pm 1$  LSB. Pada rangkaian ini ADC diset dalam mode free-running, artinya dalam pengoperasiannya tidak diperlukan sinyal kontrol seperti start converting (SC) dan end of converting (EOC). Dikarenakan keluaran dari ADC adalah biner 8-bit dengan desimal 0-255 maka konversi dari keluaran ADC ke tegangan adalah :

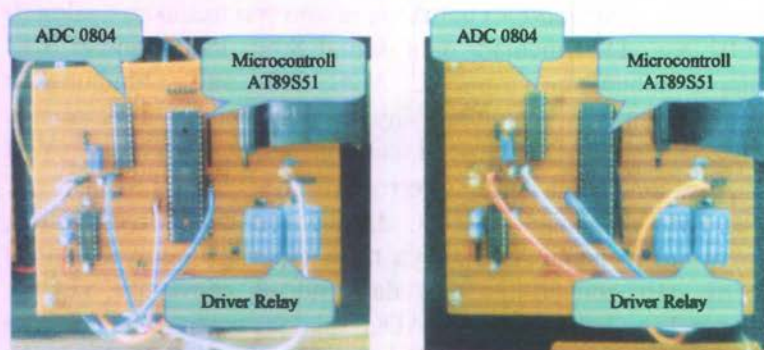
$$V_{out} = \frac{\text{Data desimal} * V_{ref}}{256} \dots \dots \dots (3.1)$$

#### • Rangkaian Minimum Sistem Kontroler

Dalam perancangan lokal kontrol ini diperlukan suatu rangkaian minimum sistem AT89S51 yang berfungsi sebagai gerbang pengidentifikasi data yang masuk maupun yang keluar melewati minimum sistem ini. Mikrokontroler AT89S51 mempunyai 4 port parallel yakni port 0, port 1, port 2, dan port 3, keempat port tersebut bisa dipakai sebagai *port parallel* dengan 8 bit saluran data, atau digunakan sebagai *bit adreseble* ( Satu pin saluran dipakai sebagai pin masukan tersendiri).







**Gambar 3.12** *Minimum Sistem AT89S51* <sup>[11]</sup> (a) *Minimum Sistem Microcontroller Pressure* (b) *Minimum Sistem Microcontroller Temperature*

Sebagai pengendali yang utama dari Sistem pengendalian *Pressure* digunakan minimum sistem mikrokontroler AT89S51, minimum sistem mikrokontroler AT89S51 didukung oleh unit memori dinamik (*RAM*) berkapasitas 128 *byte* yang dipakai sebagai memori dari program. Sistem mikrokontroler AT89S51 ini membutuhkan sumber frekuensi yang didapat dari sebuah rangkaian penguat osilator pembalik (*inverting oscillator amplifier*) yang tersusun dari sebuah *Cristal* dengan frekuensi 11.985 MHz dan tiga buah kapasitor keramik sebesar 30pF, 10 pF, dan 0,1 mF yang dihubungkan pada kaki-kaki XTAL1 dan XTAL2 kaki nomor 18 dan 19).

Mikrokontroler AT89S51 mempunyai 4 buah port paralel dengan lebar data 8 bit, terdiri dari port 0, port 1, port 2, dan port 3 yang berfungsi sebagai port masukan atau keluaran. Pada sistem tugas akhir penulis ini mikrokontroler mendapatkan *inputan* (masukan) dari rangkaian sensor *pressure gauge* dan memberi keluaran pada tampilan pada LCD. Port pada mikrokontroler yang digunakan sebagai port *input* adalah port 1.0 dan port 1.1, yang berfungsi sebagai port *output* (keluaran) adalah port 1.3 dan port

1.4. Disamping port masukan dan keluaran, perlu dipasang input reset untuk sistem mikrokontroler pada kaki nomor 9 dengan menambahkan rangkaian komponen resistor sebesar 1 Kilo ohm dan kapasitor elektrolit sebesar 10 mF.

• **Display LCD (*Liquid Crystal Display*)**

LCD yang digunakan 2 baris x 16 kolom. LCD memiliki memori internal yang berisi definisi karakter sesuai dengan standar ASCII ( CGROM – *Character Generator ROM* ) dan memori sementara (RAM) yang bisa digunakan bila memerlukan karakter khusus (berkapasitas 8 karakter). RAM ini juga berfungsi untuk menyimpan karakter yang ingin ditampilkan di LCD. Pin untuk LCD sendiri adalah pin pengisian data agar data dapat diterima dan diolah melalui Mikrokontroler ke LCD. Sebelum data dibaca oleh LCD maka data diisi oleh RS.

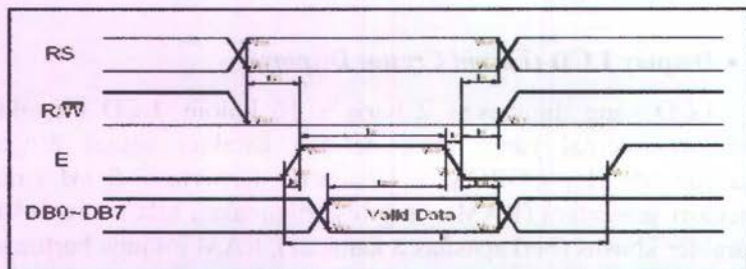
**Tabel 3.1** Tabel Fungsi Pin LCD<sup>[12]</sup>

Sinyal	Input/Output	Fungsi
DB <sub>0</sub> - DB <sub>7</sub>	Input/Output	Data
E	Input	Sinyal operasi
R/W	Input	Sinyal seleksi <i>Read and Write</i> 0 : <i>Write</i> 1 : <i>Read</i>
RS	Input	Sinyal seleksi Register 0 : Register instruksi 1 : Register data
V <sub>LC</sub>	-	Pengaturan contrast
V <sub>DD</sub>	-	+5V
V <sub>SS</sub>	-	Ground

Pin-pin yang digunakan untuk kontrol LCD adalah :

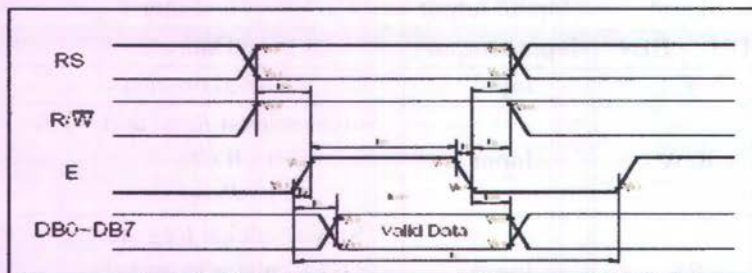
- RS : Pin 2.0
- E : Pin 2.1

Operasi *Write* adalah waktu penulisan data pada saat data dimasukkan ke LCD. Pada gambar 3.13 dapat dilihat diagram pada waktu pengisian data ke *Microcontroller*



**Gambar 3.13** *Timing Diagram Data Write*<sup>[12]</sup>

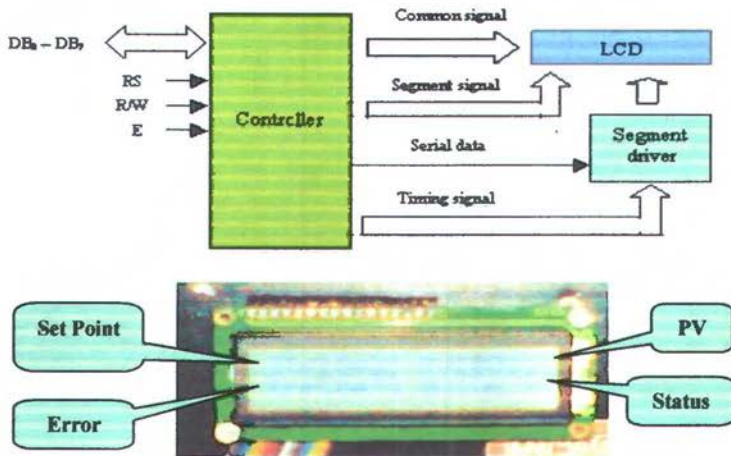
Sedangkan Operasi read adalah pembacaan pada saat data masuk ke dalam LCD



**Gambar 3.14** *Timing Diagram Data Read*<sup>[12]</sup>

Pin untuk LCD sendiri adalah pin pengisian data agar data dapat diterima dan diolah melalui *Microcontroller* ke LCD. Sebelum data dibaca oleh LCD maka data diisi oleh RS.

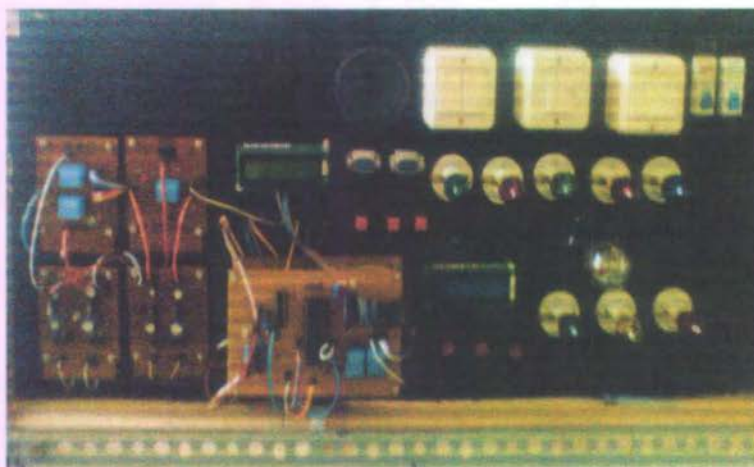




Gambar 3.15 Diagram Blok dan Tampilan LCD

#### • Local Panel

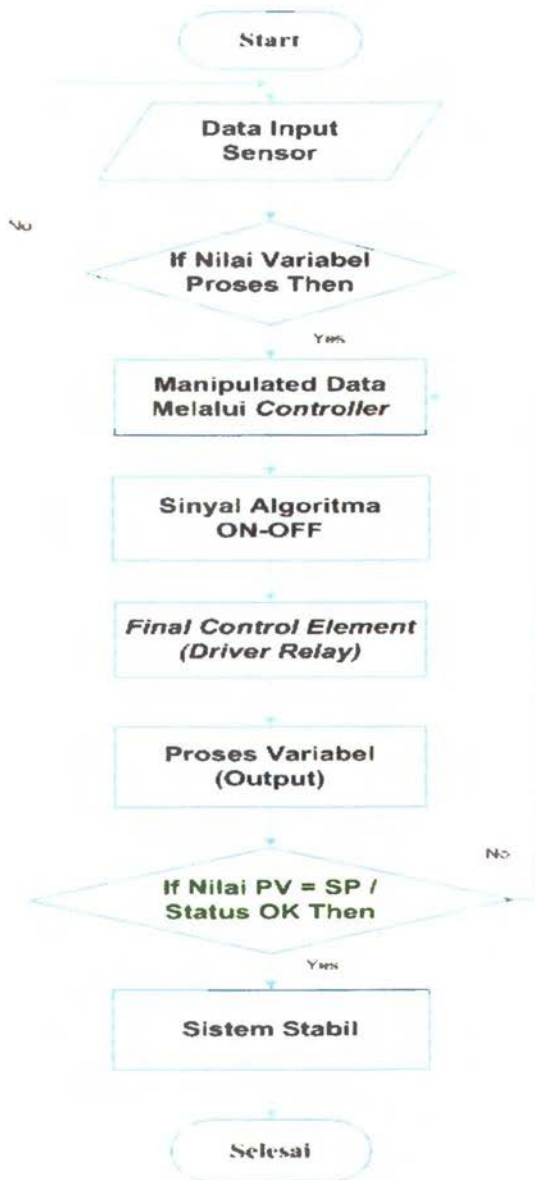
Dalam suatu *local control unit* yang ada pada industri, terdapat suatu *panel* untuk merubah parameter-parameter loop pengendalian, salah satunya adalah untuk mengubah *set point*. Maka dari itu dalam tugas akhir ini juga dirancang sebuah *panel* untuk mengubah nilai *setpoint* dengan tombol-tombol yang tersedia serta saklar-saklar untuk memberi perintah eksekusi ON-OFF pada alat-alat pendukung proses pengendalian ini, diantaranya *heater*, *solenoid valve*, dan pompa. Pada panel disini juga terdapat *interface port serial* yang digunakan untuk melakukan kontrol proses pengendalian yang mampu menggunakan jalur informasi dengan metode *serial* itu sendiri. *Panel* ini terdiri dari LCD 2 x 16, tombol untuk mengubah *setpoint*, tombol *reset* rangkaian elektronika, MCB sebagai on / off *panel* secara keseluruhan, saklar dan indikator on / off *panel*



**Gambar 3.16** *Panel Local Control Panel Secara Umum*

### **3.4 Perancangan Perangkat Lunak (Software)**

Perancangan *software* digunakan untuk mendukung kerja dari perangkat *hardware*. Perancangan *software* ini dibuat dengan menggunakan program *assembly*. Pada saat kontroler diaktifkan maka aksi awal adalah pembacaan sensor serta tampilan status proses dan dilanjutkan dengan perintah set point, setelah itu ditampilkan. Manipulasi data melalui kontroler dengan algoritma ON-OFF. Hasil manipulasi data kontroler ditransmisikan sebagai sinyal manipulasi *relay* baik untuk kontrol *set point* maupun status proses. Jika nilai proses variabel sudah sesuai dengan set point dan status sudah sesuai maka sistem stabil dan jika belum sinyal PV dikembalikan ke kontroler untuk dilakukan perhitungan kembali.



Gambar 3.17 *Flowchart* Sistem Pengendalian



[ Halaman ini sengaja dikosongkan ]

## BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

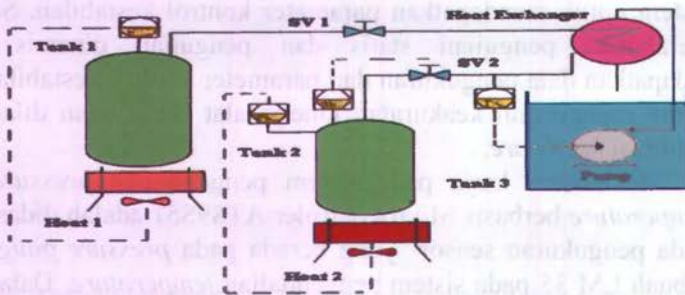
Pada bab IV akan dibahas mengenai pengujian dan kalibrasi terhadap hardware yaitu pengujian statis dan pengujian dinamis. Untuk pengujian statis meliputi pengujian terhadap sensor *pressure* dan sensor *temperature*, kemudian dilanjutkan pengujian terhadap pengkondisian sinyal yaitu rangkaian pembagi (*divider*), ADC, dan pembacaan *interface* melalui komunikasi. Setelah itu akan dilanjutkan dengan pengujian dinamik terhadap sistem untuk mendapatkan parameter kontrol kestabilan. Setelah melakukan pengujian statis dan pengujian dinamis akan didapatkan data pengukuran dan parameter kontrol kestabilan dan untuk mengetahui keakuratan kinerja alat maka akan dilakukan kalibrasi *hardware*.

Mekanisme kerja pada sistem pengendalian *pressure* dan *temperature* berbasis Mikrokontroler AT89S51 adalah didasarkan pada pengukuran sensor yang berada pada *pressure gauge* dan sebuah LM 35 pada sistem pengendalian *temperature*. Dalam hal ini *pressure gauge* telah dimodifikasi dengan LDR dan LED yang dihubungkan dengan rangkaian pembagi (*divider*). Sedangkan pada LM 35 akan dimodifikasi dengan rangkaian *low pass filter*. *Input* data bagi sensor tersebut yaitu dari proses sebuah tangki tertutup yang diberi perlakuan panas dan penambahan tekanan yang kemudian dilakukan *monitoring* dan kontrol pada kondisi prosesnya. Keluaran dari sensor berupa tegangan atau sinyal analog yang kemudian masuk ke ADC untuk dikonversi menjadi data digital yaitu 0-255 bit. Setelah data digital hasil konversi dari ADC dimasukkan ke mikrokontroler maka hasil pengukuran tersebut akan ditampilkan pada LCD berupa pengukuran digital dan memberikan perintah berupa eksekusi sistem pengendalian melalui rangkaian *driver relay*. Selain LCD terdapat juga alarm dan lampu indikator yang akan menjadi *annunciator* apabila terjadi *trip* atau gejala - gejala *emergency* pada *plant* secara *real time*.

## 4.1 Pengujian Alat

### 4.1.1 Pengujian *Miniplant Pressure dan Temperature*

Sebelum dilakukan pengujian terhadap peralatan yang telah dibuat, maka harus terlebih dahulu dilakukan pengujian pada tiap komponen padaperalatan-peralatan yang terintegrasi dalam sistem *miniplant* itu sendiri termasuk pada *Local Pressure Control* dan *Local Temperature Control*, hal ini berkaitan dengan dasar pelaksanaan sebuah kontrol proses yang optimal maka diperlukan komponen *miniplant* yang menunjang.



**Gambar 4.1** Gambar *Miniplant Pressure dan Temperature*

Adapun komponen – komponen pada *miniplant* sistem pengendalian variabel tekanan (*pressure*) dan suhu (*temperature*) Workshop Instrumentasi adalah sebagai berikut:



- **Tangki Tekanan**
  - Tangki tertutup (*pressurized*)
  - REFRIGERANT 134a
  - C.A.S.No.811.97.2.011.s
  - NET Weight (13,6 kg)
  
- **Tangki Air**
  - Diameter = 30 cm
  - Tinggi = 48,5 cm
  
- **Tangki *Heat Exchanger***
  - Diameter = 5 inche
  - Tinggi = 45 cm
  
- **Kompur Listrik (*Heater*)**
  - MASPION Electronic Stove
  - *Power Cable* = H03VVH2-F (2 x 0,5 mm<sup>2</sup>)
  - AC 220V – 240V 50 Hz
  - 300 Watt – 600 Watt
  
- ***Solenoid Valve***
  - KEYGEN VALVE
  - AC 220V – 240V 50 Hz
  - *Normally Close*
  - Pipa keluar-masuk = 5 inche
  
- **Pompa Air**
  - AQUILLA P950 Liquid Filter
  - AC 220V – 240V 50 Hz / 26 Watt – 30 Watt
  - 1300 liter / jam
  
- **Pipa**
  - Pipa Besi = 0,5 inche
  - Pipa PVC = 0,25 inche

- Relay

- OMRON MY2N
- 5A 240 VAC
- 28 VDC DC 12V

#### 4.1.2 Pengujian Hardware

- Pengujian Sumber Tegangan

*Power Supply* (sumber tegangan) yang digunakan pada perancangan *hardware* adalah DC 5 Volt dan DC 12 Volt. Penggunaan sumber tegangan DC 5 Volt adalah untuk rangkaian sensor *pressure* yaitu pada LED, LDR, serta rangkaian pembagi (*divider*) serta pada sensor *temperature* digunakan untuk tegangan input LM 35. Sumber tegangan DC 5 Volt juga digunakan untuk rangkaian ADC, rangkaian Mikrokontroler AT89S51, dan rangkaian *driver relay*. Sedangkan sumber tegangan DC 12 Volt digunakan untuk pengaktifan *relay* sebagai eksekusi sistem pengendalian. Berikut ini adalah data pengujian catu daya 5 Volt :

Tabel 4.1 Tegangan *Power Supply* 5 Volt

No.	Perc. Ke	Tegangan 5 Volt	Deviasi	Koreksi Deviasi <sup>2</sup>
1	1	5.03	0.004	0.000025
2	2	5.02	-0.006	0.000025
3	3	5.03	0.004	0.000025
4	4	5.03	-0.006	0.000025
5	5	5.03	0.004	0.000025
6	6	5.02	-0.006	0.000025
7	7	5.03	0.004	0.000025
8	8	5.02	-0.006	0.000025
9	9	5.03	0.004	0.000025
10	10	5.02	-0.006	0.000025
Rata – rata / Jumlah		5.026	-0.001	0.00025

$$S(x_i) = \sqrt{\frac{\Sigma \text{Koreksi Deviasi}^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0.00025}{9}} = 0.0017$$

$$U_a = \frac{S_{(xi)}}{\sqrt{n}} = \frac{0.0017}{\sqrt{10}} = 0.0005$$

Jadi hasil pengukuran =  $5.026 \pm 0.0005$

Data yang diperoleh pada percobaan pengambilan data catu daya 12 Volt adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.2** Tegangan *Power Supply* 12 Volt

No.	Perc. Ke	Tegangan 12 Volt	Deviasi	Koreksi Deviasi <sup>2</sup>
1	1	12.05	0.003	0.000016
2	2	12.04	-0.007	0.000036
3	3	12.05	0.003	0.000016
4	4	12.05	0.003	0.000016
5	5	12.05	0.003	0.000016
6	6	12.05	0.003	0.000016
7	7	12.04	-0.007	0.000036
8	8	12.05	0.003	0.000016
9	9	12.04	-0.007	0.000036
10	10	12.04	-0.007	0.000036
Rata - rata / Jumlah		12.047	-0.001	0.00024

$$S(x_i) = \sqrt{\frac{\Sigma \text{Koreksi Deviasi}^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0.00024}{9}} = 0.0051$$

$$U_a = \frac{S_{(xi)}}{\sqrt{n}} = \frac{0.0051}{\sqrt{10}} = 0.0016$$

Jadi hasil pengukuran =  $12.047 \pm 0.0016$



- **Pengujian Sensor Pressure**

Sensor tekanan (*pressure*) yang digunakan pada proses pengendalian ini adalah *pressure gauge* yang telah mengalami modifikasi dengan memberikan filamen gelap, LDR, dan LED. Pengujian pada rangkaian sensor adalah mengukur tegangan keluaran dari rangkaian *divider* yang masuk ke rangkaian *Analog to Digital Converter* (ADC). Tegangan keluaran sensor bisa berubah karena sumber cahaya yang sebelumnya diterima utuh oleh receiver dihambat oleh filament gelap sehingga tegangan yang diteruskan pun berbeda. LED merupakan *device* yang apabila dialiri arus akan mengeluarkan cahaya. Perubahan tegangan akibat masukan (penerusan cahaya dari sumber) yang diterima oleh LDR berbeda-beda, maka keluaran untuk dibaca oleh *Analog to Digital Converter* (ADC) pun berbeda-beda. Berdasarkan pengujian nilai tekanan terhadap tegangan didapatkan data sebagai berikut:

**Tabel 4.3 Tegangan Keluaran Sensor Pressure**

No.	Pressure Gauge (Psi)	Tegangan Keluaran Sensor ( Volt )	Tampilan LCD ( Psi )
1	1	0.56	1
		0.57	1
		0.56	1
		0.56	1
		0.57	1
2	2	0.66	2
		0.66	2
		0.69	2
		0.69	2
		0.66	2
3	3	1.25	3
		1.24	3
		1.26	3
		1.25	3
		1.25	3
4	4	1.52	4
		1.52	4
		1.53	4
		1.52	4
		1.52	4
5	5	2.11	5
		2.12	5
		2.11	5
		2.11	5
		2.11	5

Pada data keluaran sensor *pressure* didapat pada percobaan dengan *range* pengukuran yaitu 1 – 5 Psi dan dilakukan pengulangan pengambilan data sebanyak 5 kali tiap data. Data yang diperoleh kemudian dilakukan perhitungan harga rata – rata dari hasil pengukuran dengan jumlah pengukuran sebanyak 25 kali yaitu pada setiap perubahan 1 Psi. Setelah dicari harga rata – rata tiap data kemudian dilakukan perhitungan simpangan baku ( $S_{(xi)}$ ) yaitu sebesar 0.083 dimana nilai ini merupakan gambaran dispersi (sebaran) nilai pengukuran disekitar harga rata – rata. Dari nilai simpangan baku tersebut kemudian dicari nilai standart deviasi dengan tujuan untuk menghitung harga yang menjadi ukuran seberapa dekat harga rata – rata terhadap nilai standart pengukuran dimana didapat nilai standart deviasi yaitu 0.026.

#### • Pengujian Sensor *Temperature*

Sensor suhu (*temperature*) yang digunakan pada proses pengendalian disini adalah LM 35. Pengujian terhadap sensor LM 35 disini dilakukan dengan cara memberi tegangan *supply* sebesar 5 volt DC pada sensor LM 35 serta pada instalasi output sensor LM35 ini diberi rangkain *Low Pass Filter* guna stabilitas hasil keluaran sensor. Sensor LM 35 disini dipasang ke dalam sebuah tangki tertutup (*vessel*) yang mendapatkan inputan *steam*. *Temperature steam* dinaikkan kembali dengan memberikan sebuah *pemanas* berupa kompor listrik (*heater*). Kemudian bersamaan dengan hal tersebut *thermometer* air raksa juga dikoneksikan pada tangki tersebut. Data diambil dengan cara mengukur tegangan *output* sensor LM35 dengan mengacu pada *data sheet* dari LM35 serta perbandingan nilai *temperature* pada *thermometer* air raksa yang pengambilan datanya dilakukan secarabersamaan. Data pengukukuran adalah data pengambilan data sensor suhu, secara kenaikan tiap 2°C pada *range* pengukuran 32°C – 42°C. Pengambilan data suhu dapat dilihat pada tabel 4.4



Tabel 4.4 Tegangan Keluaran Sensor *Temperature*

No.	Termometer ( C )	Tegangan Keluaran Sensor ( Volt )	Tampilan LCD ( C )
1	34	0.34	35
		0.35	34
		0.34	35
		0.34	36
		0.34	35
2	36	0.36	36
		0.36	36
		0.35	37
		0.36	38
		0.36	36
3	38	0.38	40
		0.39	41
		0.37	39
		0.38	39
		0.38	40
4	40	0.4	42
		0.4	43
		0.39	41
		0.4	41
		0.41	41
5	42	0.42	45
		0.4	44
		0.42	44
		0.41	45
		0.42	44

Pada data keluaran sensor *temperature* didapat pada percobaan naik dan percobaan turun dengan *range* pengukuran yaitu 34°C – 42°C. Data yang diperoleh kemudian dilakukan perhitungan harga rata – rata dari hasil pengukuran dengan jumlah pengukuran sebanyak 25 kali yaitu pada setiap perubahan 2°C. Setelah dicari harga rata – rata tiap data kemudian dilakukan perhitungan simpangan baku ( $S_{(xi)}$ ) yaitu sebesar 0.142 dimana nilai ini merupakan gambaran dispersi (sebaran) nilai pengukuran disekitar harga rata – rata. Dari nilai simpangan baku tersebut kemudian dicari nilai standart deviasi dengan tujuan untuk menghitung harga yang menjadi ukuran seberapa dekat harga rata – rata terhadap nilai standart pengukuran dimana didapat nilai standart deviasi yaitu 0.044.



### • Pengujian ADC 0804

Pengujian rangkaian *Analog to Digital Converter* (ADC) ini dilakukan dengan memberikan sinyal inputan pada ADC berupa tegangan analog DC yang berasal dari *output* sensor mulai dari tegangan minimum sampai dengan tegangan maksimal dari tegangan keluaran sensor itu sendiri, kemudian dilakukan pengamatan hasil konversi dengan bantuan software untuk mendapatkan informasi yang diperlukan. Selanjutnya hasil dari pengukuran dan pengkonversian dari perangkat lunak dibandingkan dengan harga sebenarnya (sinyal inputan). Data diambil 10 sample dan pengujian dilakukan 2 kali secara data kenaikan dan data penurunan sehingga diperoleh 20 data. Pengambilan data ini digunakan untuk membuktikan apakah respon dari *Analog to Digital Converter* (ADC) adalah linier sesuai dengan *data sheet* dari *Analog to Digital Converter* (ADC) itu sendiri.

Cara pembacaan ADC adalah ADC memiliki memori RAM sendiri yang terkoneksi otomatis dengan RAM mikrokontroler. RAM ADC menyimpan data, sedemikian hingga bisa membaca program masukan dari mikrokontroler. RD atau read pada mikrokontroler yaitu pada port 3.7 dihubungkan dengan RD pada ADC yaitu pada pin 3, begitu pula WR mikrokontroler pada port 3.6 dihubungkan pada pin 2 ADC. RD dan WR adalah sinyal kontrol untuk konversi pembacaan data dan melakukan pengiriman data antara mikrokontroler dan ADC. Inputan dari hasil konversi data digital 8-bit ADC, dibangkitkan oleh tegangan inputan pada +Vin pin ADC yang nantinya dikonversi oleh ADC dalam data digital-8bit. Resolusi dari ADC 0804 ini adalah  $1/2^8 \times 5 \text{ Volt} = 19 \text{ mVolt/bit}$ . Artinya setiap kenaikan 1 bit, tegangannya naik 19 mVolt. Tegangan input maksimal ADC yang disyaratkan yaitu sebesar 2 kali tegangan referensi pada pin 9 ADC.

Pada variable *pressure*, diberikan tegangan referensi ADC 0804 adalah 1,86 Volt, kemudian didapat tegangan maksimal 3,73 Volt dan tegangan minimum 0,17 Volt, hal ini juga tidak lepas dari nilai besaran komponen pembentuk sensor *pressure* itu

sendiri yaitu LDR dan Multitone (*variable resistor*) yang kemudian dapat dirancang menjadi sebuah rangkaian *divider*. *Range* tegangan analog tersebut yang diinputkan ke ADC 0804 dibandingkan dengan konversi tegangan yang terbaca di LCD dengan persamaan :

$$V = ( \text{Data Biner} / 255 ) \times 3,73 \text{ Volt} \dots\dots\dots(4.1)$$

Data yang diperoleh adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.5 Digital ADC Pressure**

No.	Pressure (Psi)	Digital Output ADC		Rata-rata
		Perc.Naik	Perc.Turun	
1	1	26	67	46.5
2	2	42	74	58
3	3	81	133	107
4	4	142	154	148
5	5	169	175	172
6	6	186	197	191.5
7	7	205	211	208
8	8	223	232	227.5
9	9	236	237	236.5
10	10	246	245	245.5

Pada variabel *temperature*, diberikan tegangan referensi ADC 0804 adalah 1,31 Volt, kemudian didapat tegangan maksimal 2,6 Volt dan tegangan minimum 0,29 Volt, hal ini sesuai dengan karakteristik LM 35 itu sendiri yaitu pada suhu ruangan  $\pm 29^{\circ}\text{C}$  dan area linearitas sampai  $\pm 150^{\circ}\text{C}$  dengan setiap perubahan 0,01 Volt/ $^{\circ}\text{C}$ . *Range* tegangan analog tersebut yang diinputkan ke ADC 0804 dibandingkan dengan konversi tegangan yang terbaca di LCD dengan persamaan :

$$V = ( \text{Data Biner} / 255 ) \times 2,6 \text{ Volt} \dots\dots\dots(4.2)$$

Data yang diperoleh adalah sebagai berikut:

Tabel 4.6 Digital ADC Temperature

No.	Temperature (C)	Digital Output ADC		Rata-rata
		Perc. Naik	Perc. Turun	
1	30	29	30	29.5
2	40	39	41	40
3	50	49	49	49
4	60	59	60	59.6
5	70	70	69	69.5
6	80	80	78	79
7	90	85	86	85.5
8	100	100	101	100.5
9	110	110	109	109.5
10	120	120	119	119.5

• Pengujian Validasi *Local Control Panel*

Uji validasi *Local Control Panel* dilakukan dengan cara membandingkan data hasil pengontrolan yang terlihat pada tampilan LCD pada *panel board* dengan data *pressure* dan *temperature* pada *pressure gauge* dan *thermokopel* di tangki yang sebenarnya. Data yang didapat adalah sebagai berikut:

Tabel 4.7 Tampilan PV Pressure Pada LCD

No.	Pressure (Psi)	Tampilan PV Pada LCD								Rata-rata Total	Deviasi	Koreksi Deviasi <sup>2</sup>
		Percobaan 1		Percobaan 2		Percobaan 3		Rata-rata				
		Naik	Turun	Naik	Turun	Naik	Turun	Naik	Turun			
1	1	1	1	0	1	1	1	0.6	1	0.8	0.2	0.002
2	2	2	2	1	2	2	1	1.6	1.6	1.6	0.4	0.0024
3	3	3	2	2	3	3	2	2.6	2.3	2.45	0.55	0.093
4	4	4	5	4	4	4	5	4	4.6	4.3	-0.3	0.297
5	5	5	5	5	5	5	6	5	5.3	5.15	-0.15	0.156
6	6	6	5	5	6	6	6	5.6	5.3	5.45	0.55	0.093
7	7	7	7	7	6	7	7	7	6.6	6.8	0.2	0.002
8	8	8	7	7	8	8	8	7.6	7.6	7.6	0.4	0.0024
9	9	9	9	8	9	9	9	8.6	9	8.8	0.2	0.002
10	10	10	10	9	9	10	10	9.6	9.6	9.6	0.4	0.0024
Rata-rata / Jumlah										0.245	0.6522	



$$S(x_i) = \sqrt{\frac{\Sigma \text{Koreksi Deviasi}}{n-1}} = \sqrt{\frac{0.6522}{9}} = 0.089$$

$$U_a = \frac{S(x_i)}{\sqrt{n}} = \frac{0.277}{\sqrt{10}} = 0.0087$$

Jadi Standart Deviasi dari hasil pengukuran = 0.087

**Tabel 4.8** Tampilan PV *Temperature* Pada LCD

No.	Temperature (C)	Tampilan PV Pada LCD								Rata-rata Total	Deviasi	Koreksi Deviasi <sup>2</sup>
		Percobaan 1		Percobaan 2		Percobaan 3		Rata-rata				
		Naik	Turun	Naik	Turun	Naik	Turun	Naik	Turun			
1	30	30	30	29	31	31	30	30	30.3	30.16	-0.16	0.0266
2	40	41	40	40	42	41	41	40.6	41	40.8	-0.8	0.1413
3	50	50	51	52	50	50	51	50.6	50.6	50.6	-0.6	0.0309
4	60	61	62	60	61	60	60	60.3	61	60.65	-0.65	0.051
5	70	70	71	70	71	70	71	70.3	71	70.65	-0.65	0.051
6	80	80	81	81	81	80	80	80.3	80.6	80.48	-0.48	0.0031
7	90	91	90	90	90	92	90	91	90	90.5	-0.5	0.0057
8	100	100	100	101	101	100	101	100.3	100.6	100.45	-0.45	0.0006
9	110	110	111	109	109	110	110	109.6	110	109.8	0.5	0.0537
10	120	121	121	120	120	120	121	120.3	120.6	120.45	-0.45	0.0006
Rata-rata / Jumlah											-0.424	1.2075

$$S(x_i) = \sqrt{\frac{\Sigma \text{Koreksi Deviasi}}{n-1}} = \sqrt{\frac{1.2075}{9}} = 0.122$$

$$U_a = \frac{S(x_i)}{\sqrt{n}} = \frac{0.122}{\sqrt{10}} = 0.038$$

Jadi Standart Deviasi dari hasil pengukuran = 0.038

• **Pengujian Annunciator**

Uji *annunciator* dilakukan dengan memberikan inputan parameter kondisi terhadap kontroler melalui software *assembly* kemudian dianalisa kesesuaian hasil output indikasi berupa alarm dan *flashing lamp* pada *Local Control Panel* dengan parameter-parameter yang telah diberikan kepada kedua variabel proses tersebut. Parameter disini meliputi beberapa kondisi seperti *High-High* yang berarti nilai *variable process* sangat tinggi kemudian kondisi *High* yang berarti nilai *variable process* tinggi. Selanjutnya kondisi *Low* yang berarti nilai *variable process* rendah serta *Alarm* pada setiap kondisi *emergency* tersebut. Data yang didapat adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.9** Tampilan Alarm dan *Flashing Lamp Pressure*

No.	Pressure ( Psi )	Lampu Indicator			Alarm
		PL	PH	PHH	
1	1	ON	OFF	OFF	ON
2	2	OFF	OFF	OFF	OFF
3	3	OFF	OFF	OFF	OFF
4	4	OFF	ON	OFF	ON
5	5	OFF	OFF	ON	ON

**Tabel 4.10** Tampilan Alarm dan *Flashing Lamp Temperature*

No.	Temperature ( C )	Lampu Indicator			Alarm
		TL	TH	THH	
1	34	ON	OFF	OFF	ON
2	36	OFF	OFF	OFF	OFF
3	38	OFF	OFF	OFF	OFF
4	40	OFF	ON	OFF	ON
5	42	OFF	OFF	ON	ON





#### 4.2 Analisa Data

Sistem pengendalian *pressure* dan *temperature* pada rancangan *Emergency Shutdown System (ESD-System)* disini merupakan suatu bagian dari sistem pengendalian proses yang menggunakan komponen-komponen pendukung seperti tangki tertutup (*pressurize*), kompor listrik (*heater*), indikator level air dalam tangki, sensor tekanan berupa *pressure gauge*, sebuah sensor temperature berupa LM 35, serta sebuah alarm dan lampu indikator. Proses yang dikendalikan berupa *pressure* (tekanan) dan *temperature* (suhu) pada tangki tertutup dimana tingkat tekanan disini diukur oleh *pressure gauge* dan tingkat dari *temperature* diukur dengan LM 35 yang telah dimodifikasi sebagai indikator *pressure* dan *temperature* sekaligus sebagai sensor dan sebagai inputan sinyal yang akan diolah pada rangkaian elektronika.

Pada proses pengendalian *pressure* dan *temperature* disini digunakan mode pengendalian ON-OFF sebagai perhitungan algoritmanya. Perhitungan algoritma disini telah diset dalam kontroler yang terdapat pada *Local Control Panel*. Kinerja secara umum pada *Local Control Panel Pressure* ini meliputi masukan sinyal dari rangkaian sensor (*divider*) ke ADC (*Analog to Digital Converter*) untuk diolah yang nantinya akan menjadi masukan bagi kontroler. Pada kontroler dilakukan perhitungan data yang diperoleh sesuai dengan perhitungan algoritma yang telah diberikan kemudian memberikan aksi pada rangkaian *driver relay* untuk mengeksekusi *solenoid valve* dan untuk memberikan sebuah indikasi dari beberapa keadaan yang telah ditentukan berupa alarm dan sebuah lampu indikator. Sedangkan pada *Local Control Panel Temperature* dimulai dengan masukan dari sensor *temperature* yaitu LM 35 kemudian akan menjadikan inputan ke ADC untuk diolah dan akan menjadi inputan pada *controller*. Dari sebuah *controller* ini akan memberikan aksi pada rangkaian *driver relay* untuk menghentikan inputan dengan mengeksekusi *heater* (kompor listrik). Terdapat empat keadaan *emergency* yaitu *Shutdown*, PHH (*Pressure High-High*) atau THH (*Temperature*





*High-High*), PH (*Pressure High*) atau TH (*Temperature High*) dan PL (*Pressure Low*) atau TL (*temperature Low*). Apabila *pressure* atau *temperature* sudah mencapai nilai *High-High* secara bersamaan maka *solenoid valve* input proses akan di-*shutdown*.

Dari data yang diperoleh dan setelah dilakukan perhitungan maka hasil perancangan sensor *pressure* menggunakan *pressure gauge* yang telah dimodifikasi sehingga perubahan sinyal mampu diolah oleh *controller* dan memiliki nilai sensitivitas sebesar 0,351 Volt/Psi. Hal ini sangat didukung oleh kemampuan sensor yang dapat mengukur dengan linier. Akan tetapi sensor yang digunakan dapat melakukan pengukuran antara tekanan antara 0 – 10 Psi. Hal ini dikarenakan diameter dari sensor (LDR) yang hanya mampu menangkap *range* perubahan sudut penghalang cahaya masukan antara 0 – 10 Psi pada indikator tekanan (*pressure gauge*). Kemampuan sensor disini memberikan perubahan tegangan keluaran antara 0,17 Volt – 3,73 Volt, sehingga resolusi dari ADC 0804 yang diolah dari rangkaian *divider* adalah 14 mVolt/bit, artinya setiap kenaikan 1 bit pada ADC maka tegangannya naik 14 mVolt. Dengan kata lain, diameter dari sensor (LDR) sangat berpengaruh pada hasil pengukuran itu sendiri.

Hasil perancangan sensor *temperature* menggunakan LM35 memiliki nilai sensitivitas sebesar 0,01 Volt/°C. Hal ini sangat didukung oleh kemampuan sensor yang dapat mengukur dengan linier. Kemampuan sensor disini memberikan perubahan tegangan keluaran antara 0,01 Volt – 2,6 Volt, sehingga resolusi dari ADC 0804 yang diolah dari rangkaian *divider* adalah 16 mVolt/bit, artinya setiap kenaikan 1 bit pada ADC maka tegangannya naik 16 mVolt. Kontroler disini sebagai pengolah data masukan serta pemberi perintah eksekusi pada proses pengendalian ini juga memiliki tingkat ketepatan kerja, dimana hal tersebut merupakan suatu hal yang terpenting pada perancangan ESD-System ini.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Telah berhasil dirancang dan dibangun sebuah *Emergency shutdown system (ESD system) Pressure* dan *Temperature* berbasis mikrokontroler AT89S51 sebagai kontroler dengan alarm dan lampu sebagai *annunciator* kondisi *emergency*.
- Pada pengendalian *pressure* digunakan sebuah *pressure gauge* sebagai sensor yang dimodifikasi dengan rangkaian *divider* yang memiliki tingkat linearitas terbaik pada tekanan naik dan *range* pengukuran antara 0 – 10 Psi dengan sensitivitas sebesar 0.351 Volt/Psi.
- Pada pengendalian *temperature* digunakan sebuah LM35 sebagai sensor yang dirancang dengan *Low Pass Filter* yang memiliki sensitivitas sebesar 0.01 Volt/°C. Nilai ini sesuai dengan pembacaan *data sheet* LM35 yaitu setiap kenaikan 1°C maka akan terjadi perubahan tegangan sebesar 10 mV.
- Pada *Emergency Shutdown System (ESD-System)* ini dikendalikan melalui *local control panel* yang dapat melakukan perubahan nilai *setpoint* dan mampu melakukan monitoring proses pengendalian yang sedang berlangsung serta memberikan perintah eksekusi pengaktifan alat-alat pendukung proses pengendalian dan indikasi keadaan proses.

### 5.2 Saran

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam kelanjutan penelitian pada *Miniplant* ini, antara lain :

- Dalam perancangan sistem pengendalian *pressure* dan *temperature* disini menggunakan mode ON-OFF sebagai

kontrol dan monitoring prosesnya, untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan pada variabel proses yang lain serta menggunakan mode kontrol yang berbeda pula.

- Dalam perancangan *Local Control Panel* pada *Mimiplant Workshop Instrumentasi* hanya bisa merubah setingan *setpoint* saja, maka untuk penelitian selanjutnya hendaknya pada *Local Control Panel* selain dapat merubah setingan *setpoint* juga dapat merubah setingan parameter kontrol atau *Manipulated Variabel (MV)*.
- Perancangan *Emergency Shutdown System (ESD)* dalam hal *transfer* informasi hanya mampu dikoneksikan melalui kabel, maka pada perancangan selanjutnya diharapkan mampu melakukan koneksi data melalui *wireless connection* atau jaringan.



## DAFTAR PUSTAKA

1. Ahmad, Darmawan, *Approach to Design Proper Protection of Pressure System*, 2004 : Jurnal ini membahas metode *safety process control* untuk memprediksi kemungkinan terjadinya *human error* yang dapat menyebabkan *hazard condition* serta desain proteksi pada *pressure system*.
2. Murrill, Paul W, “**Fundamentals of Process Control Theory**”, Instrument society of America, 1991.
3. Industrial Automation Research Group, “*Distributed Control System (DCS) Basic*”, Laboratorium Instrumentasi dan Kontrol – Departemen Teknik Fisika – ITB, 2004
4. Kursus Intensif, “*Distributed Control Systems*”, Laboratorium Instrumentasi dan Kontrol, Jurusan Teknik Fisika, Institut Teknologi Bandung, Juli 1997.
5. “*Modul Praktikum Pengendalian*”, D3 Teknik Instrumentasi, Jurusan Teknik Fisika.FTI-ITS. Surabaya, 2005.
6. Hela.Nugroho, Pamungkas, *Rancang Bangun Local Control Unit (LCU) Pressure Pada Distributed Control System (DCS) Miniplant Workshop Instrumentasi*. Surabaya, 2007.
7. Supriyanto, Farit, *Rancang Bangun Local Control Unit (LCU) Temperature Pada Distributed Control System (DCS) Miniplant Workshop Instrumentasi*. Surabaya, 2007.
8. Malvino, “*Prinsip – Prinsip Elektronika*”, Erlangga.Jakarta, 1997.

10. *National Semiconductor, "National Data Acquisition Databook"*, National Semiconductor, USA, 1996.
11. Eko Putra, Agfianto, "*Belajar Mikrokontroler AT89C51 / 52 / 55*" Gaya Media, 2002.
12. Christanto, S.T. Pusporini, Kris, S.T, M.T, "*Panduan Dasar Mikrokontroler Keluarga MCS-51*", Innovative Ekectronic, Surabaya, 2004.
13. Zuhail, "*Dasar Tenaga Listrik*", ITB, Bandung, 1986

**LAMPIRAN A**  
**DATA SPESIFIKASI ALAT**

**1. Tangki Tekanan**

- Tangki tertutup (*pressurized*)
- REFRIGERANT 134a
- C.A.S.No.811.97.2.011.s
- NET Weight (13,6 kg)

**2. Tangki Air**

- Tangki terbuka
- Diameter = 30 cm

**3. Tangki *Heat Exchanger***

- Diameter = 5 inche
- Tinggi = 45 cm

**4. Kompor Listrik (*Heater*)**

- MASPION Electronic Stove
- *Power Cable* = H03VVH2-F (2 x 0,5 mm<sup>2</sup>)
- AC 220V – 240V 50 Hz
- 300 Watt – 600 Watt

**5. *Solenoid Valve***

- KEYGEN VALVE
- AC 220V – 240V 50 Hz
- *Normally Close*
- Pipa keluar-masuk = 5 inche



**6. Pompa Air**

- AQUILLA P950 Liquid Filter
- AC 220V – 240V 50 Hz 26 Watt – 30 Watt
- 1300 liter / jam

**7. Pipa**

- Pipa Besi = 0,5 inche
- Pipa PVC = 0,25 inche

**8. Relay**

- OMRON MY26
- 5A 240 VAC
- 28 VDC DC 12V

## LAMPIRAN B INSTRUKSI MANUAL

### HARDWARE

1. Berikan supply input tegangan 220 Volt AC (PLN) pada unit *Power Supply* melalui kabel yang terhubung pada MCB.
2. Tekan tombol MCB ke posisi ON sehingga indikator lampu menyala.
3. Berikan *supply input* tegangan pada rangkaian *power supply* untuk rangkaian hardware melalui trafo 3 Ampere.
4. Pada rangkaian sensor, hubungkan kabel output sensor ke *port* input ADC di hardware.
5. Tekan tombol reset pada *panel board Local Control Pressure* dan *Local Control Temperature*.
6. Masukkan nilai *setpoint* yang diinginkan pada kedua variabel tersebut melalui panel yang tersedia.
7. *Hardware* siap untuk dioperasikan.

**LAMPIRAN C**  
**LISTING PROGRAM**

```
$mod51
```

```
;Konfigurasi Adc
```

```
Data_ADC    equ    70h

Rd_ADC      bit    P3.6
Wr_ADC      bit    P3.7

T_Start     bit    P1.0

H_PrB       equ    60h
H_rB        equ    61h
H_R         equ    62h
H_P         equ    63h
H_s         equ    64h

Stp         equ    65h
PV          equ    66h
Er          equ    67h

stp_R       equ    68h
stp_p       equ    69h
stp_s       equ    6ah

PV_R        equ    6bh
PV_p        equ    6ch
PV_s        equ    6dh

ER_R        equ    71h
ER_p        equ    72h
ER_s        equ    73h
```



Sol\_Valve bit p2.7  
 Heater bit p2.7

s\_inc bit p3.4  
 s\_Dec bit p3.5

sw\_PHH bit p2.5  
 sw\_PH bit p2.4  
 sw\_PL bit p2.6

sw\_THH bit p2.5  
 sw\_TH bit p2.4  
 sw\_TL bit p2.6

;

---

Kode\_set equ 6eh  
 D\_As equ 6fh  
 ORG 0H  
 jmp Start  
 Org 23h  
 jmp Serial\_In

Start:

```

MOV  SCON,#01010000B
MOV  TMOD,#00100000B
MOV  TH1,#0FDh
MOV  TCON,#01000000B
SETB TR1
Setb EA
Setb ES
CLR  RI
clr  ti
;
MOV  R1,#03FH
CALL WRITE_INS
MOV  R1,#0DH
CALL WRITE_INS

```

```
MOV R1,#06H
CALL WRITE_INS
MOV R1,#01H
CALL WRITE_INS
MOV R1,#0C0H
CALL WRITE_INS
;
WRITE_INS: jmp M_Start

MOV P0,R1
CLR P3.3
CALL DELCD
SETB P3.2
CLR P3.2
CALL DELCD
RET

WRITE_DATA:
MOV P0,R1
SETB P3.3
CALL DELCD
SETB P3.2
CLR P3.2
CALL DELCD
RET

DELCD: MOV 20H,#0FH
DELCD1: MOV 19H,#0FH
        DJNZ 19H,$
        DJNZ 20H,DELCD1
        RET

DELCDX: MOV 20H,#0F4H
DELCDY: MOV 19H,#0FFH
        DJNZ 19H,$
        DJNZ 20H,DELCDY
        RET

BARISX: MOV R4,#16
        MOV R1,#80H
```

```

TULISX:    CALL WRITE_INS
           CLR  A
           MOVC      A,@A+DPTR
           MOV  R1,A
           INC  DPTR
           CALL WRITE_DATA
           CALL DELCDX
           DJNZ R4,TULISX
BARISY:    MOV  R4,#16
           MOV  R1,#0C0H
           CALL WRITE_INS
TULISY:    CLR  A
           MOVC      A,@A+DPTR
           MOV  R1,A
           INC  DPTR
           CALL WRITE_DATA
           CALL DELCDX
           DJNZ R4,TULISY
           CALL DELCD
           DJNZ R3,BARISX
           RET

```

---

```

;-----
M_start:

```

```

    setb  sw_PHH
    setb  sw_PH
    setb  sw_PL
    setb  sw_THH
    setb  sw_TH
    setb  sw_TL

```

```

;

```

```

    setb  Sol_Valve
    setb  Heater
    mov   stp,#5 / #70

```

```

;

```

```

    mov   dptr,#data_ne

```



```

                                mov    r3,#4
                                CALL  barisx
loop_ukur:                    call    baca_ADC
                                call    konversi_ADC
                                Call    Hitung_Tekanan
;
                                Call    Kontrol_Prs
;
                                call    tampil_data
;
                                jnb    S_Inc,Inc_Stp
                                jnb    S_Dec,Dec_Stp
;
                                Call    Delay10ms
                                Call    Delay10ms
                                Call    Delay10ms
                                Call    Delay10ms
                                Call    Delay10ms
                                Call    Delay10ms
                                jmp     loop_ukur
Inc_Stp:
                                jnb    S_inc,$
                                clr    c
                                mov    a,stp
                                subb   a,#100
                                jc     Masih_bawah_stp
                                nop
                                jmp     Loop_Ukur
Masih_bawah_stp:
                                clr    c
                                inc    Stp
                                jmp     Loop_Ukur
Dec_Stp:
                                jnb    S_Dec,$
                                clr    c

```

```

        mov    a,Stp
        jz     Nol_Stp
        dec   Stp
        jmp   Loop_Ukur
Nol_Stp:
        nop
        jmp   Loop_Ukur
Kontrol_Prs:
        clr    c
        mov   a,Stp
        subb  a,Pv
        jc    Negatif_Kondisi
;-----
Positif_Kondisi:
        clr    c
        mov   Er,a
        clr   Sol_Valve
        clr   Heater
        Call  Tampil_Eror_Plus
        ret
Negatif_Kondisi:
        clr    c
        mov   a,PV
        subb  a,Stp
        mov   Er,a
        setb  Sol_Valve
        setb  Heater
        Call  Tampil_Eror_Min
        ret
;-----
Tampil_data:
        mov   Dptr,#Karakter
        Mov   R1,#84h
        Call  Write_ins
        Mov   a,Stp_r

```

```
Move a,@a+Dptr
Mov R1,a
Call Write_Data
```

```
Mov R1,#85h
Call Write_ins
Mov a,Stp_p
Movec a,@a+Dptr
Mov R1,a
Call Write_Data
```

```
Mov R1,#86h
Call Write_ins
Mov a,Stp_s
Movec a,@a+Dptr
Mov R1,a
Call Write_Data
```

```
Mov R1,#8Ch
Call Write_ins
Mov a,PV_r
Movec a,@a+Dptr
Mov R1,a
Call Write_Data
```

```
Mov R1,#8Dh
Call Write_ins
Mov a,PV_p
Movec a,@a+Dptr
Mov R1,a
Call Write_Data
```

```
Mov R1,#8Eh
Call Write_ins
Mov a,PV_s
```



```

Movc  a,@a+Dptr
Mov   R1,a
Call  Write_Data

```

;

```

Mov   R1,#0cfh
Call  Write_ins
Call  Cek_Kondisi_1
call  Cek_Kondisi_2
ret

```

;

Tampil\_Eror\_Plus:

```

Mov   Dptr,#Karakter

```

```

Mov   R1,#0C2h
Call  Write_ins
Mov   a,#19
Movc  a,@a+Dptr
Mov   R1,a
Call  Write_Data

```

```

Mov   R1,#0C4h
Call  Write_ins
Mov   a,ER_r
Movc  a,@a+Dptr
Mov   R1,a
Call  Write_Data

```

```

Mov   R1,#0C5h
Call  Write_ins
Mov   a,ER_p
Movc  a,@a+Dptr
Mov   R1,a
Call  Write_Data

```

```

Mov   R1,#0C6h

```

```
Call Write_ins
Mov a,ER_s
Movc a,@a+Dptr
Mov R1,a
Call Write_Data
```

```
Mov R1,#0cfh
Call Write_ins
ret
```

Tampil\_Eror\_Min:

```
mov Dptr,#Karakter
```

```
Mov R1,#0C2h
Call Write_ins
Mov a,#20
Movc a,@a+Dptr
Mov R1,a
Call Write_Data
```

```
Mov R1,#0C4h
Call Write_ins
Mov a,ER_r
Movc a,@a+Dptr
Mov R1,a
Call Write_Data
```

```
Mov R1,#0C5h
Call Write_ins
Mov a,ER_p
Movc a,@a+Dptr
Mov R1,a
Call Write_Data
```

```
Mov R1,#0C6h
```

```

Call   Write_ins
Mov    a,ER_s
Movc   a,@a+Dptr
Mov    R1,a
Call   Write_Data

Mov    R1,#0cfh
Call   Write_ins
ret

```

---

Tampil\_PL / Tampil\_TL:

```

mov    Dptr,#Karakter

Mov    R1,#0CCh
Call   Write_ins
Mov    a,#21
Movc   a,@a+Dptr
Mov    R1,a
Call   Write_Data

Mov    R1,#0CEh
Call   Write_ins
Mov    a,#27
Movc   a,@a+Dptr
Mov    R1,a
Call   Write_Data

Mov    R1,#0CDh
Call   Write_ins
Mov    a,#23
Movc   a,@a+Dptr
Mov    R1,a
Call   Write_Data

Mov    R1,#0cfh

```



```
Call Write_ins  
ret
```

Tampil\_Normal:

```
mov Dptr,#Karakter
```

```
Mov R1,#0CCh  
Call Write_ins  
Mov a,#24  
Movc a,@a+Dptr  
Mov R1,a  
Call Write_Data
```

```
Mov R1,#0CDh  
Call Write_ins  
Mov a,#25  
Movc a,@a+Dptr  
Mov R1,a  
Call Write_Data
```

```
Mov R1,#0CEh  
Call Write_ins  
Mov a,#26  
Movc a,@a+Dptr  
Mov R1,a  
Call Write_Data
```

```
Mov R1,#0cfh  
Call Write_ins  
ret
```

Tampil\_PH / Tampil\_TH:

```
mov Dptr,#Karakter
```

```
Mov R1,#0CCh
```

```
Call Write_ins
Mov a,#21
Movc a,@a+Dptr
Mov R1,a
Call Write_Data
```

```
Mov R1,#0CDh
Call Write_ins
Mov a,#22
Movc a,@a+Dptr
Mov R1,a
Call Write_Data
```

```
Mov R1,#0CEh
Call Write_ins
Mov a,#27
Movc a,@a+Dptr
Mov R1,a
Call Write_Data
```

```
Mov R1,#0cfh
Call Write_ins
ret
```

Tampil\_PHH / Tampil\_THH:

```
mov Dptr,#Karakter
```

```
Mov R1,#0CCh
Call Write_ins
Mov a,#21
Movc a,@a+Dptr
Mov R1,a
Call Write_Data
```

```
Mov R1,#0CDh
```

```

Call   Write_ins
Mov    a,#22
Movec  a,@a+Dptr
Mov    R1,a
Call   Write_Data

```

```

Mov    R1,#0CEh
Call   Write_ins
Mov    a,#22
Movec  a,@a+Dptr
Mov    R1,a
Call   Write_Data

```

```

Mov    R1,#0cfh
Call   Write_ins
ret

```

---

Konversi\_ADC:

```

clr    c
mov    a,data_adc
mov    PV,Data_adc
mov    b,#100
div    ab
mov    PV_r,a
mov    a,b
mov    b,#10
div    ab
mov    PV_p,a
mov    PV_s,b

```

```

mov    a,Stp
mov    b,#100
div    ab
mov    Stp_r,a
mov    a,b

```



```
        mov    b,#10
        div    ab
        mov    Stp_p,a
        mov    Stp_s,b
;
        mov    a,Er
        mov    b,#100
        div    ab
        mov    ER_r,a
        mov    a,b
        mov    b,#10
        div    ab
        mov    ER_p,a
        mov    ER_s,b
        ret

Baca_ADC:  mov    P1,#0ffh
           clr    Wr_ADC
           nop
           setb   Wr_ADC
           nop
           nop
           clr    Rd_ADC
           Mov    Data_ADC,P1
           setb   Rd_ADC
           ret
;-----
Cek_Kondisi_1:
           mov    a,PV_s
cek_PV_1:  cjne   a,#1,cek_PV_2
           call   switch_1
           call   Tampil_PL
           ret
```

```
cek_PV_2:
    cjne    a,#2,cek_PV_3
    call   switch_2
    call   Tampil_Normal
    ret

cek_PV_3:
    cjne    a,#3,cek_PV_4
    call   switch_2
    call   Tampil_Normal
    ret

cek_PV_4:
    cjne    a,#4,cek_PV_5
    call   switch_2
    call   Tampil_Normal
    ret

cek_PV_5:
    cjne    a,#5,cek_PV_6
    call   switch_2
    call   Tampil_Normal

cek_PV_6:
    cjne    a,#6,cek_PV_7
    call   switch_2
    call   Tampil_Normal

cek_PV_7:
    cjne    a,#7,cek_PV_8
    call   switch_2
    call   Tampil_Normal
    ret

cek_PV_8:
    cjne    a,#8,cek_PV_9
    call   switch_3
    call   Tampil_PH
    ret

cek_PV_9:
    cjne    a,#9,not_op_1
```

```
        call    switch_3
        call    Tampil_PH
        ret
not_op_1:  nop
          ret
;-----
cek_PV_20:
        cjne   a,#2,cek_PV_30
        call   switch_1
        call   Tampil_TL
        ret
cek_PV_30:
        cjne   a,#3,cek_PV_40
        call   switch_2
        call   Tampil_Normal
        ret
cek_PV_40:
        cjne   a,#4,cek_PV_50
        call   switch_2
        call   Tampil_Normal
        ret
cek_PV_50:
        cjne   a,#5,cek_PV_60
        call   switch_2
        call   Tampil_Normal
        ret
cek_PV_60:
        cjne   a,#6,cek_PV_70
        call   switch_2
        call   Tampil_Normal
cek_PV_70:
        cjne   a,#7,cek_PV_80
        call   switch_2
        call   Tampil_Normal
```

```
cek_PV_80:
    cjne    a,#8,cek_PV_90
    call    switch_3
    call    Tampil_TH
    ret
```

```
cek_PV_90:
    cjne    a,#9,not_op_1
    call    switch_3
    call    Tampil_TH
    ret
```

```
not_op_1:    nop
             ret
```

```
;-----
```

```
Cek_Kondisi_2:
    mov     a,PV_P
```

```
cek_PV_10:
    cjne    a,#1,not_op_2
    call    switch_4
    call    Tampil_PHH
    ret
```

```
not_op_2:    nop
             ret
```

```
;-----
```

```
cek_PV_10:
    cjne    a,#1,not_op_2
    call    switch_4
    call    Tampil_THH
    ret
```

```
not_op_2:    nop
             ret
```

```
;-----
```

```
switch_1:
    setb    sw_THH
    setb    sw_TH
    clr     sw_TL
```



```

    ret
switch_2:
    setb  sw_THH
    setb  sw_TH
    setb  sw_TL
    ret
switch_3:
    setb  sw_THH
    clr   sw_TH
    setb  sw_TL
    ret
switch_4:
    clr   sw_THH
    setb  sw_TH
    setb  sw_TL
    ret

```

---

**Karakter:**

DB	00110000b	;0
DB	00110001b	;1
DB	00110010b	;2
DB	00110011b	;3
DB	00110100b	;4
DB	00110101b	;5
DB	00110110b	;6
DB	00110111b	;7
DB	00111000b	;8
DB	00111001b	;9
DB	01000001b	;A
DB	01000010b	;B
Db	01000011b	;C
Db	01000100b	;D
Db	01000101b	;*
Db	00100000b	;#
Db	01001111b	;O

```

Db      01101110b      ;n
Db      01100110b      ;f
Db      00101011b      ;+
Db      00101101b      ;-
Db      01010000b      ;P / T
Db      01001000b      ;H
Db      01001100b      ;L
Db      01000110b      ;F
Db      01001001b      ;I
Db      01011000b      ;X
Db      10100000b      ;

```

## Data\_Ascii:

```

As_0:  cjne  a,#'0',As_1
        Mov   D_As,#0
        ret
As_1:  cjne  a,#'1',As_2
        Mov   D_As,#1
        ret
As_2:  cjne  a,#'2',As_3
        Mov   D_As,#2
        ret
As_3:  cjne  a,#'3',As_4
        Mov   D_As,#3
        ret
As_4:  cjne  a,#'4',As_5
        Mov   D_As,#4
        ret
As_5:  cjne  a,#'5',As_6
        Mov   D_As,#5
        ret
As_6:  cjne  a,#'6',As_7
        Mov   D_As,#6
        ret
As_7:  cjne  a,#'7',As_8

```

```

    Mov    D_As,#7
    ret
As_8:  cjne  a,#'8',As_9
    Mov    D_As,#8
    ret
As_9:  cjne  a,#'9',As_not
    Mov    D_As,#9
    ret
As_not:
    ret

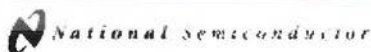
Data_ne:
DB     ' SELAMAT DATANG '           ;1
Db     '◊-----◊'
DB     '  TUGAS AKHIR  '           ;2
Db     'D3 INSTRUMENTASI'
DB     '  ESD PRESSURE  '           ;3
Db     '◊-----◊'
DB     'Stp [ ] PV [ ]'             ;4
Db     'Er [ ] St [ ]'

```

end

## LAMPIRAN D DATASHEET

### LM35



LM35

### LM35

## Precision Centigrade Temperature Sensors

### General Description

The LM35 series are precision integrated circuit temperature sensors whose output voltage is linearly proportional to the Centigrade temperature. The LM35 has two advantages over these thermistor sensors calibrated in  $^{\circ}\text{Fahrenheit}$ : the user is not required to subtract a large constant voltage from the output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external components other than a load resistor to provide typical accuracies of  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0.2^{\circ}\text{F}$ ) over a full  $-55^{\circ}\text{C}$  to  $+150^{\circ}\text{C}$  temperature range and is assured by trimming and a constant of the water eye. The LM35's low output impedance, near output and impedance calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies of  $\pm 1\text{V}$  to  $\pm 5\text{V}$  and thus supplies the full dynamic range from the supply. It is very low self-heating, less than  $100\mu\text{W}$  in  $50^{\circ}\text{C}$ . The LM35 is rated to operate over a  $-55^{\circ}\text{C}$  to  $+150^{\circ}\text{C}$  temperature range while the LM35C is rated for  $-40^{\circ}\text{C}$  to  $+150^{\circ}\text{C}$  range with improved accuracy. The LM35 series is available packaged in

vented TO-46 transistor packages while the LM35C, LM35CA, and LM35C-1 are available in the plastic TO-18 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount plastic package and a plastic TO-20 package.

### Features

- Calibrated directly in Centigrade temperature
- Linear  $\pm 1\text{mV}/^{\circ}\text{C}$  output voltage
- $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  accuracy guaranteed at  $+25^{\circ}\text{C}$
- Rated for  $1, 1, -50$  to  $+150^{\circ}\text{C}$  range
- Suitable for precise applications
- Low cost due to wafer level trimming
- Operates from 4 to 50 volts
- Less than  $40\mu\text{W}$  current drain
- Low self-heating  $0.02^{\circ}\text{C}$  in  $50^{\circ}\text{C}$
- Noninverting only  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$  CO
- Low impedance output  $100\Omega$  for  $10\text{mA}$  load

### Typical Applications

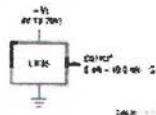
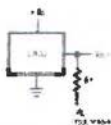


FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor  
( $-2^{\circ}\text{C}$  to  $+150^{\circ}\text{C}$ )



Current  $I_{\text{OUT}} = 0.50\mu\text{A}$   
 $V_{\text{OUT}} = +1.500\text{mV}/^{\circ}\text{C}$  at  $+150^{\circ}\text{C}$   
 $= +0.000\text{mV}/^{\circ}\text{C}$  at  $+25^{\circ}\text{C}$   
 $= -1.500\text{mV}/^{\circ}\text{C}$  at  $-55^{\circ}\text{C}$

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor



### Connection Diagrams

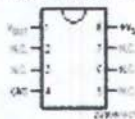
**TO-46**  
Metal Can Package\*



\*GND is connected to negative pin (GND).

Order Number LM3500, LM3500H, LM3500CH, LM3500AH or LM3500H  
See NS Package Number 4039

**SO-8**  
Small Outline Molded Package



\*GND = No Connection

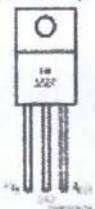
Top View  
Order Number LM3500H  
See NS Package Number 6018A

**TO-92**  
Plastic Package



Order Number LM3502Z,  
LM3502AZ or LM3502Z  
See NS Package Number 203A

**TO-221**  
Plastic Package\*



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

Note: The LM3502T package is different than the illustrated LM3500T.

Order Number LM3500T  
See NS Package Number 2403F

### Absolute Maximum Ratings

Notes 1, 2  
 If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	-0.5 to +1.2
Output Voltage	-0.5 to +1.2
Output Current	10 mA
Storage Temp.	
TO-44 Package	-50°C to +150°C
TO-50 Package	-50°C to +150°C
SO-8 Package	-55°C to +125°C
TO-9 Package	-55°C to +125°C

Lead Temp.

TO-44 Package	300°C
TO-50 Package	300°C

TO-20 and TO-207 Package

(Soldering 10 seconds) 250°C

SO-8 Package (Wave) 250°C

Wave Process (50 seconds) 235°C

Infrared (5 seconds) 250°C

ESD Susceptibility (Note 3) 2500V

Spec. for Operating Temperature Range Table 1, Table 2

Note 4

MAX. ESD50A -50°C to +150°C

MAX. ESD50B -40°C to +110°C

LM350 -55°C to +125°C

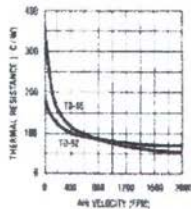
### Electrical Characteristics

Notes 1-6

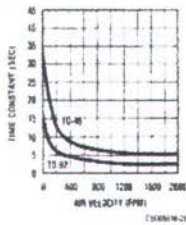
Parameter	Conditions	LM350			LM350A			Units
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy	$T_{amb} = +25^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.2$	$\pm 0.4$		$\pm 0.2$	$\pm 0.4$	%	
Line Reg.	$T_{amb} = +25^{\circ}\text{C}$	10.0			10.0		%	
	$V_{in} = 1.0\text{V}$	10.4	11.0		10.4	11.0	%	
	$V_{in} = 1.2\text{V}$	10.4	11.0		10.4	11.0	%	
Linearity	$V_{in} = 1.0\text{V}$ to $1.2\text{V}$	$\pm 0.18$		$\pm 0.25$	$\pm 0.15$		%	
Supply Slew	$T_{amb} = +25^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.0$	$\pm 0.1$		$\pm 0.0$	$\pm 0.1$	mV/μs	
Load Reg.	$T_{amb} = +25^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$	mV/μA	
Load Regulation	$T_{amb} = +25^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$	mV/μA	
Line Regulation	$T_{amb} = +25^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.21$	$\pm 0.27$	$\pm 0.1$	$\pm 0.07$	$\pm 0.07$	mV/μA	
Line Reg. (Note 6)	$T_{amb} = +25^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.02$		$\pm 0.1$	$\pm 0.02$		mV/μA	
Quiescent Current (Note 7)	$T_{amb} = +25^{\circ}\text{C}$	56	97		55	97	μA	
	$T_{amb} = 0^{\circ}\text{C}$	105		131	31		μA	
	$T_{amb} = -55^{\circ}\text{C}$ to $+25^{\circ}\text{C}$	25.1	58		56.2	58	μA	
	$T_{amb} = -55^{\circ}\text{C}$	106.5		133	91.5		μA	
Change of Quiescent Current (Note 8)	$4.5 \times 10^{-5} \text{ A/}^{\circ}\text{C}$ to $+25^{\circ}\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0	μA	
	$4.15 \times 10^{-5} \text{ A/}^{\circ}\text{C}$	0.5		3.0	0.5		μA	
Temperature Coefficient of Quiescent Current		-0.20		+0.5	-0.20		μA/°C	
Minimum Temperature for Stable Accuracy	In circuit of Figure 1, 100 hours	-1.0		+2.0	+1.0		°C	
	$T_{amb} = 0^{\circ}\text{C}$ to $+125^{\circ}\text{C}$ , 1000 hours	$\pm 0.08$		$\pm 0.08$			%	

## Typical Performance Characteristics

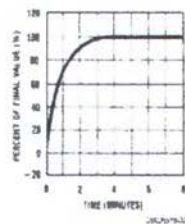
Thermal Resistance  
Junction to Air



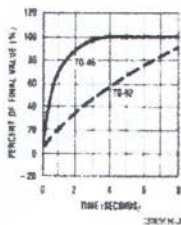
Thermal Time Constant



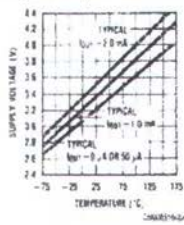
Thermal Response  
in Still Air



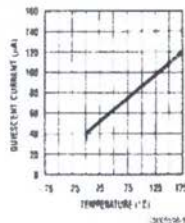
Thermal Response in  
Stirred Oil Bath



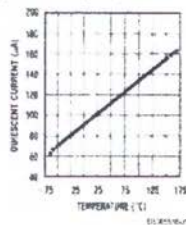
Minimum Supply  
Voltage vs. Temperature



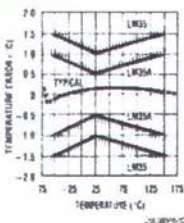
Quiescent Current  
vs. Temperature  
(In Circuit of Figure 1)



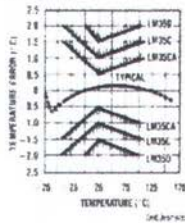
Quiescent Current  
vs. Temperature  
(In Circuit of Figure 2)



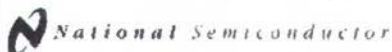
Accuracy vs. Temperature  
(Guaranteed)



Accuracy vs. Temperature  
(Guaranteed)



## ADC 0804



December 1984

## ADC0801/ADC0802/ADC0803/ADC0804/ADC0805 8-Bit $\mu$ P Compatible A/D Converters

### General Description

The ADC0801, ADC0802, ADC0803, ADC0804, and ADC0805 are CMOS 8-bit, successive approximation A/D converters that use a differential potentiometric ladder—similar to the 2589 products. These converters are designed to allow operation with the NSC800 and NS8050A derivative control bus with TR-STATE<sup>™</sup> output latches directly driving the data bus. These A/Ds appear like memory locations or I/O ports to the microprocessor and no interfacing logic is needed.

Differential analog voltage inputs allow increasing the common-mode rejection and offsetting the analog zero input voltage value. In addition, the voltage reference input can be adjusted to allow encoding any smaller analog voltage span to the full 8 bits of resolution.

- Differential analog voltage inputs
- Logic inputs and outputs meet both MOS and TTL voltage level specifications
- Works with 2.5V  $\pm$ MO368 voltage reference
- On-chip clock generator
- 0V to 5V analog input voltage range with single 5V supply
- No zero adjust required
- 0.3" standard width 20-pin DIP package
- 20-pin molded chip carrier or small outline package
- Operates ratiometrically or with 5V<sub>DD</sub>, 2.5V<sub>REF</sub> or analog span adjusted voltage reference

### Features

- Compatible with 8080  $\mu$ P derivatives—no interfacing logic needed; access time: 135 ns
- Easy interface to all microprocessors or operates "stand alone"

### Key Specifications

- Resolution: 8 bits
- Total error:  $\pm 1$  LSD  $\pm 1$  STD and  $\pm 1$  LSD
- Conversion time: 100 ns

### Typical Applications

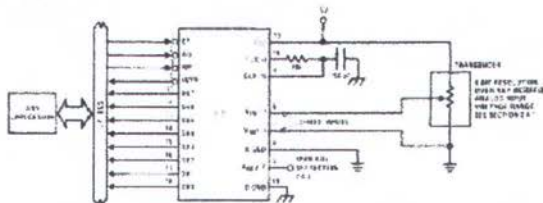


FIG. 1 (SEE P. 1)

#### 8080 Interface

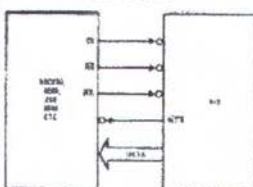


FIG. 2 (SEE P. 1)

#### Error Specification (Includes Full-Scale, Zero Error, and Non-Linearity)

Part Number	Full-Scale Adjusted	V <sub>REF</sub> /2, 2.50V V <sub>DD</sub> (No Adjustments)	V <sub>REF</sub> /2, No Connection (No Adjustments)
ADC0801	$\pm 1/2$ LSD		
ADC0802		$\pm 1/2$ LSD	
ADC0803	$\pm 1/2$ LSD		
ADC0804		1 LSD	
ADC0805			1 LSD



## AT89S51

---

### Features

- Compatible with MCS-51<sup>®</sup> Products
- 4K Bytes of In-System Programmable (ISP) Flash Memory
  - Endurance: 1000 Write/Erase Cycles
- 4.0V to 5.5V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 33 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 128 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Two 16-bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Full Duplex UART Serial Channel
- Low-power Idle and Power-down Modes
- Interrupt Recovery from Power-down Mode
- Watchdog Timer
- Dual Data Pointer
- Power-off Flag
- Fast Programming Time
- Flexible ISP Programming (Byte and Page Mode)

### Description

The AT89S51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcontroller with 4K bytes of in-system programmable Flash memory. The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard 80C51 instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with in-system programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89S51 is a powerful microcontroller which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The AT89S51 provides the following standard features: 4K bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 32 I/O lines, Watchdog timer, two data pointers, two 16-bit timer/counters, a five-vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89S51 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next external interrupt or hardware reset.




---

**8-bit  
Microcontroller  
with 4K Bytes  
In-System  
Programmable  
Flash**

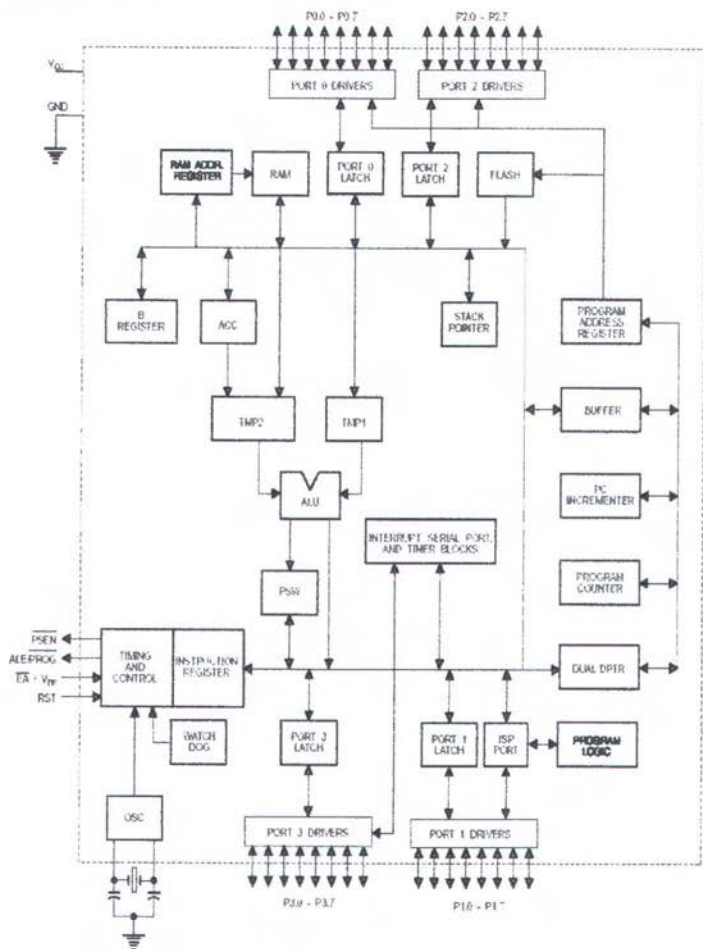
---

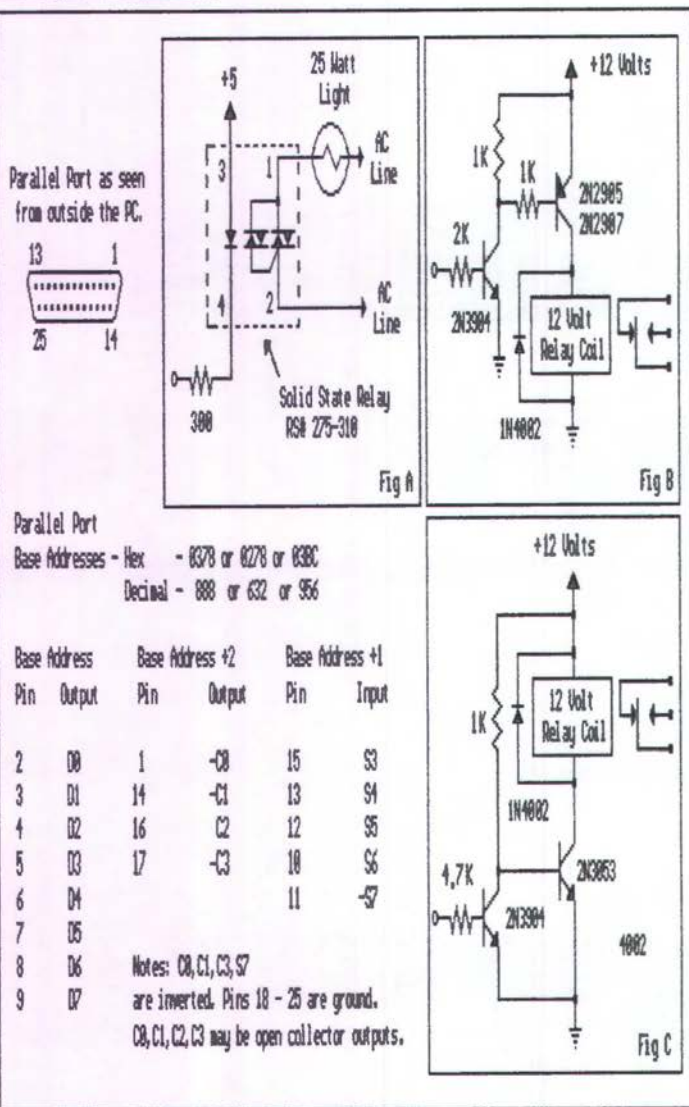
**AT89S51**

Rev. 2407A-10/01



## Block Diagram



**DRIVER RELAY**

## LAMPIRAN E UCAPAN TERIMA KASIH

Pada pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis telah dibantu oleh beberapa pihak yang telah membantu terlaksananya pengerjaan Tugas Akhir ini. Adapun beberapa pihak tersebut adalah :

- **ALLAH SWT. dan Nabi MUHAMMAD SAW.**

Terima kasih yang utama dipanjatkan kepada Allah SWT atas petunjuk, karunia, bimbingan, dan ridlo-Nya serta Nabi Muhammad SAW sebagai panutan penulis dalam kehidupan sehingga penulis mampu untuk melaksanakan dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.

- **Keluarga Besar Penulis**

Keluarga Besar dari sang penulis ini yang telah memberikan dukungan terbesar baik secara spiritual maupun material. Dukungan yang diberikan selama ini telah membuat sang penulis mampu mengerjakan Tugas Akhir ini dengan lancar serta menjadikan sang penulis menjadi manusia yang paling berarti dalam hidup baik untuk diri sendiri maupun orang lain. Suasana hangat dalam kehidupan berkeluarga merupakan dukungan moral bagi sang penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, Terima kasih terutama buat mama...

- **Orang Tua Penulis di Kampus**

Para dosen yang telah membuat sang penulis menjadi orang yang berilmu dan bermanfaat bagi lingkungan. Dosen – dosen yang membantu dan melancarkan pengerjaan Tugas Akhir ini merupakan bantuan yang sangat utama dalam kelancaran pengerjaan Tugas Akhir ini. Terima kasih...



- **Sahabat-Sahabat**

Sahabat – sahabat sang penulis, “Hade Qiuts“ beserta keluarga terima kasih atas do’a dan dukungan dalam melaksanakan Tugas Akhir ini. Temen – temen kost, mbak pila, mbak wulan, mbak lia, mbak galih, mbak citra, mbak atiq dan kawan-kawan “*Green House*” yang telah memberikan hiburan ketika sang penulis sedang *stress* mengerjakan Tugas Akhir. Dukungan kalian semua merupakan semangat pengerjaan Tugas Akhir ini. Terima kasih...

- **Kawan – Kawan di Kampus**

Kawan – kawan angkatan 2006 yang bersedia senasib dan sepejuangan dengan sang penulis yang membantu sang penulis dalam melaksanakan hidup bersama di kampus. Angkatan 2007, 2008 yang telah memberikan sebuah suasana baru dalam kehidupan di kampus, memberikan waktu dan tenaga untuk membantu pelaksanaan Tugas Akhir ini. Angkatan – angkatan TUA yang telah memberikan masukan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. Terima kasih...

- ***Spirit Of My Life***

Seseorang yang telah membuat sang penulis menjadi orang yang paling berarti dalam hidupnya, yang membuat sang penulis mengalami perubahan besar dalam hidupnya, yang telah membuat sang penulis memahami arti hidup, yang telah membuat sang penulis mengerti akan arti cinta dan kasih sayang yang sebenarnya, yang memberikan sang penulis hangatnya rasa cinta dan kasih sayang. Makhluq ciptaan Allah SWT ini telah mampu memberikan tujuan hidup paling berarti bagi sang penulis. Terima kasih...  
Terima kasih NdutQ...