



UNIVERSITAS INDONESIA

**SISTEM PENGENDALI TEMPERATUR DAN KECEPATAN
PIRINGAN PADA *DIGITAL ROCKING SHAKER* BERBASIS
*MICROCONTROLLER***

LAPORAN TUGAS AKHIR

**Laporan tugas akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh
gelar Ahli Madya (A.Md)**

**MONIKA KAROLINA HUTAHAEAN
2305210425**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
D3 INSTRUMENTASI ELEKTRONIKA
DEPOK
DESEMBER 2008**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : MONIKA KAROLINA HUTAHAEAN

NPM : 2305210425

Tanda Tangan :

Tanggal : 13 Januari 2009



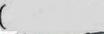
HALAMAN PENGESAHAN

Laporan ini diajukan oleh :
Nama : Monika Karolina Hutahaean
NPM : 2305210425
Program Studi : Diploma 3 Instrumentasi Elektro
Judul Skripsi : Sistem Pengendali Temperatur dan Kecepatan
Piringan pada *Digital Rocking Shaker* Berbasis
Microcontroller

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md) pada Program Studi Diploma 3 Instrumentasi Industri, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Drs.Arief Sudarmadji, M.T.
Penguji : Dr.Prawito
Penguji : Drs.Lingga Hermanto, M.Si

()
()
()

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 13 Januari 2009

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan YME, yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “SISTEM PENGENDALI TEMPERATUR dan KECEPATAN PIRINGAN pada *DIGITAL ROCKING SHAKER* BERBASIS *MICROCONTROLLER*” bertujuan untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan pendidikan program studi Diploma 3 Instrumentasi Elektronika dan Industri, Departemen Fisika, FMIPA, Universitas Indonesia.

Tugas Akhir merupakan hal yang sangat biasa bagi pengajar ataupun penguji, tetapi bagi penulis, Tugas Akhir, walaupun sudah diantisipasi sebelumnya, tetap merupakan suatu beban yang cukup berat. Mungkin karena disitu penulis harus menawarkan suatu gagasan untuk diwujudkan yang pada akhirnya dapat berkontribusi pada bidang yang penulis pelajari, yaitu Instrumentasi Elektronika. Namun demikian, penulis sangat bersyukur karena pada akhirnya dapat ditentukan topik seperti tersebut diatas yang cukup menantang untuk diwujudkan. Tantangan tersebut penulis rasakan benar ketika proses pembuatan alat tersebut membutuhkan usaha dan kesabaran yang cukup besar. Melalui kesulitan itu pula penulis banyak belajar dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

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 *Mom and Dad. Nothing I say or do can repay what you've done for me all these years. All I can give you is a simple but meaningful 'Thank you' from the pit of my heart. Thank you for all the love and support you've given me all these years. I love you both.*
2. *Adriano for being not only a brother but a good friend. What don't I tell you, man?* Dan Rachel untuk doanya. *You guys are the best!*

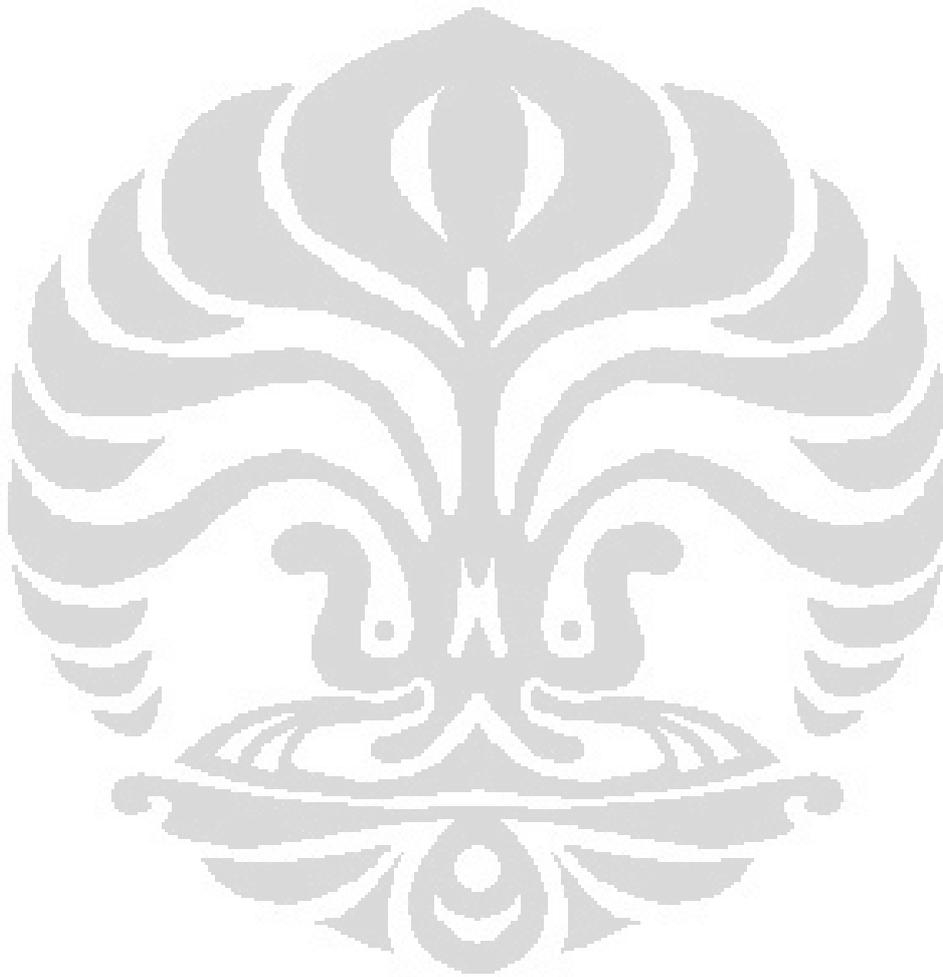
3. Dr. Prawito selaku Ketua Jurusan program Diploma III Instrumentasi Elektronika dan Industri FMIPA, UI.
4. Drs. Arief Sudarmadji, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan petunjuk, kemudahan dalam berpikir dan bimbingan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
5. Bapak Surya Darma, M.Si selaku koordinator Tugas Akhir program Diploma III Instrumentasi Elektronika dan Industri FMIPA, UI.
6. Para dosen pengajar Jurusan Instrumentasi Elektronika dan Industri.
7. Sahabat dan teman kerjaku dalam pembuatan tugas akhir ini “Rizky Prasetyo”. *It’s finally over Ky!*
8. Laila, Karina, Hendry, Argi, Bazoka, yang senasib dengan penulis. Begadang terus man! Landas *always*.
9. Keluarga “on-campusku” yg tercinta **JOBLESSNESS**: Ikky (Mouse), Nando (Meti..*thx for the encouragement and help*), Bayu (Abang..si tukang joget), Didi (sang dokter), Maya (Teteh), Stevanus (si pengganggu utama..hehe), Tendy (si raja upil & tukang meper), Imam (*presenting...DJ Klings*), Jamal (sapi..*cow*), Uchie (Noni..*thx dah datang pas sidang*), Pianggy (Kaka g yang bawel..hehe), Anggit (Mba trims bwt makanannya ya), Samuel (Bapak beruang), Sabil (*thx dah menemani nginep*). *What would I do without you peeps? Who would be there to humor me?*
10. Mamela (Mela) yang selalu merasa maniez, terima kasih tempat kost sudah dijadikan *base camp*. Dan Gwen Sulastriani (pipau) yang membantu mengurus surat-surat syarat sidang. Sangat membantu, bu!
11. Rizal atas bantuannya dalam memahami rangkaian. Nginep lagi ga bwt download game? Haha.
12. Adik-adik kelas 2006 dan 2007 atas doa-doanya.
13. Pihak lain atau teman yang tidak dapat penulis sebut satu per satu.

Menyadari keterbatasan pengalaman dan kemampuan yang dimiliki penulis, sudah tentu terdapat kekurangan serta kemungkinan jauh dari sempurna, untuk itu penulis tidak menutup diri dan mengharapkan adanya saran serta kritik dari berbagai pihak yang sifatnya membangun guna menyempurnakan penyusunan tugas akhir ini.

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

Depok, December 2008

Penulis



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Monika Karolina Hutahaean
NPM : 2305210425
Program Studi : Diploma 3 Instrumentasi Elektronika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Laporan Tugas Akhir

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Sistem Pengendali Temperatur dan Kecepatan Piringan pada *Digital Rocking Shaker* Berbasis *Microcontroller*.

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 13 Januari 2009

Yang menyatakan

(Monika Karolina Hutahaean)

ABSTRAK

Nama : Monika Karolina Hutahaeon
Program Studi : Diploma 3 Instrumentasi Elektronika
Judul : Sistem Pengendali Temperatur dan Kecepatan Piringan pada
Digital Rocking Shaker Berbasis *Microcontroller*

Telah dibuat *Digital Rocking Shaker* dengan temperatur dan kecepatan piringan terkendali menggunakan *heater* lempeng 1200 Watt, 220 V dengan suhu maksimum 200°C dan motor DC dengan kecepatan maksimal 225 rpm untuk menggerakkan piringan. *Thermocouple* tipe K digunakan pada alat ini sebagai sensor suhu. *Shaker* ini dikendalikan oleh mikroprosesor menggunakan metode PID.

Kata Kunci : *keypad, microcontroller, actuator, pengendali*

ABSTRACT

Name : Monika Karolina Hutahaeon
Study Program: Diploma 3 Instrumentasi Elektronika
Title : *Digital Rocking Shaker Temperature and Speed Control System Using Microcontroller*

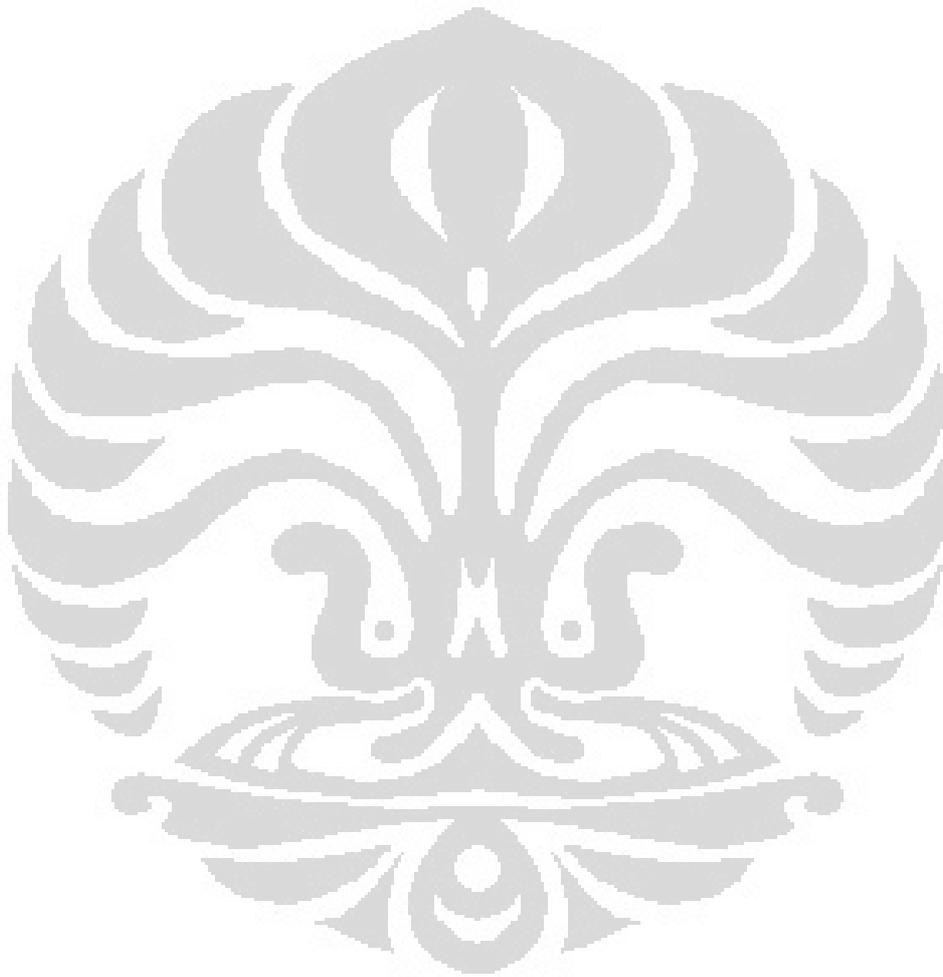
A Digital Rocking Shaker with temperature and speed controlled plate has been built. It uses a 1200W, 220V electric flat heater with a maximum temperature of 200°C and a DC motor with a maximum speed of 225 rpm to rock the plate back and forth. A type K thermocouple is also used in this device as a temperature sensor. This shaker is controlled by a microprocessor, using PID method.

Key Words: *keypad, microcontroller, actuator, controller*

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|-----------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS..... | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | iii |
| KATA PENGANTAR | iv |
| LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR..... | vii |
| ABSTRAK | viii |
| DAFTAR ISI..... | ix |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR TABEL..... | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiii |
| BAB 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Tujuan Penelitian | 2 |
| 1.3. Deskripsi Singkat | 2 |
| 1.4. Pembatasan Masalah | 2 |
| 1.5. Metode Penelitian..... | 3 |
| 1.6. Sistematika Penulisan | 4 |
| BAB 2. TEORI DASAR | 6 |
| 2.1. <i>Thermocouple</i> | 6 |
| 2.1.1. Prinsip Operasi | 6 |
| 2.1.2. Tipe-Tipe <i>Thermocouple</i> | 7 |
| 2.2. Komunikasi Data Serial RS232 | 8 |
| 2.3. <i>Heater</i> | 9 |
| 2.4. Motor DC | 10 |
| 2.4.1 Teori Dasar Motor DC..... | 10 |
| 2.4.2 Konstruksi Motor DC..... | 12 |
| 2.4.3 Torsi..... | 13 |
| 2.5 Teori Kontrol Proporsional Integral Differensial (PID)..... | 13 |
| BAB 3. PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM | 16 |
| 3.1. Perancangan Kerja Alat..... | 16 |
| 3.2. Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)..... | 17 |
| 3.2.1 Rangkaian Minimum Sistem..... | 17 |
| 3.2.2 Rangkaian Pengendali Motor DC | 18 |
| 3.2.3 Rangkaian <i>Cold Junction</i> | 19 |
| 3.2.4 Rangkaian <i>Keypad</i> | 20 |
| 3.3. Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>) | 21 |
| 3.3.1. <i>Flowchart</i> Proses pada Rangkaian <i>Keypad</i> | 21 |
| 3.3.2. <i>Flowchart</i> Pengambilan Data..... | 24 |
| 3.3.3. <i>Flowchart</i> Program pada Sistem Minimum Atmega16 | 26 |
| BAB 4. HASIL PERCOBAAN DAN ANALISA | 28 |
| 4.1. Pengujian <i>Thermocouple</i> | 28 |
| 4.2. Pengujian Motor DC | 31 |
| BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN | 32 |

| | |
|--------------------------|-----------|
| 5.1. Kesimpulan | 32 |
| 5.2. Saran..... | 32 |
| DAFTAR ACUAN..... | 33 |



DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 1.1 Blok Diagram pada Sistem..... | 3 |
| Gambar 2.1 Konfigurasi slot konektor serial DB-9..... | 9 |
| Gambar 2.2 Prinsip Kerja Motor DC..... | 11 |
| Gambar 2.3 Bagian-Bagian Motor DC..... | 13 |
| Gambar 2.4 Sistem Pengendali Loop Terbuka..... | 15 |
| Gambar 2.5 Sistem Pengendali <i>Loop</i> Tertutup..... | 15 |
| Gambar 3.1 Blok Diagram Cara Kerja Alat..... | 17 |
| Gambar 3.2 Rangkaian <i>Microcontroller</i> | 18 |
| Gambar 3.3 Rangkaian <i>Driver</i> Motor DC..... | 19 |
| Gambar 3.4 Rangkaian <i>Cold Junction</i> | 20 |
| Gambar 3.5 Rangkaian Keypad..... | 21 |
| Gambar 3.6 <i>Flowchart</i> Program Keypad..... | 23 |
| Gambar 3.7 <i>Flowchart</i> Program Keypad (<i>Continued</i>)..... | 24 |
| Gambar 3.8 <i>Flowchart</i> Program Pengendali..... | 26 |
| Gambar 4.1 Grafik Temperatur Rata-Rata..... | 27 |
| Gambar 4.2 Respon Waktu Proses Perubahan Temperatur..... | 28 |
| Gambar 4.3 Grafik Untuk Perhitungan dengan Metode <i>Direct Synthesis</i> | 29 |
| Gambar 4.4 Grafik Data Kecepatan Motor..... | 30 |

DAFTAR TABLE

| | |
|----------------------------------|----|
| Tabel 2.1 Pin Konektor DB-9..... | 10 |
|----------------------------------|----|



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Data Hasil Pengambilan Suhu
- Lampiran 2. Data Motor
- Lampiran 3 *Main Program*
- Lampiran 4. Rangkaian *Minxyx*



BAB I 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 dengan perkembangan teknologi di dunia saat ini, maka semakin banyak pula alat yang diciptakan untuk mempermudah dan mempersingkat waktu kerja manusia. Tidak hanya proses industri yang lekat dengan teknologi, dunia pendidikan, kesehatan, komunikasi, dan penelitian juga memanfaatkan teknologi untuk mempermudah manusia dalam melakukan pekerjaan sesuai dengan bidangnya tersebut.

Banyak literatur dan katalog produk alat laboratorium yang tersebar dengan maksud mengajak konsumen menikmati produk-produk berteknologi terbaru yang dapat mempermudah proses penelitian. Karena jumlah produsen teknologi yang terbatas, produk-produk tersebut dijual dengan harga yang cukup tinggi. Oleh sebab itu, penulis mencoba untuk membuat suatu alat yang berada pada katalog produk alat laboratorium yaitu *Digital Rocking Shaker* dengan biaya yang terjangkau.

Digital Rocking Shaker ini dapat digunakan dalam pusat-pusat penelitian yang membutuhkannya, diantaranya untuk membantu proses pencampuran bahan-bahan kimia. Variabel yang akan dikendalikan pada alat ini adalah temperatur dan kecepatan, dimana pengendalian dilakukan dengan *keypad* lalu diterjemahkan oleh *microcontroller* untuk diproses dan dikirim ke *actuator* sehingga didapatkan hasil yang diinginkan.

1.2 Tujuan Penelitian

Penulis ingin membuat suatu sistem pengendali temperatur dan kecepatan *Digital Rocking Shaker* yang dapat diterapkan pada industri maupun pusat-pusat penelitian yang memerlukannya, umumnya digunakan di laboratorium.

1.3 Batasan Masalah

Pada pembuatan alat ini terbagi menjadi dua bagian. Bagian pertama berisi tentang rangkaian dan mekanik dari alat tersebut, dan bagian kedua mengenai sistem pengendalian yang berbasis *microcontroller*.

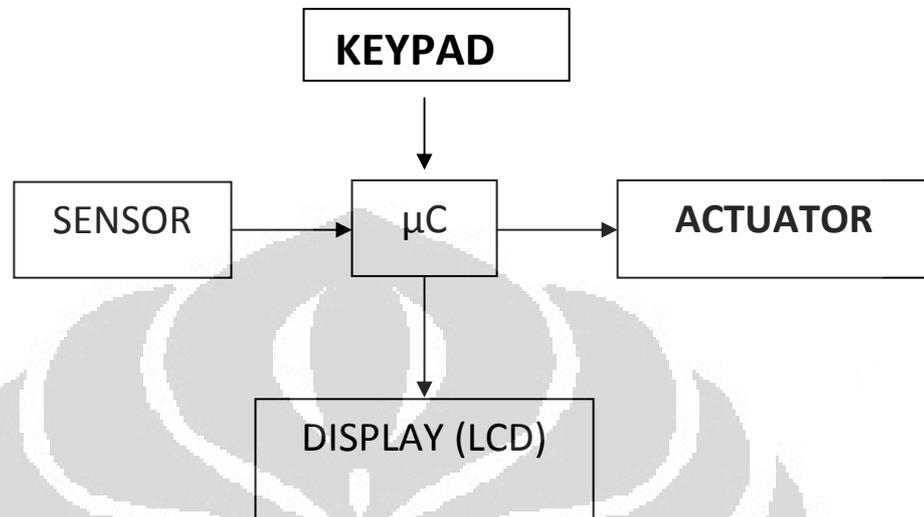
Pembatasan masalah ini difokuskan pada sistem kerja alat untuk mengendalikan temperatur dan kecepatan. Sehingga dalam hal ini proyek ditujukan pada sistem pengendalian berbasis *microcontroller* yang dilakukan oleh *keypad* dan diterjemahkan oleh *micro* agar menggerakkan *actuator* sesuai dengan perintah yang diinginkan dan ditampilkan dalam tulisan pada *display*. Dalam sistem pengendalian ini juga akan dibahas mengenai sensor temperatur.

1.4 Deskripsi Singkat

Sebagai salah satu aplikasi teknologi pada bidang penelitian, pada tugas akhir ini dibuat “**sistem pengendali temperature dan kecepatan piringan pada digital rocking shaker berbasis microcontroller**” dengan maksud menekan pembiayaan dan memudahkan pekerja dalam proses penelitian sehingga proses kerja berjalan dengan mudah, aman, dan efisien. Hal tersebut dikarenakan pengontrolan kerja untuk kenaikan temperatur dan kecepatan gerakan alat hanya dilakukan dengan *keypad*.

Apabila ingin dihasilkan temperatur yang cukup tinggi, tombol temperature pada *keypad* ditekan dan diatur sesuai dengan keinginan. Maka akan terjadi proses pemanasan sesuai dengan temperatur yang telah diatur sebelumnya. Begitu pula untuk gerakan kecepatan piringan pada *shaker*. Kecepatan yang dihasilkan akan sesuai dengan kecepatan yang telah diatur melalui *keypad*. Hal tersebut disebabkan data dari *keypad* tersebut menginisialisasikan *microcontroller* yang bertindak sebagai pengendali. Perubahan kecepatan dan

temperatur pada alat dapat dilihat pada *display*. Dan sensor menunjukkan temperatur yang akan diatur dan ditampilkan.



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 yang berkaitan dengan penelitian yang penulis buat. Study literatur ini mengacu pada buku-buku pegangan, data sheet dari berbagai macam komponen yang di pergunakan, data yang didapat dari internet, dan makalah-makalah yang membahas tentang proyek yang penulis buat.

2. Perancangan dan Pembuatan Alat

Berisi tentang proses perencanaan alat berupa sistem pengendali berbasis microcontroller dan mekanik. Pada bagian mekanik akan membahas desain dan cara kerjanya, serta sensor. Pada bagian sistem pengendali akan membahas masalah pembuatan minimum sistem microcontroller, kontroller, dan heater.

3. Pembuatan Program

Pembuatan program dilakukan dengan menggunakan *Software Basic Compiler* (BASCOM), dengan menggunakan Software ini memungkinkan kita untuk memanipulasi kinerja alat sesuai dengan yang diinginkan.

4. Uji sistem

Dari alat yang dibuat maka dilakukan pengujian terhadap masing-masing bagian dengan tujuan untuk mengetahui kinerjanya apakah sudah sesuai dengan apa yang diharapkan atau belum.

5. Pengambilan Data

Pada bab ini akan diuraikan tentang kinerja dari masing-masing blok dengan harapan dalam pengujian tidak terdapat kesalahan yang fatal.

6. Penulisan Penelitian

Dari hasil pengujian 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

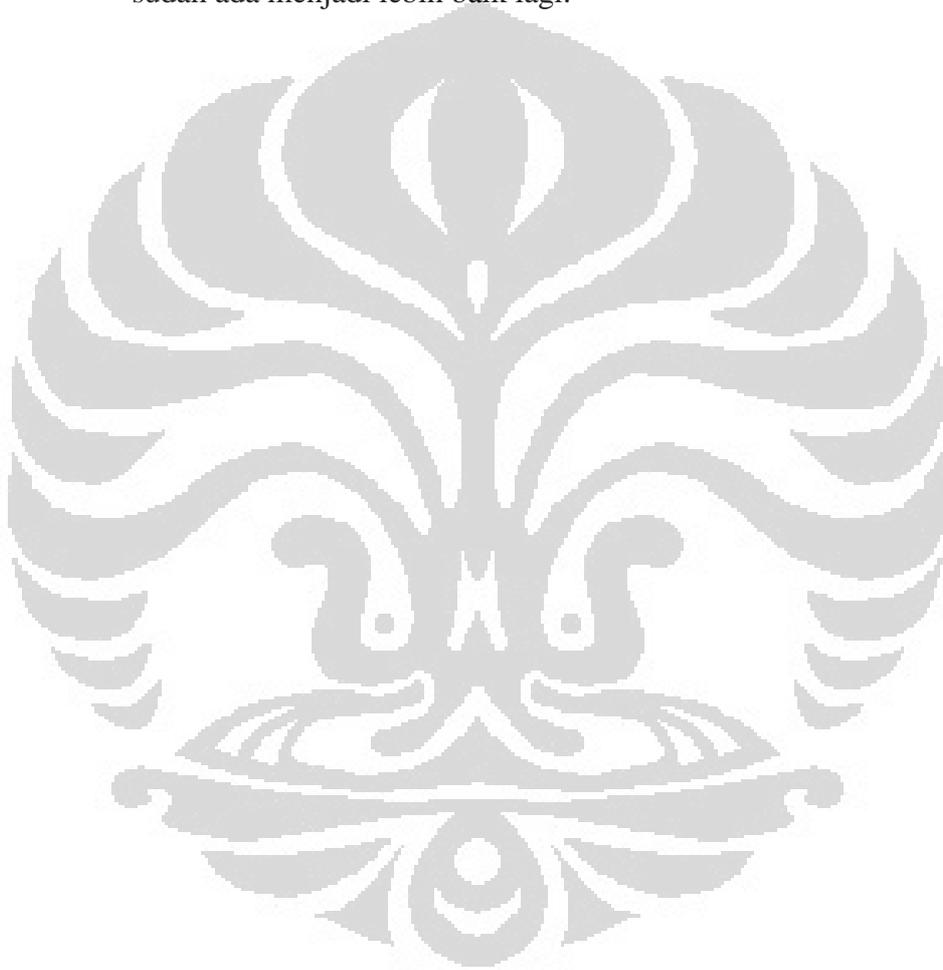
Berisi tentang penjelasan perancangan program atau perangkat lunak (*software*) dan cara kerja dari program yang telah dibuat.

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 pembuatan proyek *rocking shaker*, dibutuhkan pemahaman tentang beberapa teori-teori dasar yang berkaitan. Penelitian ini diperlukan pemahaman atas teori-teori dasar yang melandasi seperti *thermocouple*, motor DC, dan *heater*.

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.^[1] *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

Sensor secara umum didefinisikan sebagai alat yang dapat menemukan fenomena fisik kemudian mengubahnya menjadi sinyal elektrik baik arus listrik maupun tegangan. Fenomena fisik yang dapat menstimulasi sensor untuk menghasilkan sinyal elektrik meliputi temperatur, tekanan, gaya dan sebagainya. Sedangkan sensor itu sendiri terdiri dari transducer dengan atau tanpa penguat sinyal yang berbentuk dalam suatu sistem penginderaan.

Thermocouple adalah sensor suhu yang dapat digunakan untuk mengubah perbedaan temperatur dalam benda yang diukur temperaturnya menjadi perubahan potensial atau tegangan listrik.^[1] Dalam hal *thermocouple*, adanya perbedaan temperatur antara dua ujung logam yang berbeda dapat “diindera” dan diubah menjadi tegangan listrik. Hal tersebut dimungkinkan berkaitan dengan efek termoelektrik atau *Seebeck Effect*, yaitu adanya perbedaan tegangan apabila terdapat perbedaan temperatur di antara kedua ujung logam.

Dalam penggunaannya suhu salah satu ujung *thermocouple* dipertahankan pada temperatur yang konstan sebagai referensi, misalnya dengan mencelupkannya pada air es. Sedangkan ujung lainnya dihubungkan pada materi

yang akan diukur suhunya. Beda tegangan pada sambungan logam disebut hot junction voltage dan tegangan pada sambungan referensi disebut cold junction voltage.

2.1.2 Tipe-Tipe *Thermocouple*^[2]

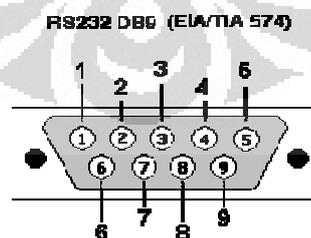
Tersedia beberapa jenis *thermocouple*, tergantung aplikasi penggunaannya:

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. Type 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. Type 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. Type S (Platinum /Platinum with 10% Rhodium) Cocok mengukur suhu di atas 1600 °C. sensitivitas rendah ($10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$) dan biaya tinggi membuat mereka tidak cocok dipakai untuk tujuan umum. Karena stabilitasnya yang tinggi Tipe S digunakan untuk standar pengukuran titik leleh emas ($1064.43 \text{ }^\circ\text{C}$).
11. Type T (Copper / Constantan) Cocok untuk pengukuran antara -200 to $350 \text{ }^\circ\text{C}$. 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 $43 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$.

2.2 Komunikasi Data Serial RS232

Komunikasi serial ialah komunikasi dimana pengiriman data dilakukan per bit, sehingga lebih lambat dibandingkan komunikasi paralel.^[3] 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*).



Gambar 2.1 Konfigurasi slot konektor serial DB-9.

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*). Fungsi dari masing-masing pin dan sinyal konektor serial DB-9 dapat dilihat pada Tabel 2.1.

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.

Tabel 2.1 Keterangan Pin DB-9^[3]

| Pin DB-9 | Nama Pin | Keterangan |
|----------|-------------|---|
| 1 | <i>DCD</i> | <i>Data Carrier Detect</i> Data Port (<i>DP0 - DP9</i>) |
| 2 | <i>RD</i> | <i>Receive Data</i> (a.k.a <i>RxD, Rx</i>) |
| 3 | <i>TD</i> | <i>Transmit Data</i> (a.k.a <i>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> |

2.3 Heater

Electric heating merupakan suatu proses dimana energi listrik diubah menjadi panas.^[4] *Heater* merupakan suatu benda dengan temperatur tinggi yang mentransfer energi ke benda yang bertemperatur rendah melalui radiasi elektromagnetik. Panjang gelombang dari radiasi infrared dengan range dari 78

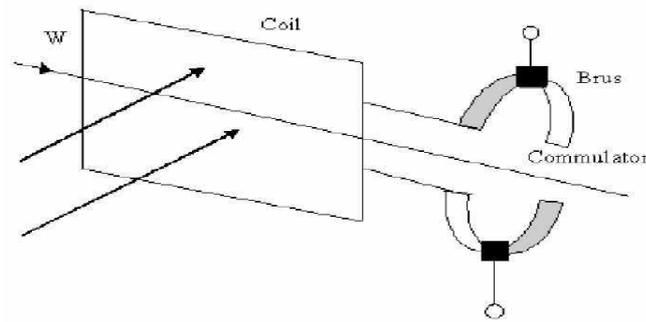
nm sampai 1mm. Sebuah klarifikasi dari heater adalah terhubungnya daerah panjang gelombang dari emisi energi utama. Gelombang pendek untuk range dari 78 nm sampai 1400 nm, medium untuk range antara 1400 nm sampai 8000 nm sedangkan untuk range terjauh adalah diatas 3000 nm. Heater yang digunakan oleh penulis memiliki daya sebesar 1200 watt, lebar 20cm, dan panjang 30cm.

2.4 Motor DC

Motor DC adalah motor yang menggunakan arus searah (*Direct Current*) yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi mekanis yang berupa putaran motor. Motor DC banyak digunakan di industri yang memerlukan presisi tinggi dalam gerak untuk pengaturan kecepatan pada torsi yang konstan. Salah satu komponen yang diperlukan dalam sistem pengendalian adalah aktuator, yaitu komponen pertama untuk melakukan gerakan dengan mengubah energi elektrik menjadi gerakan mekanik adalah salah satu jenis aktuator adalah motor listrik.

2.4.1 Teori Dasar Motor DC

Motor DC pada saat ini digunakan pada industri dan dunia robotika yang memerlukan gerakan dengan kepresisian yang tinggi untuk pengaturan kecepatan pada torsi konstan. Motor DC berfungsi mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanis di mana gerak tersebut berupa putaran dari motor. Prinsip dasar dari motor arus searah sebuah kawat adalah jika sebuah kawat berarus diletakkan antara kutub magnet (U-S), maka pada kawat itu akan bekerja suatu gaya yang menggerakkan kawat itu. Arah gerakan kawat dapat ditentukan dengan menggunakan kaidah tangan kiri. Apabila tangan kiri terbuka diletakkan diantara kutub U dan S, sehingga garis-garis gaya yang keluar dari kutub utara menembus telapak tangan kiri dan arus di dalam kawat mengalir searah dengan arah keempat jari, maka kawat itu akan mendapat gaya yang arahnya sesuai dengan arah ibu jari yang diperlihatkan dengan gambar berikut ini.



Gambar 2.2 Prinsip Kerja Motor DC

Pada motor arus searah medan magnet akan dihasilkan oleh medan dengan kerapatan fluks sebesar B. bila kumparan jangkar yang dilingkupi medan magnet dari kumparan medan dialiri arus sebesar I, maka akan menghasilkan suatu gaya F dengan besarnya gaya tersebut adalah :

$$F = B I L 1.10^{-1} \text{ dyne} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

B = kepadatan fluks magnet (Gauss)

L = penghantar (cm)

I = arus listrik yang mengalir (Ampere)

Persamaan di atas merupakan prinsip sebuah motor searah, di mana terjadi proses perubahan energi listrik (I) menjadi energi mekanik (F), bila motor DC memiliki jari-jari sepanjang r, maka kopel yang dibangkitkan adalah:

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} \dots\dots\dots(2.2)$$

Pada saat gaya F dibandingkan, konduktor bergerak dalam medan magnet dan menimbulkan gaya gerak listrik yang merupakan reaksi lawan terhadap tegangan penyebabnya.

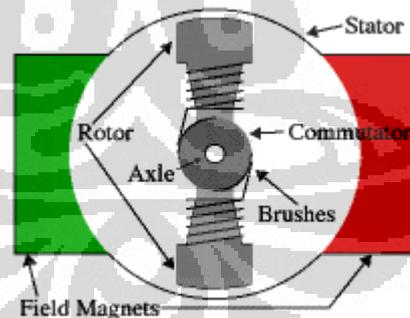
Suatu motor listrik disebut sebagai motor DC jika memerlukan supply tegangan searah pada kumparan jangkar dan kumparan medan untuk di ubah menjadi energi mekanik. Pada motor DC, kumparan medan yang dialiri arus listrik akan menghasilkan medan magnet yang melingkupi kumparan jangkar dengan arah tertentu. Konversi energi listrik yang di ubah menjadi energi mekanik berlangsung melalui medium medan magnet. Energi yang akan diubah dari suatu

sistem yang lainnya, sementara akan di simpan dalam medium medan magnet untuk kemudian dilepaskan menjadi energi sistem yang lainnya. Dengan demikian, medan magnet berfungsi sebagai tempat penyimpanan energi dan mengkopel proses pengubah energi.

Dengan mengingat hukum kekekalan energi, proses konversi energi mekanik dapat dinyatakan sebagai berikut : “Energi listrik sebagai input = Energi mekanik sebagai output + Energi yang diubah sebagai panas + Energi yang tersimpan dalam medan magnet”.

2.4.2 Konstruksi Motor DC

Konstruksi dari sebuah motor DC ditunjukkan seperti pada Gambar 2.3 di bawah ini. Pada motor arus searah rotornya mempunyai kumparan tidak hanya satu, terdiri kumparan dan komutator yang banyak untuk mendapatkan torsi yang terus menerus. Rotor terdiri dari jangkar yang intinya terbuat dari lempengan-lempengan yang ditakik. Susunan lempengan membentuk celah-celah tersebut dimasuki konduktor kumparan jangkar. Ujung tiap-tiap kumparan dihubungkan pada satu *segmen* komutator. Tiap segmen merupakan pertemuan dua ujung kumparan yang terhubung.



Gambar 2.3 Bagian-Bagian Motor DC^[5]

Kumparan penguat dihubungkan seri, jangkar merupakan bagian bergerak yang terbuat dari besi berlaminasi untuk mengurangi rugi-rugi arus *Eddy*. Kumparan jangkar diletakkan pada slot besi di sebelah luar permukaan jangkar. Pada jangkar terdapat komutator yang berbentuk silinder masing-masing diisolasi. Sisi kumparan dihubungkan dengan segmen komutator pada beberapa bagian yang berbeda, tergantung dari tipe lilitan yang diperlukan.

2.4.3 Torsi

Torsi adalah putaran dari suatu gaya terhadap suatu poros. Hal ini dapat diukur dengan hasil kali gaya itu dengan jari-jari lingkaran, di mana gaya itu bekerja. Pada suatu *pulley* dengan jari-jari r meter bekerja suatu gaya F Newton yang menyebabkan *pulley* berputar dengan kecepatan n putaran per detik.

$$\text{Torsi (T)} = F \times r \text{ Newton meter (N-m)} \dots\dots\dots(2.3)$$

Usaha yang dilakukan oleh gaya tersebut pada suatu putaran adalah :

$$\text{Usaha} = \text{gaya} \times \text{jarak}$$

$$\text{Usaha} = F \times 2\pi r \dots\dots\dots(2.4)$$

Daya yang dibangkitkan adalah :

$$\text{Daya} = \text{Usaha} \times n \dots\dots\dots(2.5)$$

Motor, sebagai penggerak utama (*primer-mover*) yang paling sering dipakai umumnya akan bekerja optimal (torsi dan kecepatan putaran paling ideal) pada putaran yang relatif tinggi yang hal ini tidak sesuai bila porosnya dihubungkan langsung ke sendi gerak atau roda. Sebab kebanyakan gerakan yang diperlukan pada sisi anggota robot adalah relative lambat namun bertenaga. Salah satu metode yang paling sering digunakan adalah menggunakan sistem *gear* yaitu transmisi *gear* hubungan langsung, transmisi *gear* hubungan *ohmic* dan transmisi menggunakan *gear-belt*.

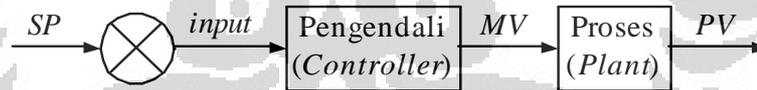
2.5 Teori Kontrol Proporsional Integral Differensial (PID).^[6]

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).

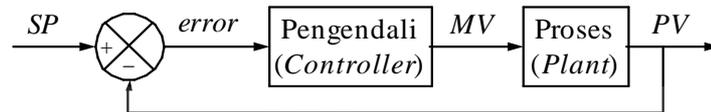
Open Loop Control System atau sistem pengendali *loop* terbuka merupakan sistem pengendalian dimana objek yang dikontrol tidak di-*feedback* ke pengendali, sehingga pengendali hanya akan memberikan output jika diberikan suatu sinyal input. Pengendali jenis ini masih bersifat manual karena tidak akan 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 2.4 menggambarkan sistem pengendali *loop* terbuka (*Open Loop Control System*).



Gambar 2.4 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 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.

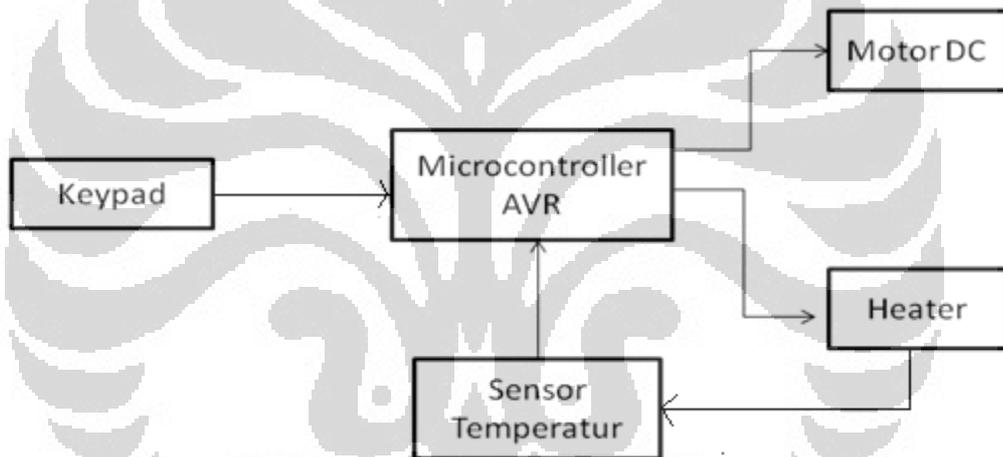
Pengendali proporsional berfungsi untuk mengalikan dan menguatkan sinyal input dengan suatu besaran atau konstanta dengan nilai tertentu. Pengendali proportional juga berfungsi untuk mempercepat proses yang dikendalikan menuju ke keadaan set-point. Kecepatan proses ini sangat bergantung dari besarnya nilai K_p pada pengendali proportional. Pengendali *integral* berfungsi untuk mengurangi dan menghilangkan *steady-state error* yang timbul setelah respon *plant* dari pengendali *proportional* sudah stabil. Dan pengendali *differensial* berfungsi untuk mengurangi respon yang terlalu berlebih yang dapat mengakibatkan *overshoot* pada proses *plant* karena nilai K_p yang terlalu besar pada pengendali *proportional*.

BAB 3 PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM

Pada bab ini akan dibahas mengenai perancangan sistem dan cara kerja dari masing-masing *hardware* dan *software* yang digunakan penulis dalam pembuatan alat ‘Sistem Pengendali Temperatur dan Kecepatan Piringan pada *Digital Rocking Shaker* Berbasis *Microcontroller*’.

3.1 Perancangan Kerja Alat

Alat pengkocok dan pemanas ini dirancang agar dapat mengendalikan temperatur dan kecepatan pergerakan piringan sesuai dengan yang diinginkan. Berikut ini adalah cara kerja sistem secara umum:



Gambar 3.1 Blok Diagram Cara Kerja Alat

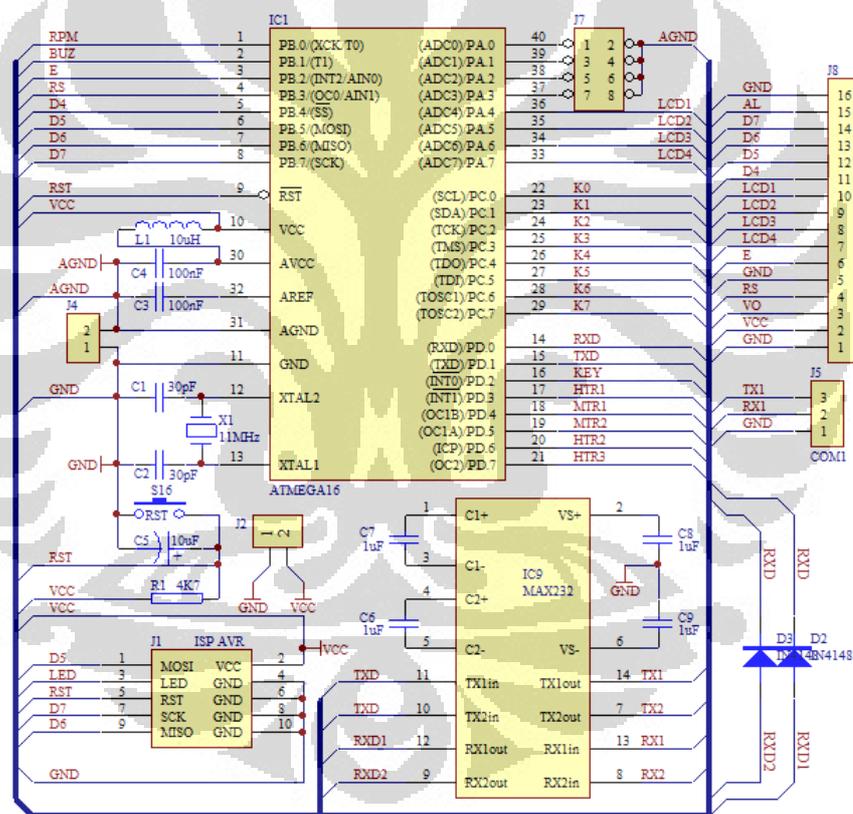
Dari blok diagram diatas terdapat *keypad* sebagai data *tranceiver* untuk mengirim nilai *Set Point* (SP) yang berupa bilangan ke dalam *microcontroller* dan menampilkan nilai *Process Variable* (PV). Proses pengendalian motor dan temperaturnya terjadi di dalam *microcontroller* lalu dikirim ke *actuator*. Sensor temperatur akan membaca suhu *heater* dan mengirimnya balik ke *microcontroller* untuk dibandingkan dengan *Set Point*.

3.2 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Pada pembuatan alat pengendali kecepatan gerakan piringan dan temperatur pada *digital rocking shaker* ini terdapat perangkat keras (*hardware*) yang terdiri dari rangkaian *minimum system*, *driver motor*, *cold junction*, dan *keypad*.

3.2.1 Rangkaian *Minimum System*

Alat ini menggunakan *microcontroller* Atmega16 untuk pengendaliannya. Di dalam rangkaian *minimum system* menggunakan kristal 11MHz dan terdapat ISP AVR.



Gambar 3.2 Rangkaian Microcontroller

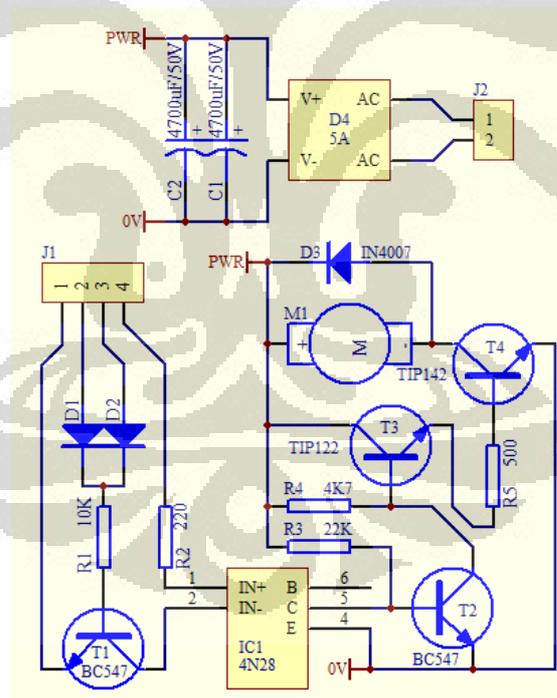
Rangkaian ini dibutuhkan agar dapat mengisi (*me-download*) program yang telah dibuat. Program tersebut meliputi program pengendalian suhu dan kecepatan serta pengiriman data komunikasi serial. Port yang digunakan pada

microcontroller Atmega16 adalah Port A untuk LCD, Port C untuk *keypad*, lalu Port D untuk komunikasi, heater, dan motor.

Rangkaian minsis ini menggunakan IC mikrokontroler Atmega16, alasan penulis memakai Atmega16 karena IC ini terdapat ADC dan memiliki kapasitas memori yang cukup besar. Ketiga timer penulis menggunakan untuk melengkapi program pengendalian pada *Digital Rocking Shaker*, yang berfungsi sebagai *timer* PWM, *timer* pewatu sampling, dan *timer counter*.

3.2.2 Rangkaian pengendali Motor DC

Sebuah motor DC dapat dipercepat putarannya dengan menambahkan nilai tegangan yang melalui kumparan kawat pada motor DC. Pada sistem elektronik ini dapat dibuat suatu rangkaian pengendli yang dapat mempercepat putaran motor secara otomatis dengan cara mengatur lebar dari pulsa (*Pulse Width Modulation*).



Gambar 3.3 Rangkaian Driver Motor DC

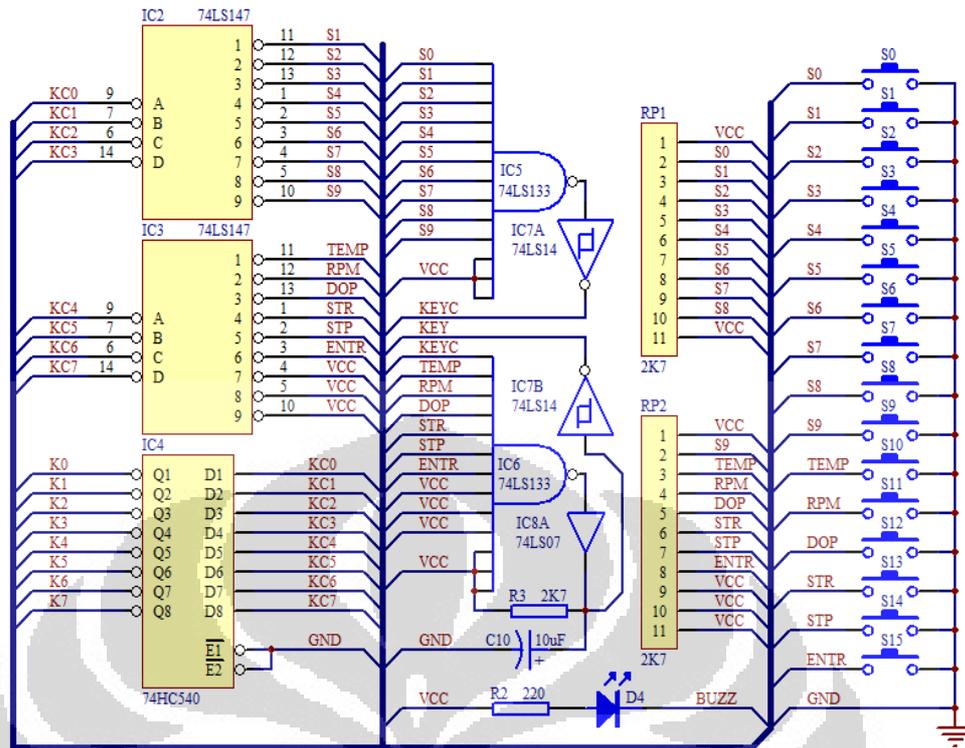
Transistor pada rangkaian pengendali motor DC ini digunakan sebagai saklar elektronik. Bila dimasukkan logika 1 pada input maka T1, T3, T4 akan saturasi dan arus akan mengalir menghidupkan motor. IC 4N28 adalah sensor *optocoupler* yang digunakan sebagai pengaman agar tidak ada tegangan lebih

masuk ke mikro karena perbedaan tegangan cukup besar (5V dari mikro dan 24V dari *supply* motor).

3.2.3 Rangkaian *Cold Junction*

Rangkaian ini menggunakan IC TL082 sebagai penguat dan TL081 sebagai *offset null*. Manfaat dari rangkaian cold junction adalah tidak dibutuhkan suhu 0°C sebagai suhu referensi. Disini LM35 digunakan sebagai tegangan referensi masukan dengan nilai bervariasi sesuai dengan suhu ruangan.

Thermocouple yang digunakan pada alat ini menggunakan rangkaian *cold junction* yang harus dikalibrasi terlebih dahulu. Hubungan antara rangkaian TL081 dan rangkaian LM35 diputus, lalu di periksa bila ada tegangan pada output. Bila terdapat tegangan, maka diatur menjadi 0. Tegangan ini disebut tegangan *offset*, atau tegangan lebih yang keluar bila input sama dengan 0. Keluaran pada rangkaian LM35 adalah 300mV bila suhu ruangan adalah 30°C karena besar temperatur akan sama dengan besar tegangan, dengan kenaikan 10mV/°C. *Thermocouple* dihubungkan ke rangkaian dan dicelupkan ke dalam air mendidih. Potensio diatur agar keluaran merupakan selisih dari temperatur suhu ruangan dan temperatur air mendidih yaitu 700mV. Rangkaian LM35 lalu dihubungkan dengan rangkaian *thermocouple* dan keluarannya adalah 1V.



Gambar 3.5 Rangkaian Keypad

Rangkaian keypad ini terdapat 16 buah keypad yang mempunyai fungsi-fungsi berbeda yaitu sebagai fungsi angka 0 sampai 9 dan juga sebagai fungsi untuk memberikan perintah Temperatur, Rpm, Time, ENTER, STR dan STP.

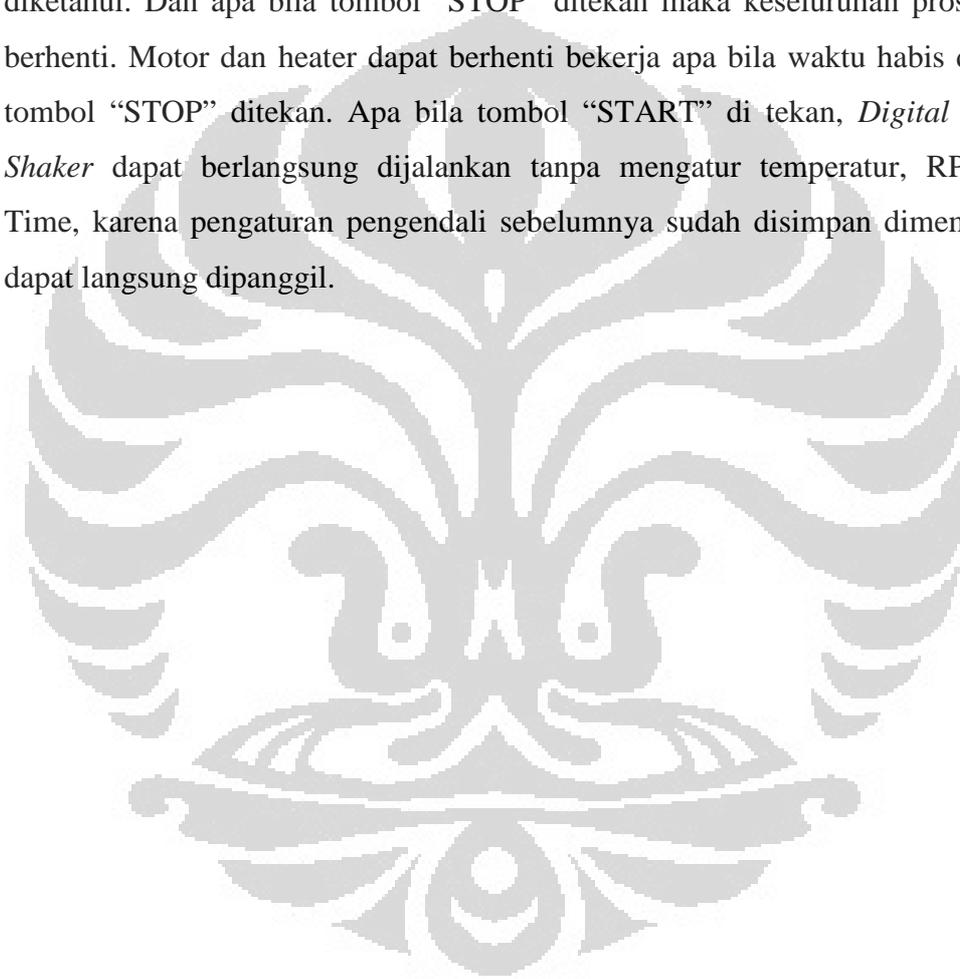
3.3 Perancang Perangkat Lunak (*Software*)

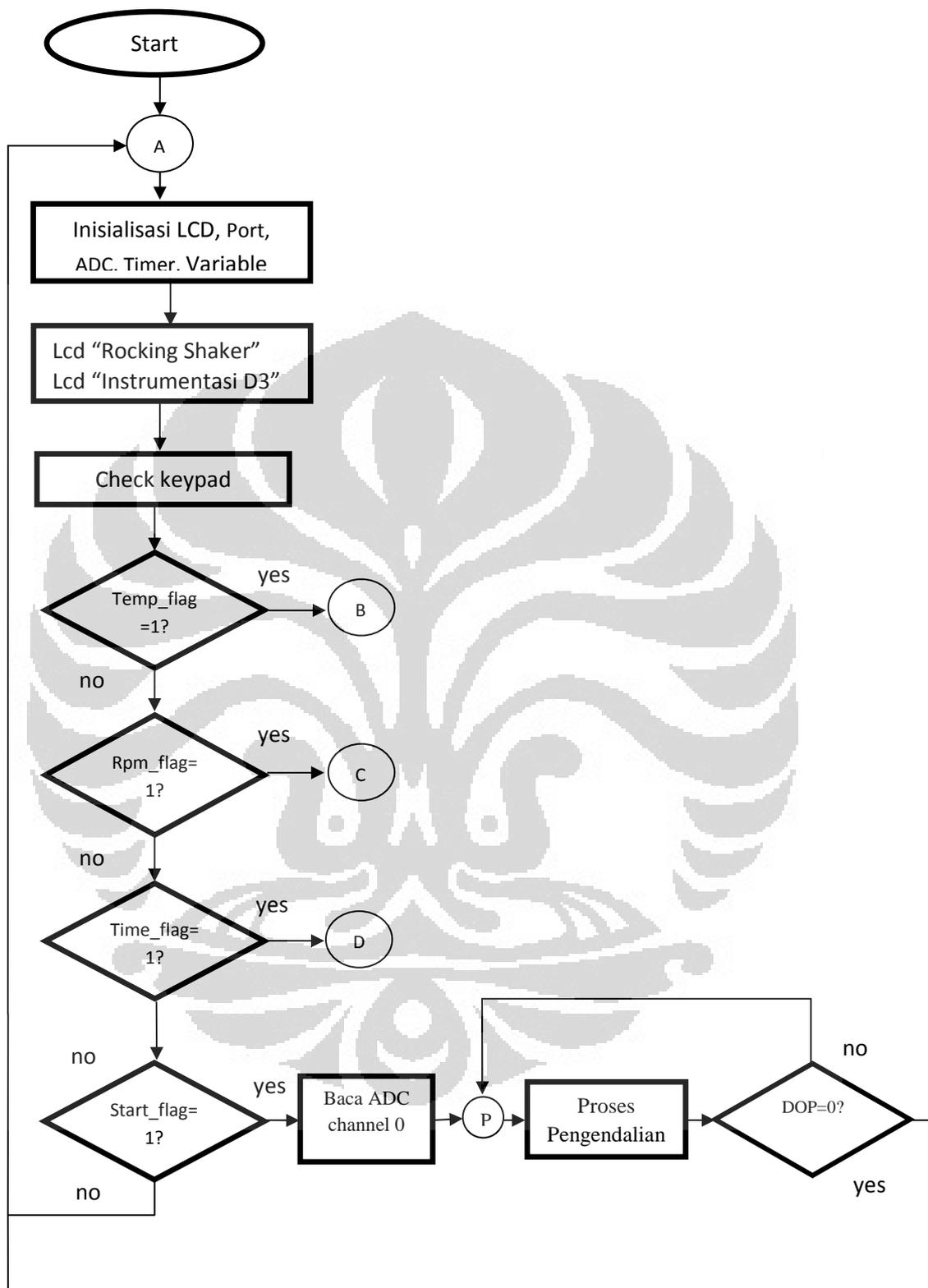
Pada alat ini menggunakan perangkat lunak (*software*) didalam pengendaliannya. Software yang digunakan adalah Bascom AVR dan pengambilan data menggunakan *hyperterminal*. Setelah mendapatkan model dan mengetahui fungsi transfers dari data temperatur dengan menggunakan metode *Direct Synthesis* maka dibuat program Bascom AVR untuk mengendalikan sistem tersebut. Selain itu menggunakan kabel serial untuk komunikasinya.

3.3.1 Flowchart Proses pada Rangkaian Keypad

Flowchart dibawah dapat dijelaskan bahwa pada awal proses, program akan menginisialisai variabel-variabel yang digunakan pada program keypad tersebut, pada keadaan awal ini LCD akan menampilkan tulisan “ROCKING

SHAKER D3 INSTRUMENTASI” lalu proses selanjutnya dengan memasukkan nilai parameter Temp, Time, dan Power. Setelah memasukkan nilai-nilai *setpoint* tersebut, akan disimpan setelah menekan tombol “ENTER”. Ketika tombol “START” ditekan, maka seluruh proses kerja alat akan berjalan. Apa bila alat sedang bekerja, perubahan masukan hanya dapat dilakukan perubahan temperatur, Rpm, dan Time. Saat proses berjalan, data dikirimkan ke Bascom Atmega16 untuk ditampilkan pada LCD. Sehingga perubahan data saat proses berjalan dapat diketahui. Dan apa bila tombol “STOP” ditekan maka keseluruhan proses akan berhenti. Motor dan heater dapat berhenti bekerja apa bila waktu habis dan atau tombol “STOP” ditekan. Apa bila tombol “START” di tekan, *Digital Rocking Shaker* dapat berlangsung dijalankan tanpa mengatur temperatur, RPM, dan Time, karena pengaturan pengendali sebelumnya sudah disimpan dimemori dan dapat langsung dipanggil.

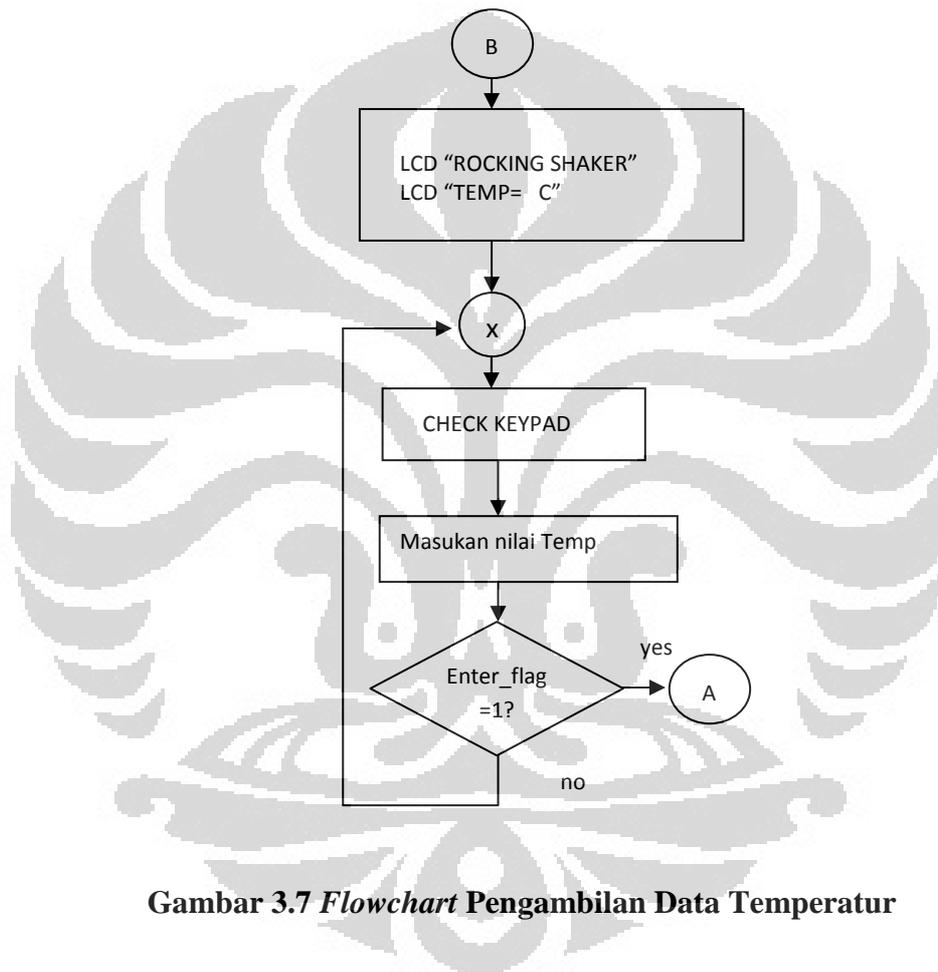




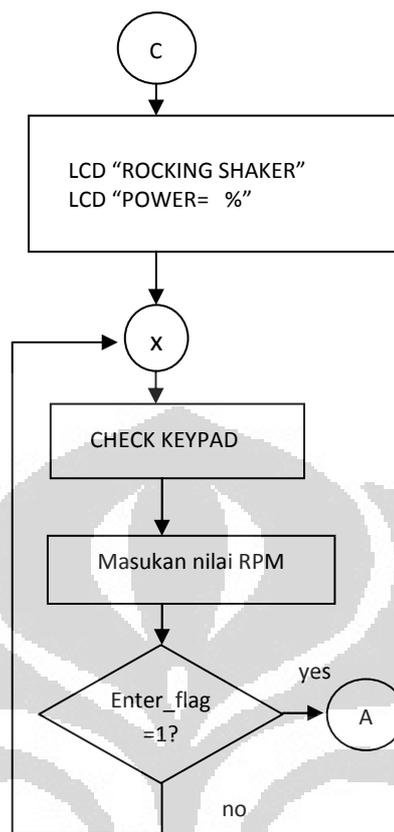
Gambar 3.6 Flowchart Program Keypad

3.3.2 Flowchart Pengambilan Data

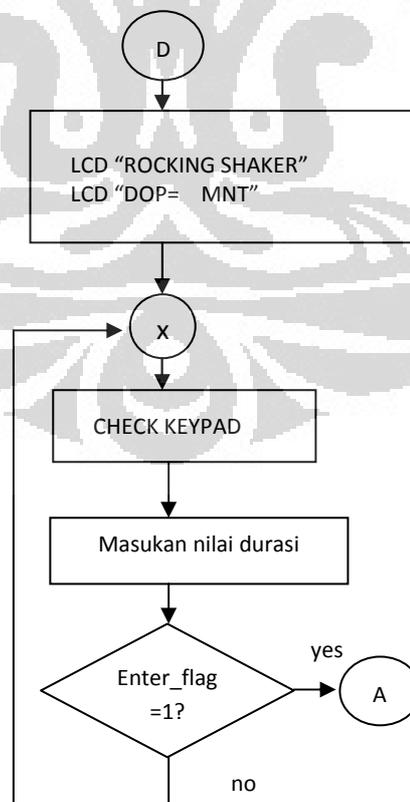
Terdapat tiga *flowchart* untuk mengambil data, yaitu untuk mengambil data temperatur, RPM, dan waktu. Bila salah satu dari tombol perintah ditekan maka *lowerline* pada LCD akan berubah sesuai dengan tombol yang ditekan. Nilai temperatur, RPM, dan waktu yang diinginkan dimasukkan dan sistem akan menunggu hingga tombol ENTER ditekan. Setelah tombol ENTER ditekan maka nilai tersebut tersimpan dalam eeprom dan sistem balik ke awal program.



Gambar 3.7 *Flowchart* Pengambilan Data Temperatur



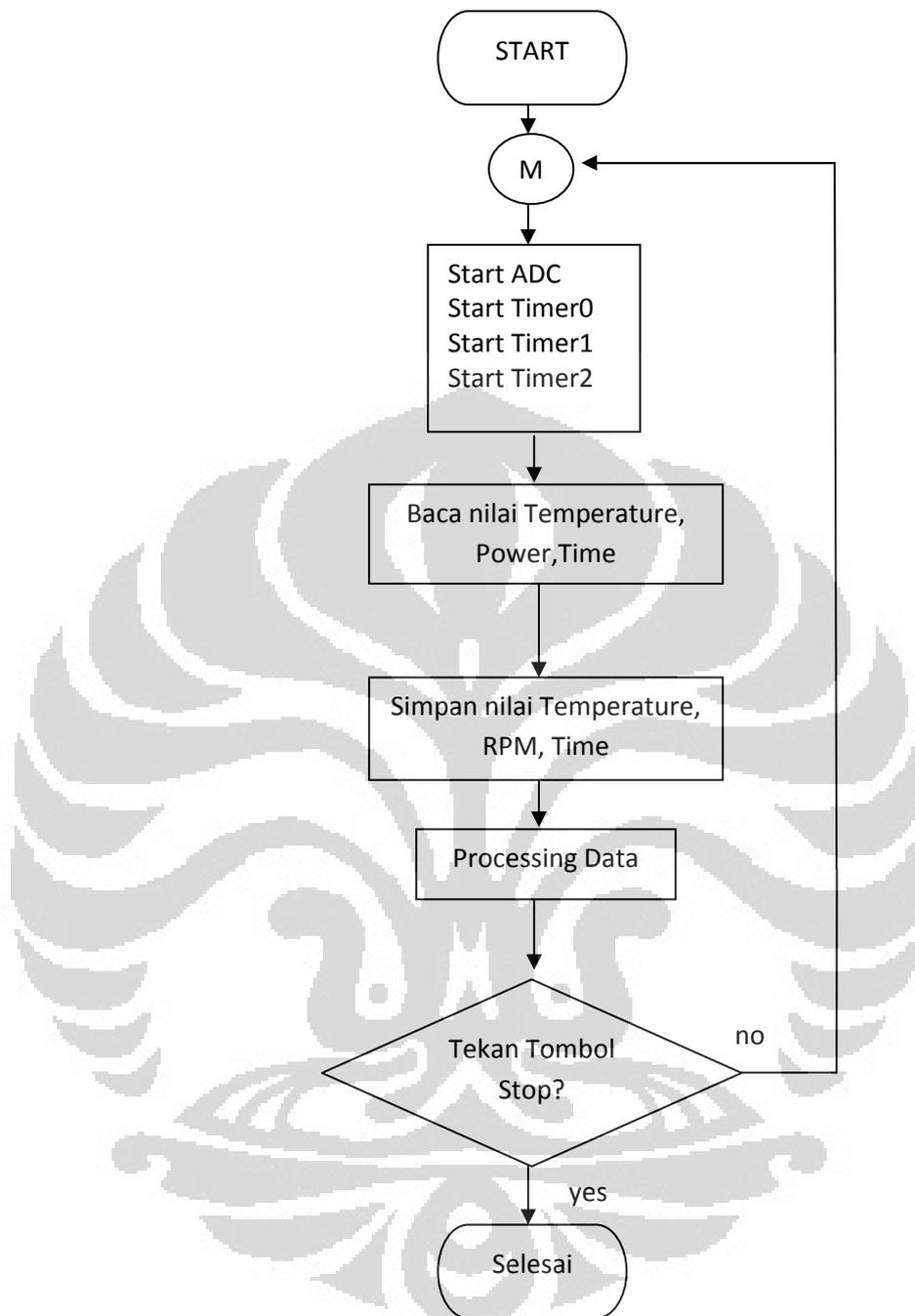
Gambar 3.8 Flowchart Pengambilan Data Kecepatan Motor



Gambar 3.9 Flowchart Pengambilan Data Duration of Operation

3.3.3 Flowchart Program Pada Sistem Minimum Atmega16

Pada *flowchart* dibawah adalah pengendali untuk *heater* dimana pada Atmega 16 ini inputnya dari keypad. Awalnya Atmega 16 ini menginisialisasi perintah dari keypad yaitu mengisi data yang akan dimasukkan kedalam rumus untuk dijalankan. Apabila temperatur, RPM, dan Time sudah disimpan pada eeprom, maka data-data tersebut akan diolah untuk diproses. Kp, Ti, dan Td yang telah ditentukan akan diolah AVR kedalam rumus bersamaan PID, sedangkan data-data temperatur, RPM, dan Time akan langsung dibandingkan untuk dijalankan karena didalam program AVR telah terdapat persamaan yang telah diambil dari pengambilan dari data alat sebelumnya. Data-data pada eeprom adalah data input dari keypad. Apa bila sudah membaca data pada eeprom AVR akan membaca nilai SP yaitu nilai untuk mengendalikan alat. Nilai SP ini juga inputan dari keypad setelah membaca nilai SP kemudian di-*Start* maka AVR akan memproses data-data tersebut hingga nilai dari semua data terpenuhi. Proses ini akan berjalan terusmenerus sampai program di STOP, atau waktu telah habis. Pengendalian temperature dilakukan dengan mengendalikan tegangan yang lewat pada Solid State Relay (SSR), sehingga SSR akan otomatis nyala mati untuk menstabilkan tegangan untuk heater sesuai dengan perintah pada persamaan PID yang ada pada mikrokontroler. Akan tetapi untuk motor, pengendalian dilakukan dengan mengatur pulsa yang terdapat pada motor DC yang menggunakan PWM



Gambar 3.10 *Flowchart* Program Pengendali

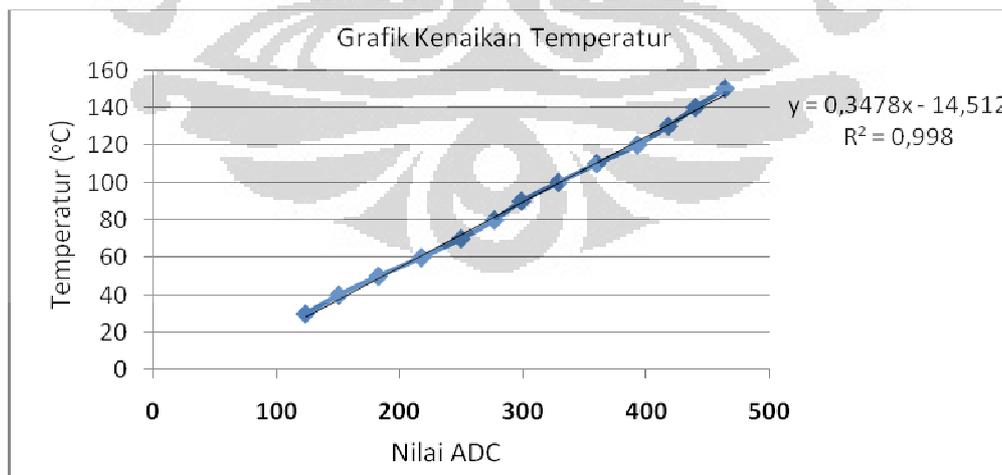
BAB 4 DATA PERCOBAAN DAN ANALISA

Pembahasan pada bab 4 laporan tugas akhir penelitian ini adalah mengenai pengujian sistem dan analisa data penelitian. Dalam bab ini, akan dibahas tentang bagaimana proses dan cara pengambilan data penelitian yang dilakukan penulis. Pengujian-pengujian tersebut meliputi:

- Pengujian *Thermocouple*
- Pengujian Motor
- Pengujian Sistem Pengendalian dengan Kurva Reaksi

4.1 Pengujian *Thermocouple*

Pengujian *thermocouple* bertujuan untuk mengetahui besar ADC yang diukur oleh *thermocouple* bila pada *heater* diberikan daya mencapai 100%. Pengujian dilakukan dari suhu ruangan hingga 100°C dengan interval 10°C, naik dan turun. Pengukuran temperaturnya diukur oleh termometer digital dan nilai ADC akan didapatkan melalui *hyperterminal*. Pengambilan data ADC dilakukan sebanyak 3 kali. Dan dari seluruh percobaan, didapat persamaan yang paling mendekati linier. Dimana ADC sama dengan nilai temperatur yang terukur pada termometer.



Gambar 4.1 Grafik Temperatur Rata-Rata

Persamaannya adalah:

$$y = 0,3478x + 14,512 \dots\dots\dots(4.1)$$

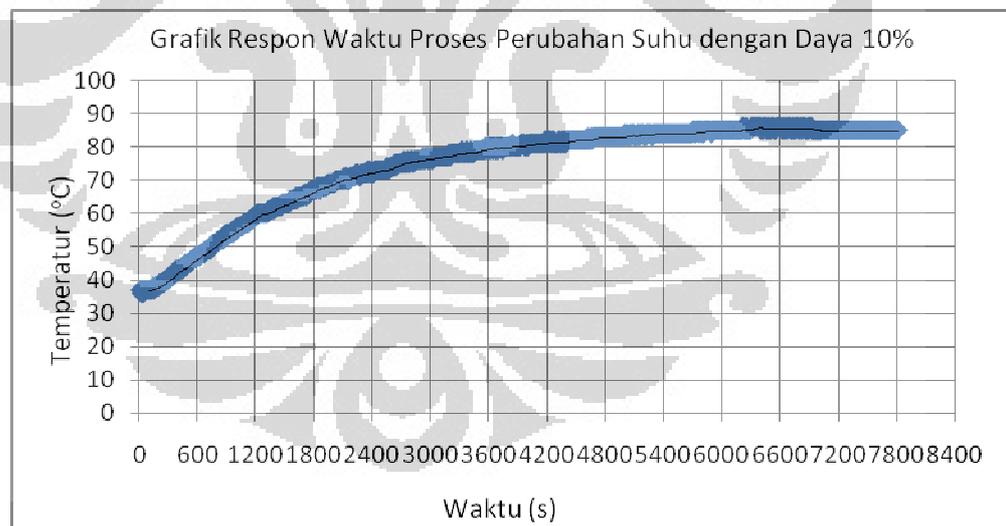
$$R^2 = 0,998$$

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

$$x = \frac{y - 14,512}{0,3478} \dots\dots\dots(4.2)$$

Dimana y adalah nilai temperatur yang terukur pada termometer digital dan x adalah nilai bit dari ADC. Dari persamaan garis didapatkan nilai $R^2 = 0,998$, 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 10%. Dengan demikian didapatkan grafik:



Gambar 4.2. Respon Waktu Proses Perubahan Temperatur

Dari grafik di atas dibuat model untuk mendapatkan persamaannya, dengan menggunakan metode *Direct Synthesis*, yaitu:



Gambar 4.3 Grafik Untuk Perhitungan dengan Metode *Direct Synthesis*

Bila dilihat grafik di atas maka dapat diketahui nilai $\theta=250$, $\tau = 2150$, $\tau_c = 2350$, $\Delta MV=10-0=10\%$, dan $\Delta PV=85-37=48$. Fungsi tranfers dari sistem lalu dapat dicari dengan menggunakan metode *Direct Synthesis* dengan memperoleh nilai K_p , T_d , T_i terlebih dahulu dengan rumus dibawah:

$$T_i = \frac{\theta}{2} + \tau \dots\dots\dots(4.3)$$

$$= 2275$$

$$T_d = \frac{\tau}{2 \left(\frac{\tau}{\theta} \right) + 1} \dots\dots\dots(4.4)$$

$$= 118.13$$

$$K_p = \frac{1}{K} \times \frac{2 \left(\frac{\tau}{\theta} \right) + 1}{2 \left(\frac{\tau_c}{\theta} \right) + 1} \dots\dots\dots(4.5)$$

$$= 0.18$$

Dengan demikian persamaannya didapat :

$$MV = 0.3 \left(E + \frac{1}{2200} \int Edt + 95.5 \frac{dE}{dt} \right) \dots\dots\dots(4.6)$$

Setelah itu nilai dari persamaan yang telah didapatkan dimasukkan ke dalam program pengendalian dan diuji kembali dengan *set point* 40°C. Hasilnya dapat dilihat pada tabel pada lampiran.

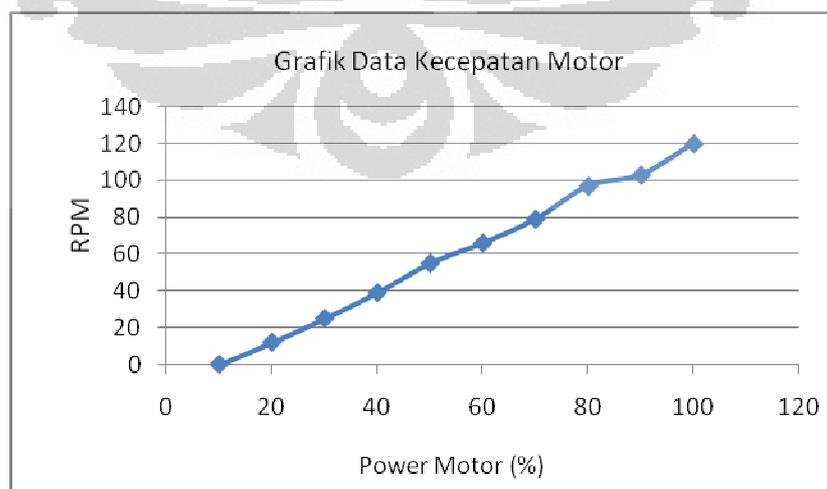
Dapat dilihat bahwa terjadi *overshoot* dan selisih antara *set point* dan suhu pada proses adalah 3 °C. Oleh karena itu, sistem pengendalian ini belum dapat dikatakan baik.

4.2 Pengujian Motor

Motor DC bertujuan untuk mengetahui nilai respon yang dihasilkan oleh putaran motor dengan input tegangan yang berbeda. Tegangan motor 0-24V. Dari *range* tegangan tersebut, dapat dilakukan pengaturan tegangan untuk mengatur kecepatan putar motor. Akan tetapi dapat juga dilakukan dengan pengaturan lebar pulsa pada motor yang terukur oleh *shaft encoder*.

Pengaturan lebar pulsa dilakukan menggunakan PWM (*Pulse Width Modulation*), dimana cara ini memanfaatkan besar persentase *duty cycle* pada pulsa. Semakin banyak pulsa *high* pada motor, maka kecepatan motor akan semakin tinggi. Dan apabila pulsa *low* lebih banyak, maka motor akan cenderung lambat.

Motor DC yang digunakan pada alat ini menghasilkan nilai rpm maksimum 120 pada tegangan 24V. Untuk mengendalikan kecepatan motor, nilai persentase *power* yang akan digunakan oleh motor diatur melalui *keypad*. Grafik berikut menunjukkan kecepatan motor terhadap persentase *power*.



Gambar 4.4 Grafik Data Kecepatan Motor

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab 5 merupakan bab terakhir yang ditulis oleh penulis pada penyusunan dan penulisan laporan tugas akhir penelitian yang membahas tentang kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran yang ditulis, merupakan fakta dan kenyataan yang harus dihadapi penulis dalam proses pengendalian, pengujian sistem, dan pengambilan data pada saat berlangsungnya kegiatan penelitian.

Kesimpulan

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

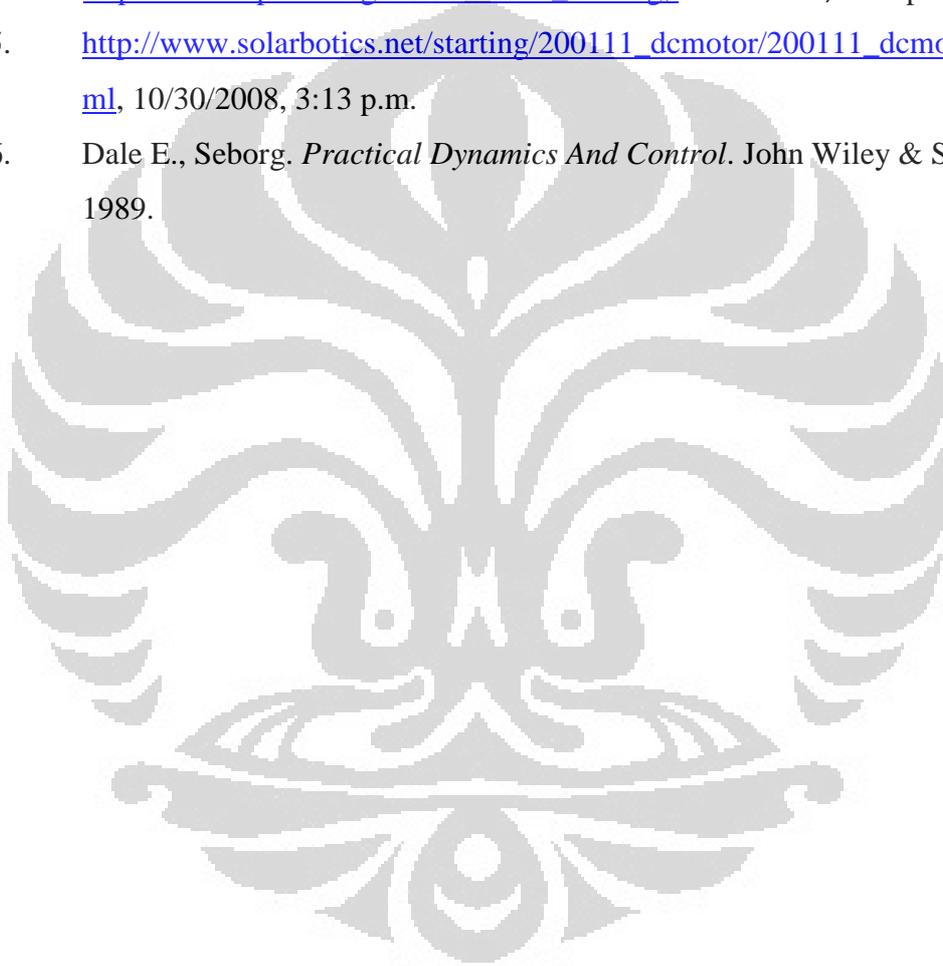
1. Diperoleh nilai $R^2 = 0.998$ yang berarti bahwa sensor suhu bekerja dengan baik.
2. Alat ini menggunakan ADC 10 bit.
3. Alat ini menggunakan sensor temperatur *thermocouple* tipe K.
4. Semakin besar tegangan input yang diberikan pada motor, maka banyak putaran motor akan semakin besar.
5. Bila dikasih daya 10% suhu akan stabil saat 85°C .
6. Dengan metode *direct synthesis* didapat persamaan pengendali berupa pengendali PID struktur *mix* dengan nilai $T_d = 118.13$ dan $T_i = 2275$, $K_p = 0.18$.
7. Sistem belum bekerja dengan sempurna karena respon pada pengendalian cukup lambat dan terjadi *overshoot*.

Saran

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

DAFTAR ACUAN

1. <http://www.omega.com>, Thermocouple introducing and theory, 10/14/2008, 7:20 p.m.
2. <http://en.wikipedia.org/wiki/Thermocouple>, 9/27/2008, 1:30 p.m.
3. <http://www.toko-elektronika.com/tutorial/pcinterfacing.htm>, 10/14/2008, 7:45 p.m
4. http://en.wikipedia.org/wiki/Electric_heating, 10/30/2008, 2:00 p.m.
5. http://www.solarbotics.net/starting/200111_dcmotor/200111_dcmotor2.html, 10/30/2008, 3:13 p.m.
6. Dale E., Seborg. *Practical Dynamics And Control*. John Wiley & Sons Inc, 1989.



LAMPIRAN

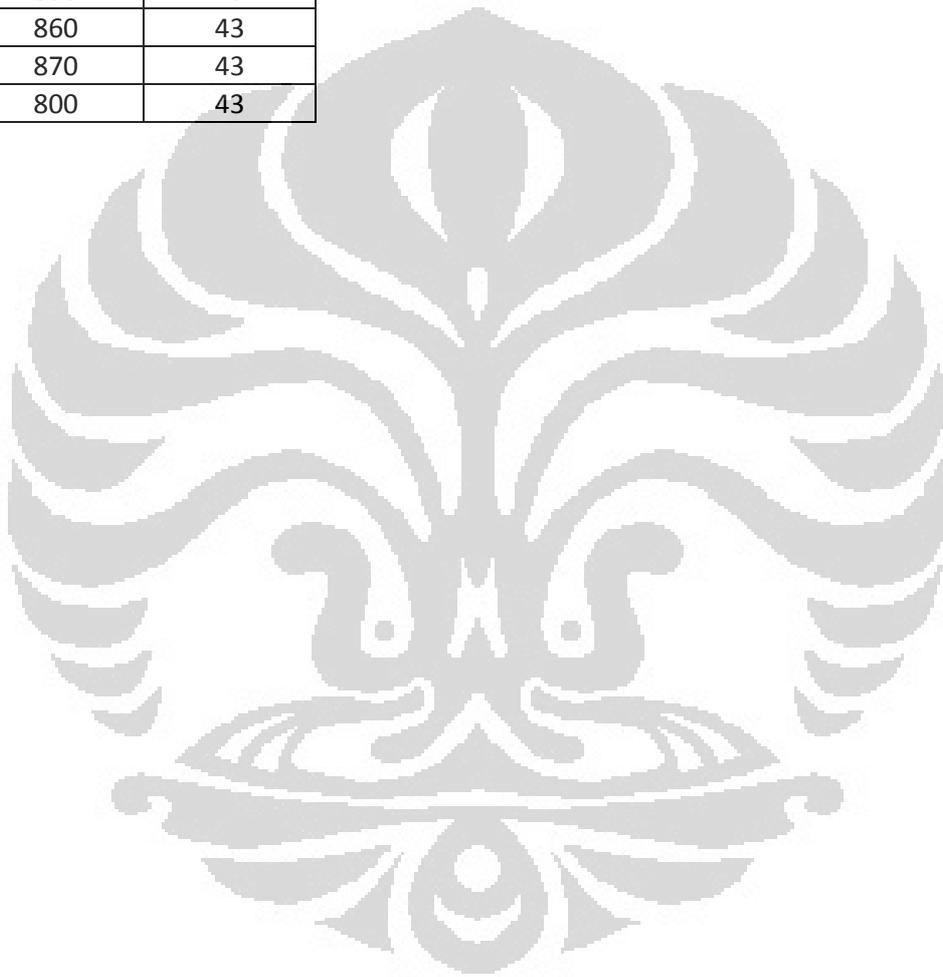


Tabel Data Hasil Pengendalian Suhu

| Waktu (s) | Temp (°C) | Waktu (s) | Temp (°C) |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 10 | 30 | 390 | 38 |
| 20 | 30 | 400 | 39 |
| 30 | 30 | 410 | 38 |
| 40 | 30 | 420 | 38 |
| 50 | 31 | 430 | 39 |
| 60 | 31 | 440 | 39 |
| 70 | 31 | 450 | 39 |
| 80 | 32 | 460 | 40 |
| 90 | 32 | 470 | 40 |
| 100 | 32 | 480 | 40 |
| 110 | 32 | 490 | 40 |
| 120 | 33 | 500 | 41 |
| 130 | 32 | 510 | 41 |
| 140 | 33 | 520 | 41 |
| 150 | 33 | 530 | 42 |
| 160 | 33 | 540 | 42 |
| 170 | 33 | 550 | 42 |
| 180 | 34 | 560 | 42 |
| 190 | 34 | 570 | 43 |
| 200 | 34 | 580 | 43 |
| 210 | 34 | 590 | 43 |
| 220 | 34 | 600 | 43 |
| 230 | 35 | 610 | 43 |
| 240 | 35 | 620 | 43 |
| 250 | 35 | 630 | 43 |
| 260 | 35 | 640 | 43 |
| 270 | 35 | 650 | 43 |
| 280 | 36 | 660 | 43 |
| 290 | 36 | 670 | 44 |
| 300 | 36 | 680 | 44 |
| 310 | 36 | 690 | 44 |
| 320 | 37 | 700 | 44 |
| 330 | 37 | 710 | 44 |
| 340 | 37 | 720 | 44 |
| 350 | 37 | 730 | 44 |
| 360 | 38 | 740 | 44 |
| 370 | 38 | 750 | 44 |
| 380 | 38 | 760 | 44 |

Lampiran 1: Data Hasil Pengambilan Suhu (Lanjutan)

| Waktu (s) | Temp (°C) |
|-----------|-----------|
| 770 | 44 |
| 780 | 43 |
| 790 | 43 |
| 810 | 44 |
| 820 | 43 |
| 830 | 43 |
| 840 | 43 |
| 850 | 43 |
| 860 | 43 |
| 870 | 43 |
| 800 | 43 |



Tabel Data Motor

| Power Motor (%) | Tegangan (V) | RPM |
|-----------------|--------------|-----|
| 10 | 2.4 | 0 |
| 20 | 4.8 | 12 |
| 30 | 7.2 | 25 |
| 40 | 9.6 | 39 |
| 50 | 12 | 55 |
| 60 | 14.4 | 66 |
| 70 | 14.8 | 79 |
| 80 | 19.2 | 97 |
| 90 | 21.6 | 103 |
| 100 | 24 | 120 |

\$regfile = "m16DEF.dat"

\$crystal = 11059200

\$baud = 19200

On Int0 Keypad_pressed

On Ovf2 Time_base

Enable Interrupts

Enable Int0

Enable Ovf2

Config Int0 = Falling

Config Timer1 = Pwm , Pwm = 10 , Compare A Pwm = Clear Down , Compare B
Pwm = Clear Down , Prescale = 256

Config Timer2 = Timer , Prescale = 8

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 Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Internal

Config Portc = Input

Config Portd.2 = Input

Config Portd.3 = Output

Config Portd.6 = Output

Config Portd.7 = Output

Config Portb.1 = Output

Buzzer Alias Portb.1

Pressed Alias Pind.2

Heater1 Alias Portd.3

Heater2 Alias Portd.6

Heater3 Alias Portd.7

Dim Temp_flag As Bit

Dim Rpm_flag As Bit

Dim Time_flag As Bit

Dim Start_flag As Bit

Dim Stop_flag As Bit

Dim Enter_flag As Bit

Dim Balik As Bit

Dim Ulang As Bit

Dim Periode_1m_flag As Bit

Dim Periode_100ms_flag As Bit

Dim Periode_1s_flag As Bit

Dim Keypad As Byte

Dim Periode_10ms As Byte

Dim Periode_100ms As Byte

Dim Periode_1s As Byte

Dim Periode_1m As Byte

Dim Cacahan As Byte

Dim Temperature As Byte
Dim Mv_var As Word
Dim Power_heater As Byte
Dim Iterasi As Byte
Dim Tengah As Byte
Dim Speed As Word
Dim Speed_var As Word
Dim Duration As Word
Dim Duration_var As Word
Dim Nilai_adc As Word
Dim Nilai_temp As Single
Dim Sp As Single
Dim Pv As Single
Dim Error As Single
Dim Error_old As Single
Dim Mv As Single
Dim Mv_p As Single
Dim Mv_i As Single
Dim Mv_d As Single
Dim Kp As Single
Dim Ti As Single
Dim Td As Single
Dim Sigma_error_kp As Double
Dim Wind_up_limit As Double
Dim Delta_error As Single
Dim Temp_lcd As Word

```
Dim Duration_chr As String * 4
```

```
$eprom
```

```
Data_shaker:
```

```
Data 30 , 60 , 0
```

```
$data
```

```
Set Buzzer
```

```
Main_prog:
```

```
Pwm1a = 0
```

```
Pwm1b = 0
```

```
Reset Heater1
```

```
Reset Heater2
```

```
Reset Heater3
```

```
Temp_flag = 0
```

```
Rpm_flag = 0
```

```
Time_flag = 0
```

```
Start_flag = 0
```

```
Stop_flag = 0
```

```
Enter_flag = 0
```

```
Readeeprom Temperature , Data_shaker
```

```
Readeeprom Speed
```

```
Readeeprom Duration
```

```
Cursor Off
Cls
Locate 1 , 1
Lcd " ROCKING SHAKER "
Locate 2 , 1
Lcd "D3 INSTRUMENTASI"
Wait 1
Reset Buzzer
Balik = 1
Do
Pwm1a = 0
Pwm1b = 0
Reset Heater1
Reset Heater2
Reset Heater3
Loop Until Balik = 0
If Temp_flag = 1 Then Goto Temp_prog
If Rpm_flag = 1 Then Goto Rpm_prog
If Time_flag = 1 Then Goto Time_prog
If Start_flag = 1 Then Goto Start_prog
Goto Main_prog

Keypad_pressed:
Keypad = Pinc
Set Buzzer
Waitms 100
```

Reset Buzzer

If Keypad > 15 Then

Keypad = Keypad / 16

Select Case Keypad

Case 1:

Temp_flag = 1

Case 2:

Rpm_flag = 1

Case 3:

Time_flag = 1

Case 4:

Start_flag = 1

Case 5:

Stop_flag = 1

End Select

Balik = 0

End If

Return

Start_prog:

```
Speed_var = 0
Temp_lcd = 0
Duration_chr = Str(duration)
Locate 2 , 1
Lcd "      "
Locate 2 , 1
Lcd "R=" ; Temperature
Locate 2 , 12
Lcd "C=" ; Temp_lcd
Tengah = Len(duration_chr) / 2
Tengah = 9 - Tengah
Locate 2 , 6
Lcd "      "
Locate 2 , Tengah
Lcd Duration
Start Timer1
Start Timer2
Start Adc
Error = 0
Kp = 0.52
Ti = 700
Td = 63
Stop_flag = 0
Duration_var = Duration
Sigma_error_kp = 0
Do
```

```
If Periode_100ms_flag = 1 Then
```

```
  If Duration > 0 Then
```

```
    If Periode_1m_flag = 1 Then
```

```
      Duration_var = Duration_var - 1
```

```
      Periode_1m_flag = 0
```

```
      If Duration_var = 0 Then
```

```
        Stop_flag = 1
```

```
      Else
```

```
        Stop_flag = 0
```

```
      End If
```

```
    End If
```

```
  End If
```

```
  Speed_var = 10.23 * Speed
```

```
  Pwm1a = Speed_var
```

```
  Pwm1b = Speed_var
```

```
  Duration_chr = Str(duration_var)
```

```
  Tengah = Len(duration_chr) / 2
```

```
  Tengah = 9 - Tengah
```

```
  Locate 2 , 6
```

```
  Lcd "  "
```

```
  Locate 2 , Tengah
```

```
  Lcd Duration_var
```

```
  Periode_100ms_flag = 0
```

```
End If
```

```
If Periode_1s_flag = 1 Then
```

```
  Periode_1s_flag = 0
```

```

Error_old = Error
Nilai_adc = Getadc(0)
Nilai_temp = Nilai_adc * 0.3478
Nilai_temp = Nilai_temp - 20.512
Nilai_temp = Round(nilai_temp)
Temp_lcd = Nilai_temp
Sp = Temperature / 2.5
Pv = Nilai_temp / 2.5
Error = Sp - Pv
Mv_p = Kp * Error
Sigma_error_kp = Sigma_error_kp + Mv_p
Wind_up_limit = 100 * Ti
Delta_error = Error - Error_old
If Sigma_error_kp > Wind_up_limit Then Sigma_error_kp = Wind_up_limit
If Sigma_error_kp < 0 Then Sigma_error_kp = 0
Mv_i = Sigma_error_kp / Ti
Mv_d = Td * Kp
Mv_d = Mv_d * Delta_error
Mv = Mv_p + Mv_i
Mv = Mv + Mv_d
If Mv > 100 Then Mv = 100
If Mv < 1 Then Mv = 1
Mv_var = Mv

Locate 2 , 14
Lcd " "

```

```
Locate 2 , 14
Lcd Temp_lcd
End If
Loop Until Stop_flag = 1
Goto Main_prog

Time_base:
Periode_10ms = Periode_10ms + 1
If Periode_10ms = 54 Then
    Periode_10ms = 0
    Periode_100ms = Periode_100ms + 1
    Power_heater = Power_heater - 1
    If Power_heater = 0 Then
        Power_heater = 1
        Reset Heater1
        Reset Heater2
        Reset Heater3
    Else
        Set Heater1
        Set Heater2
        Set Heater3
    End If
    If Periode_100ms = 10 Then
        Periode_100ms_flag = 1
        Periode_100ms = 0
        Periode_1s = Periode_1s + 1
```

```
If Periode_1s = 10 Then
    Periode_1s_flag = 1
    Periode_1s = 0
    Power_heater = Mv_var
    Periode_1m = Periode_1m + 1
    If Periode_1m = 60 Then
        Periode_1m = 0
        Periode_1m_flag = 1
    End If
End If
End If
End If
Return

Temp_prog:
Disable Interrupts
Ulang = 1
Iterasi = 0
Bitwait Pressed , Set
Lowerline
Lcd "      "
Locate 2 , 1
Lcd "TEMP = " ; Temperature ; " " ; Chr(223) ; "C"
Do
    Bitwait Pressed , Reset
```

```
Keypad = Pinc
Set Buzzer
Waitms 100
Reset Buzzer
If Keypad < 16 Then
  Iterasi = Iterasi + 1
  If Iterasi = 1 Then
    Temperature = Keypad
  Else
    Temperature = 10 * Temperature
    Temperature = Temperature + Keypad
  End If
End If
Locate 2 , 1
Lcd "      "
Locate 2 , 1
Lcd "TEMP = " ; Temperature ; " " ; Chr(223) ; "C"
Bitwait Pressed , Set
If Keypad > 15 Then
  Keypad = Keypad / 16
  If Keypad = 6 Then
    Ulang = 0
    Writeeprom Temperature , Data_shaker
  End If
End If
```

Loop Until Ulang = 0

Enable Interrupts

Goto Main_prog

Rpm_prog:

Disable Interrupts

Ulang = 1

Iterasi = 0

Bitwait Pressed , Set

Lowerline

Lcd " " "

Locate 2 , 1

Lcd "POWER = " ; Speed ; " %"

Do

Bitwait Pressed , Reset

Keypad = Pinc

Set Buzzer

Waitms 100

Reset Buzzer

If Keypad < 16 Then

Iterasi = Iterasi + 1

If Iterasi = 1 Then

Speed = Keypad

Else

Speed = 10 * Speed

Speed = Speed + Keypad

```
End If
End If
If Speed > 100 Then Speed = 100
Locate 2 , 1
Lcd "      "
Locate 2 , 1
Lcd "POWER = " ; Speed ; " %"
Bitwait Pressed , Set
If Keypad > 15 Then
  Keypad = Keypad / 16
  If Keypad = 6 Then
    Ulang = 0
    Writeeprom Temperature , Data_shaker
    Writeeprom Speed
  End If
End If
Loop Until Ulang = 0
Enable Interrupts
Goto Main_prog

Time_prog:
Disable Interrupts
Ulang = 1
Iterasi = 0
Bitwait Pressed , Set
Lowerline
```

```

Lcd "      "
Locate 2 , 1
Lcd "DOP = " ; Duration ; " MNT"
Do
    Bitwait Pressed , Reset
    Keypad = Pinc
    Set Buzzer
    Waitms 100
    Reset Buzzer
    If Keypad < 16 Then
        Iterasi = Iterasi + 1
        If Iterasi = 1 Then
            Duration = Keypad
        Else
            Duration = 10 * Duration
            Duration = Duration + Keypad
        End If
    End If
    Locate 2 , 1
    Lcd "      "
    Locate 2 , 1
    Lcd "DOP = " ; Duration ; " MNT"
    Bitwait Pressed , Set
    If Keypad > 15 Then
        Keypad = Keypad / 16
        If Keypad = 6 Then

```

Ulang = 0

Writeeprom Temperature , Data_shaker

Writeeprom Speed

Writeeprom Duration

End If

End If

Loop Until Ulang = 0

Enable Interrupts

Goto Main_prog



