

LAPORAN TUGAS AKHIR DIPLOMA

PROGRAM D3 INSTRUMENTASI INDUSTRI

**SISTEM PENGENDALI TEMPERATUR *WATER BATH*
BERBASIS *MICROCONTROLLER***

Diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi pada
Program Diploma 3 Instrumentasi Industri

Oleh:

SUCI LESTARI

230522221Y



PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 INSTRUMENTASI INDUSTRI

DEPARTEMEN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS INDONESIA

DEPOK

2008

LEMBAR PENGESAHAN

Nama : Suci Lestari
NPM : 230522221Y
Jurusan : Instrumentasi Industri
Tanggal Sidang : 11 Juli 2008
Judul Tugas Akhir :

**SISTEM PENGENDALI TEMPERATUR
WATER BATH BERBASIS MICROCONTROLLER**

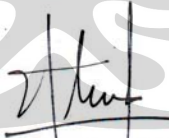
Tugas Akhir ini telah diperiksa, disetujui, dan disahkan oleh :

PEMBIMBING

(Drs. Arief Soedarmadji. MT)

Penguji I

(Drs. Lingga Hermanto, M.Si)

Penguji II

(Djati Handoko, M.Si)

Penguji III

(Dr. Sastra Kusuma Wijaya)

ABSTRAK

Telah dibuat suatu sistem aplikasi canggih yang berfungsi untuk mengendalikan temperatur pada suatu alat yang bertujuan mempermudah manusia dalam melakukan pekerjaan terutama dalam bidang kesehatan dan perindustrian. Pada sistem pengendalian ini dilakukan dengan *keypad*, yang kemudian diterjemahkan oleh *microcontroller*, dan selanjutnya dikirim ke *actuator* untuk diproses agar mendapatkan hasil yang diinginkan. Untuk mendeteksi suhu pada sistem ini digunakan sensor temperatur, kemudian hasil temperatur tersebut bisa terlihat pada *display*.

Kata Kunci : *keypad, microcontroller, actuator, display.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Walaupun dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini penulis menemukan berbagai macam kesulitan, tetapi Allah SWT senantiasa memberikan rahmat-Nya sehingga semua rintangan dan tantangan dapat dilalui dengan ridha-Nya.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “SISTEM PENGENDALI TEMPERATUR *WATER BATH* BERBASIS *MICROCONROLLER*” bertujuan untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan pendidikan program studi Diploma III Instrumentasi Elektronika dan Industri, Departemen Fisika, FMIPA, Universitas Indonesia.

Dalam melaksanakan Tugas Akhir sampai penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih dan rasa hormat kepada:

1. Kedua Orang tuaku yang tercinta Ibu dan Bapak, serta adikku tersayang beserta keluarga tercinta yang telah memberi dukungan moril dan materil selama ini.
2. Sahabatku tersayang “Pianggy Oktikasara” selaku teman kerja dalam pembuatan tugas akhir ini, *thanx for all*.
3. Kelurga besar Drs.H. Swapra Anggara Haloho, yang telah memberikan penginapan gratis dan semangat yang tak henti-hentinya.
4. Dr. Prawito selaku Ketua Jurusan program Diploma III Instrumentasi Elektronika dan Industri FMIPA, UI.
5. Drs. Arief Sudarmaji, M.T selaku dosen pembimbing yang telah memberikan petunjuk, kemudahan dalam berpikir dan bimbingan dalam penyelesaian tugas akhir ini.

6. Bapak Surya Darma, M.Si selaku koordinator Tugas Akhir program Diploma III Instrumentasi Elektronika dan Industri FMIPA, UI.
7. Dosen-dosen pengajar Jurusan Instrumentasi Elektronika dan Industri.
8. Sahabat-sahabatku tersayang “JOBLESSNESS” Pianggy(Ka2), Anggit (Mba widya), Monika(My Sizta..), Maya(Teteh), Nak Kiki(Bewok), Samuel (Papa BearQu), Imam(DJ klings), Bayu(Abang), Jamal(Raja Upil), Kaka Didi yang menyebalkan!!, Nando(Meti..), StevanusQu yg baik hati, Sabil(Gw suka gaya lo!), Tendy(Tiada hr tanpa berantem), Bombi(Mang Pandi Yg “gak punya” nyawa hehe). Gak tau dh jdny kyk pa, kl Instrument gak da kalian smua...*Thnx Guys!!!!*
9. Kel Chap-Toen khususnya Ika&Sandra yg sllu memberikan waktu kepada penulis walaupun sedang sibuk jg,,,
10. Seluruh rekan-rekan Instrumentasi Industri dan Elektronika angkatan 2005.
11. Bwt Ka Irfan Makasih sudah membantu pada hari-hari terakhir sehingga penulis bisa selesai tepat waktu.
12. Rizal Dwi Listio yang berkenan membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
13. Senior-senior dan junior-junior terima kasih atas bantuan selama penulis menyelesaikan tugas akhir ini.

Semua pihak yang secara tidak langsung terlibat dalam pembuatan skripsi ini dan tidak mungkin dapat disebutkan satu persatu, semoga amal baik yang telah dilakukan senantiasa dibalas oleh Allah SWT.

Akhir kata semoga penyusunan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang bersangkutan, khususnya bagi saya dan umumnya bagi para pembaca.

Depok, Juni 2008

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Abstrak	ii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar	viii
Daftar Tabel	x
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Deskripsi Singkat	3
1.5 Metode Penulisan	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB 2. TEORI DASAR	7
2.1 Thermocouple	7
2.1.1 Prinsip Operasi.....	7
2.1.2 Tipe-tipe Thermocouple.....	9
2.1.3 Penggunaan Thermocouple.....	11
2.2 PWM (<i>Pulse Widht Modulation</i>).....	11
2.3 Komunikasi Data Serial RS 232.....	14
2.4 Heater (Pemanas).....	16
2.5 Teori Kontrol Proporsiopnal Integral Differensial(PID).....	17
2.5.1 Teori Dasar Kurva Reaksi.....	22

2.6 SSR(<i>Solid State Relay</i>).....	24
2.6.1 Operasi SSR.....	24
2.6.2 Keuntungan SSR.....	24
2.6.3 Kerugian SSR.....	25
BAB 3. PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM	27
3.1 Perancangan Kerja Sistem.....	27
3.2 Perancangan <i>Hardware</i>	29
3.2.1 <i>Rangkain Minimum System Atmega16</i>	29
3.2.2 Konfigurasi PIN	31
3.2.3 Port sebagai Input/Output Digital.....	3
3.2.4 Port sebagai ADC.....	34
3.2.5 Komunikasi Serial.....	35
3.2.6 Rangkaian Keypad.....	37
3.2.7 Rangkaian <i>Cold Junction</i>	38
3.2.9 Rangkaian PowerSupply.....	41
3.3 Perancangan <i>Software</i>	42
3.3.1 <i>Flowchart</i> Program Mikrokontroler.....	42
3.3.2 <i>Kontrol PID</i>	46
BAB 4. HASIL PERCOBAAN DAN ANALISA	48
4.1 Pengujian Termokopel	48
4.2 Pengujian Sistem.....	52
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	55

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

Lampiran A

Lampiran B

Lampiran C

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Block Diagram Sistem.....	4
Gambar 2.1. Sinyal PWM dengan <i>duty cycle</i> 50%.	12
Gambar 2.2. Sinyal PWM dengan <i>duty cycle</i> 10%..	12
Gambar 2.3. Konfigurasi Slot DB-9.	15
Gambar 2.4. Sistem Pengendali <i>Loop</i> Terbuka.	18
Gambar 2.5. Sistem Pengendali <i>Loop</i> Tertutup.	18
Gambar 2.6. Blok Diagram Pengendali <i>Proportional</i>	19
Gambar 2.7. Grafik respon Pengendali <i>Proportional</i>	19
Gambar 2.8. Blok Diagram Pengendali <i>Integral</i>	21
Gambar 2.9. Grafik Respon Pengendali <i>Integral</i>	21
Gambar 2.10. Blok Diagram Pengendali <i>Differensial</i>	21
Gambar 2.11. Grafik Respon Pengendali <i>Differensial</i>	22
Gambar 2.12. Contoh Diagram Kurva Reaksi.....	23
Gambar 2.13 Contoh respon pengendalian terhadap waktu.....	23
Gambar 3.1. Blok Diagram Sistem.....	26
Gambar 3.2. Blok Diagram Pengendali Temperatur	27

Gambar 3.3. Rangkaian Minimum Sistem ATMEGA 16.....	29
Gambar 3.4. Pin-pin ATmega16 kemasan 40-pin.	30
Gambar 3.5. Timing diagram untuk Mode single-conversion	33
Gambar 3.6. Konfigurasi pin MAX232.	34
Gambar 3.7. Diagram Logika MAX232.....	34
Gambar 3.8. Rangkaian Sederhana MAX232.....	35
Gambar 3.9. Rangkaian Keypad	35
Gambar 3.10. Rangkaian Cold Junction	38
Gambar 3.11. Rangkaian Power Supplay.....	39
Gambar 3.12. Flowchart Program	41
Gambar 3.13. Flowchart Program(lanjutan1)	42
Gambar 3.14. Flowchart Program(lanjutan2)	43
Gambar 4.1. Grafik Temperatur Rata-Rata Dalam Percobaan.	47
Gambar 4.2. Respon waktu proses perubahan temperatur.....	48
Gambar 4.3. Respon waktu proses perubahan temperatur menggunakan LabVIEW.....	48
Gambar 4.4. Grafik untuk perhitungan dengan metode kurva reaksi.....	49
Gambar 4.5. Tampilan pada PC bila diberikan SP = 35.....	50
Gambar 4.6. Tampilan pada PC bila diberikan SP = 50.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Daftar nama pin dan sinyal konektor serial DB-9.....	15
Tabel 3.1. Konfigurasi pin port ATmega 16.....	32
Tabel 3.2 Tabel Fungsi MAX232.....	35



BAB 1

PENDAHULUAN

Pada Bab ini penulis menjelaskan mengenai latar belakang masalah mengapa alat ini dibuat, tujuan dari penelitian, batasan masalah dari alat yang akan di buat oleh penulis, deskripsi singkat mengenai alat yang akan dibuat, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan laporan.

1.1 Latar Belakang

Seiring perkembangan teknologi di segala bidang kehidupan baik komunikasi, industri, pendidikan, kesehatan dll maka semakin banyak pula alat yang diciptakan untuk mempermudah manusia dalam melakukan pekerjaan sesuai dengan bidangnya tersebut.

Di bidang kedokteran maupun bidang kesehatan kemajuan teknologi berkembang dengan pesat seperti dapat dilihat dalam katalog produk alat kesehatan dimana alat-alat yang digunakan semakin canggih tetapi yang menjadi kendalanya adalah harga-harga alat tersebut yang relatif mahal. Oleh karena hal itu saya mencoba untuk membuat suatu alat yang dapat digunakan dibidang kedokteran maupun kesehatan dengan harga yang relatif lebih terjangkau. Hal ini dilakukan untuk memperlihatkan bahwa untuk mendapatkan suatu alat yang canggih tidak dibutuhkan biaya yang terlalu tinggi. Karena kebutuhan yang tinggi dan jumlah produsen teknologi yang terbatas, barang-barang berteknologi dijual dengan harga yang sangat tinggi. Oleh sebab itulah saya mencoba untuk membuat sebuah alat yang terdapat pada katalog produk kesehatan dengan harga hemat. Hal ini dilakukan untuk

membuktikan bahwa untuk menggunakan teknologi, kita tidak harus mengeluarkan biaya yang cukup besar

Alat ini membantu dunia kesehatan, diantaranya untuk sterilisasi alat kesehatan. Dimana sistem kerjanya berupa pengendalian temperatur. Pengendalian dilakukan dengan *keypad* yang kemudian diterjemahkan *microcontroller*, dan selanjutnya di kirim ke actuator untuk diproses agar didapat hasil yang kita inginkan. Sehingga kerjanya sangat membantu mengefisiensikan waktu dan tenaga pada dunia kesehatan yang terbilang sibuk. Perbedaan biaya produksi dengan harga jual alat ini sangatlah besar. Sehingga dapat mengurangi beban pembelian pada dunia kesehatan yang selama ini cukup menguras biaya.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang akan dilakukan adalah:

1. Sebagai syarat kelulusan Program DIII Instrumentasi.
2. Membuat suatu alat dengan sistem pengendali temperatur untuk *Water Bath*.
3. Menggunakan program mikrokontroler yang telah diprogram sesuai dengan mekanik yang telah dibuat untuk melakukan pengiriman data pada system sehingga dapat dianalisa berdasarkan ilmu yang diperoleh selama kuliah.

1.3 Batasan Masalah

Dalam pembuatan Tugas Akhir ini terdiri dari proses pembuatan hardware dan software. Pada pembuatan hardware meliputi rancang bangun pada mekanik . Sedangkan pada pembuatan software meliputi program yang digunakan untuk mempermudah user dalam menjalankan mekanik. Dan penulis akan membahas mengenai cara kerja program dalam mengatur sistem pengendali temperatur pada *Water Bath*.

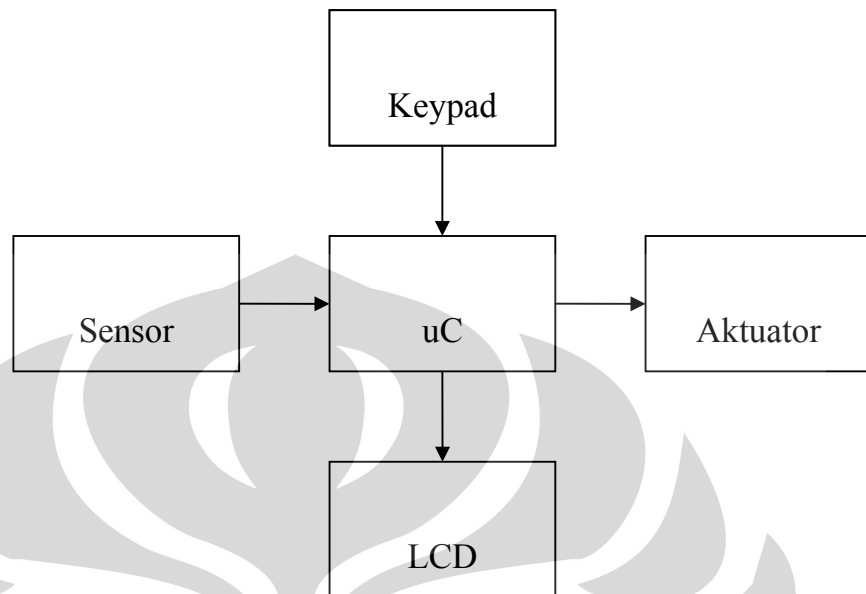
1.4 Deskripsi Singkat

Fungsi alat-alat yang dihasilkan oleh dunia teknologi tidak hanya terbatas pada proses industri. Dunia kesehatan pun sangat terbantu dengan keberadaan teknologi yang semakin pesat.

Sebagai salah satu aplikasi teknologi pada dunia kesehatan, pada tugas akhir ini dibuat “**Sistem Pengendali Temperatur *Water Bath* Berbasis *Microcontroller***” dengan maksud menekan pembiayaan dan memudahkan pekerja dalam bidang kesehatan sehingga proses kerja berjalan dengan mudah, aman dan efisien. Hal tersebut dikarenakan pengontrolan kerja untuk kenaikan temperatur alat hanya dilakukan dengan keypad.

Apabila ingin dihasilkan temperature yang cukup tinggi, tombol temperature ditekan dan kemudian diatur sesuai dengan keinginan. Untuk mengetahui temperatur tersebut penulis disini menggunakan sensor temperatur .

Aktuator yang digunakan pada alat ini adalah *heater* atau pemanas. Maka akan terjadi proses pemanasan sesuai dengan temperature yang telah diatur sebelumnya. Hal tersebut disebabkan data dari keypad tersebut menginisialisasikan *microcontroller* yang bertindak sebagai pengendali. Perubahan temperatur, ataupun waktu kerja alat dapat dilihat pada display dengan menggunakan LCD. Berikut adalah Blok diagram pada sistem alat tersebut .



Gambar 1.1. Blok diagram pada sistem

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan dilakukan terdiri dari beberapa tahap antara lain

1. Study Literatur

Penulis menggunakan metode ini untuk memperoleh informasi dan data yang berkaitan dengan penelitian yang penulis lakukan. Study literatur ini mengacu pada buku-buku pegangan, data sheet dari berbagai macam komponen yang dipergunakan, data yang didapat dari internet, dan makalah-makalah yang membahas tentang proyek yang penulis buat.

2. Perancangan dan Pembuatan Sistem

Berisi tentang proses perancangan sistem baik hardware maupun software. Pada bagian hardware akan membahas desain dan cara kerjanya. Pada bagian software akan dibahas program yang digunakan.

3. Pembuatan Program

Pembuatan program dilakukan dengan menggunakan *Software* memungkinkan kita untuk menunjang kinerja alat sesuai dengan yang diinginkan.

4. Uji Sistem

Dari sistem yang dibuat maka dilakukan pengujian secara menyeluruh, dengan tujuan untuk mengetahui kinerjanya apakah sudah sesuai dengan apa yang diharapkan atau belum.

5. Pengambilan Data

Di sini alat diuji secara keseluruhan sebagai suatu kesatuan sistem. Setelah itu dapat dilihat apakah perangkat keras dan lunak sudah dapat bekerja dengan benar ataukah masih dibutuhkan beberapa perbaikan. Jika alat sudah dapat bekerja dengan benar, maka dapat dilakukan pengumpulan data yang dianggap penting atau diinginkan.

6. Penulisan Hasil Penelitian

Dari hasil penelitian dan pengambilan data kemudian dilakukan suatu analisa sehingga dapat diambil suatu kesimpulan. Dengan adanya beberapa saran juga dapat kita ajukan sebagai bahan perbaikan untuk penelitian lebih lanjut.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini terdiri dari bab-bab yang memuat beberapa sub-bab. Untuk memudahkan pembacaan dan pemahaman maka Tugas Akhir ini dibagi menjadi beberapa bab yaitu :

BAB 1 Pendahuluan

Pendahuluan berisi latar belakang permasalahan, tujuan penulisan, pembatasan masalah, metode penulisan dan sistematika penulisan dari Tugas Akhir ini.

BAB 2 Teori Dasar

Berisi teori yang mendasari penelitian, yaitu prinsip dasar dan cara kerja program sebagai pengendali temperatur pada *Water Bath* .

BAB 3 Perancangan dan Cara Kerja Sistem

Berisi tentang penjelasan perancangan program atau perangkat lunak (*software*) dan cara kerja dari program yang telah dibuat.

BAB 4 Pengujian Sistem dan Pengambilan Data

Berisi tentang hasil dan analisa yang telah diperoleh dalam perancangan dan pengujian terhadap program baik kesalahan maupun kendala yang didapat.

BAB 5 Penutup

Berisi kesimpulan dari keseluruhan perancangan sistem hingga hasil penelitian yang didapat dan saran yang mungkin dapat digunakan untuk memperbaiki, menambahkan, ataupun memodifikasi alat yang sudah ada menjadi lebih baik lagi.

BAB 2

TEORI DASAR

Pada sistem pengendali temperatur pada alat *water bath*, diperlukan beberapa pemahaman dasar. Beberapa pemahaman dasar tersebut antara lain: thermocouple, PWM (*Pulse Width Modulation*), komunikasi data serial, *heater* (pemanas), teori kontrol pengendalian, SSR (*Solid State Relay*).

2.1. Thermocouple

Thermocouple adalah sensor suhu yang banyak digunakan untuk mengubah perbedaan panas dalam benda yang diukur temperaturnya menjadi perubahan potensial atau tegangan listrik. Thermocouple yang sederhana dapat dipasang, dan memiliki jenis konektor standar yang sama, serta dapat mengukur temperatur dalam jangkauan suhu yang cukup besar dengan batas kesalahan pengukuran kurang dari 1 °C.

2.1.1 Prinsip Operasi

Pada tahun 1821, seorang fisikawan Estonia bernama [Thomas Johann Seebeck](#) menemukan bahwa sebuah konduktor (semacam logam) yang diberi perbedaan panas secara gradien akan menghasilkan tegangan listrik. Hal ini disebut sebagai efek termoelektrik. Untuk mengukur perubahan panas ini gabungan dua macam konduktor sekaligus sering dipakai pada ujung benda panas yang diukur. Konduktor tambahan ini kemudian akan mengalami gradiasi suhu, dan mengalami perubahan tegangan secara berkebalikan dengan perbedaan temperatur benda. Menggunakan logam yang berbeda untuk melengkapi sirkuit

akan menghasilkan tegangan yang berbeda, meninggalkan perbedaan kecil tegangan memungkinkan kita melakukan pengukuran, yang bertambah sesuai temperatur. Perbedaan ini umumnya berkisar antara 1 hingga 70 microvolt tiap derajat celcius untuk kisaran yang dihasilkan kombinasi logam modern. Beberapa kombinasi menjadi populer sebagai standar industri, dilihat dari biaya, ketersediaanya,

kemudahan, titik lebur, kemampuan kimia, stabilitas, dan hasil. Sangat penting diingat bahwa *thermocouple* mengukur perbedaan temperatur di antara 2 titik, bukan temperatur absolut.

Pada banyak aplikasi, salah satu sambungan sambungan yang dingin dijaga sebagai temperatur referensi, sedang yang lain dihubungkan pada objek pengukuran. contoh, pada gambar di atas, hubungan dingin akan ditempatkan pada tembaga pada papan sirkuit. Sensor suhu yang lain akan mengukur suhu pada titik ini, sehingga

suhu pada ujung benda yang diperiksa dapat dihitung. *Thermocouple* dapat dihubungkan secara seri satu sama lain untuk membuat termopile, dimana tiap sambungan yang panas diarahkan ke suhu yang lebih tinggi dan semua sambungan dingin ke suhu yang lebih

rendah. Dengan begitu, tegangan pada setiap *thermocouple* menjadi naik, yang memungkinkan untuk digunakan pada tegangan yang lebih tinggi. Dengan adanya suhu tetapan pada sambungan dingin, yang berguna untuk pengukuran di laboratorium, secara sederhana *thermocouple* tidak mudah dipakai untuk kebanyakan indikasi sambungan langsung dan instrumen kontrol.

Mereka menambahkan sambungan dingin tiruan ke sirkuit mereka yaitu peralatan lain yang sensitif terhadap suhu (seperti termistor atau dioda) untuk mengukur suhu sambungan input pada peralatan, dengan tujuan khusus untuk mengurangi gradiasi suhu di antara ujung-ujungnya. Di sini, tegangan yang berasal dari hubungan dingin yang diketahui dapat disimulasikan, dan koreksi yang baik dapat diaplikasikan. Hal ini dikenal dengan kompensasi hubungan

dingin. Biasanya *thermocouple* dihubungkan dengan alat indikasi oleh kawat yang disebut kabel ekstensi atau kompensasi. Tujuannya sudah jelas. Kabel ekstensi menggunakan kawat-kawat dengan jumlah yang sama dengan konduktor yang dipakai pada *Thermocouple* itu sendiri. Kabel-kabel ini lebih murah daripada kabel *thermocouple*, walaupun tidak terlalu murah, dan biasanya diproduksi pada bentuk yang tepat untuk pengangkutan jarak jauh – umumnya sebagai kawat tertutup fleksibel atau kabel multi inti. Kabel-kabel ini biasanya memiliki spesifikasi untuk rentang suhu yang lebih besar dari kabel *thermocouple*. Kabel ini direkomendasikan untuk keakuratan tinggi. Kabel kompensasi pada sisi lain, kurang presisi, tetapi murah. Mereka memakai perbedaan kecil, biasanya campuran material konduktor yang murah yang memiliki koefisien termoelektrik yang sama dengan *thermocouple* (bekerja pada rentang suhu terbatas), dengan hasil yang tidak seakurat kabel ekstensi.

Kombinasi ini menghasilkan output yang mirip dengan *thermocouple*, tetapi operasi rentang suhu pada kabel kompensasi dibatasi untuk menjaga agar kesalahan yang diperoleh kecil. Kabel ekstensi atau kompensasi harus dipilih sesuai kebutuhan *thermocouple*. Pemilihan ini menghasilkan tegangan yang proporsional terhadap beda suhu antara sambungan panas dan dingin, dan kutub harus dihubungkan dengan benar sehingga tegangan tambahan ditambahkan pada tegangan *thermocouple*, menggantikan perbedaan suhu antara sambungan panas dan dingin.

2.1.2 Tipe-Tipe *Thermocouple*

Tersedia beberapa jenis *thermocouple*, tergantung aplikasi penggunaannya

1. Tipe K (Chromel (Ni-Cr alloy) / Alumel (Ni-Al alloy))
Thermocouple untuk tujuan umum. Lebih murah. Tersedia untuk rentang suhu $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $+1200\text{ }^{\circ}\text{C}$.
2. Tipe E (Chromel / Constantan (Cu-Ni alloy))
3. Tipe E memiliki output yang besar ($68\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$) membuatnya cocok digunakan pada temperatur rendah. Properti lainnya tipe E adalah tipe non magnetik.
4. Tipe J (Iron / Constantan) Rentangnya terbatas (-40 hingga $+750\text{ }^{\circ}\text{C}$) membuatnya kurang populer dibanding tipe K
5. Tipe J memiliki sensitivitas sekitar $52\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$
6. Tipe N (Nicrosil (Ni-Cr-Si alloy) / Nisil (Ni-Si alloy)) Stabil dan tahanan yang tinggi terhadap oksidasi membuat tipe N cocok untuk pengukuran suhu yang tinggi tanpa platinum. Dapat mengukur suhu di atas $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sensitifitasnya sekitar $39\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ pada 900°C , sedikit di bawah tipe K. Tipe N merupakan perbaikan tipe K.
7. *Thermocouple* tipe B, R, dan S adalah *thermocouple* logam mulia yang memiliki karakteristik yang hampir sama. Mereka adalah *thermocouple* yang paling stabil, tetapi karena sensitifitasnya rendah (sekitar $10\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$) mereka biasanya hanya digunakan untuk mengukur temperatur tinggi ($>300\text{ }^{\circ}\text{C}$).
8. Tipe B (Platinum-Rhodium/Pt-Rh) Cocok mengukur suhu di atas $1800\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tipe B memberi output yang sama pada suhu 0°C hingga 42°C sehingga tidak dapat dipakai di bawah suhu 50°C .
9. Tipe R (Platinum /Platinum with 7% Rhodium) Cocok mengukur suhu di atas $1600\text{ }^{\circ}\text{C}$. sensitivitas rendah ($10\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$) dan biaya tinggi membuat mereka tidak cocok dipakai untuk tujuan umum.
10. Tipe S (Platinum /Platinum with 10% Rhodium) Cocok mengukur suhu di atas $1600\text{ }^{\circ}\text{C}$. sensitivitas rendah ($10\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$) dan biaya tinggi membuat

mereka tidak cocok dipakai untuk tujuan umum. Karena stabilitasnya yang tinggi Tipe S digunakan untuk standar pengukuran titik leleh emas (1064.43 °C).

11. Type T (Copper / Constantan) Cocok untuk pengukuran antara -200 to 350 °C. Konduktor positif terbuat dari tembaga, dan yang negatif terbuat dari constantan. Sering dipakai sebagai alat pengukur alternatif sejak penelitian kawat tembaga. Type T memiliki sensitifitas $43 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$.

2.1.3 Penggunaan *Thermocouple*

Thermocouple paling cocok digunakan untuk mengukur rentangan suhu yang luas, hingga 1800 K. Contoh Penggunaan *Thermocouple* yang umum antara lain :

1. Industri besi dan baja
2. Pengaman pada alat-alat pemanas
3. Untuk termopile sensor radiasi
4. Pembangkit listrik tenaga panas radioisotop, salah satu aplikasi termopile.

2.2 PWM (*Pulse Widht Modulation*)

PWM adalah suatu teknik yang digunakan untuk mengontrol kerja dari suatu alat atau menghasilkan suatu tegangan DC yang variabel. Rangkaian PWM adalah rangkaian yang lebar pulsa tegangan keluarannya dapat diatur atau dimodulasi oleh sebuah sinyal tegangan modulasi. Disamping itu kita dapat menghasilkan suatu sinyal PWM dengan menentukan frekuensi dan waktu dari variabel ON dan OFF. Pemodulasian sinyal yang beragam dapat menghasilkan

duty cycle yang diinginkan. Gambar 2.2 memperlihatkan sinyal kotak dengan *duty cycle* 50%. *Duty cycle* adalah rasio dari waktu ON (t_{on}) terhadap periode total dari sinyal ($t = t_{on} + t_{off}$). Dengan persamaan (2.1) :

$$D = \frac{t_1}{t_1 + t_2} \dots\dots\dots(2.$$

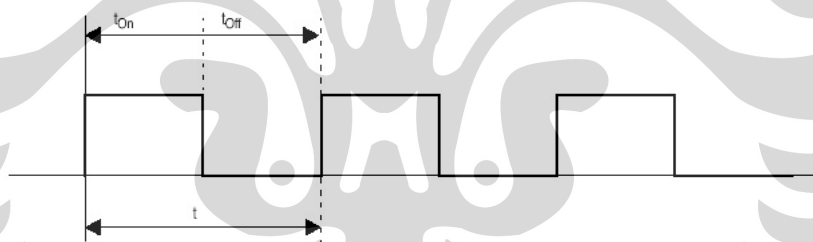
1)

Dimana :

D =Duty Cycle

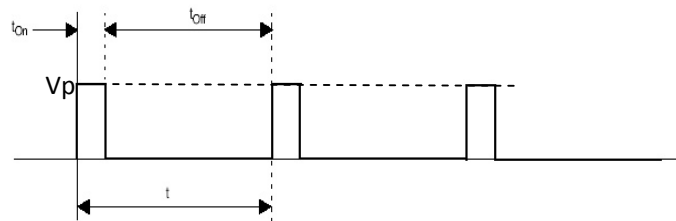
T1 = t_{on} = waktu ON

T2= t_{off} = waktu OFF



Gambar 2.1. Sinyal PWM dengan *duty cycle* 50%.

Dengan *duty cycle* yang bermacam-macam, rata-rata output dari tegangan dc dapat dikontrol. Seperti pada gambar 2.3 memperlihatkan sinyal kotak dengan *duty cycle* 10%.



Gambar 2.2. Sinyal PWM dengan duty cycle 10%.

Dari gambar diatas maka kita dapat mengetahui nilai RMS nya dimana :

$$V(t) \begin{cases} 0 \rightarrow t \\ t \rightarrow T \end{cases}$$

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{\int_0^{T_1} V(t)^2 dt}{T}}$$

Dengan :

$$V(t) \text{ pada } 0 - t ; V(t) = V_{(p)} \text{ dan } V(t) \text{ pada } t - T ; V(t) = 0$$

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{\int_0^t Vp^2 dt + \int_{t_1}^t 0 dt}{T}}$$

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{\int_0^t Vp^2 dt}{T}}$$

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{Vp^2 t \Big|_0^t}{T}}$$

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{Vp^2 t}{T}}$$

$$V_{RMS} = Vp \sqrt{\frac{t}{T}}$$

$$P = V_{rms}^2$$

R

$$P = \frac{V_P^2}{R} \frac{t}{T}$$

(2.2)

Metode pengontrol *output* ini dapat diaplikasikan dalam banyak hal. Salah satunya adalah pengontrol pengendalian suhu temperatur.

2.3 Komunikasi Data Serial RS 232

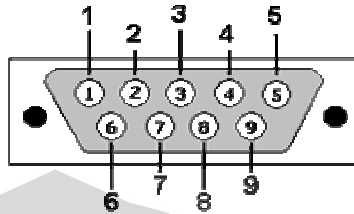
Komunikasi serial adalah pengiriman data secara serial (data dikirim satu persatu secara berurutan) sehingga komunikasi serial jauh lebih lambat daripada komunikasi yang paralel. Karena peralatan berkomunikasi menggunakan transmisi serial sedangkan data dikomputer diolah secara paralel, oleh karena itu harus dikonversikan dahulu ke bentuk paralel. Jika menggunakan perangkat keras hal ini bisa dilakukan oleh *Universal Asynchronous Receiver Transmitter(UART)*, yang membutuhkan perangkat lunak untuk menanganinya. Komunikasi serial merupakan salah satu cara untuk mengkomunikasikan data dari suatu peralatan ke peralatan lain dengan cara menggunakan data secara serial, misalnya mengkomunikasikan antara HP dengan Mikrokontroler, HP dengan PC, *printer* dengan PC dll Pada PC , komunikasi serial RS232 dapat dilakukan melalui *port* serial (COM port).

Komunikasi data serial dapat dilakukan dengan mempresentasikan data dalam bentuk level "1" atau "0" Kelebihan komunikasi serial adalah jangkauan panjang kabel yang lebih jauh dibanding paralel karena serial port mengirimkan logika 1 dengan kisaran tegangan -3 Volt hingga -25 Volt dan logika nol sebagai +3 Volt hingga +25 Volt sehingga kehilangan daya karena panjang kabel bukan masalah utama. Selain itu juga komunikasi serial *port* bersifat asinkron sehingga sinyal detak tidak dikirim bersama data. Setiap *word* disinkronkan dengan *start* bit dan sebuah *clock internal* di kedua sisi menjaga bagian data saat pewaktuan (*timing*).

Perangkat keras pada komunikasi serial dibagi menjadi dua kelompok, yaitu *Data Communication Equipment* (DCE) dan *Data Terminal Equipment* (DTE). Contoh DCE adalah modem, sedangkan contoh DTE adalah terminal di komputer

Konfigurasi slot DB-9 *male* adalah sebagai berikut :

RS232 DB9 (EIA/TIA 574)



Gambar 2.3.[1] Konfigurasi slot konektor serial DB-9.

Fungsi dari masing-masing pin dan sinyal konektor serial B-9 dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2.1.[1] Daftar nama pin dan sinyal konektor serial DB-9.

Pin DB-9	Nama Pin	Keterangan
1	<i>DCD</i>	<i>Data Carrier DetectData Port (DP0 - DP9)</i>
2	<i>RD</i>	<i>Receive Data (a.k.a RxD, Rx)</i>
3	<i>TD</i>	<i>Transmit Data (a.k.a TxD, Tx)</i>
4	<i>DTR</i>	<i>Data Terminal Ready</i>
5	<i>SGND</i>	<i>Ground</i>
6	<i>DSR</i>	<i>Data Set Ready</i>
7	<i>RTS</i>	<i>Request To Send</i>
8	<i>CTS</i>	<i>Clear To Send</i>
9	<i>RI</i>	<i>Ring Indicator</i>

Komunikasi serial RS 232 merupakan komunikasi *asynchronous* sehingga sinyal *clock* tidak dikirim bersamaan dengan data. Setiap data disinkronisasikan dengan menggunakan *start bit* dan *clock* internal pada setiap bit.

Port RS 232 pada komputer harus memenuhi standar RS 232. Agar level tegangan sesuai dengan tegangan TTL/CMOS diperlukan RS 232 level konverter.

Jika peralatan yang digunakan melalui RS 232 menggunakan TTL, sinyal serial *port* harus dikonversikan dahulu ke pulsa TTL sebelum digunakan. Sebaliknya, sinyal dari peralatan harus dirubah ke logika RS-232 sebelum dimasukkan ke serial *port*. Di dalam IC ini terdapat *Charge Pump* yang akan membangkitkan +10 Volt dari sumber dan +5 Volt tunggal yang dikemas dalam IC DIO (*Dual In Line Package*) 26 pin (8 pin x 2 baris) ini terdapat dua buah *transmitter* dan dua buah *receiver*.

2.4 Heater(Pemanas)

Heater adalah suatu alat yang digunakan untuk memancarkan panas atau suatu alat yang digunakan untuk mencapai temperatur yang lebih tinggi. Didalam istilah elektronika, *heater* adalah kumpulan dari kawat serabut yang terdapat didalam ruang hampa udara yang berfungsi untuk memanaskan katode didalam suatu termisi emisi electron.

Heater dapat digunakan sebagai pemanas langsung yang dapat mengakibatkan reaksi-reaksi tertentu. Misalnya, di bidang industri kimia atau untuk menghasilkan panas dalam reaksi kimia untuk proses seperti memecah.

Water heater adalah suatu proses thermodynamic dengan menggunakan suatu sumber energi untuk memanaskan air diatas temperatur awalnya. Didalam industri, air yang dipanaskan memiliki banyak kegunaan. Sumber energi yang paling umum digunakan untuk pemanasan air adalah bahan bakar fosil : gas alam, minyak tanah yang dicairkan dengan memasang gas, meminyaki atau kadang-

kadang bahan bakar padat. Bahan bakar ini dapat dikonsumsi secara langsung atau dengan sistem elektronika. Alternatif bahan bakar seperti *solar energy*, *heat pumps*, air panas yang telah didaur ulang, dan energi geothermal biasanya digunakan sebagai tenaga cadangan dan dapat dikombinasikan dengan gas, listrik atau minyak.

2.5 TEORI KONTROL PROPORSIONAL INTEGRAL DIFFERENSIAL(PID).

Sistem pengendali merupakan suatu sistem yang difungsikan untuk mengendalikan suatu sistem yang lain. Sistem pengendali digunakan agar kinerja suatu sistem kendali menjadi lebih baik atau pasti. Secara umum sistem pengendalian terbagi menjadi dua jenis yaitu *Open Loop Control System* dan *Closed Loop Control System*. Pada sistem pengendali dikenal beberapa istilah, antara lain SP, error, MV, PV, dan Plant, yaitu adalah:

- SP (*Set Point*) adalah harga atau nilai dari keadaan yang ingin dicapai pada proses.
- Error adalah selisih antara *Set Point* dan *Process Variable*.
- MV (*Manipulated Variable*) adalah harga atau nilai yang diatur agar proses menjadi stabil. *Manipulated Variable* biasanya dihubungkan dengan input aktuator (contoh: *control valve*).
- PV (*Process Variable*) adalah sinyal hasil pemantauan terhadap proses atau *plant*. *Process Variable* umumnya adalah hasil pembacaan dari suatu sensor (contoh: *thermocouple*).
- *Plant* adalah objek yang akan dikendalikan (contoh: temperatur).

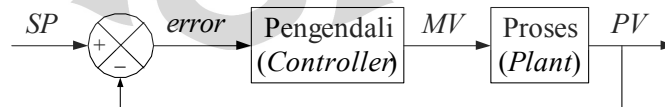
Open Loop Control System atau sistem pengendali *loop* terbuka merupakan sistem pengendalian dimana objek yang dikontrol tidak di-*feedback* ke pengendali, sehingga pengendali hanya akan memberikan output jika diberikan

suatu sinyal input. Pengendali jenis ini masih bersifat manual karena tidak akan terlepas dari intervensi atau campur tangan manusia. Pengendali ini tidak akan bekerja secara otomatis, karena masih adanya intervensi manusia dan hasil dari suatu proses yang dikendalikan tidak dibandingkan oleh pengendali itu sendiri. Gambar 2.5 menggambarkan sistem pengendali *loop* terbuka (*Open Loop Control System*).



Gambar 2.4.[9] Sistem Pengendali *Loop* Terbuka

Sistem pengendali yang kedua adalah *Closed Loop Control System* atau sistem pengendali *loop* tertutup, yaitu sistem pengendalian dimana objek yang dikontrol di-*feedback* ke input pengendali. Input yang diberikan ke pengendali merupakan selisih antara besaran (PV) dan besaran (SP). Nilai selisih ini sering disebut dengan *error*. Tujuan dari pengendali adalah membuat nilai *Process Variable* (PV) sama dengan nilai *Set Point* (SP), atau nilai *error* = 0. Sinyal *error* akan diolah oleh pengendali agar nilai (PV) sama dengan nilai (SP). Pengendali jenis ini bersifat otomatis karena objek yang akan dikendalikan dibandingkan lagi dengan input keadaan yang diinginkan, sehingga intervensi manusia dapat dihilangkan. Kinerja dari suatu pengendali ditentukan oleh semakin cepatnya respon pengendali untuk mengubah MV terhadap perubahan sinyal error, dan semakin kecilnya kesalahan yang terjadi. Gambar 2.6 menggambarkan sistem pengendali *loop* tertutup (*Closed Loop Control System*).



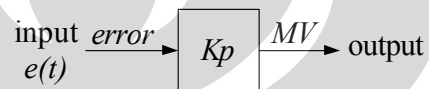
Gambar 2.5[9] Sistem Pengendali *Loop* Tertutup

Pengendali *P.I.D* terdiri dari tiga macam pengendali yaitu pengendali *Proportional* (P), pengendali *Integral* (I) dan pengendali *Differensial* (D).

Masing-masing pengendali ini saling dikombinasikan sehingga didapatkan bentuk atau struktur dari *P.I.D*, yaitu struktur paralel atau struktur mix. Berikut ini adalah penjelasan dari masing-masing pengendali.

a. Pengendali *Proportional* (P)

Pengendali *proportional* berfungsi untuk mengalikan sinyal input dengan suatu besaran atau konstanta dengan nilai tertentu.



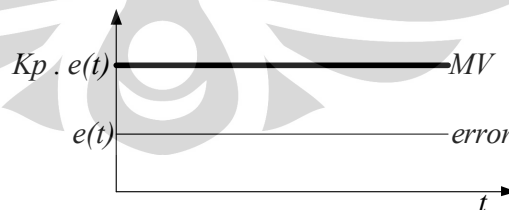
Gambar 2.6.[9]Blok Diagram Pengendali *Proportional*

Persamaan hubungan antara input (*error*) dan output (*MV*) pada pengendali ini adalah

$$\text{output} = K_p \cdot \text{input}$$

$$MV = K_p \cdot e(t) \dots\dots\dots [9]..(2.3)$$

Karena pengendali *proportional* hanya menguatkan sinyal input saja, maka hubungan antara sinyal *error* dan sinyal *MV* dapat digambarkan seperti grafik respon berikut ini.



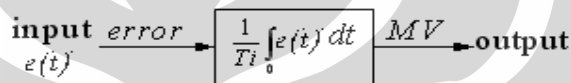
Gambar 2.7. [9]Grafik respon Pengendali *Proportional*

Pengendali *proportional* berfungsi untuk mempercepat proses yang dikendalikan menuju ke keadaan *set-point*. Kecepatan proses ini sangat bergantung dari besarnya nilai *Kp* pada pengendali *proportional*.

Semakin besar nilai K_p maka semakin besar juga penguatannya sehingga respon dari pengendali akan semakin cepat juga dan akan mengurangi besarnya *steady-state error*. Tetapi jika nilai K_p terlalu besar maka sistem akan mengalami *over shoot* yang besar sehingga proses yang dikendalikan menjadi tidak stabil bahkan akan mengalami osilasi.

b. Pengendali *Integral* (I)

Pengendali *integral* berfungsi untuk meng-*integral*-kan sinyal input lalu dibagi dengan suatu besaran atau konstanta dengan nilai tertentu.

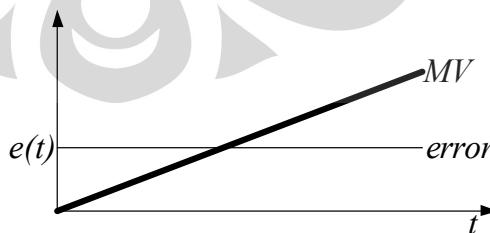


Gambar 2.8. [9] Blok Diagram Pengendali *Integral*

Persamaan hubungan antara input (*error*) dan output (*MV*) pada pengendali ini adalah

$$MV = \frac{1}{Ti} \int_0^t e(t) dt \dots\dots\dots [9].(2.4)$$

Karena pengendali *integral* hanya meng-*integral*-kan sinyal input saja, maka hubungan antara sinyal *error* dan sinyal *MV* dapat digambarkan seperti grafik respon berikut ini.



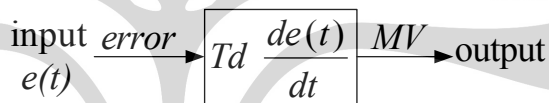
Gambar 2.9.[9] Grafik Respon Pengendali *Integral*

Pengendali *integral* berfungsi untuk mengurangi dan menghilangkan *steady-state error* yang timbul setelah respon *plant* dari pengendali *proportional* sudah stabil. Semakin kecil nilai *steady-state error*, maka respon dari *plant* akan semakin mendekati keadaan *steady-state*. Semakin kecil nilai *error* maka semakin kecil juga nilai *timing integral*-nya, sehingga kurva *MV* akan semakin landai.

Pengendali *integral* sangat optimal bekerja pada daerah di sekitar titik *set-point*, yaitu antara *steady-state error* dan *set point*.

c. Pengendali *Differensial* (D)

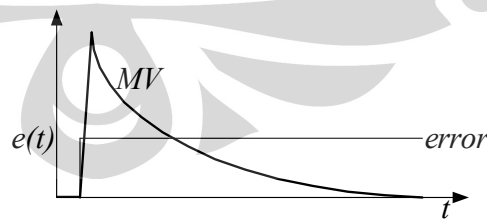
Pengendali *differensial* berfungsi untuk men-*differensial*-kan sinyal input lalu dikalikan dengan suatu besaran atau konstanta dengan nilai tertentu.



Gambar 2.10.[9] Blok Diagram Pengendali *Differensial*

Persamaan hubungan antara input (*error*) dan output (*MV*) pada pengendali ini adalah

karena pengendali *differensial* hanya meng- *differensial*-kan sinyal input saja, maka hubungan antara sinyal *error* dan sinyal *MV* dapat digambarkan seperti grafik respon berikut ini.



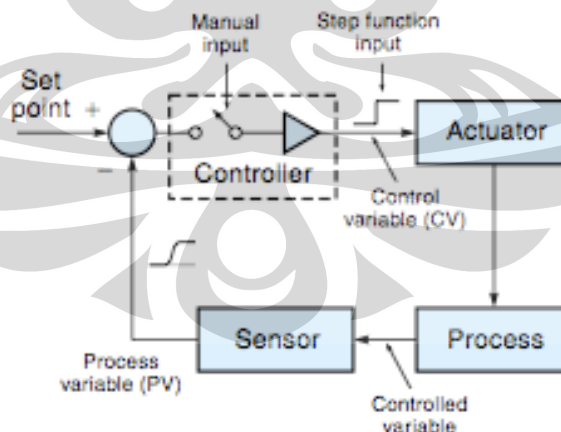
Gambar 2.11[9] Grafik Respon Pengendali *Differensial*

Pengendali *differensial* berfungsi untuk mengurangi respon yang terlalu berlebih yang dapat mengakibatkan *over shoot* pada proses *plant* karena nilai *Kp*

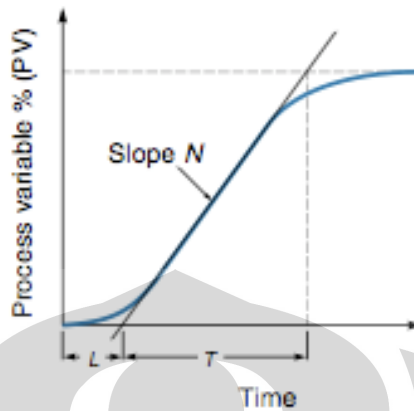
yang terlalu besar pada pengendali *proportional*. Output dari pengendali *differensial* akan bernilai sangat besar jika perubahan *error* sangat besar. Perubahan *error* yang sangat besar ini terjadi ketika proses *plant* bergerak menuju ke titik *set-point* dalam waktu yang sangat singkat (nilai *dt* sangat kecil). Hal ini disebabkan karena respon pengendali yang terlalu cepat akibat terlalu besarnya nilai K_p pada pengendali *proportional*. Pengendali *differensial* hanya akan bekerja ketika terjadi perubahan *error*, sehingga ketika proses yang dikendalikan sudah stabil maka pengendali *differensial* sudah tidak bekerja lagi.

2.5.1 TEORI DASAR KURVA REAKSI

Metode kurva reaksi adalah salah satu cara pengendalian parameter *PID*. Metode ini tidak membutuhkan sistim untuk berosilasi. Sebagai alternatif, *loop* pada *feedback* terbuka dan pengendalian terhadap *output* dilakukan manual secara langsung. Respon dari sistim yang didapatkan dari sensor, digunakan untuk menghitung K_P , K_I , dan K_D . Karena *loop* terbuka terbuka, cara ini hanya bekerja pada sistim yang stabil.. sebagai contoh :



Gambar 2.13 [10] Contoh Diagram Kurva Reaksi



Gambar 2.14[10] Contoh respon pengendalian terhadap waktu

Dengan :

L = Lag Time

T= Rise time

Dalam melakukan pengendalian dengan metode kurva reaksi melalui beberapa langkah, yaitu:

Mencari persamaan tangen pada bagian raising dari kurva respon. Garis ini akan menghasilkan nilai Lag time(L) dan Rise time(T). Lag time merupakan delay waktu antara outputpengendali dengan respon yang dikendalikan.

Menghitung slope dari kurva dengan cara :

$$N = \frac{\Delta PV}{T} \dots\dots\dots(2.5)$$

dimana :

N = *slope* dari kurva respon sistim

ΔPV = Perubahan proses variabel yang didapatkan melalui sensor (dalam persentase)

T = *Rise time* dari kurva respon

Menghitung konstanta *PID*:

$$K_p = \frac{1,2 \Delta CV}{NL} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$K_i = \frac{1}{2 L} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$K_d = 0,5 L \dots\dots\dots(2.8)$$

dengan :

ΔCV = persentase perubahan output pengendali

N = *slope*, yang didapatkan dari persamaan 2.5

L = *Lag time* (gambar 2.14)

Setelah nilai mendapatkan nilai-nilai konstanta pengendalian, nilai-nilai tersebut dimasukkan ke dalam persamaan 2.9

$$MV = K_p \left(E + K_i \int E dt + K_d \frac{dE}{dt} \right) \dots\dots\dots(2.9)$$

2.6 SOLID STATE RELAY (SSR)

SSR adalah sebuah saklar elektrik. tidak seperti saklar elektromekanik, *SSR* tidak memiliki bagian yang bergerak. Ada beberapa tipe *SSR* yaitu *photo coupled SSR*, *transformer coupled SSR* dan *hybrid SSR*. *Photo coupled SSR* dikendalikan oleh sinyal tegangan *low*

2.6.1 OPERASI

Tegangan yang digunakan pada rangkaian *SSR* mengakibatkan *LED* menyinari *photo-sensitive* dioda. Hal ini akan menghasilkan tegangan diantara *MOSFET* dengan *gate* dan mengakibatkan *MOSFET* dalam kondisi *on*. *SSR* terdiri dari *MOSFET* tunggal atau yang terdiri dari beberapa *MOSFET*.

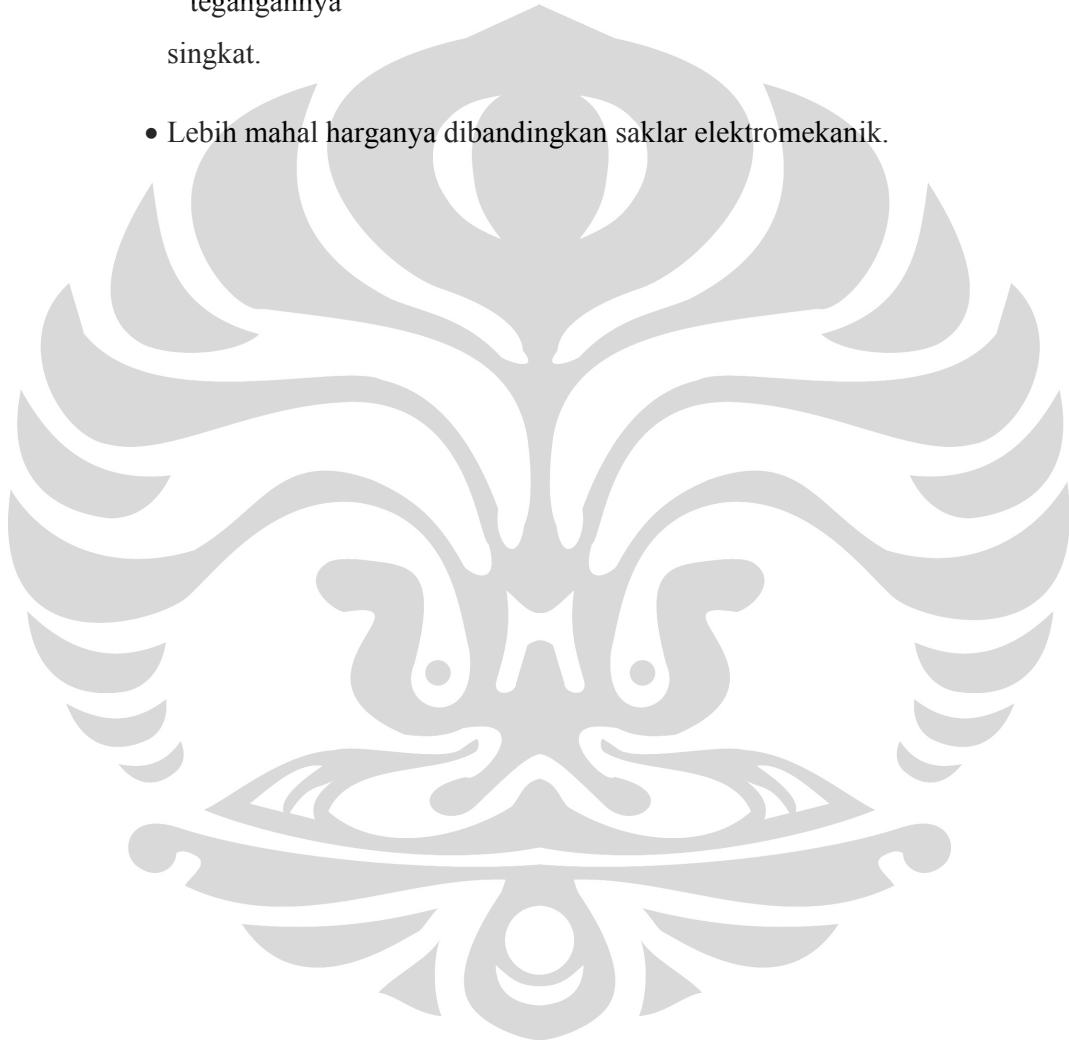
2.6.2 KEUNTUNGAN SSR

- *SSR* Lebih cepat dari saklar elektromekanik. Waktu untuk perubahan kondisi tergantung waktu yang diinginkan
- Lebih awet, karena tidak ada bagian yang bergerak secara mekanik.
- Lebih bersih.
- Mengurangi noise elektrik ketika berubah kondisi.
- Dapat digunakan pada lingkungan yang tidak boleh terjadi bunga api.
- Sunyi dalam perubahan kondisi.
- Lebih kecil dari saklar mekanik yang saling berhubungan.

2.6.3 KERUGIAN SSR

- Lebih mudah rusak ketika terjadi hubungan pendek.
- Menambah noise elektrik ketika terjadi konduktansi.

- Sewaktu kondisi *close*, impedansi lebih besar akibatnya akan menghasilkan panas.
- Sewaktu kondisi *open*, impedansinya lebih kecil.
- Terjadi kebocoran arus balik sewaktu kondisi *open*.
- Kemungkinan adanya kegagalan berubah kondisi ketika waktu tegangannya singkat.
- Lebih mahal harganya dibandingkan saklar elektromekanik.



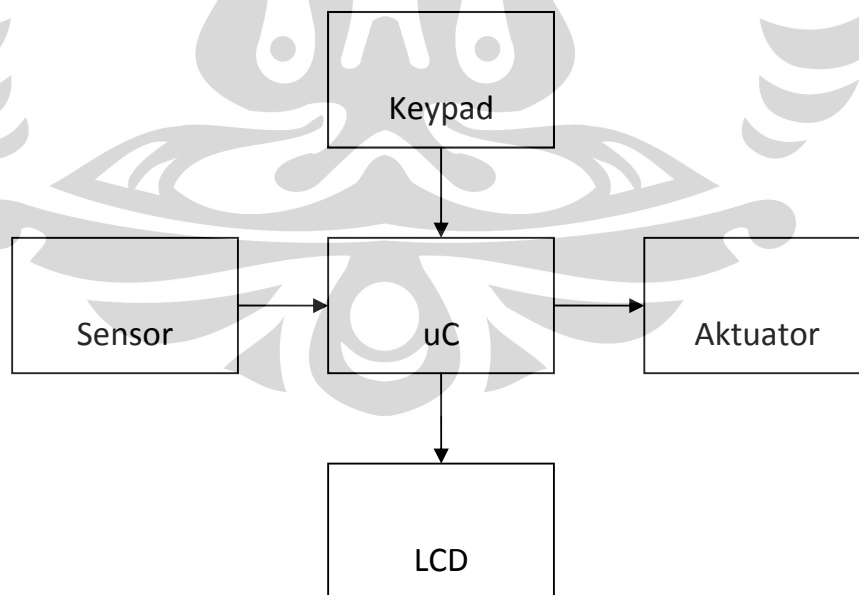
BAB 3

PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM

Pada bab ini akan dibahas mengenai perancangan sistem beserta cara kerja dari masing-masing *hardware* serta *software* yang digunakan penulis dalam penyusunan alat ‘Sistem Pengendalian Temperatur Water Bath Berbasis Microcontroller’.

3.1. Perancangan Kerja Sistem

Rancangan sistem penelitian ini mempunyai suatu blok diagram rangkaian sebagai berikut :



Gambar 3.1. Blok Diagram Sistem

Dari blok diagram di atas terdapat keypad sebagai data *tranceiver* untuk mengirimkan nilai *Set Point* (SP) yang berupa bilangan ke dalam *microcontroller* dan menampilkan nilai *Process Variable* (PV). Proses pengendalian temperaturnya terjadi di dalam *microcontroller*.

Pada dasarnya, alat ini dikendalikan oleh sistem pengendali yaitu pengendali pengendali temperatur. Sistem pengendali yang digunakan untuk pengendali temperaturnya adalah *PI controller* (*Proportional Integrator*).

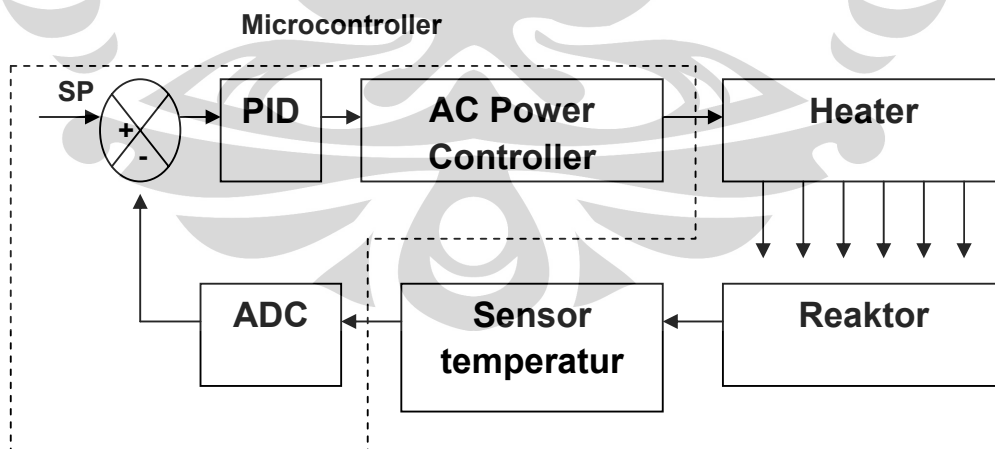
Di dalam pengendali temperatur (Gambar 3.2), ditentukan nilai *set point* berupa bilangan lalu dihitung nilai *error*-nya dengan persamaan :

$$E = SP - PV \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana SP adalah Set Point dan PV adalah *Process Variable*, lalu ke dalam PID yang akan dihitung nilai *Manipulated Variable* (MV) dengan persamaan:

$$MV = K_p (E + K_i \int E dt + K_d \frac{dE}{dt}) \dots\dots\dots(3.2)$$

Nilai MV tersebut akan mengatur keluaran AC *power controller* untuk mengatur sistem pemanasnya yaitu heater dengan demikian reaktor mengalami pemanasan.



Gambar 3. 2. Blok Diagram Pengendali Temperatur

Di dalam reaktor tersebut terdapat sensor temperatur, karena temperatur yang diharapkan dapat mengukur temperatur hingga 100°C maka menggunakan sensor temperatur termokopel tipe K, karena sensor temperatur ini untuk rentang suhu -200°C hingga 1200°C dan selain itu termokoel tipe K ini harganya lebih murah. Keluaran dari sensor tersebut akan dimasukkan ke dalam ADC *microcontroller* 10 bit dan akhirnya dihasilkan nilai PV (*Process Variable*) yang nantinya akan kembali dihitung nilai error dari sistem tersebut.

3.2. Perancangan *Hardware*

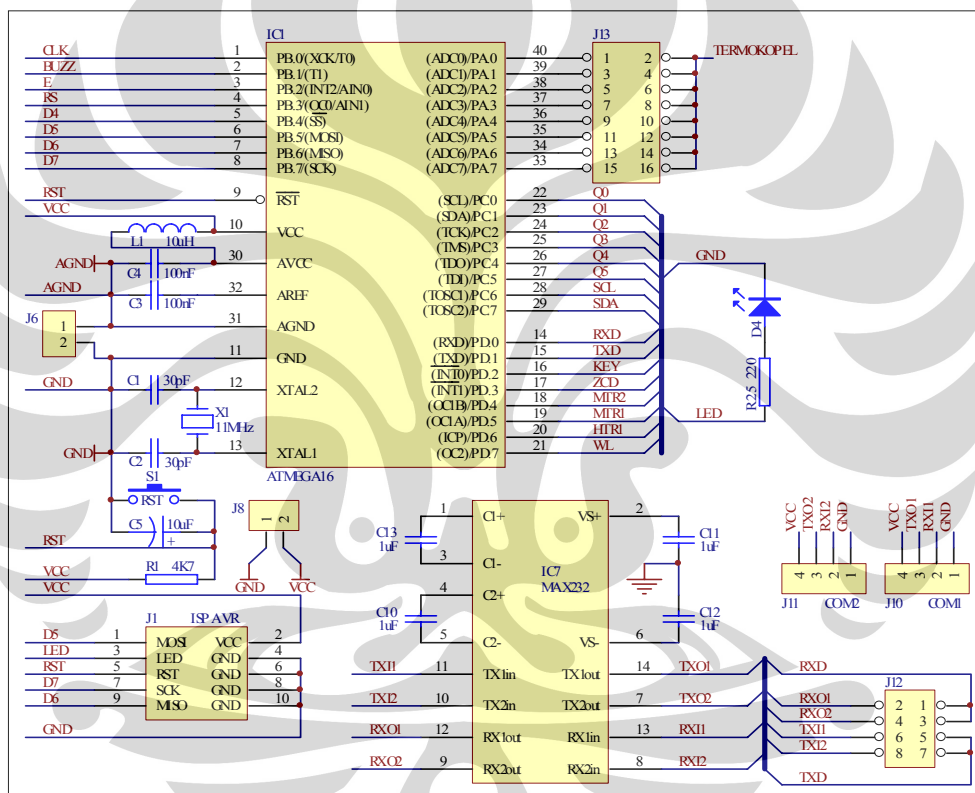
Pada perancangan *hardware* ini penulis ingin menjelaskan rangkaian-rangkaian yang digunakan dalam tugas akhir ini. Rangkaian yang digunakan yaitu rangkaian minimum sistem ATmega16, rangkaian keypad, rangkaian cold junction, rangkaian powersupply.

3.2.1. Rangkaian Minimum Sistem ATmega16

Rangkaian minimum sistem yang digunakan penulis pada tugas akhir ini yaitu menggunakan mikrokontroler AVR tipe ATmega 16. Mikrokontroler adalah suatu piranti yang digunakan untuk mengolah data-data biner (digital) yang didalamnya merupakan gabungan dari rangkaian-rangkaian elektronik yang dikemas dalam bentuk suatu *chip* (IC). Pada umumnya mikrokontroler terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut: Alamat (*address*), Data, Pengendali, Memori (*RAM* atau *ROM*), dan bagian *input-Output*. AVR merupakan seri mikrokontroler

CMOS 8-bit buatanAtmel, berbasis arsitektur RISC (Reduced Instruction Set Computer). Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus clock. AVR mempunyai 32 register general-purpose, timer/counter fleksibel dengan mode compare, interrupt internal dan eksternal, serial UART, programmable Watchdog Timer, dan mode power saving. Mempunyai ADC dan PWM internal.

Rancangan rangkaian minimum sistem ini dapat dilihat pada gambar 3.3 :



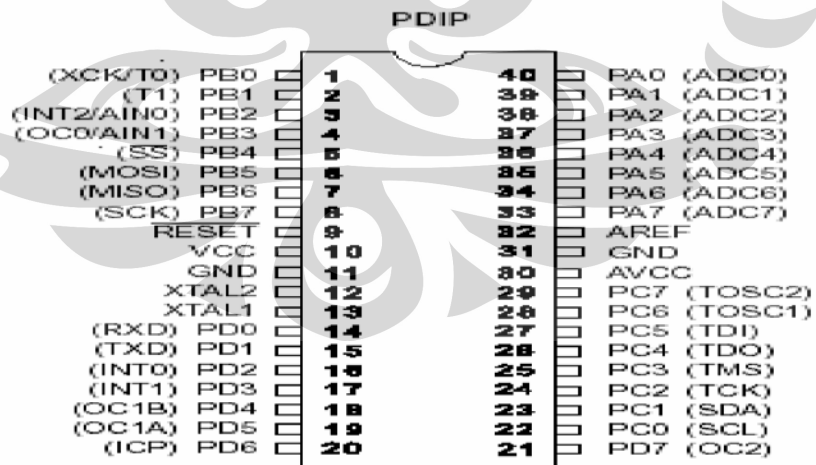
Gambar 3.3. Rangkaian Minimum Sistem ATmega 16

Rangkaian minimum sistem ini terdiri dari rangkaian mikrokontroler dan ISP programmer, kristal, 4 buah header yang terhubung ke port I/O-nya mikrokontroler. Sebagai otak dari sistem ini menggunakan mikrokontroler produk dari atmel keluarga AVR seri ATmega 16. IC mikrokontroler ATmega 16 ini

menyediakan fitur-fitur sebagai berikut : 16K byte ISP flash Program Memory dengan kemampuan membaca sambil menulis. 512 byte EEPROM, 1 K byte SRAM, 32 baris I/O general purpose, 32 general purpose register, interface JTAG untuk mendeteksi batas (boundary-scan). Pada rangkaian minimum system ini, pinA mikrokontroler digunakan untuk Menjalankan analog input ke A/D converter, pin B digunakan sistem kerja LCD. Sedangkan Pin D digunakan untuk komunikasi serial, komporator analog dan interusi eksternal.

3.2.2 Konfigurasi Pin

Pin-pin pada ATmega16 dengan kemasan 40-pin DIP (dual inlinepackage) ditunjukkan oleh gambar3.4. Kemasan pin tersebut terdiri dari 4 Port yaitu Port A, Port B, Port C,Port D yang masing-masing Port terdiri dari 8 buah pin. Selain itu juga terdapat RESET, VCC, GND 2 buah, VCC, AVCC, XTAL1, XTAL2 dan AREF.



Gambar 3.4[2]Pin-pin ATmega16 kemasan 40-pin

Diskripsi dari pin-pin ATmega 16L adalah sebagai berikut :

1. **VCC** : Supply tegangan digital.
2. **GND** : Ground
3. **PORT A** : Merupakan pin I/O dua arah dan dapat diprogram sebagai pin masukan
ADC.
4. **PORT B**: Merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu timer/counter, komparator analog, dan ISP.
5. **PORT C** : Merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu TWI, komparator analog, dan timer osilator. Pin port C adalah tri-states ketika kondisi sebuah reset menjadi aktif, sekalipun clocknya tidak jalan. Jika interface JTAG enable, pull up resistor di pin PC5(TDI), PC3(TMS), dan PC2(TCK) akan aktif sekalipun reset terjadi.
6. **PORT D** : Merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu komparator analog, interupsi eksternal, dan komunikasi serial.
7. **RESET** : Pin yang digunakan untuk mereset mikrokontroler. Sebuah low level pada pin akan lebih lama dari pada lebar pulsa minimum akan menghasilkan reset meskipun clock tidak berjalan.
8. **XTAL1** : Input inverting penguat Oscilator dan input intenal clock operasi rangkaian.
9. **XTAL2** : Output dari inverting penguat Oscilator.
10. **AVCC** : Pin supply tegangan untuk Port A dan A/D converter. Sebaiknya eksternalnya dihubungkan ke VCC meskipun ADC tidak digunakan. Jika ADC digunakan seharusnya dihubungkan ke VCC melalui low pas filter.

11. **AREF** : Pin referensi analog untuk A/D konverter.

3.2.3 Port Sebagai Input/Output Digital

ATmega16 mempunyai empat buah port yang bernama PortA, PortB, PortC, dan PortD. Keempat port tersebut merupakan jalur bidirectional dengan pilihan internal pull-up. Tiap port mempunyai tiga buah register bit, yaitu DDxn, PORTxn, dan PINxn. Huruf 'x' mewakili nama huruf dari port sedangkan huruf 'n' mewakili nomor bit. Bit DDxn terdapat pada I/O address DDRx, bit PORTxn terdapat pada I/O address PORTx, dan bit PINxn terdapat pada I/O address PINx. Bit DDxn dalam register DDRx (Data Direction Register) menentukan arah pin. Bila DDxn diset 1 maka Px berfungsi sebagai pin output. Bila DDxn diset 0 maka Px berfungsi sebagai pin input. Bila PORTxn diset 1 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin input, maka resistor pull-up akan diaktifkan. Untuk mematikan resistor pull-up, PORTxn harus diset 0 atau pin dikonfigurasi sebagai pin output. Pin port adalah tristate setelah kondisi reset. Bila PORTxn diset 1 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin output maka pin port akan berlogika 1. Dan bila PORTxn diset 0 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin output maka pin port akan berlogika 0. Saat mengubah kondisi port dari kondisi tri-state (DDxn=0, PORTxn=0) ke kondisi output high (DDxn=1, PORTxn=1) maka harus ada kondisi peralihan apakah itu kondisi pull-up enabled (DDxn=0, PORTxn=1) atau kondisi output low (DDxn=1, PORTxn=0). Biasanya, kondisi pull-up enabled dapat diterima sepenuhnya, selama lingkungan impedansi tinggi tidak memperhatikan perbedaan antara sebuah strong high driver dengan sebuah pull-up. Jika ini bukan suatu masalah, maka bit PUD pada register SFIOR dapat diset 1 untuk mematikan semua pull-up dalam semua port. Peralihan dari kondisi input dengan pull-up ke kondisi output low juga menimbulkan masalah yang sama. Kita harus menggunakan kondisi tri-state (DDxn=0, PORTxn=0) atau kondisi output high (DDxn=1, PORTxn=0) sebagai kondisi transisi

Tabel 3.1. [2] Konfigurasi pin port ATmega 16

DDxn	PORTxn	PUD (in SFIOR)	I/O	Pull-up	Comment
0	0	X	Input	No	Tri-state (Hi-Z)
0	1	0	Input	Yes	Pxn will source current if ext. pulled low.
0	1	1	Input	No	Tri-state (Hi-Z)
1	0	X	Output	No	Output Low (Sink)
1	1	X	Output	No	Output High (Source)

Bit 2 – PUD : Pull-up Disable

Bila bit diset bernilai 1 maka pull-up pada port I/O akan dimatikan walaupun register DDxn dan PORTxn dikonfigurasi untuk menyalakan pull-up (DDxn=0, PORTxn=1).

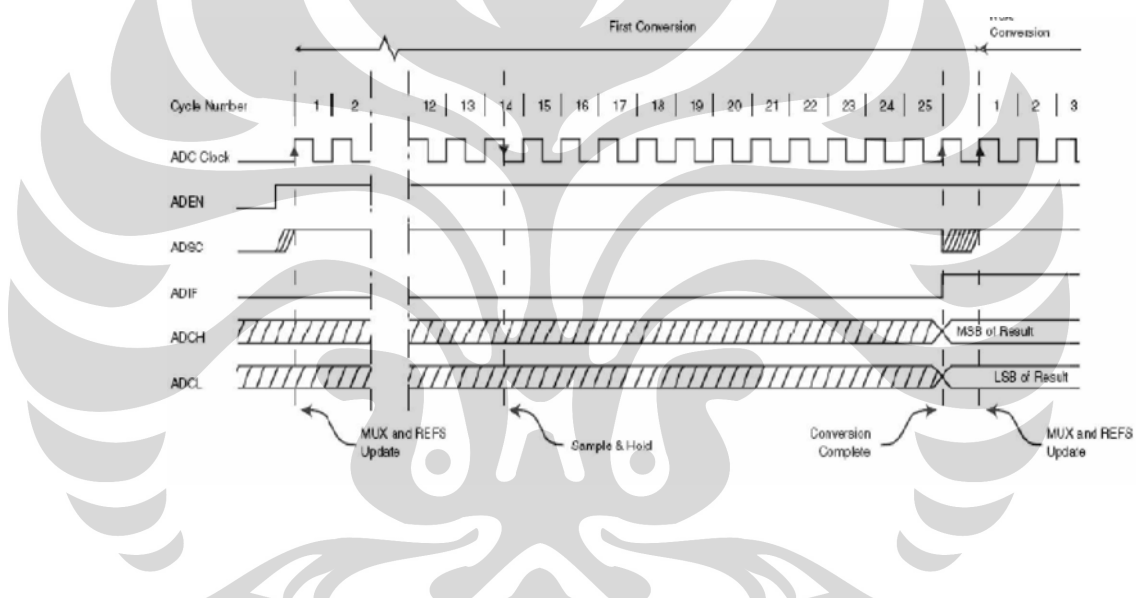
3.2.4 Port sebagai Analog Digital Converter (ADC)

ATmega16 mempunyai ADC (Analog to Digital Converter) internal dengan fitur sebagai berikut (untuk lebih detail dapat mengacu pada datasheet) :

- 10-bit Resolution
- 65 - 260 μ s Conversion Time
- Up to 15 kSPS at Maximum Resolution
- 8 Multiplexed Single Ended Input Channels
- Optional Left Adjustment for ADC Result Readout
- 0 - VCC ADC Input Voltage Range
- Selectable 2.56V ADC Reference Voltage
- Free Running or Single Conversion Mode

- ADC Start Conversion by Auto Triggering on Interrupt Sources
- Interrupt on ADC Conversion Complete
- Sleep Mode Noise Canceler

Pada gambar 3.5 adalah timing diagram untuk mode single conversion maksudnya hanya satu input chanel saja yang dikonversi.



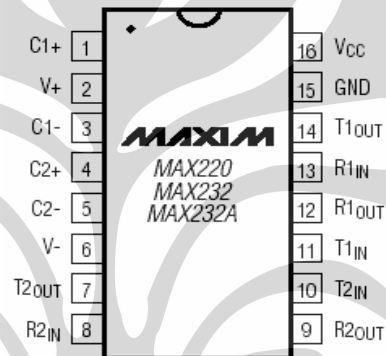
Gambar 3.5.[2] Timing diagram untuk Mode single-conversion

3.2.5 Komunikasi Serial

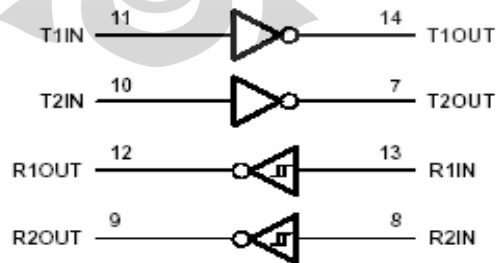
Pada rangkaian minimum sistem ini juga menggunakan komunikasi berbasis serial untuk melakukan komunikasi dengan PC, dengan memanfaatkan fasilitas *hyperterminal*. Rangkaian serial menggunakan IC MAX232 ini terhubung dengan PC menggunakan bahasa pemrograman LabVIEW. Komunikasi serial ini digunakan untuk mengirimkan data analog yang dihasilkan oleh termokopel untuk

kemudian diubah menjadi data digital yang akan ditampilkan LCD dengan menggunakan minimum sistem.

Konverter yang paling mudah digunakan adalah MAX-232. Di dalam IC ini terdapat *Charge Pump* yang akan membangkitkan +10 Volt dari sumber dan +5 Volt tunggal yang dikemas dalam IC DIO (*Dual In Line Package*) 26 pin (8 pinx 2 baris) ini terdapat dua buah *transmitter* dan dua buah *receiver*.



Gambar 3.6 [1] konfigurasi pin MAX232

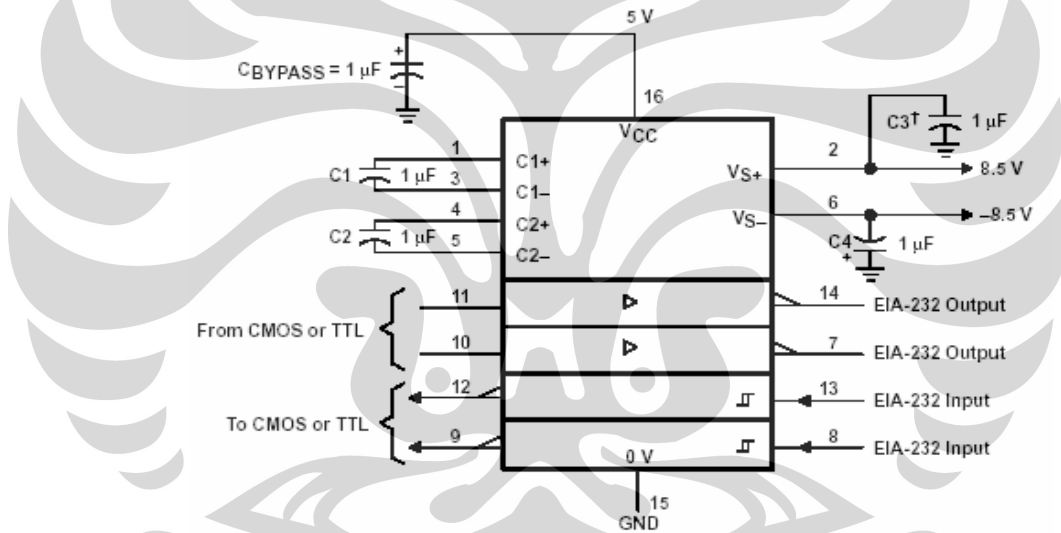


Gambar 3.7 [1]Diagram Logika MAX232

Tabel 3.2 Tabel Fungsi MAX232

EACH DRIVER		EACH RECEIVER	
INPUT TIN	OUTPUT TOUT	INPUT RIN	OUTPUT ROUT
L	H	L	H
H	L	H	L

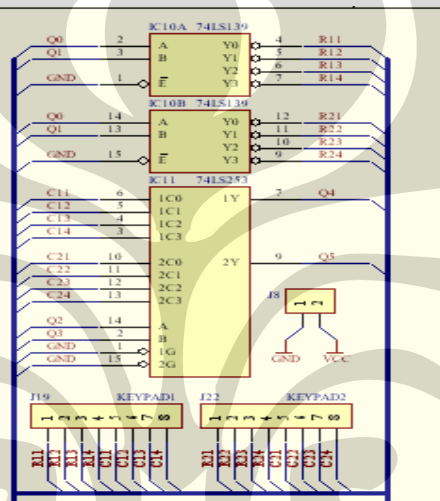
H = high level, L = low level



Gambar 3.8 [1]Rangkaian Sederhana MAX232

3.2.6 Rangkaian Keypad

Keypad digunakan sebagai alat untuk mengatur jalannya program yang akan digunakan pada alat ini. Rangkaian keypad merupakan rangkaian digital yang menterjemahkan bit-bit biner menjadi suatu angka pada tombol yang tersedia. Angka-angka tersebut terdiri dari serangkaian bit-bit biner pada sederet kolom dan baris pada keypad. Adapun rangkaian keypad yang digunakan pada tugas akhir ini seperti pada gambar 3.9 :



Gambar 3.9. Rangkaian Keypad.

Rangkaian keypad ini menggunakan sederet IC-IC digital yaitu IC 74LS139 yang berfungsi sebagai decoder, dan IC 74LS253 untuk mengolah data-data biner dari keypad. Setelah data-data tersebut diolah menggunakan IC 74LS253 yang merupakan multiplexer yang akan mengkonversikan 4 bit data biner keluaran dari keypad menjadi 1 bit biner kemudian akan memerintahkan mikrokontroler untuk pengolahan data selanjutnya.

3.2.7 Rangkaian Cold Junction

Rangkaian cold junction terdiri dari tiga bagian utama. Bagian pertama berfungsi sebagai rangkaian penguat, menggunakan IC TL-081. Bagian kedua berfungsi sebagai kompensasi perubahan suhu ruang, menggunakan IC LM 335. Dan terakhir adalah bagian yang menghasilkan tegangan tetap untuk mengimbangi penambahan rangkaian sebelumnya, menggunakan IC LM 329.

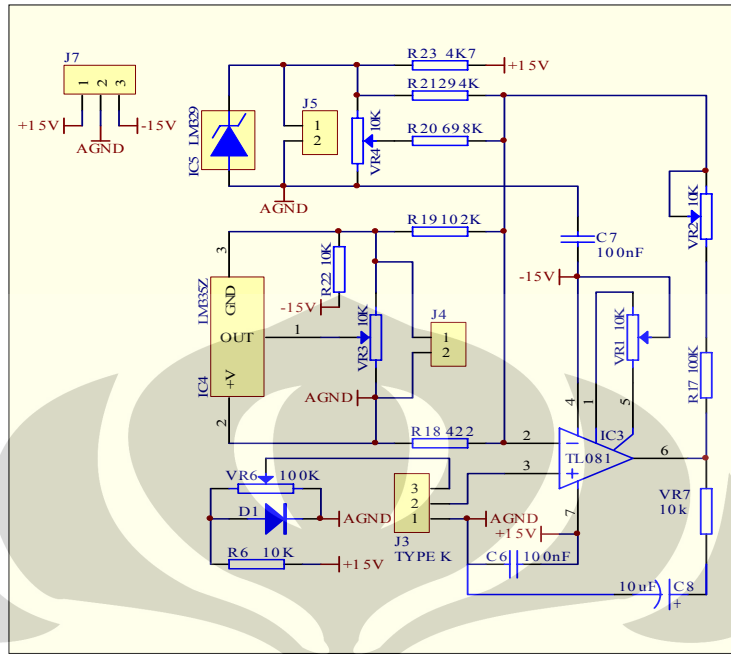
Pada microcontroller akan dapat mendeteksi setiap kenaikan tegangan masukan 10 mV sebagai perubahan temperature 1° , atau mempunyai sensitivitas $10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ sedangkan termokopel tipe K sensitivitasnya $40,8 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$, jadi dibutuhkan suatu penguat yang besarnya 248. Pada rangkaian VR2 berfungsi sebagai pengatur agar penguatan diperoleh 248. Sebagai penguatnya dipilih IC TL-081 karena penguat operasional dengan impedansi masukan cukup tinggi serta mengkonsumsi energy cukup kecil. Sebelum menggunakan IC tersebut perlu melakukan offset null dengan memutar VR1. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, termokopel selalu membutuhkan suatu suhu acuan. Suhu acuan yang dipilih pada rangkaian cold junction adalah suhu lingkungan. Keuntungan menggunakan suhu acuan ini adalah tidak menggunakan es seperti yang biasa dipakai sebagai temperatur acuan, jadi memudahkan proses pengambilan data pengukuran. Akan tetapi temperature lingkungan tidak dapat dijamin sama setiap waktu. Pada rangkaian cold junction kita akan menentukan (menset) suhu acuan.

Apabila pada pengukuran berikutnya, suhu acuan berbeda dengan suhu acuan awal maka, IC LM 335 akan mengkompensasi hal tersebut dengan sendirinya. Proses kompensasi tersebut adalah mengurangi atau menambahkan tegangan yang muncul akibat berbedanya temperature lingkungan dengan temperature acuan yang telah diset sebelumnya. Suhu acuan pada rangkaian ini diset pada suhu 25°C atau 298 K. Seandainya suhu ruang lebih besar 1°C dibandingkan suhu acuan yang siset (pada alat ini 298 K), hal tersebut akan menyebabkan tegangan masukan (V_{in}) akan turun, yang mengakibatkan tegangan keluarannya pun akan berkurang 1°C .

Tetapi dengan adanya IC LM 335 akan otomatis menambahkan tegangan pada keluaran sehingga keluarannya dikurangi 1°C akibatnya akan menghilangkan pengaruh tidak samanya temperature lingkungan dengan temperature yang diset sebagai temperature acuannya. Selain itu respon keluaran dari IC LM335 adalah $10\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ sama tegangan yang dihasilkan oleh rangkaian. Sedangkan fungsi dari LM329 yang terdapat pada rangkain adalah sebagai tegangan tetap untuk dapat mengimbangi ada rangkaian yang ditambah dan proses pengetesan rangkaian pada temperature acuan. Jadi pada saat rangkaian diset pada suhu 25°C , dengan mengatur VR4 keluaran haruslah 248 mV.

Termokopel ini hanya memerlukan satu sumber energi (*self generating transducer*) dimana dapat menghasilkan suatu energi listrik secara langsung sehingga berperan sebagai sumber tegangan. Termokopel pada tugas akhir ini mempunyai dua buah kabel dengan bahan material yang berbeda satu sama lainnya. Termokopel pada alat ini yaitu untuk mendeteksi temperatur pada air didalam bak. Kemudian dari sebuah termokopel ini *output* tegangan akan masuk ke dalam rangkaian pengkondisi sinyal yang berupa penguat *op-amp*.

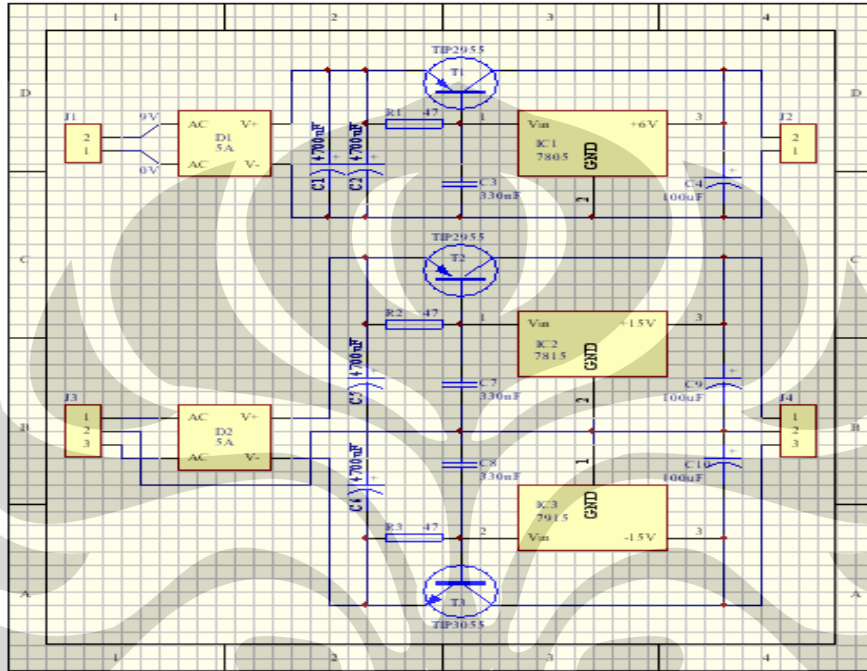
Rangkaian *op-amp* disini mempunyai fungsi sebagai komparator atau pembanding. Dimana rangkaian ataupun sensor pembandingnya berupa sensor LM335 dan LM 329, kedua sensor tersebut merupakan sensor temperatur. Akan tetapi kedua rangkaian sensor tersebut diletakkan diluar bak sebagai referensi suhu atau temperatur ruangan. Adapun rangkaian dari sensor temperatur ini dapat dilihat pada gambar 3.10 :



Gambar 3.10. Rangkaian Cold Junction

Telah disebutkan sebelumnya bahwa, rangkaian pengkondisi sinyal ini menggunakan rangkaian komparator *op-amp*. Rangkaian ini berfungsi untuk membandingkan suhu atau temperatur yang dihasilkan oleh termokopel dalam bak air dengan suhu ruangan yg dihasilkan oleh sensor LM 335 serta LM 329. setelah data-data temperatur tersebut diolah oleh rangkaian pengkondisi sinyal ini maka *output* dari rangkaian ini akan diolah oleh mikrokontroler melalui port ADC pada mikrokontroler tersebut. Semakin tinggi temperatur pada bak yang akan ditangkap oleh termokopel maka semakin besar nilai tegangan yang dihasilkan.

3.2.9 Rangkaian Power Supply



Gambar 3.11. Rangkaian Power Supply

Rangkaian Power supply digunakan untuk mengubah tegangan AC 220 volt dari PLN menjadi sebesar 5 volt, +15 volt dan -15 volt tegangan DC yang dibutuhkan untuk input rangkaian *minimum system microcontroller*, *heater* dan rangkaian *Cold Junction*. Pada rangkain ini mempunyai 2 buah *supply*, yakni *supply* tegangan 5V dan $\pm 15V$. Sumber tegangan 5V digunakan sebagai *supply* untuk rangkaian *digital* serta mikrokontroler. Sedangkan sumber tegangan $\pm 15V$ digunakan sebagai *supply* untuk rangkaian *analog*. Pada rangkaian tegangan 5V, menggunakan rangkaian 7805 sebagai penghasil tegangan 5V. Rangkaian ini menggunakan 1 jenis transistor TIP 2955 sebagai penambah daya *output*. Rangkaian ini pun menggunakan sebuah *bridge* untuk mengubah tegangan AC menjadi DC. Sumber untuk rangkaian ini menggunakan trafo 9V.

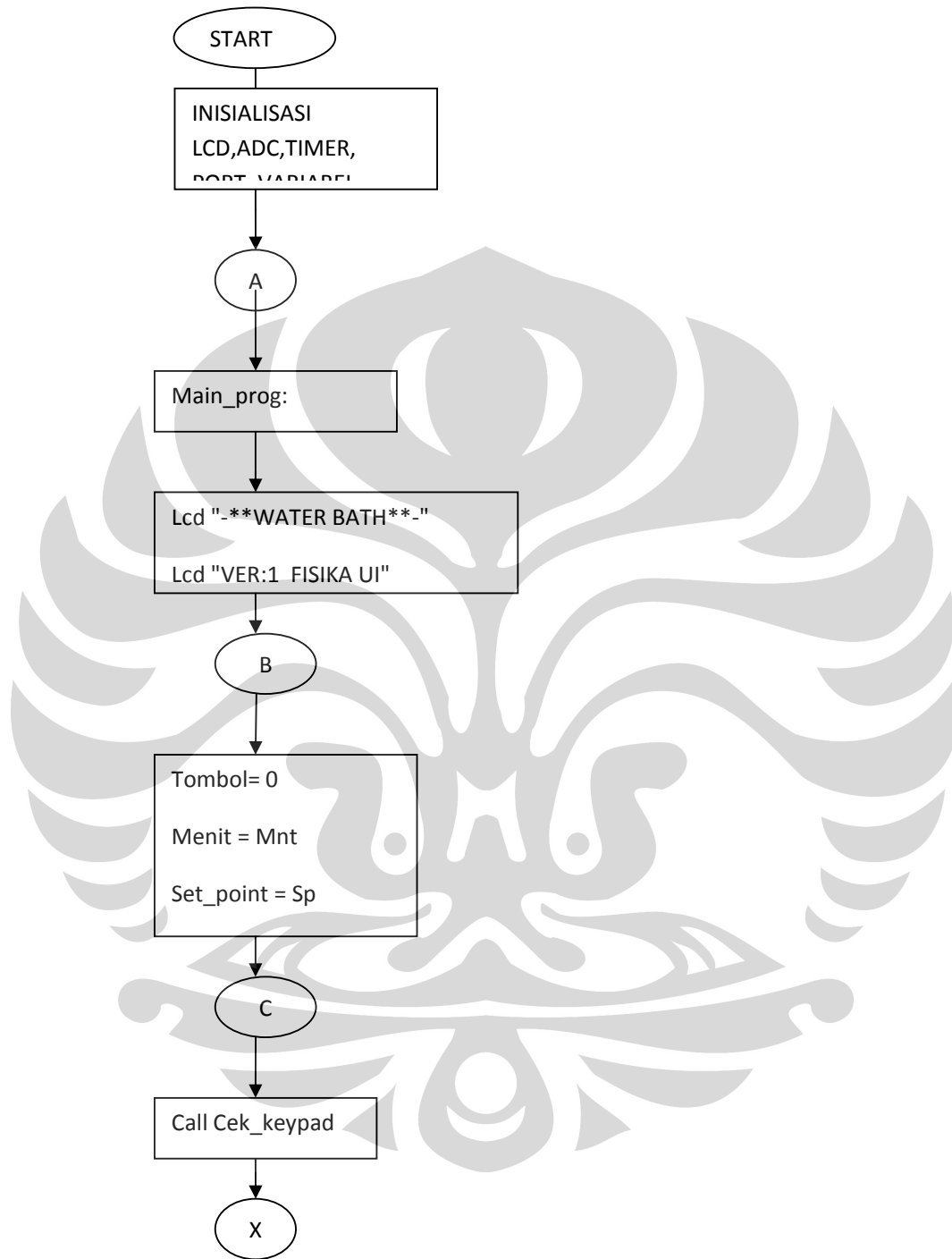
Pada rangkaian tegangan $\pm 15V$, menggunakan rangkaian 7815 serta 7915 sebagai penghasil tegangan $\pm 15V$. Untuk penghasil $15V$ menggunakan 7915 sedangkan sebagai penghasil $-15V$ menggunakan 7915. Rangkaian ini menggunakan 2 buah jenis transistor TIP yakni TIP 2955 serta TIP 3055, kedua jenis transistor ini mempunyai fungsi yang sama sebagai penambah daya pada tegangan *output*. Hanya saja kedua transistor ini berbeda pada polarisasinya yakni TIP 2955 yaitu NPN sedangkan TIP 3055 yaitu PNP. Rangkaian ini pun menggunakan sebuah *bridge* sebagai pengubah tegangan AC menjadi DC.

3.3. Perancangan *Software*

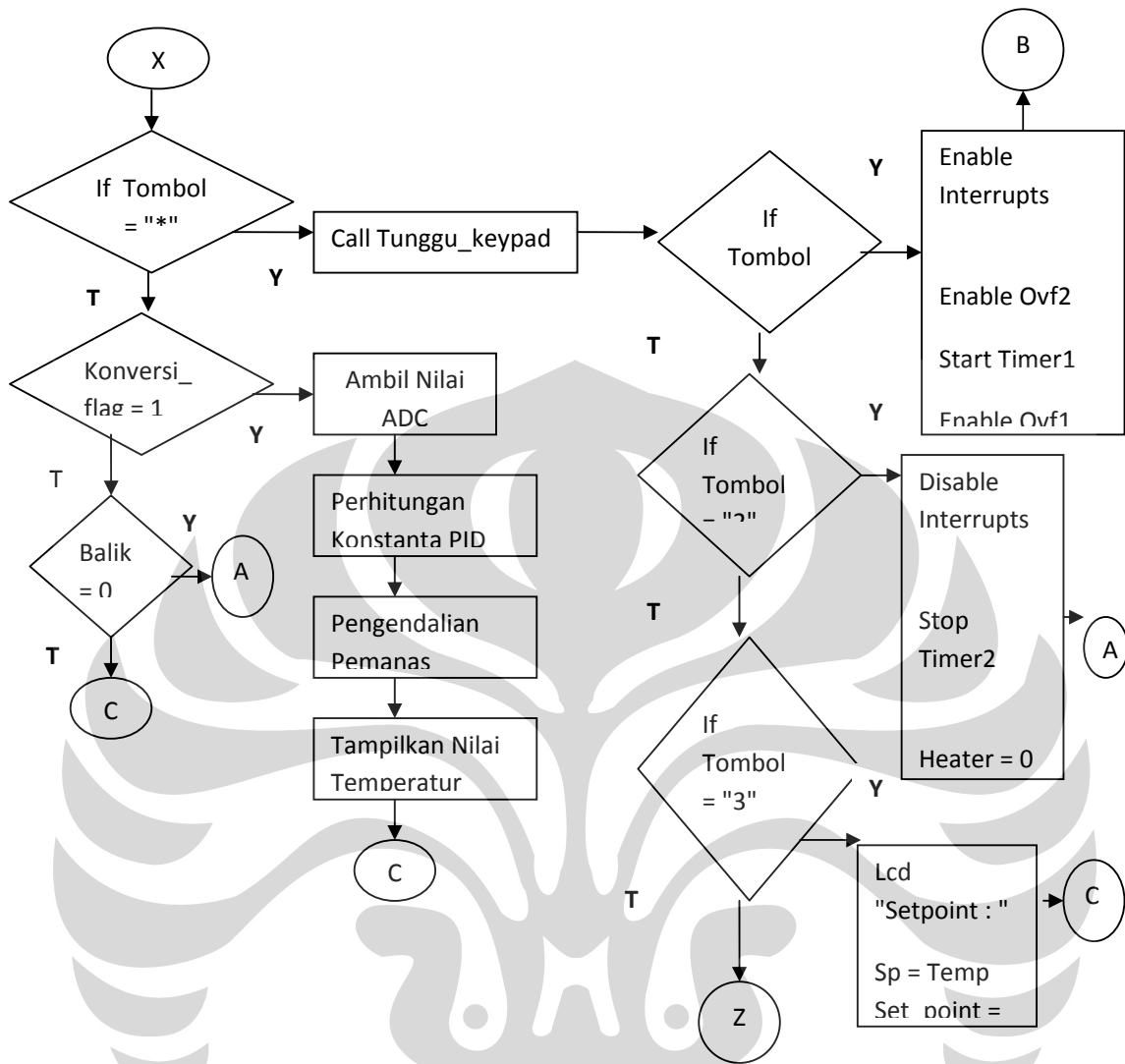
Pada bagian ini akan dijelaskan tentang perancangan *software* dari sistem yang telah dibuat termasuk flowchart program mikrokontroler yang digunakan.

3.3.1 Flowchart Program Microcontroller

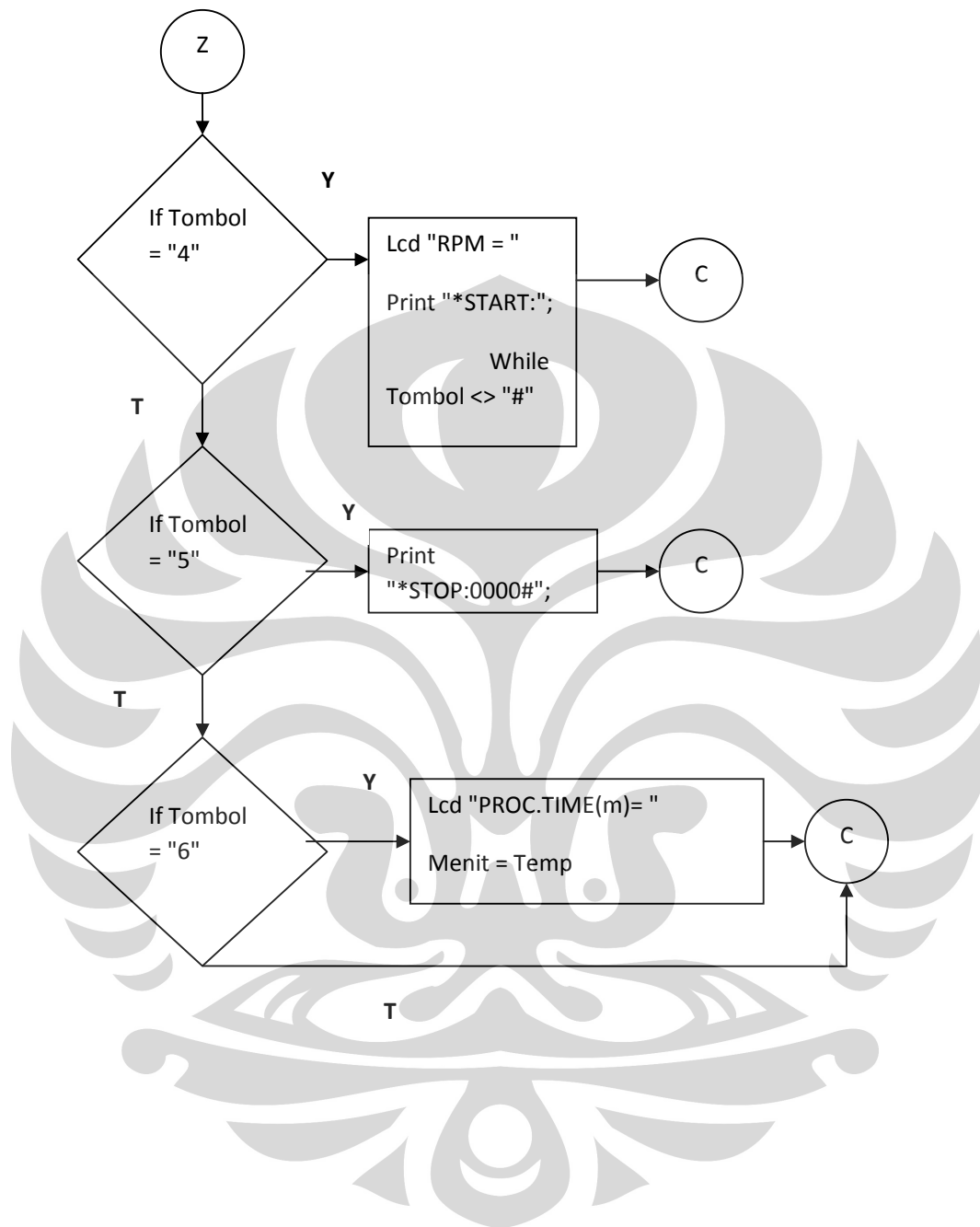
Pada alat ini menggunakan perangkat lunak (*software*) di dalam pengendaliannya. *Software* yang digunakan yaitu Bascom AVR dan LabVIEW. Berikut adalah flow Chart program :



Gambar 3.12 Flow Chart Program



Gambar 3.13 Flow Chart (Lanjutan 1)



Gambar 3.14 Flow Chart Program (lanjutan 2)

3.3.2 Kontrol PID

Proses pengontrolan dengan menggunakan kontrol PID diimplementasikan dalam program sebagai berikut:

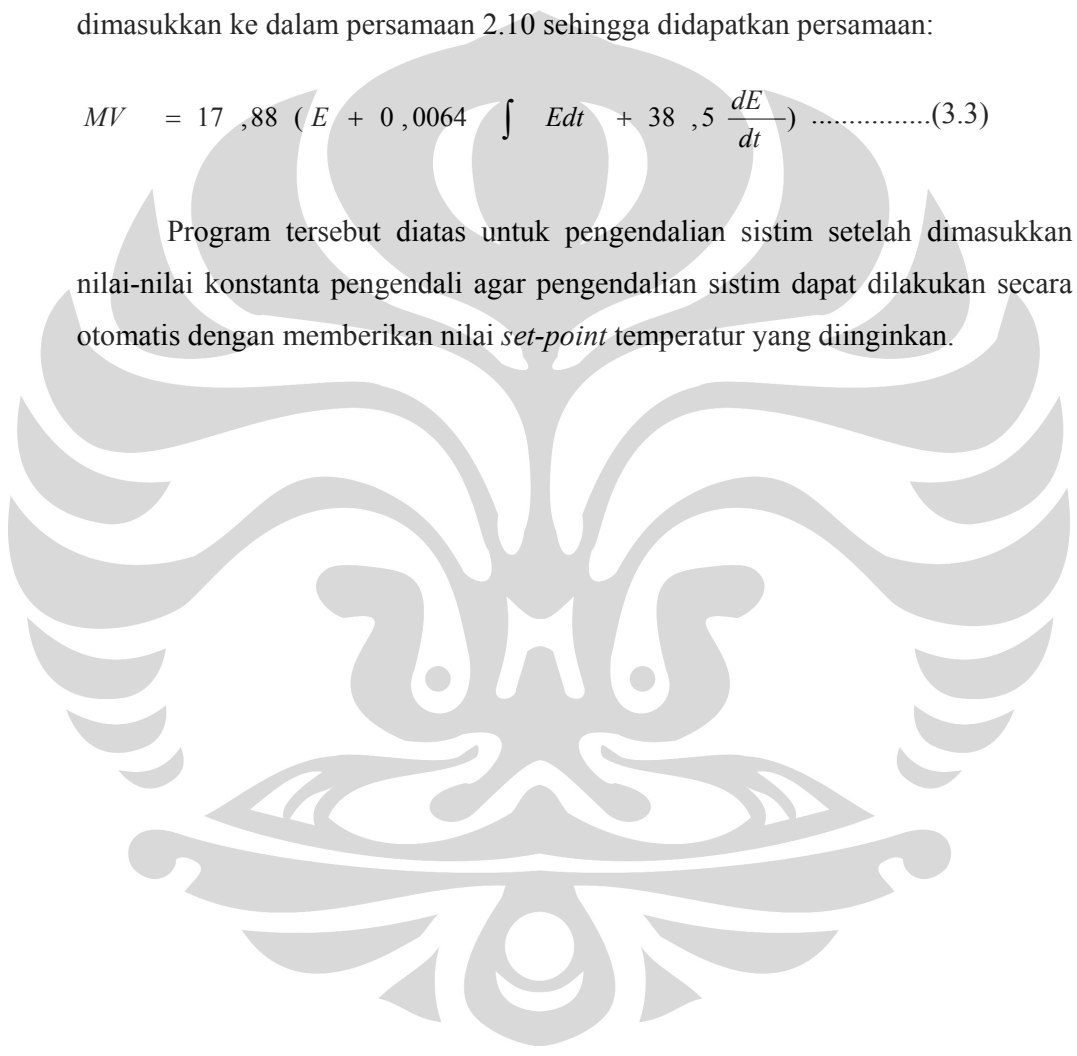
```
If Konversi_flag = 1 Then
    Konversi_flag = 0
    Kodok0 = Getadc(0)
    Temp_adc = Kodok0 - 21
    Temp_baru = Temp_adc / 4
    Temperature = Temp_baru
    Error = Set_point - Temperature
    Sigma_error = Sigma_error + Error
    If Sigma_error > 15400 Then Sigma_error = 15400
    If Sigma_error < 0 Then Sigma_error = 0
    D_error = Error - Error_awal
    Error_awal = Error
    M_variabel = Sigma_error / 154
    M_variabel = M_variabel + Error
    Mvd = 38.5 * D_error
    M_variabel = M_variabel + Mvd
    M_variabel = 17.88 * M_variabel
    If M_variabel > 100 Then M_variabel = 100
    If M_variabel < 0 Then M_variabel = 0
    Heater_power = M_variabel
```

Dengan menggunakan metode kurva reaksi berdasarkan kurva pada gambar 2.16 kita dapat mencari nilai N pada persamaan 2.6, K_P persamaan 2.7, K_I persamaan 2.8 dan K_D persamaan 2.9 sehingga didapatkan nilai $N = 0,061$, $K_P = 17,88$, $K_I = 1/154$ dan $K_D = 38,5$.

Setelah mendapatkan nilai-nilai konstanta pengendali, nilai-nilai tersebut dimasukkan ke dalam persamaan 2.10 sehingga didapatkan persamaan:

$$MV = 17,88 (E + 0,0064 \int Edt + 38,5 \frac{dE}{dt}) \dots\dots\dots(3.3)$$

Program tersebut diatas untuk pengendalian sistim setelah dimasukkan nilai-nilai konstanta pengendali agar pengendalian sistim dapat dilakukan secara otomatis dengan memberikan nilai *set-point* temperatur yang diinginkan.



BAB 4

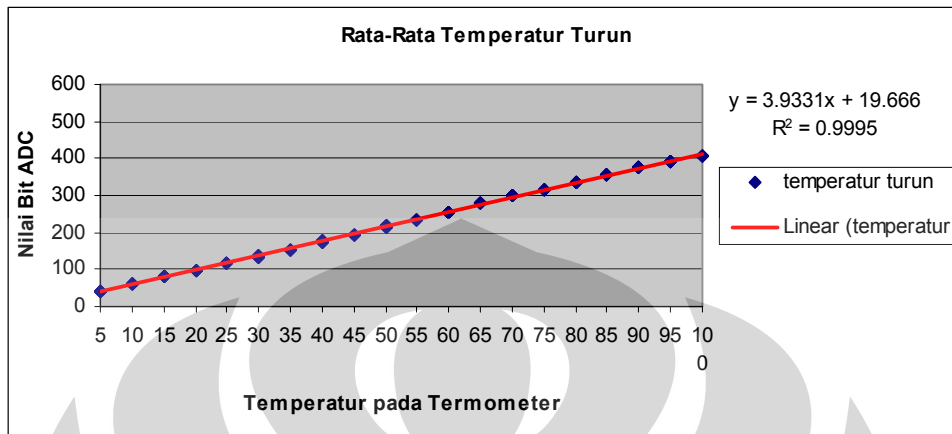
HASIL PERCOBAAN DAN ANALISA

Setelah dilakukan pengerjaan keseluruhan sistem, maka perlu dilakukan pengujian alat serta penganalisaan terhadap alat, apakah sistem sudah bekerja dengan baik atau tidak. Pengujian-pengujian tersebut meliputi :

- Pengujian Termokopel
- Pengujian Sistem

4.1. Pengujian Termokopel

Pengujian Termokopel bertujuan untuk mengetahui berapa °C yang diukur oleh termokopel bila pada heater diberikan 100%. Pengujian dilakukan dengan menggunakan air untuk mendapatkan *range* suhu hingga 100°C. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali percobaan dari 5°C hingga 100°C setiap perubahan 5°C dengan naik dan turun. Pengukuran temperaturnya diukur dan dibandingkan oleh termometer digital dan temperatur yang pada termokopel melalui *hyperterminal* dalam bentuk nilai desimal dari bit ADC. Oleh karena itu maka didapatkan temperatur rata-rata dari setiap perubahan temperaturnya, yaitu:



Gambar 4.1. Grafik Temperatur Rata-Rata Dalam Percobaan

Dari grafik terlihat bahwa perubahan temperaturnya hampir linear dengan persamaan garis, yaitu:

$$y = 3,9331x - 19,666 \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$R^2 = 0,99945$$

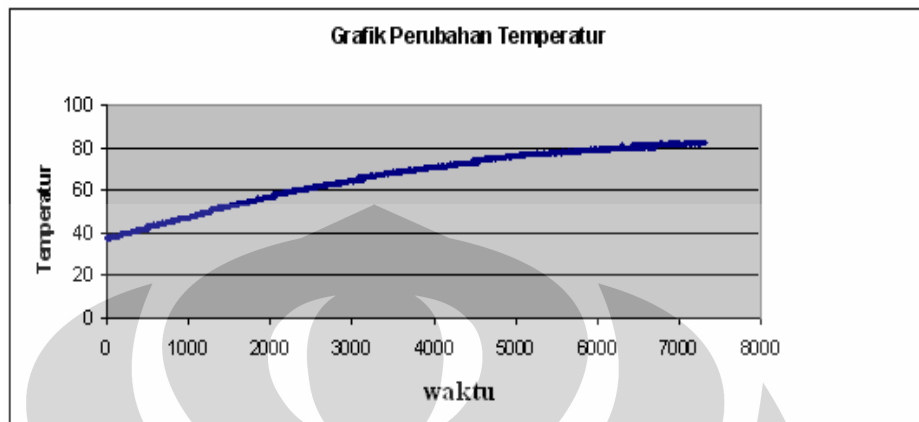
.1)

Setelah didapatkan persamaan garis di atas maka dapat ditentukan berapa temperatur yang dihasilkan dengan persamaan:

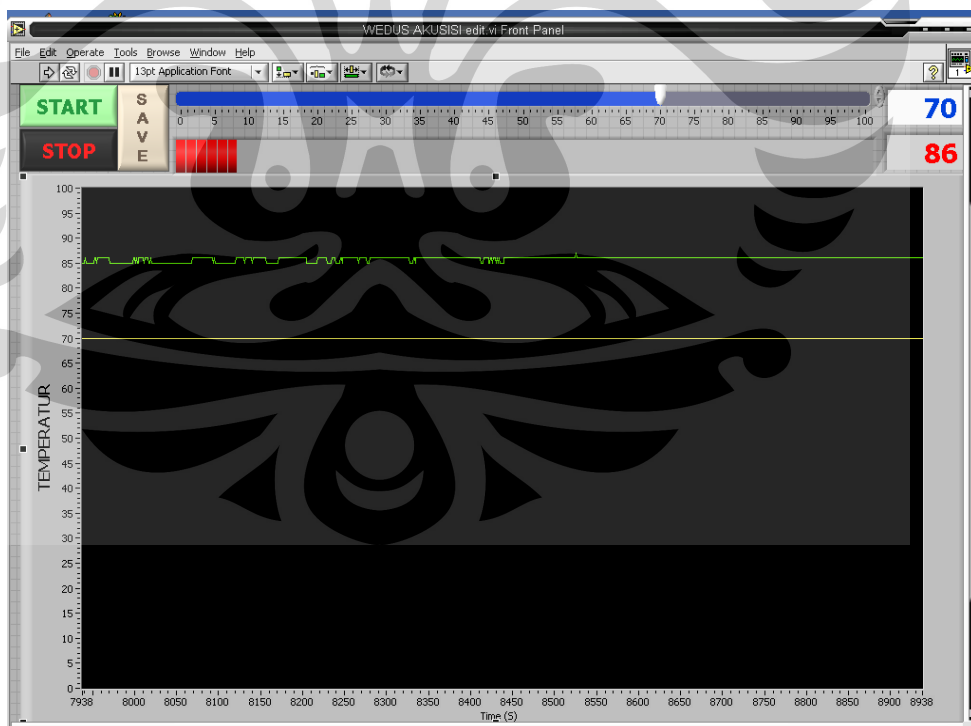
$$x = \frac{y + 19,666}{3,9331} \quad \dots\dots\dots(4.2)$$

Dimana x adalah nilai temperatur yang terukur pada termometer digital dan y adalah nilai bit dari ADC. Dari persamaan garis didapatkan nilai $R^2 = 0,99945$, artinya sensor temperatur yang digunakan dalam pengukuran temperaturnya dapat dikatakan baik.

Setelah didapatkan rata-rata temperatur maka diuji kembali dengan mencoba memanaskan heater dengan daya 70%. Dengan demikian didapatkan grafik:

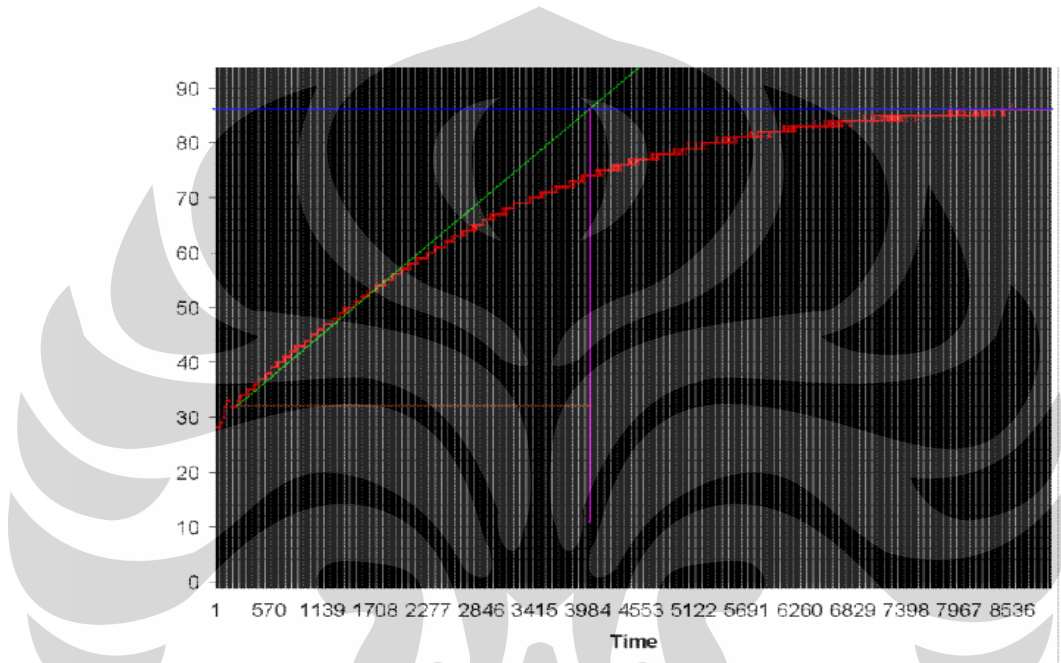


Gambar 4.2. Respon waktu proses perubahan temperatur



Gambar 4.3. Respon waktu proses perubahan temperatur menggunakan LabVIEW

Dari grafik di atas dibuat model untuk mendapatkan persamaannya, dengan menggunakan metode Kurva Reaksi, yaitu:



Gambar 4.4 Grafik untuk perhitungan dengan metode kurva reksi

Setelah dilihat pada gambar, menyebabkan variable kontrol untuk berpindah posisi sedikit, dan hasil respons posisi telah dicatat. Kurva respons yang tipikal dapat dilihat pada gambar(4.4). Lihat bahwa vertical axis mengkorespond pada range dari proses variable(dalam percent). Konstan pada system dihitung dengan

Bila dilihat grafik di atas maka dapat diketahui fungsi tranfers dari sistem lalu dengan menggunakan metode *Kuva reaksi* dapat diperoleh nilai K_p , K_d , K_i .

Untuk itu dari gambar di atas diperoleh $N = 0,061$, $T = 948,7$ dan $L = 77$.

Sedangkan

Nilai $\Delta CV = 70 - 0 = 70\%$, dimana nilai $\Delta PV = 86 - 28 = 58$

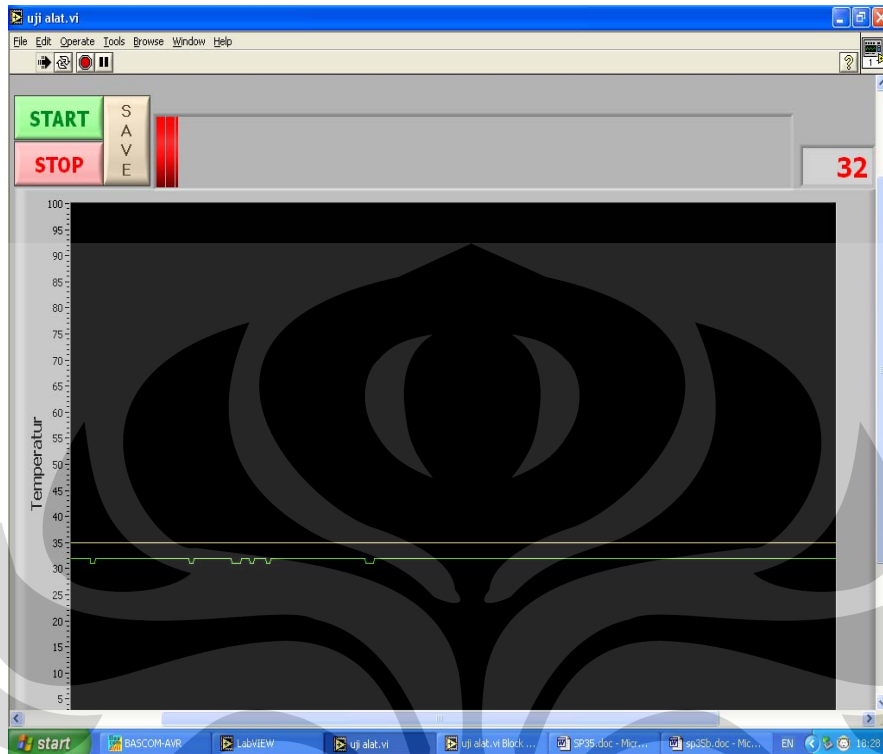
Dengan demikian persamaannya didapat :

$$MV = 17,88 (E + 0,0064 \int Edt + 38,5 \frac{dE}{dt}) \dots\dots\dots(4.3)$$

Dari (persamaan 4.3) maka dicari nilai K_p , K_i , dan K_d , yaitu: $K_p = 17,88$, $K_i = 1/154$, $K_d = 38,5$. Setelah itu nilai dari persamaan yang telah didapatkan dimasukkan ke dalam program pengendalian.

4.3. Pengujian Sistem

Setelah didapatkan data termokopel maka dapat kita lihat pengendalian yang dihasilkan dalam LabVIEW, yaitu:



Gambar 4.5. Tampilan pada PC bila diberikan SP = 35

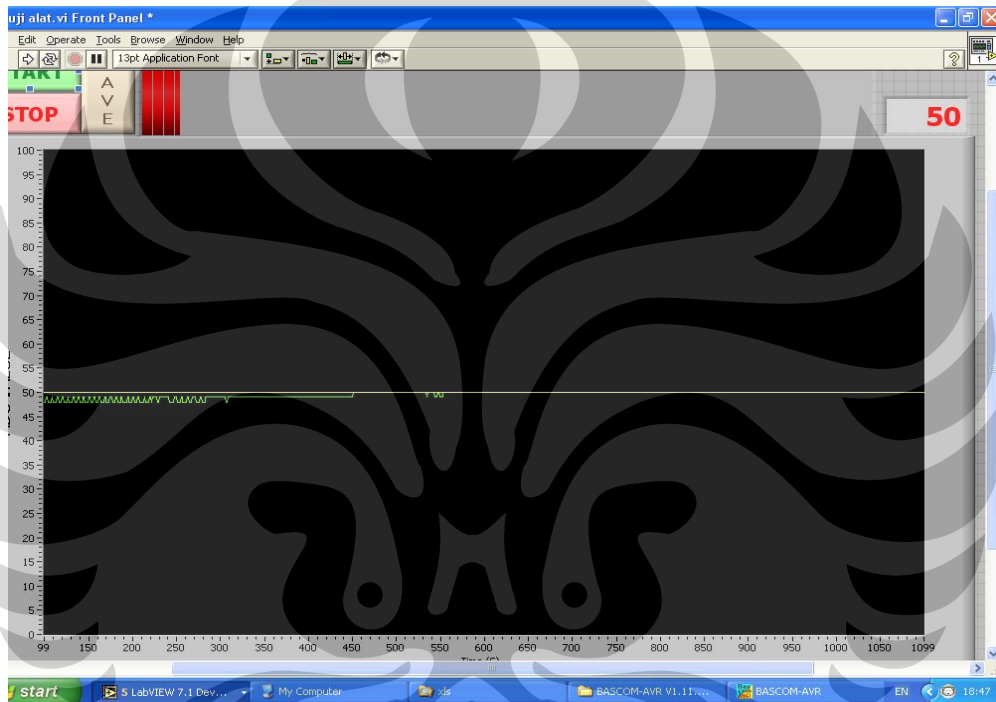
Pada gambar diatas dicoba memberikan nilai *Set Point* temperatur sebesar 35°C.

Untuk mendapatkan seperti tampilan di atas dengan menggunakan nilai $K_p = 17,88$, $K_i = 1/154$, $K_d = 38,5$. Nilai-nilai tersebut dimasukkan pada program BASCOM agar dapat *download* ke dalam *microcontroller*. Setelah dimasukkan sesuai dengan nilai-nilai di atas maka cukup lambat untuk mencapai kestabilan juga menunjukkan error,tidak ada *overshoot* maka oleh karena itu sistem pengendalian yang seperti ini belum dapat dikatakan baik.

Bila dilihat dari tampilan LabVIEW pada grafik temperturnya terlihat temperatur yang naik turun. Hal itu terjadi dikarenakan kabel/sambungan yang digunakan pada termokopel ke rangkaian tidak baik dan terjadi gangguan/tersentuh. Dengan demikian pada sensor temperatur yaitu termokopel

sangat sensitif jadi dibutuhkan sambungan/kabel yang lebih baik jadi terhindar dari *noise* yang dapat mengganggu pembacaan temperaturnya.

Kemudian dicoba dengan memberikan nilai *Set Point* temperatur sebesar 50°C.



Gambar 4.6. Tampilan pada PC bila diberikan SP = 50

Setelah dicoba dengan *set point* temperatur 50°C, maka dapat dilihat pada gambar 4.6 terlihat bahwa nilai temperatur dari sistem tidak terjadi *overshoot* dan kenaikannya sedikit lambat tetapi sistem pengendali ini dapat dikatakan baik. Karena *Set Point* temperatur yang diberikan nilainya cukup besar yaitu 50°C.

Dengan gambar di atas dapat terlihat lebih jelas grafik respon dari sistem

tanpa adanya gangguan. Oleh karena itu penulis memutuskan untuk menggunakan nilai di atas untuk pengendalian dari sistem ini.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah menyelesaikan perancangan sistem serta pengujian terhadap sistem tersebut, maka penulis dapat mengambil suatu kesimpulan bahwa :

1. Metode pengendalian yang digunakan adalah metode kurva reaksi dengan persamaan sebagai berikut :

$$MV = K_p (E + K_i \int E dt + K_d \frac{dE}{dt}) \dots\dots\dots(5.1)$$

2. Dengan metode *kurva reaksi* didapat persamaan pengendali berupa pengendali PID struktur mix dengan nilai $K_p = 17.88$ dan $K_i = 1/154$, $K_d = 38,5$.
3. Pengujian pengendalian temperatur dilakukan dengan menggunakan $SP = 35^\circ\text{C}$ dan $SP = 50^\circ\text{C}$.
4. Respon pengendalian yang dihasilkan dengan metode *kurva reaksi* baik tidak ada *overshoot* tetapi prosesnya berjalan lambat.

5.2. Saran

1. Pembuatan sistem pengendalian ini harus disesuaikan dengan keadaan lingkungan serta sistem, terutama pembuatan *plant*, yang disesuaikan dengan maksud dan tujuan.

DAFTAR PUSTAKA

1. *Data Sheet Maxim max232 Transceiver*
<http://www.alldatasheet.com>
2. Atmel, 2007, *8-Bit AVR® Microcontroller with 8K byte in-system programmable flash AT Mega16*, Atmel.inc.(<http://www.atmel.com>).
3. Tokheim Roger L, "Digital Electronics", Prentice-Hall International, Inc.
4. Coughlin Robert F, "Operational Amplifiers And Linier Integrated Circuit", Prentice-Hall International, Inc, fourth edition, 1991.
5. Gadre Dhananjay V, "Programming and Customizing The AVR Microcontroller", The McGraw-Hill Companies, 2001.
7. Wellss, Lisa.K. *The LabVIEW Student Edition User's Guide*. NewJersey: Prentice Hall, 1994.
8. Malvino, *Prinsip-prinsip Elektronika*, Erlangga, Jakarta 1995.
9. Maulutty Fitria, Hervina, *Pengendali Kecepatan Pengaduk dan Temperatur PadaAlat Pencampur Otomatis*, Skripsi Ssi, Program Sarjana Ekstensi Fisika Instrumentasi, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia, 2007.
10. Skripsi Mahendra A, "Rancang Bangun Sistem Pengendali Temperatur Tubular Furnace", 2008



LAMPIRAN A

Program Sistem Pengendali Temperatur Water Bath

Menggunakan BASCOM AVR

```
$regfile = "m16def.dat"           ' specify the used micro
$crystal = 11059200              ' used crystal frequency
$baud = 19200

Declare Sub Cek_keypad
Declare Sub Tunggu_keypad

Config Lcd = 16 * 2

Config Lcdpin = Pin , Db4 = Portb.4 , Db5 = Portb.5 , Db6 = Portb.6 , Db7 =
Portb.7 , E = Portb.2 , Rs = Portb.3

Config Timer1 = Timer , , Prescale = 8

Config Timer2 = Timer , Prescale = 8

Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Internal

Config Portd.4 = Output
```

Config Portd.6 = Output

Config Portd.7 = Output

Config Portb.1 = Output

Config Portc.0 = Output

Config Portc.1 = Output

Config Portc.2 = Output

Config Portc.3 = Output

Config Pinc.4 = Input

Config Pinc.5 = Input

Q0 Alias Portc.0

Q1 Alias Portc.1

Q2 Alias Portc.2

Q3 Alias Portc.3

Q4 Alias Pinc.4

Q5 Alias Pinc.5

Led Alias Portd.4

Heater Alias Portd.6

Buzzer Alias Portb.1

Dim Error As Single

Dim Sigma_error As Single

Dim M_variabel As Single

Dim Mvd As Single

Dim Error_awal As Single

Dim D_error As Single

Dim Konversi_flag As Bit

Dim Balik As Bit

Dim Set_point As Byte

Dim Temperature As Word

Dim Kodok0 As Word

Dim Temp_adc As Word

Dim Temp_baru As Word

Dim Pewaktu_sampling As Word

Dim Pewaktu_daya As Word

Dim Power_heater As Byte

Dim Heater_power As Byte

Dim Data_seri As Byte

Dim Perintah As String * 5

Dim Nilai_power As String * 3

Dim Tombol As Byte

Dim Set1 As Byte

Dim Set2 As Byte

Dim Temp As Byte

Dim Sp As Eram Byte

Dim Mnt As Eram Byte

Dim Menit As Byte

Dim Tik As Long

Dim Menits As Long

On Ovf2 Timer2_isr

On Ovf1 Timer1_isr

On Urxc Serial_isr

Initlcd

Cls

Cursor Off

Wait 1

Main_prog:

Tombol = 0

Power_heater = 0

Heater_power = 0

Pewaktu_daya = 0

Pewaktu_sampling = 0

Konversi_flag = 0

Balik = 1

Kodok0 = 0

Tik = 0

Cls

Lcd "-**WATER BATH**-"

Locate 2 , 1

Lcd "VER:1 FISIKA UI"

Mulai:

Tombol = 0

Menit = Mnt

Set_point = Sp

Balik = 1

Error_awal = 0

Do

Call Cek_keypad

If Tombol = "*" Then

Disable Interrupts

Cls

Locate 1 , 1

Lcd "==PROGRAM MENU=="

Locate 2 , 1

Lcd "MENU NUMBER = "

```
Call Tunggu_keypad

Lcd Chr(tombol)

Wait 1

If Tombol = "1" Then

    Enable Interrupts

    Enable Ovf2

    Enable Urxc

    Start Adc

    Start Timer2

    Menits = Menit * 1200

    Counter1 = 15535

    Led = 1

    Start Timer1

    Enable Ovf1

    Cls

    Goto Mulai:

Elseif Tombol = "2" Then

    Cls

    Disable Interrupts

    Stop Timer2

    Heater = 0
```

```
Balik = 0

Goto Main_prog

Elseif Tombol = "3" Then

Cls

Lcd "Setpoint : "

Call Tunggu_keypad

Lcd Chr(tombol)

Set1 = Tombol

Call Tunggu_keypad

Lcd Chr(tombol)

Set2 = Tombol

Temp = Set1 - 48

Temp = Temp * 10

Set1 = Set2 - 48

Temp = Temp + Set1

Sp = Temp

Set_point = Temp

Wait 1

Tombol = "*"

Elseif Tombol = "4" Then

Cls
```

```
Lcd "RPM = "  
  
Print "*START:";  
  
While Tombol <> "#"  
  
    Call Tunggu_keypad  
  
    Lcd Chr(tombol)  
  
    Print Chr(tombol);  
  
Wend  
  
Wait 1  
  
Cls  
  
Tombol = "*"   
  
Elseif Tombol = "5" Then  
  
    Cls  
  
    Waitms 10  
  
    Print "*STOP:0000#";  
  
    Tombol = "*"   
  
Elseif Tombol = "6" Then  
  
    Cls  
  
    Lcd "PROC.TIME(m)= "  
  
    Call Tunggu_keypad  
  
    Lcd Chr(tombol)  
  
    Set1 = Tombol
```

```
Call Tunggu_keypad
Lcd Chr(tombol)
Wait 1
Set2 = Tombol
Temp = Set1 - 48
Temp = Temp * 10
Set1 = Set2 - 48
Temp = Temp + Set1
Menit = Temp
Mnt = Menit
Tombol = "*"
End If
Enable Interrupts
End If
If Konversi_flag = 1 Then
Konversi_flag = 0
Kodok0 = Getadc(0)
Temp_adc = Kodok0 - 21
Temp_baru = Temp_adc / 4
Temperature = Temp_baru
Error = Set_point - Temperature
```

```

Sigma_error = Sigma_error + Error

If Sigma_error > 15400 Then Sigma_error = 15400

If Sigma_error < 0 Then Sigma_error = 0

D_error = Error - Error_awal

Error_awal = Error

M_variabel = Sigma_error / 154

M_variabel = M_variabel + Error

Mvd = 38.5 * D_error

M_variabel = M_variabel + Mvd

M_variabel = 17.88 * M_variabel

If M_variabel > 100 Then M_variabel = 100

If M_variabel < 0 Then M_variabel = 0

Heater_power = M_variabel

Print "*" ; Str(temperature) ; " " ; Str(error) ; "#"

Print "#" ; Str(set_point) ;

Locate 1 , 1

Lcd "suhu = "

Lcd Str(temperature)

Lcd " C"

Locate 2 , 1

Lcd "Error= "

```



```
Lcd Str(error)
```

```
Lcd " "
```

```
End If
```

```
Loop Until Balik = 0
```

```
Goto Main_prog
```

```
Sub Cek_keypad
```

```
Q0 = 0
```

```
Q1 = 0
```

```
Waitms 1
```

```
Q2 = 0
```

```
Q3 = 0
```

```
Waitms 1
```

```
If Q4 = 0 Then
```

```
  Tombol = "1"
```

```
  While Q4 = 0
```

```
    Wend
```

```
  End If
```

```
  Q2 = 1
```

```
  Q3 = 0
```

```
  Waitms 1
```

```
  If Q4 = 0 Then
```

Tombol = "2"

While Q4 = 0

Wend

End If

Q2 = 0

Q3 = 1

Waitms 1

If Q4 = 0 Then

Tombol = "3"

While Q4 = 0

Wend

End If

Q0 = 1

Q1 = 0

Waitms 1

Q2 = 0

Q3 = 0

Waitms 1

If Q4 = 0 Then

Tombol = "4"

While Q4 = 0

Wend

End If

Q2 = 1

Q3 = 0

Waitms 1

If Q4 = 0 Then

 Tombol = "5"

 While Q4 = 0

 Wend

 End If

 Q2 = 0

 Q3 = 1

 Waitms 1

 If Q4 = 0 Then

 Tombol = "6"

 While Q4 = 0

 Wend

 End If

 Q0 = 0

 Q1 = 1

 Waitms 1

Q2 = 0

Q3 = 0

Waitms 1

If Q4 = 0 Then

 Tombol = "7"

 While Q4 = 0

 Wend

End If

Q2 = 1

Q3 = 0

Waitms 1

If Q4 = 0 Then

 Tombol = "8"

 While Q4 = 0

 Wend

End If

Q2 = 0

Q3 = 1

Waitms 1

If Q4 = 0 Then

 Tombol = "9"

While Q4 = 0

Wend

End If

Q0 = 1

Q1 = 1

Waitms 1

Q2 = 0

Q3 = 0

Waitms 1

If Q4 = 0 Then

Tombol = "*"

While Q4 = 0

Wend

End If

Q2 = 1

Q3 = 0

Waitms 1

If Q4 = 0 Then

Tombol = "0"

While Q4 = 0

Wend

End If

Q2 = 0

Q3 = 1

Waitms 1

If Q4 = 0 Then

 Tombol = "#"

 While Q4 = 0

 Wend

 End If

End Sub

Sub Tunggu_keypad

 Tombol = 0

 While Tombol = 0

 Call Cek_keypad

 Wend

End Sub

Timer2_isr:

 Pewaktu_daya = Pewaktu_daya + 1

 If Pewaktu_daya = 54 Then

 Pewaktu_daya = 0

If Power_heater > 0 Then

 Power_heater = Power_heater - 1

 Set Heater

Else

 Reset Heater

End If

Pewaktu_sampling = Pewaktu_sampling + 1

If Pewaktu_sampling = 100 Then

 Konversi_flag = 1

 Pewaktu_sampling = 0

 Power_heater = Heater_power

End If

End If

Return

Timer1_isr:

Counter1 = 15535

Incr Tik

If Tik = Menits Then

 Disable Interrupts

 Stop Timer2

 Stop Timer1

```
Led = 0

Goto Main_prog

End If

Return

Serial_isr:

Disable Interrupts

Data_seri = Inkey()

If Data_seri = 42 Then

    Perintah = ""

    Balik = 1

Do

    Data_seri = Waitkey()

    If Data_seri = 58 Then

        Balik = 0

    Else

        Perintah = Perintah + Chr(data_seri)

    End If

Loop Until Balik = 0

If Perintah = "START" Then

    Balik = 1

    Nilai_power = ""
```


Do

 Data_seri = Waitkey()

 If Data_seri = 35 Then

 Balik = 0

 Else

 Nilai_power = Nilai_power + Chr(data_seri)

 End If

Loop Until Balik = 0

Set_point = Val(nilai_power)

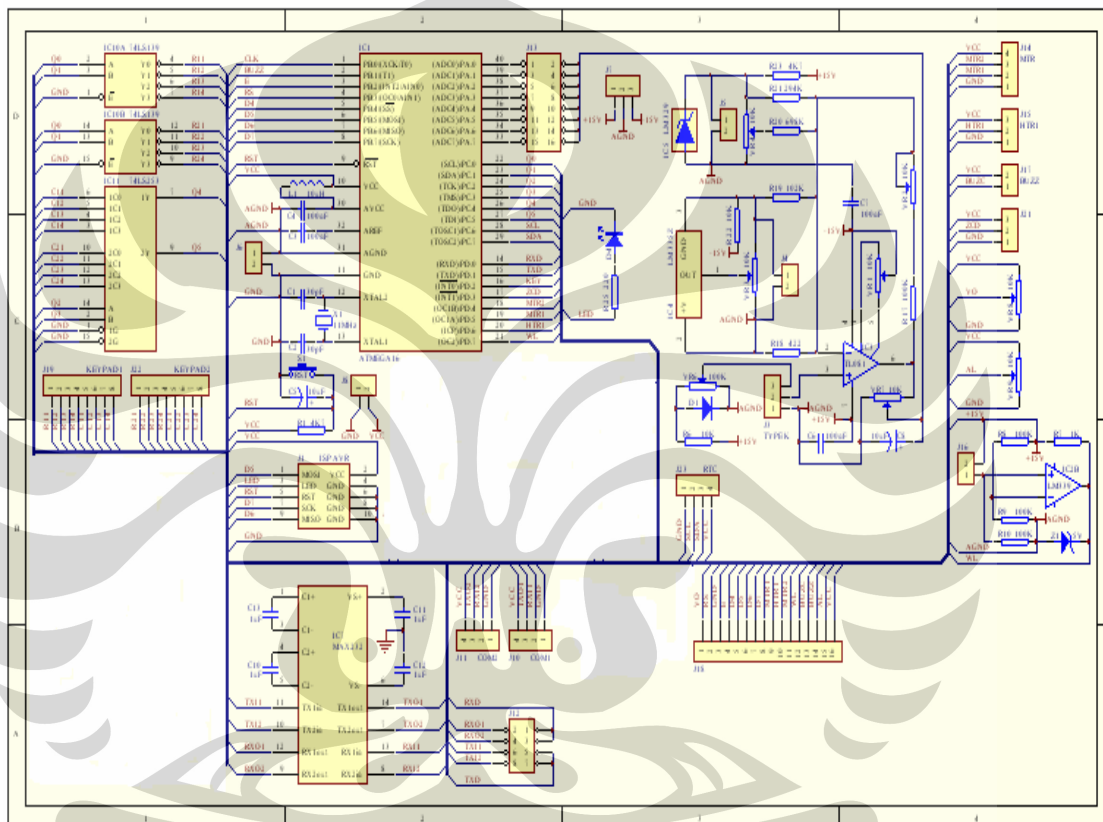
End If

End If

Enable Interrupts

Return

LAMPIRAN B



LAMPIRAN C

Blok Diagram LabVIEW

