

**ALAT PENGATUR KEKENTALAN TINTA PERCETAKAN  
BERBASIS MIKROKONTROLER  
ATMEGA 8535**

**SKRIPSI  
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

**YUDI YURIANTO  
NIM. 0610633074-63**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
MALANG  
2010**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**ALAT PENGATUR KEKENTALAN TINTA PERCETAKAN  
BERBASIS MIKROKONTROLER  
ATMEGA 8535**

**SKRIPSI  
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**YUDI YURIANTO  
NIM. 0610633074-63**

**Telah diperiksa dan disetujui oleh  
Dosen Pembimbing**

**Dosen Pembimbing I,**

**Dosen Pembimbing II,**

**Mochammad Rif'an, ST., MT.  
NIP 19710301 200012 1 001**

**Ir.Nurrusa'adah, MT.  
NIP 19680706 199203 2 001**



**LEMBAR PENGESAHAN**

**ALAT PENGATUR KEKENTALAN TINTA PERCETAKAN  
BERBASIS MIKROKONTROLER  
ATMEGA 8535**

Disusun oleh :  
**YUDI YURIANTO**  
NIM. 0610633074-63

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus  
pada tanggal **27 Desember 2010**

**Majelis Penguji:**

**Ir. M. Julius St., MS.**  
NIP. 19540720 198203 1 002

**Ponco Siwindarto, Ir., M.Eng.Sc.**  
NIP. 19590304 198903 1 001

**Panca Mudjirahardjo, ST., MT.**  
NIP. 19700329 200012 1 001

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Elektro

**Rudy Yuwono, ST., MSc.**  
NIP. 19710615 199802 1 003



## PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Alat Pengatur Kekentalan Tinta Percetakan Berbasis Mikrokontroler ATMega8535”** dengan baik. Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Telekomunikasi Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

Melalui kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan baik lahir maupun batin selama pengerjaan skripsi ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua saya, Bapak Sukardi dan Ibu Wahyuni serta seluruh keluarga yang senantiasa memberikan doa dan dukungan demi terselesaikannya skripsi ini.
2. Bapak Mochammad Rif’an, ST., MT. dan Ibu Ir.Nurussa’adah, MT. Selaku dosen Pembimbing skripsi penulis yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Rudy Yuwono,ST.,M.Sc. dan Bapak Muhammad Aziz Muslim, ST., MT.,PhD. Selaku Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknik Elektro, serta segenap Bapak/Ibu Dosen, Staff Administrasi dan perpustakaan Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
4. Saudari Natalia Hariani yang tidak hentinya memberi semangat dan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Saudara Raditya S dan teman-teman kos yang selalu memberikan motivasi.
6. Saudara Yusuf Abdullah, Dommy, Atas bantuannya dalam proses pengerjaan skripsi ini.
7. Saudara Ade, Ali M, dan teman-teman Laboratorium Dasar Elektrik dan Pengukuran yang memberi banyak saran dan bantuan dalam proses penyelesaian skripsi ini.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung selama proses penyelesaian skripsi ini.

Semoga Allah SWT memberikan Rahmat dan hidayah-Nya kepada semua yang telah membantu penulis dalam penyelesaian skripsi ini. Penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan pada skripsi ini. Saran, kritik dan koreksi yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga skripsi ini memberikan manfaat bagi penyusun maupun pihak lain yang menggunakannya.

Malang, 7 Desember 2010

Penulis

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## ABSTRAK

**Yudi Yurianto, 2010 : Alat Pengatur Kekentalan Tinta Percetakan Berbasis Mikrokontroler ATmega8535. Skripsi Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Dosen Pembimbing : Mochammad Rif'an, ST., MT. dan Ir.Nurussa'adah, MT.**

---

Viskositas atau kekentalan merupakan sifat fluida yang mendasari diberikannya tahanan terhadap tegangan geser oleh fluida tersebut. Setiap fluida sendiri mempunyai karakteristik yang khas, berbeda satu fluida yang satu dengan yang lain. Kualitas dari percetakan offset ditentukan oleh beberapa parameter, misalnya: metode percetakan, jenis tinta, kekentalan tinta, mesin produksi dan lain-lain. Kekentalan merupakan salah satu parameter penting dalam menghasilkan produk yang efisien dan berkualitas. Banyak produsen dan konsumen memandang pentingnya kekentalan. Terdapat banyak metode dalam mendapatkan nilai kekentalan fluida dalam hal ini tinta. Konsumen merupakan pihak yang berpotensi dirugikan tidak dapat melakukan tindakan preventif dengan mengecek kekentalan tinta yang dipakai karena berbagai sebab. Salah satunya adalah harga alat yang mahal serta tidak fleksibelnya alat yang beredar di pasaran. Dalam hal mencetak menggunakan tinta cair, kekentalan atau kekentalan adalah parameter penting. Untuk menghasilkan produk yang berkualitas dan konsisten, perusahaan percetakan selalu menggunakan kekentalan atau kekentalan tinta cetak dalam range tertentu dan dijaga kekentalannya. Hasil pengujian diperoleh hasil bahwa semakin encer tinta yang diproses maka nilai waktu yang didapat akan semakin cepat begitu juga sebaliknya. Range pengukuran kekentalan tinta adalah 0ms sampai 5592ms dengan ketelitian *set-point* setiap 50 ms. Dari hasil pengujian didapatkan nilai maksimum pengukuran 3515 ms dan nilai minimum 1545 ms. Suhu hasil pengujian rata-rata sebesar 30,46 °C. Tingkat kesalahan pada saat pengujian adalah sebesar 3,81%.

**Kata kunci:** Kekentalan tinta percetakan, Sensor Magnetik UGN3503, Sensor suhu LM35, ATmega8535

## DAFTAR ISI

PENGANTAR .....	i
ABSTRAK.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Ruang Lingkup.....	2
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Viskositas .....	4
2.2 Viskometer .....	6
2.3 Transduser Viskositas.....	10
2.3.1 Sensor Magnetik UGN3503.....	10
2.3.2 Prinsip Kerja Sensor Magnetik .....	12
2.4 Mikrokontroler ATmega8535.....	12
2.4.1 Pemrograman AVR.....	15
2.5 LCD LMB162A .....	16
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>18</b>
3.1 Perancangan dan Pembuatan Alat .....	18
3.2 Pengujian Alat .....	18
3.2.1 Pengujian Perangkat Keras .....	18
3.2.2 Pengujian Perangkat Lunak.....	19
3.2.3 Pengujian Alat Secara Keseluruhan .....	19
<b>BAB IV PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT .....</b>	<b>20</b>
4.1 Penentuan Spesifikasi Alat.....	20
4.2 Diagram Blok Sistem.....	20
4.3 Perancangan Perangkat Elektronik .....	23
4.3.1 Sensor Magnetik dan Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Magnetik .....	23
4.3.2 Sensor Suhu dan Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu.....	25

4.3.3	Rangkaian Driver Relay.....	27
4.3.4	Rangkaian Mikrokontroler ATmega8535 .....	30
4.3.5	Rangkaian <i>Liquid Crystal Display</i> LMB162A .....	32
4.4	Perancangan Perangkat Lunak .....	32
4.4.1	Program Utama.....	32
4.4.2	Subprogram Mode Ukur .....	33
4.4.3	Subprogram Mode Target .....	34
<b>BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS .....</b>		<b>40</b>
5.1	Pengujian Sensor Magnetik.....	40
5.1.1	Tujuan Pengujian.....	40
5.1.2	Peralatan Pengujian .....	40
5.1.3	Prosedur Pengujian .....	41
5.1.4	Data Pengujian .....	41
5.1.5	Analisa Data Pengujian.....	43
5.2	Pengujian Sensor Suhu.....	43
5.2.1	Tujuan Pengujian.....	43
5.2.2	Peralatan Pengujian .....	44
5.2.3	Prosedur Pengujian.....	44
5.2.4	Data Pengujian .....	45
5.2.5	Analisa Data Pengujian.....	45
5.3	Pengujian Rangkaian Mikrokontroler ATmega8535 .....	46
5.3.1	Tujuan Pengujian.....	46
5.3.2	Peralatan Pengujian .....	46
5.3.3	Prosedur Pengujian.....	46
5.3.4	Data Pengujian .....	47
5.3.5	Analisa Data Pengujian.....	48
5.4	Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu .....	49
5.4.1	Tujuan Pengujian.....	49
5.4.2	Peralatan Pengujian .....	49
5.4.3	Prosedur Pengujian.....	49
5.4.4	Data Pengujian .....	50
5.4.5	Analisa Data Pengujian.....	50
5.5	Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Magnetik.....	51



5.5.1	Tujuan Pengujian.....	51
5.5.2	Peralatan Pengujian .....	52
5.5.3	Prosedur Pengujian.....	52
5.5.4	Data Pengujian .....	53
5.5.5	Analisa Data Pengujian.....	53
5.6	Pengujian Rangkaian Driver Relay.....	54
5.6.1	Tujuan Pengujian.....	54
5.6.2	Peralatan Pengujian .....	54
5.6.3	Prosedur Pengujian.....	54
5.6.4	Data Pengujian .....	56
5.6.5	Analisa Data Pengujian.....	56
5.7	Pengujian Antarmuka Mikrokontroler dengan LCD .....	56
5.7.1	Tujuan Pengujian.....	56
5.7.2	Peralatan Pengujian .....	56
5.7.3	Prosedur Pengujian.....	57
5.7.4	Data Pengujian .....	57
5.7.5	Analisa Data Pengujian.....	58
5.8	Pengujian Sistem Secara Keseluruhan.....	58
5.8.1	Tujuan Pengujian.....	58
5.8.2	Peralatan Pengujian .....	58
5.8.3	Prosedur Pengujian.....	58
5.8.4	Data Pengujian .....	59
5.8.5	Analisa Data Pengujian.....	63
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>65</b>
6.1	Kesimpulan.....	65
6.2	Saran .....	66
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>67</b>
<b>LAMPIRAN</b>		

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2. 1. Prilaku dari suatu fluida yang ditempatkan di antara dua pelat paralel...5

Gambar 2. 2. Falling needle viscometer .....8

Gambar 2. 3. Gaya yang bekerja pada bola yang bergerak di dalam cairan.....8

Gambar 2. 4. Efek Hall .....11

Gambar 2. 5. Sensor magnetik Efek Hall .....12

Gambar 2. 6. Diagram Blok Mikrokontroler ATmega8535 .....13

Gambar 2. 7. Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATmega8535.....14

Gambar 2. 8. Diagram Blok LCD LMB162A.....16

Gambar 2. 9. Konfigurasi Pin LCD LMB162A .....17

Gambar 4. 1. Diagram blok sistem pengatur kekentalan.....21

Gambar 4. 2. Bagan rangkaian pengkondisi sinyal sensor magnetik .....23

Gambar 4. 3. Rangkaian  $R_{ref}$  komparator .....24

Gambar 4. 4. Rangkaian pengkondisi sinyal sensor magnetik.....25

Gambar 4. 5. Bagan rangkaian pengkondisi sinyal sensor suhu .....25

Gambar 4. 6. Rangkaian pengkondisi sinyal sensor suhu.....26

Gambar 4. 7. Rangkaian driver relay .....28

Gambar 4. 8. Rangkaian mikrokontroler ATmega8535 .....31

Gambar 4. 9. Rangkaian LCD .....32

Gambar 4. 10. Flowchart program utama .....33

Gambar 4. 11. Flowchart subprogram mode ukur.....34

Gambar 4. 12. Flowchart subprogram mode target.....38

Gambar 5. 1. Diagram Blok pengujian sensor magnetik.....41

Gambar 5. 2. Pengukuran keluaran tegangan sensor megnetik.....43

Gambar 5. 3. Diagram blok pengujian sensor suhu.....44

Gambar 5. 4. Diagram Blok pengujian rangkaian mikrokontroler ATMega8535 .....47

Gambar 5. 5. Flowchart program pengujian rangkaian mikrokontroler ATMega8535 .  
.....47

Gambar 5. 6. Pengujian rangkaian mikrokontroler ATMega 8535.....47

Gambar 5. 7. Blok Diagram Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu.....50

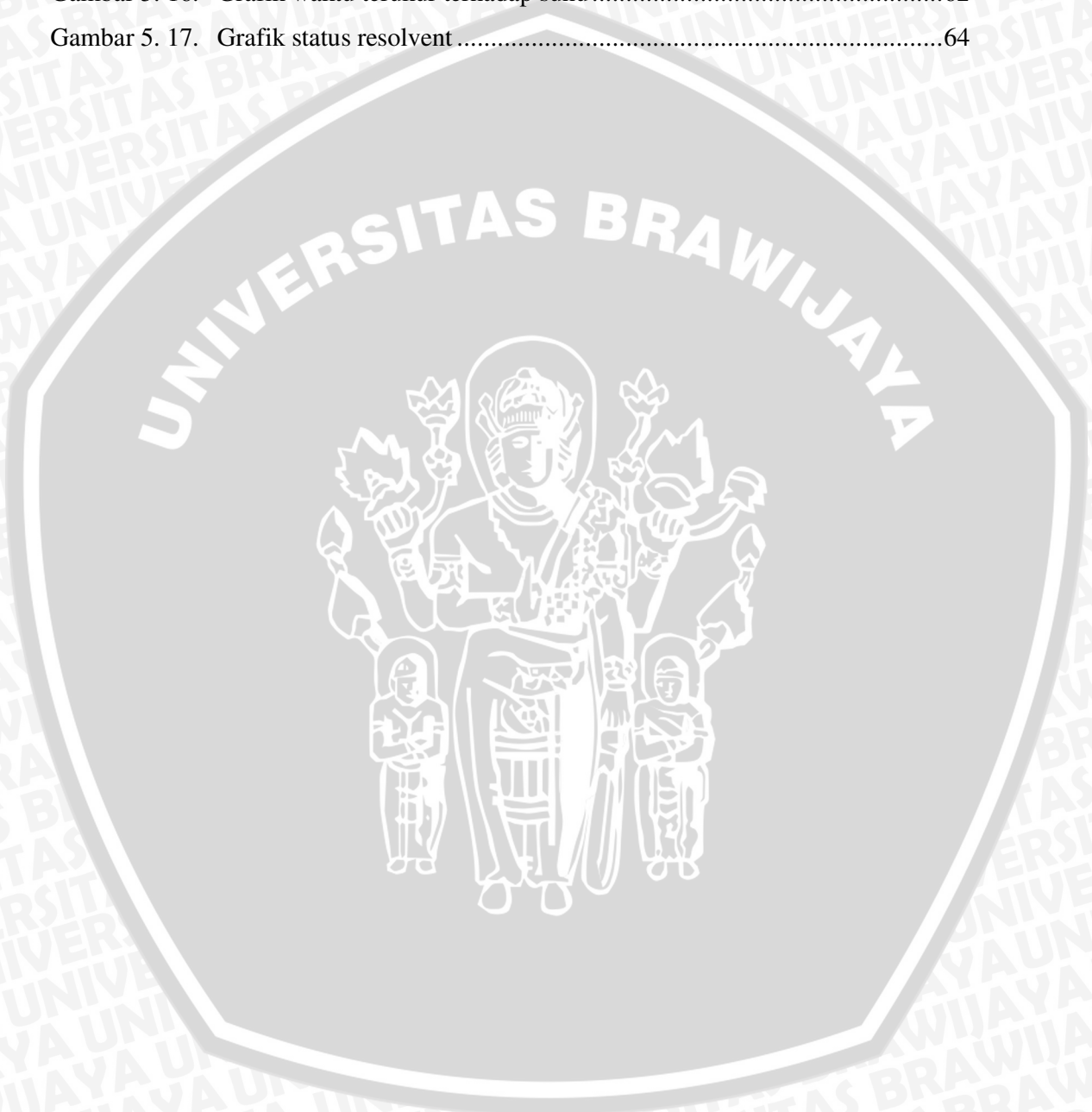
Gambar 5. 8. Blok Diagram rangkaian pengkondisi sinyal sensor magnetik .....52

Gambar 5. 9. Blok Diagram pengujian rangkaian driver relay .....55

Gambar 5. 10. Flowchart program pengujian rangkaian driver relay .....55

Gambar 5. 11. Blok Diagram pengujian rangkaian LCD .....57

Gambar 5. 12. Flowchart program pengujian LCD.....57  
Gambar 5. 13. Pengujian rangkaian LCD.....58  
Gambar 5. 14. Tampilan keseluruhan alat saat menjalankan mode ukur .....60  
Gambar 5. 15. Contoh tampilan LCD saat program dijalankan.....61  
Gambar 5. 16. Grafik waktu terukur terhadap suhu .....62  
Gambar 5. 17. Grafik status resolvent .....64



### DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tabel Fungsi Pin LCD LMB162A .....	17
Tabel 5.1	Data pengujian tegangan keluaran sensor magnet.....	42
Tabel 5.2	Data hasil pengujian sensor suhu .....	45
Tabel 5.3	Data pengujian rangkaian mikrokontroler ATmega 8535 .....	48
Tabel 5.4	Hasil pengujian rangkaian pengkondisi sinyal sensor suhu.....	50
Tabel 5.5	Logika keluaran rangkaian pengkondisi sinyal sensor magnet.....	52
Tabel 5.6	Data pengujian rangkaian pengkondisi sinyal sensor magnet.....	53
Tabel 5.7	Tabel data hasil pengujian driver relay.....	56
Tabel 5.8	Data pengujian mode ukur .....	61
Tabel 5.9	Data pengujian mode ukur tinta cair suhu ekstrim.....	62
Tabel 5.10	Data pengujian mode target.....	63



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Teknologi yang semakin maju seiring dengan kemajuan jaman rupanya berdampak pada kemajuan teknologi percetakan. Percetakan adalah salah satu penemuan yang sangat penting pada milenium lalu, walaupun kurang terlihat dampaknya pada perekonomian global.. Johannes Gensfleisch zur Laden zum Gutenberg adalah seorang pria berkebangsaan Jerman berprofesi sebagai pandai logam yang memberi sumbangan besar dalam teknologi percetakan pada tahun 1440, dimulai dari uang logam yang digesekkan dengan arang ke atas kertas, Kemajuan yang signifikan pada teknologi percetakan bagi dunia pers terjadi pada tahun 1846 dimana ditemukannya *rotary press* yang memungkinkan untuk mencetak kertas pada kedua sisi.

Kualitas dari percetakan sendiri ditentukan oleh beberapa parameter, misalnya: metode percetakan, jenis tinta, kekentalan tinta, mesin produksi dan lain-lain. Kekentalan merupakan salah satu parameter penting dalam menghasilkan produk yang efisien dan berkualitas. Kekentalan merupakan sifat fluida yang mendasari diberikannya tahanan terhadap tegangan geser oleh fluida tersebut. Setiap fluida sendiri mempunyai karakteristik yang khas, berbeda satu fluida yang satu dengan yang lain. Banyak produsen dan konsumen memandang pentingnya kekentalan. Terdapat banyak metode dalam mendapatkan nilai kekentalan fluida dalam hal ini tinta. Secara garis besar terdapat 5 teknik pengukuran kekentalan, antara lain: *Falling ball viscometer*, *cup type viscometer*, *vibro viscometer*, *capillary tube viscometer* dan *rotational viscometer*. Dalam penelitian ini penulis mencoba merancang dan membuat sebuah alat yang dilengkapi sistem otomatis dalam pengaturan kekentalan fluida menggunakan pendekatan *falling ball viscometer* khususnya tinta cair untuk percetakan.

Dalam dunia percetakan menggunakan tinta cair, konsumen merupakan pihak yang berpotensi dirugikan tidak dapat melakukan tindakan preventif dengan mengecek kekentalan tinta yang dipakai karena berbagai sebab. Salah satunya adalah harga alat yang mahal serta tidak fleksibelnya alat yang beredar di pasaran. Dalam hal mencetak menggunakan tinta cair, kekentalan atau kekentalan adalah parameter penting. Untuk menghasilkan produk yang berkualitas dan konsisten, perusahaan percetakan selalu menggunakan kekentalan tinta cetak dalam range tertentu dan dijaga kekentalannya.

Karena alasan tersebut di atas, direncanakan dan dibuat “Alat Pengatur Kekentalan Tinta Percetakan berbasis Mikrokontroler ATmega 8535” dengan harapan dapat membantu dan mempermudah dalam pengaturan kekentalan tinta untuk percetakan.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang terdapat pada latar belakang, dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana menentukan parameter dari kekentalan tinta
- 2) Bagaimana memanfaatkan sensor magnetik UGN3503 sebagai sensor pengukur kekentalan tinta
- 3) Bagaimana merancang sistem antarmuka untuk mikrokontroler ATmega 8535 dengan sensor magnetik, sensor suhu, tombol dan LCD.
- 4) Bagaimana konversi dari masukan sensor magnetik ke nilai kekentalan tinta.
- 5) Bagaimana rancangan keseluruhan sistem.

### 1.3 Ruang Lingkup

Berdasarkan rumusan masalah diatas, agar pembahasan terfokus pada pokok pembahasan maka masalah yang akan dibahas pada penelitian ini antara lain :

- 1) Menekankan pada perancangan, pembuatan dan pembahasan sistem kerja alat dan kekentalan tinta cair
- 2) Tampilan keluaran menggunakan LCD
- 3) Tinta uji yang digunakan adalah tinta cair berwarna.
- 4) Diasumsikan bahwa tinta dasar lebih kental dibandingkan dengan target kekentalan tinta acuan.
- 5) Range kekentalan yang diambil hanya dilakukan melalui pendekatan *falling ball* digabungkan dengan beberapa sensor pendeteksi gerak
- 6) MCU digunakan sebagai kontrol dari sistem
- 7) Penggunaan rangkaian driver dalam mengatur pompa air dan pompa aquarium.
- 8) Komponen apa saja yang dibutuhkan dalam rangkaian sensor mekanik kekentalan tinta, mikrokontroler dan LCD dalam alat pengatur ini.

- 9) Menekankan pada proses dan mekanisme alat ini dalam menghasilkan dan menjaga kekentalan tinta cair secara akurat sesuai yang tingkat kekentalan yang diinginkan

#### **1.4 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membuat alat untuk mengatur kekentalan tinta percetakan agar menghasilkan tingkat kekentalan tertentu dengan memanfaatkan mikrokontroller ATmega 8535.

#### **1.5 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan dalam penelitian ini sebagai berikut: BAB I: PENDAHULUAN. Bab ini berisi tentang uraian latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan serta sistematika penulisan. BAB II: TINJAUAN PUSTAKA, bab ini membahas teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan sistem. BAB III: METODE PENELITIAN, bab ini membahas tentang metode yang digunakan dalam penyusunan penelitian ini. BAB IV: PERANCANGAN, bab ini berisi perancangan dan perealisasi sistem yang meliputi spesifikasi, perencanaan diagram blok, prinsip kerja, dan realisasi sistem. BAB V: PENGUJIAN DAN ANALISIS, bab ini membahas tentang proses pengujian dan analisis data yang diperoleh dari sistem yang telah dibuat. BAB VI: KESIMPULAN DAN SARAN, bab ini memuat kesimpulan dan saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut dari sistem yang telah dibuat.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tinjauan teori tentang alat pengatur kekentalan tinta percetakan berbasis mikrokontroler ATMega 8535 yang berisi tentang viskositas, viskometer, Mikrokontroler ATMega 8535, *Liquid Cell Display* (LCD), pemrograman AVR dan sensor magnet. Viskositas merupakan sifat terpenting dari semua fluida. Untuk menghasilkan produk dari pengolahan fluida yang berkualitas, maka kekentalan dari fluida tersebut haruslah dijaga dan diatur sesuai dengan nilai optimalnya. Untuk mewujudkan sistem pengaturan kekentalan tersebut dapat digunakan modul dari ATMega 8535 dilengkapi dengan LCD, sensor suhu, dan sensor magnet yang telah dimodifikasi dengan menggunakan pendekatan kerja dari viskometer. Secara lengkap uraian dari tinjauan teori ditunjukkan dalam sub bab dibawah ini.

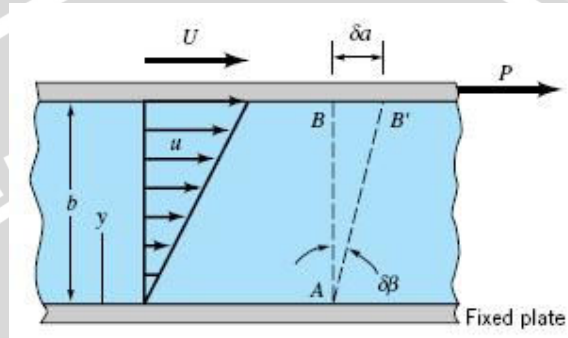
#### 2.1 Viskositas

Dalam penggunaan tinta, parameter penting yang perlu diperhatikan adalah viskositas. Viskositas merupakan salah satu sifat fisika terpenting dalam mempelajari semua fluida. Viskositas adalah sifat fluida yang mendasari diberikannya tahanan terhadap tegangan geser oleh fluida tersebut. Setiap fluida memiliki tingkat kekentalan masing-masing sesuai dengan karakteristiknya. Suatu zat cair memiliki kemampuan tertentu sehingga suatu padatan yang dimasukkan kedalamnya mendapat gaya tahanan yang diakibatkan peristiwa gesekan antara permukaan padatan tersebut dengan zat cair. Sebagai contoh, apabila kita memasukkan sebuah bola kecil kedalam zat cair, terlihatlah batu tersebut mula-mula turun dengan cepat kemudian melambat hingga akhirnya sampai didasar zat cair. Bola kecil tersebut pada saat tertentu akan mengalami sejumlah perlambatan hingga mencapai gerak lurus beraturan. Gerakan bola kecil menjelaskan bahwa adanya suatu kemampuan yang dimiliki zat cair sehingga kecepatan bola berubah. Hambatan-hambatan itulah yang kita namakan sebagai kekentalan (viskositas). Akibat viskositas zat cair itulah yang menyebabkan terjadinya perubahan yang cukup drastis terhadap kecepatan batu.

Fluida yang riil memiliki gesekan internal yang besarnya tertentu yang disebut dengan viskositas. Viskositas ada pada zat cair maupun gas dan pada intinya merupakan gaya gesekan antara lapisan-lapisan yang bersisian pada fluida pada waktu lapisan-lapisan tersebut bergerak satu melewati lainnya. Gambar 2.1 memperlihatkan bahwa



suatu zat ditempatkan di antara dua pelat sejajar dengan jarak antara yang kecil dan yang sedemikian luasnya sehingga keadaan pada tepi-tepi pelat dapat diabaikan. Pelat bawah terpasang tetap dan suatu gaya  $F$  diterapkan pada pelat atas. Gaya  $F$  menimbulkan tegangan geser  $F/A$  pada zat apapun yang terdapat di antara pelat-pelat itu dimana  $A$  adalah luas pelat atas. Apabila gaya  $F$  menyebabkan pelat atas bergerak dengan suatu kecepatan (tidak nol) yang tetap maka betapapun kecilnya  $F$  dapat disimpulkan bahwa zat di antara kedua pelat adalah suatu fluida.



Gambar 2. 1. Prilaku dari suatu fluida yang ditempatkan di antara dua pelat paralel

Sumber : <http://www.ccitonline.com/mekanikal>

Fluida yang langsung bersentuhan dengan suatu batas benda padat mempunyai kecepatan yang sama dengan batas itu, yaitu pada batas tidak terdapat gelinciran. Fluida dalam luas  $AB$  mengalir ke posisinya yang baru  $AB'$ , dengan setiap partikel fluida mengalir sejajar terhadap pelat dan kecepatan  $u$  berubah secara berabam dari nol pada pelat yang diam sampai  $U$  pada pelat atas. Dengan besaran lainnya dianggap konstan,  $F$  berbanding lurus dengan luasan serta dengan  $U$  berbanding terbalik dengan tebal  $b$ . Dalam bentuk persamaan:

$$F = \mu \frac{AU}{t} \tag{2.1}$$

Jika tegangan geser  $\tau = F/A$  maka;

$$\tau = \mu \frac{U}{t} \tag{2.2}$$

$U/t$  adalah kecepatan sudut garis  $AB$ , dan dapat juga ditulis dengan  $du/dy$ . Gradien kecepatan  $du/dy$  dapat dibayangkan sebagai laju sebuah lapisan bergerak relatif terhadap lapisan yang berdekatan. Dimensi viskositas ditentukan dari hukum viskositas Newton :

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \quad (2.3)$$

$$\mu = \frac{\tau}{du/dy} \quad (2.4)$$

Dengan :  $\mu$  = viskositas mutlak (Poise, N.s/m<sup>2</sup>).

$\tau$  = tegangan geser (Pa).

Dalam prakteknya, di dalam bidang perminyakan digunakan viskositas kinematika. Viskositas kinematika merupakan viskositas dinamik yang dibagi dengan kerapatannya.

$$v = \frac{\mu}{\rho}$$

(2.5)

Dengan :

$v$  = viskositas kinematika (Stoke, m<sup>2</sup>/s).

$\rho$  = kerapatan atau massa jenis (kg/m<sup>3</sup>).

Viskositas gas meningkat dengan suhu, tetapi viskositas cairan berkurang dengan naiknya suhu. Tahanan suatu fluida terhadap tegangan geser tergantung pada kohesinya dan pada laju perpindahan momentum molekularnya. Cairan dengan molekul-molekul yang jauh lebih rapat daripada gas, mempunyai gaya-gaya kohesi yang jauh lebih besar daripada gas. Kohesi merupakan penyebab utama viskositas dalam cairan. Apabila kohesi berkurang dengan naiknya suhu, maka demikian pula dengan viskositas.

## 2.2 Viskometer

Viskometer adalah alat untuk mengukur viskositas. Secara garis besar viskometer dibagi menjadi dua, yaitu : pengukuran secara rotasi dan pengukuran dalam pipa. Untuk pengukuran dalam pipa sendiri dapat dibagi menjadi berbagai jenis, antara lain : viscometer ostwald, viscometer lehman dan viscometer bola jatuh (*falling needle*) dari stokes.

Berdasarkan Hukum Stoke, viskositas ternyata ditentukan oleh beberapa parameter atau besaran-besaran lain. Besaran-besaran tersebut adalah: diameter bola, densitas bola, densitas cairan, kecepatan pergerakan bola, dan gravitasi. Terhadap sebuah benda yang bergerak jatuh didalam fluida bekerja tiga jenis macam gaya, yaitu:

- 1) Gaya gravitasi atau gaya berat (W). gaya inilah yang menyebabkan benda bergerak ke bawah dengan suatu percepatan.
- 2) Gaya apung (buoyant force) atau gaya Archimedes (B). arah gaya ini keatas dan besarnya sama dengan fluida yang dipindahkan oleh benda itu.
- 3) Gaya gesek (frictional force)  $F_g$ , arahnya keatas dan besarnya dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$F_g = k.V \quad (2.6)$$

Dengan :  $F_g$  = gaya gesek.

$k$  = konstanta

$V$  = kecepatan benda (m/detik)

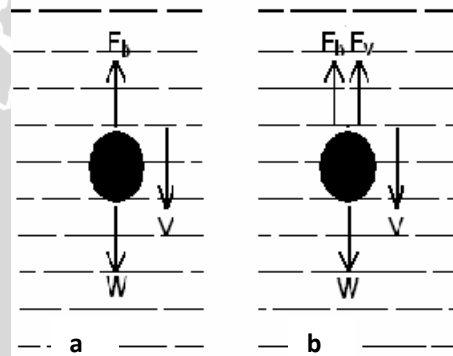
Viskometer bola jatuh (*falling ball*) adalah alat ukur viskositas cairan yang beroperasi dengan cara melepaskan sebuah bola di dalam cairan yang akan ditentukan viskositasnya. Kerja dari viskometer hampir mirip dengan *falling needle viscometer* hanya perbedaannya pada *falling needle viscometr* media pengukur menggunakan *metal needle*. Viskometer jenis ini dikendalikan oleh sebuah sistem otomatis dan dilengkapi dengan tampilan LCD dan dapat terhubung oleh PC (*Personal Computer*) seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.2.



Gambar 2. 2. Falling needle viscometer

Sumber : <http://www.stonybrooksci.com>

Bila kita bayangkan bahwa cairan tidak memiliki faktor penghambat, yaitu viskositas, maka saat bola bergerak dengan kecepatan terminalnya dalam cairan maka bola dipengaruhi oleh gaya berat  $W$  dan gaya angkat  $F_b$ , seperti digambarkan dalam Gambar 2.3a. Dengan adanya hambatan viskos dari cairan maka terdapat tambahan gaya  $F$  yang arahnya berlawanan arah gerak bola, yang ilustrasinya ditunjukkan dalam Gambar 2.3b.



Gambar 2. 3. Gaya yang bekerja pada bola yang bergerak di dalam cairan

- (a) Bila cairan tidak mempunyai viskositas
- (b) Bila cairan memiliki viskositas

Seorang ahli matematika dan fisika dari Inggris yang bernama G.G. Stoke (1819-1903) berhasil menyatakan besarnya gaya hambat viskos yang selanjutnya terkenal dengan sebutan hukum Stoke, yaitu:

$$F_v = 6\pi\eta r v \quad (2.7)$$

Dengan :  $F_v$  = gaya viskos (N).

$\eta$  = viskositas dinamis (kg/m.s).

$v$  = kecepatan terminal jatuhnya benda (m/detik).

$r$  = jari-jari bola (m)

Gaya berat  $W$  juga disebut sebagai gaya gravitasi, arahnya selalu ke bawah. Biasanya ditentukan dari :

$$W = \frac{4}{3}\pi r^3 g d_s \quad (2.8)$$

Dengan :

$W$  = gaya gravitasi (N).

$g$  = gravitasi ( $m/s^2$ )

$d_s$  = densitas bola ( $kg/m^3$ )

Gaya angkat (*buoyancy*)  $F_b$  adalah gaya yang dilakukan oleh adanya massa cairan yang dipindahkan oleh bola. Besarnya dapat ditentukan dari :

$$F_b = \frac{4}{3}\pi r^3 g d_1 \quad (2.9)$$

Dengan :

$F_b$  = gaya angkat (N).

$d_1$  = densitas cairan ( $kg/m^3$ )

Pada saat bola bergerak dengan kecepatan terminalnya yang konstan maka berlaku keseimbangan ketiga gaya tersebut di atas. Sehingga dari persamaan (2.7), (2.8) dan (2.9) dihasilkan model matematis atau disebut dengan rumus reduksi untuk viskometer bola jatuh, yaitu:

$$\eta = \left( \frac{2gr^2}{9v} \right) (d_s - d_1) \quad (2.10)$$

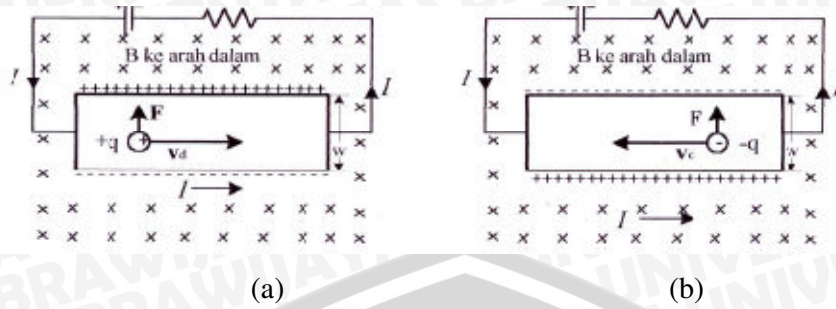
### 2.3 Tranduser Viskositas

Rangkaian listrik merupakan sarana penting dalam menuntun tenaga listrik dalam alat dan juga ke atau dari alat-alat yang tergabung dalam sistem. Tranduser adalah alat yang mengubah tenaga atau informasi dari suatu bentuk ke bentuk yang lain. Bagian dari masukan dari tranduser disebut sensor, karena bagian ini dapat mengindera suatu kuantitas fisik tertentu dan mengubahnya menjadi bentuk energi lain. Dalam penelitian ini tranduser viskositas menggunakan sensor magnetik. Sensor magnetik akan mengindera fluksi magnet yang dijatuhkan dalam fluida. Sensor magnetik yang digunakan sebanyak 2 buah. Kedua sensor ini akan mengeluarkan sinyal keluaran ketika magnet melewati filamen sensor dan kemudian dikonversi menjadi waktu (milisekon). Waktu yang terbaca ini akan menjadi acuan kekentalan fluida yang diuji.

#### 2.3.1 Sensor Magnetik UGN3503

Sensor magnet merupakan piranti elektronika yang dapat mengindera fluksi magnet yang masuk dalam range deteksi sensor. Sensor magnet menggunakan prinsip efek Hall atau memanfaatkan efek magnetoresistants. Pada perkembangannya, sensor magnetik diaplikasikan dalam berbagai bidang antara lain industri rumah tangga, kesehatan, pendidikan dan masih banyak lagi bidang aplikasi yang lain. Hal ini disebabkan adanya kecenderungan penggunaan sensor magnetik yang mempunyai banyak kelebihan antara lain : linearitas dan kestabilan yang tinggi, tidak merusak (nondestruktif), sensitivitas terhadap arah yang tinggi, *reliable*, relatif sederhana dan biaya operasi yang murah sehingga ada tendensi dari manusia untuk menggunakan sensor tersebut.

Efek Hall terjadi ketika konduktor pembawa arus tertahan pada medan magnet, medan memberi gaya menyamping pada muatan-muatan yang mengalir pada konduktor. Suatu batang penghantar (logam atau semikonduktor) yang membawa arus, kalau ditempatkan dalam medan magnet melintang, medan listrik akan terbentuk dalam penghantar dalam arah normal ke arah arus atau medan magnet. Medan yang terbentuk dari efek ini dinamakan medan Hall.



Gambar 2. 4. Efek Hall

- (a) Partikel positif bergerak ke kanan
- (b) Partikel positif bergerak ke kiri

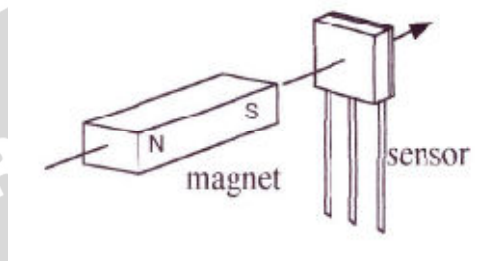
Gambar 2.4 menunjukkan dua lempengan yang mengalirkan arus yang salah satunya menyalurkan arus  $I$  ke kanan karena sisi kiri lempengan itu dihubungkan dengan terminal positif baterai, dan sisi kanan dihubungkan ke terminal negatif baterai. Lempengan ini berada dalam medan magnetik yang diarahkan ke dalam. Pada Gambar 2.4a diasumsikan bahwa arus tersebut terdiri atas muatan positif bergerak ke kanan. Gaya magnetik pada partikel ini adalah:

$$\vec{F} = q\vec{v}_d \times \vec{B} \tag{2.11}$$

Dengan  $\vec{v}_d$  merupakan kecepatan pembawa muatan. Gaya ini mengarah ke atas lempengan yang membuat bagian bawah lempengan itu mengandung muatan negatif. Pemisahan muatan ini menghasilkan medan elektrostatis pada lempengan yang melawan gaya magnetik pada pembawa muatannya. Apabila medan elektrostatis dan medan magnetik seimbang, pembawa muatan tidak lagi bergerak ke atas. Pada keadaan setimbang, bagian atas lempengan tadi bermuatan lebih positif, sehingga berada pada potensial yang lebih tinggi dari bagian bawah yang bermuatan negatif. Jika arus itu terdiri atas partikel bermuatan negatif seperti pada Gambar 2.4b, pembawa muatan harus bergerak ke kiri (karena arusnya masih tetap ke kanan). Gaya magnetik  $q\vec{v}_d \times \vec{B}$  dalam hal ini ke atas karena tanda  $q$  maupun  $\vec{v}_d$  telah diubah. Pembawa muatan bergerak ke bagian atas lempengan sekarang menyalurkan muatan negatif dan bagian bawah lempengan menyalurkan muatan positif.

### 2.3.2 Prinsip Kerja Sensor Magnetik

Sensor magnetik yang menerapkan efek Hall akan aktif jika adanya medan magnet. Medan magnet mempunyai dua karakteristik penting, densitas-flux dan polaritas. Saklar digital Efek Hall kebanyakan dirancang akan mati jika ada medan magnet (rangkain terbuka pada keluaran). Saklar akan aktif jika hanya dikenai medan magnet yang memiliki densitas yang cukup dan arah yang tepat. Prinsip kerja sensor magnetik atau sensor Efek Hall secara umum ditunjukkan dalam Gambar 2.5.



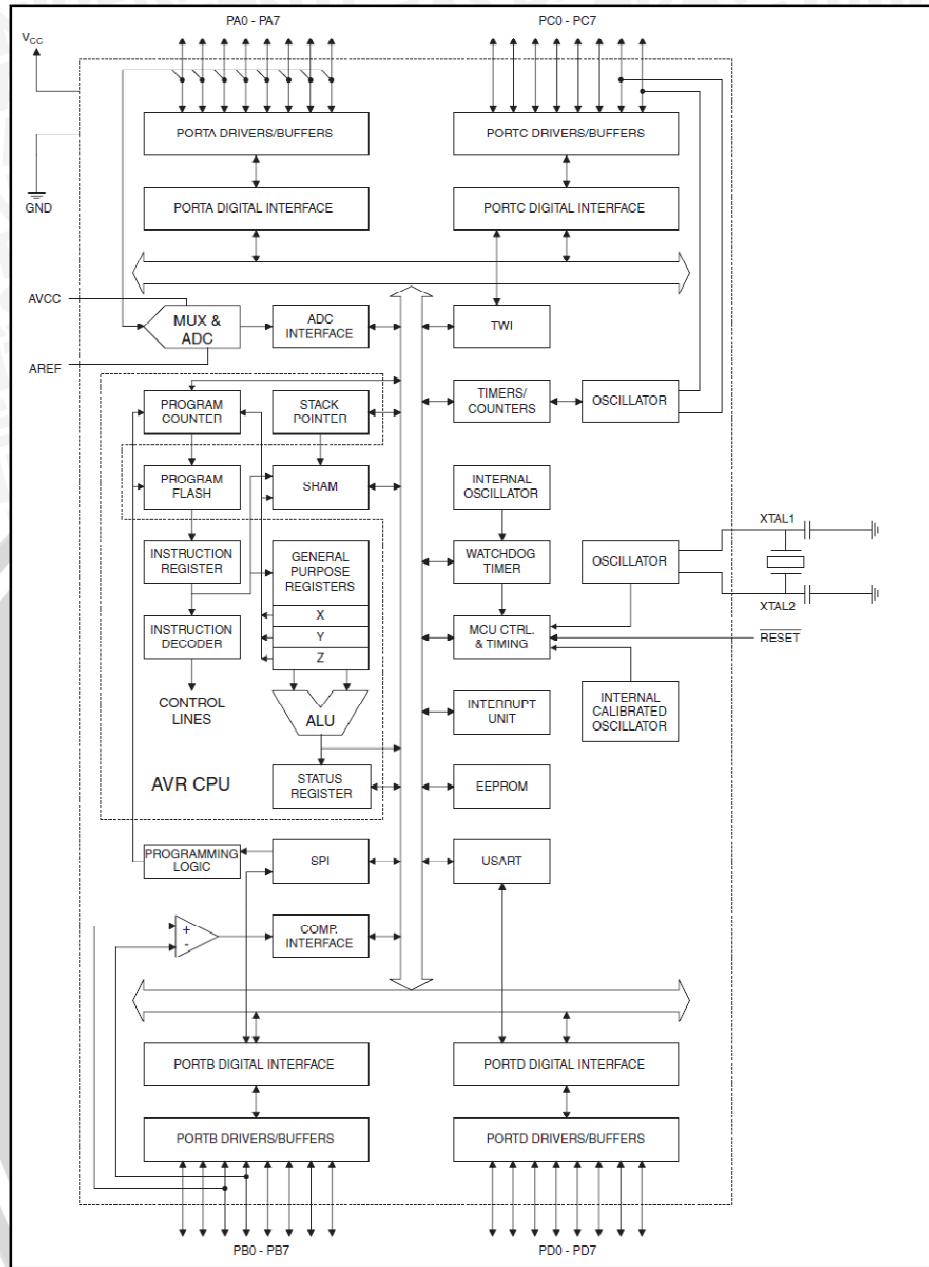
Gambar 2. 5. Sensor magnetik Efek Hall

Untuk mengoperasikannya, garis flux magnet harus tegak lurus pada permukaan paket sensor, dan harus memiliki polaritas yang tepat. Salah satu contoh sensor Efek Hall adalah IC Efek Hall dengan tipe UGN 3503U yang merupakan tipe sensor Efek Hall linier. IC ini memiliki 3 pena komponen internal terdiri dari elemen sensor efek Hall, *amplifier* dan *buffer*, semuanya dalam satu *chip*. Sensor ini memberikan tegangan keluaran yang sebanding dengan densitas medan magnet. Keluaran sensor pada saat medan magnet masukannya 0 gauss adalah setengah dari Vcc. Untuk medan positif (kutub selatan), semakin besar medan maka tegangan keluarannya juga semakin besar dan untuk medan negatif (kutub utara), semakin besar medan maka tegangan keluarannya akan semakin kecil.

### 2.4 Mikrokontroler ATmega8535

Mikrokontroler ATmega8535 adalah mikrokontroler produksi Atmel yang termasuk dalam jenis AVR (*Alf and Vegard's Risc processor*). Mikrokontroler jenis ini menggunakan arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computing*) 8 bit. AVR mengkombinasikan arsitektur RISC, memori *flash* internal dan jumlah *register* yang besar (32 buah) untuk memperoleh ukuran kode program, kinerja, dan konsumsi daya yang optimal. Diagram blok ATmega8535 ditunjukkan dalam Gambar 2.6.





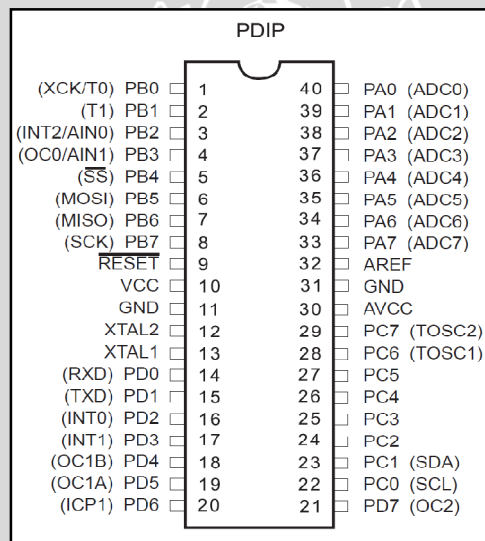
Gambar 2. 6. Diagram Blok Mikrokontroler ATmega8535

Sumber: *ATmega8535 Datasheet Book : 3*

Mikrokontroler ATmega8535 memiliki saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C dan Port D, masing-masing pin memiliki resistor *pull-up* internal yang dapat diset. [ATmega8535 Datasheet Book : 1]

ATmega8535 memiliki 40 pin seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.7, adapun penjelasan fungsionalnya adalah sebagai berikut [ATmega8535 Datasheet Book : 5]:

- 1) VCC adalah pin sebagai masukan catu daya.
- 2) GND merupakan pin *ground*.
- 3) Port A (PA0..PA7) adalah pin I/O dua arah dan sebagai pin masukan ADC.
- 4) Port B (PB0..PB7) adalah pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu *Timer/Counter*, Komparator analog dan SPI.
- 5) Port C (PC0..PC7) adalah pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu *Timer Oscilator* dan Komparator analog.
- 6) Port D (PD0..PD7) adalah pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu Komparator analog, interupsi eksternal dan komunikasi serial.
- 7) RESET merupakan pin masukan untuk mengeset ulang mikrokontroler.
- 8) XTAL1 dan XTAL2 adalah pin masukan *clock* eksternal.
- 9) AVCC merupakan pin masukan tegangan untuk ADC.
- 10) AREF merupakan pin masukan tegangan referensi ADC.



Gambar 2. 7. Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATmega8535

Sumber: ATmega8535 Datasheet Book : 2

Semua jenis mikrokontroler AVR memiliki arsitektur dan instruksi yang relatif sama, pada dasarnya yang membedakan adalah memori dan periperhalnya.

#### 2.4.1 Pemrograman AVR

Atmel merupakan salah satu vendor yang bergerak di bidang mikroelektronika, telah mengembangkan AVR (*Alf and Vegard's Risc processor*) sekitar tahun 1997. Berbeda dengan mikrokontroler MCS51, AVR menggunakan arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) yang mempunyai lebar bus 8 bit. AVR memiliki 118 buah instruksi. Sebagian besar instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. Secara umum instruksi-instruksi dalam AVR dapat dibagi menjadi 4 kelompok yaitu: aritmatika dan logika, percabangan, transfer data serta bit. Instruksi dalam AVR disimpan dalam memori *flash* internal dalam pasangan 16 bit. Besarnya memori *flash* bergantung dari tipe AVR, berkisar antara 1k sampai 128 kbyte. Memori *flash* AVR memiliki *endurance* 1,000 siklus *write/erase*. AVR mempunyai dua mode pemrograman berbeda yaitu mode pemrograman paralel (mode paralel) dan mode pemrograman serial (mode ISP).

Alat yang akan diprogram dalam mode paralel dipasang pada soket programmer dan tegangan pemrograman sebesar +12 volt dikenakan pada pin RESET. Komunikasi antar programmer dan AVR mode secara paralel lebih cepat dari mode serial.

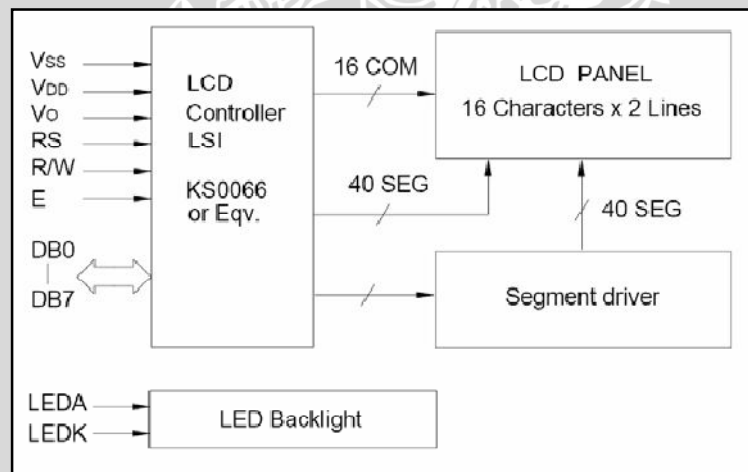
Mode serial dalam pemrograman AVR hanya memerlukan tiga jalur sinyal tanpa tegangan +12 V, sehingga AVR dapat program saat masih berada dalam sistem. Mode serial juga biasa disebut sebagai mode ISP (*In-System Programming*). Pada banyak kasus mode serial mempermudah pengembangan program karena program dapat diganti sewaktu-waktu tanpa melepas mikrokontroler dari sistem. Namun, mode pemrograman serial tidak bisa digunakan untuk memprogram *fuse bit* pada beberapa tipe AVR dan beberapa tipe tidak mempunyai fasilitas ISP. Pada kasus seperti itu pemrograman harus dilakukan dalam mode paralel. Sebagai pengecualian, tipe-tipe AVR yang hanya memiliki 8 pin menggunakan mode pemrograman serial yang menggunakan tegangan pemrograman +12 V.

## 2.5 LCD LMB162A

LCD (*Liquid Cell Display*) dengan jenis LMB162A mempunyai tampilan 16 x 2 baris dengan konsumsi daya rendah. Modul ini dilengkapi dengan LCD *controller* yang berfungsi mengendalikan CGROM (*Character Generator Read Only Memory*), CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*) dan DDRAM (*Display Data Random Access Memory*). LMB162A memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- 1) Memiliki 192 jenis karakter permanen dalam CGROM.
- 2) Dapat menggambarkan 8 pola karakter dalam CGRAM.
- 3) Tempat tampilan karakter di-*set* pada *address counter* DDRAM.
- 4) Antarmuka dengan 4 *bit* atau 8 *bit* MPU.
- 5) Tegangan catu 5 volt dan temperatur operasi -20 °C sampai dengan 70 °C
- 6) Otomatis reset pada saat dihidupkan

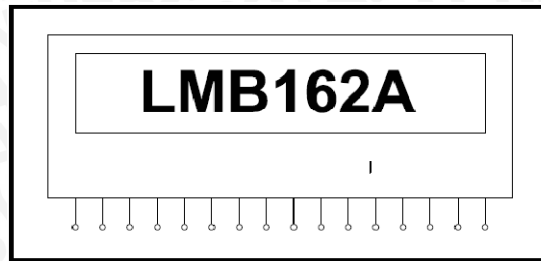
Masukan modul LCD ini berupa bus data yang masih termultipleks dengan bus alamat serta 3 *bit* sinyal kontrol, yaitu RS, R/W dan E. Pengendali *dot matrix* LCD dilakukan secara internal oleh kontroler yang sudah terpasang dalam modul LCD. Diagram blok LMB162A ditunjukkan dalam Gambar 2.8.



Gambar 2. 8. Diagram Blok LCD LMB162A

Sumber: LCD LMB162A *Datasheet Book*

LCD LMB162A memiliki 16 pin ditunjukkan dalam Gambar 2.9.



Gambar 2. 9. Konfigurasi Pin LCD LMB162A

Sumber: *LCD LMB162A Datasheet Book*

Adapun fungsi dari pin LMB162A dijelaskan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Fungsi Pin LCD LMB162A.

Nama pin	Jumlah	I/O	Fungsi
DB0-DB3	4	I/O	Jalur data dua arah bit rendah, untuk jalur bus data pada proses baca maupun tulis.
DB4-DB7	4	I/O	Jalur data dua arah bit tinggi, untuk jalur bus data pada proses baca maupun tulis.
E	1	Input	Sinyal operasi dimulai: sinyal aktif pada saat terjadi perpindahan logika tinggi ke rendah. ( 1 ke 0 )
R/W	1	Input	Sinyal pilih data dan tulis (0:tulis,1:baca)
RS	1	-	Proses penulisan ke LCD 0: Untuk tulis/kirim instruksi. 1: Untuk tulis/kirim Data Proses pembacaan 0: sinyal sibuk(Busy flag) dan address counter 1: Baca Data
VLC	1	-	Penyetelan kontras pada tampilan LCD dengan merubah tegangan VLC.
VDD	1	-	+ 5V
VSS	1	-	Ground 0V
VBL-	1	-	Ground untuk lampu (Back Light)
VBL+	1	-	+ 5V untuk lampu (Back Light)

Sumber: *LCD LMB162A Datasheet Book*

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Penyusunan yang dilakukan dalam penelitian ini didasarkan pada masalah yang bersifat aplikatif, yaitu perencanaan dan perealisasiannya agar dapat bekerja sesuai yang direncanakan dengan mengacu pada rumusan masalah. Data dan spesifikasi komponen yang digunakan dalam perencanaan merupakan data sekunder dari buku dan data komponen elektronika.

Langkah-langkah yang digunakan dalam penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

#### 3.1 Perancangan dan Pembuatan Alat

Pada tahap perancangan alat akan dilakukan pembuatan blok diagram sistem secara keseluruhan. Alat akan dirancang dan dibuat sesuai dengan tahapan pada blok diagram untuk mempermudah dalam penentuan nilai komponen-komponen yang digunakan. Pada perancangan perangkat lunak dilakukan dengan membuat diagram alir program.

Tahap-tahap dalam pembuatan alat meliputi: perancangan *layout* pada PCB menggunakan perangkat lunak Eagle versi 5.40 diikuti dengan pengetesan rangkaian, pengeboran dan perakitan alat. Pembuatan perangkat lunak meliputi penulisan kode, pengujian program, kompilasi program dan penulisan program pada mikrokontroler ATmega8535.

#### 3.2 Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui apakah alat yang telah dibuat bekerja sesuai yang direncanakan, untuk itu dilakukan tiga tahap pengujian, yaitu:

##### 3.2.1 Pengujian Perangkat Keras

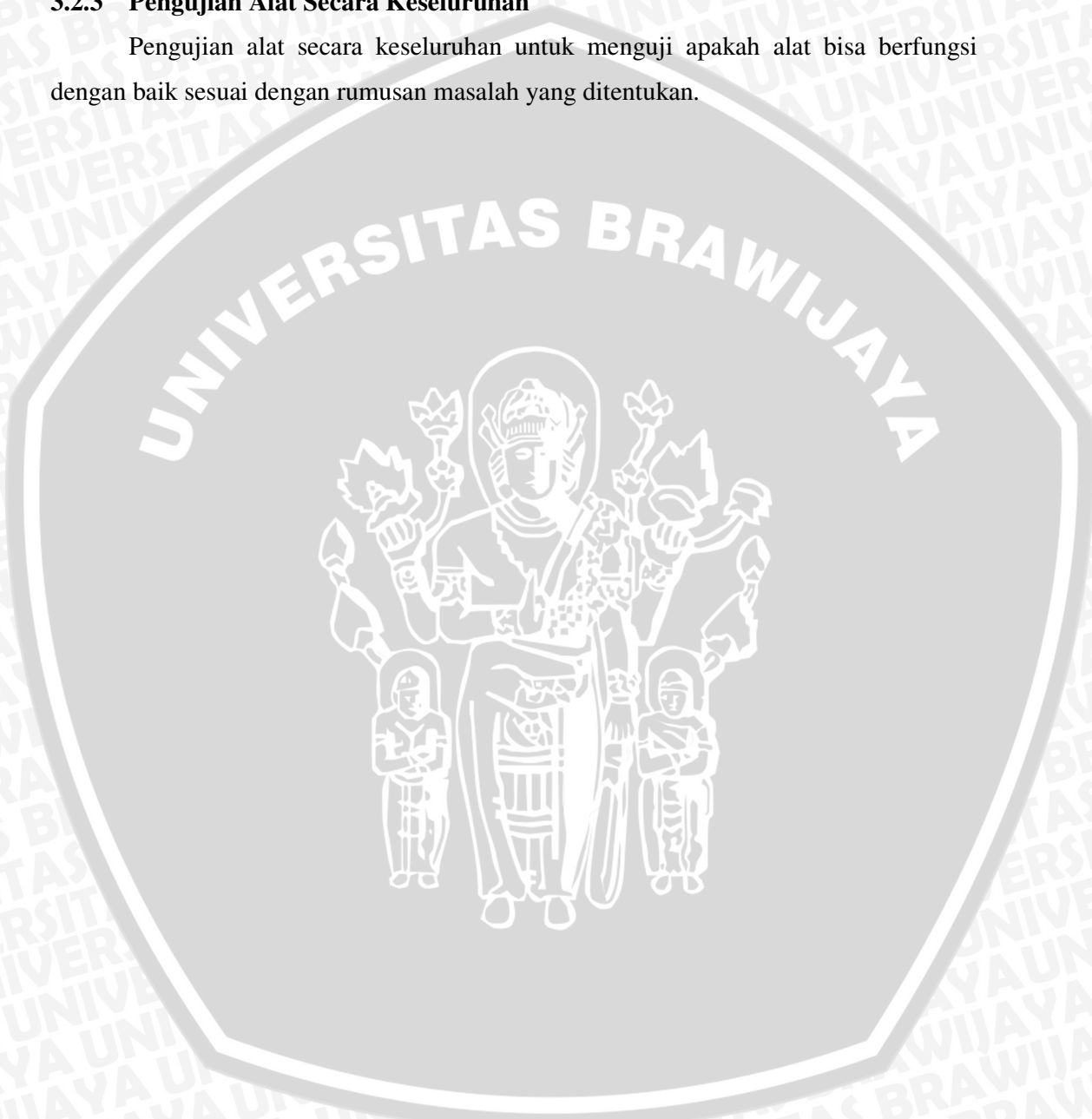
Pengujian alat dilakukan pada masing-masing bagian sesuai diagram blok yang dibuat. Untuk mengetahui apakah memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan yang meliputi pengujian : Mikrokontroler Atmega 8535, sensor magnet, sensor suhu dan LCD

### 3.2.2 Pengujian Perangkat Lunak

Pengujian perangkat lunak untuk menguji apakah perangkat lunak bisa berfungsi sebagai perangkat keras sesuai dengan baik.

### 3.2.3 Pengujian Alat Secara Keseluruhan

Pengujian alat secara keseluruhan untuk menguji apakah alat bisa berfungsi dengan baik sesuai dengan rumusan masalah yang ditentukan.



## BAB IV PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

Bab ini membahas tentang perancangan dan pembuatan perangkat keras dan program yang diperlukan untuk mewujudkan sistem alat pengatur viskositas tinta percetakan sesuai yang diharapkan. Untuk memudahkan pembahasan, bab ini akan dibagi menjadi dua bagian yaitu perencanaan perangkat keras yang meliputi alat mekanik, rangkaian pengkondisi sinyal sensor suhu, rangkaian pengkondisi sinyal sensor magnet, driver pompa air, driver pompa aquarium, rangkaian minimum sistem Atmega8535, serta rangkaian LCD tipe M1632 sebagai penampil data hasil pengolahan. Bagian kedua adalah perencanaan program untuk mikrokontroler yang meliputi program pengontrol LCD dan program aritmatika pengontrol viskositas.

### 4.1 Penentuan Spesifikasi Alat

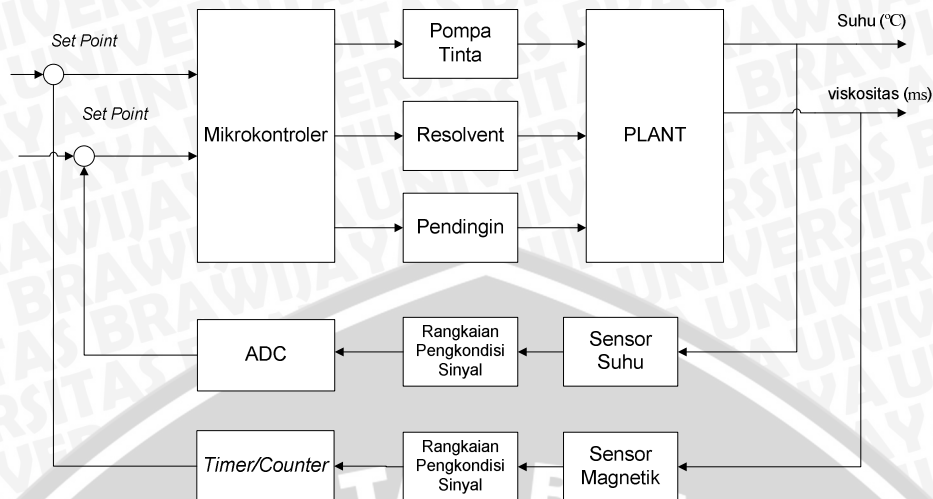
Spesifikasi alat secara global ditetapkan terlebih dahulu sebagai acuan dalam perancangan berikutnya. Spesifikasi alat yang direncanakan adalah sebagai berikut:

- 1) Menggunakan 2 mode operasi dalam mengoperasikan pengatur viskositas tinta percetakan, yaitu mode target viskositas dan mode ukur viskositas dalam satuan waktu (ms).
- 2) Menggunakan sensor magnet UGN3503 dengan range deteksi fluksi optimal pada jarak 0.51mm dari filamen sensor.
- 3) Range pengukuran pada sistem mencapai 5592 ms.
- 4) Menggunakan pompa tinta beresolusi 34 liter/meter dan pompa resolvent dengan resolusi 960 liter/jam.
- 5) Bekerja pada volume cairan minimal 1 liter.
- 6) Menggunakan sensor suhu LM35 dengan range pengukuran 0 – 100 °C.

### 4.2 Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem pengandali otomatis perangkat pengatur viskositas tinta percetakan dapat dilihat dalam Gambar 4.1.





Gambar 4. 1. Diagram blok sistem pengatur kekentalan

Dalam sistem pengatur viskositas tinta ini terdapat beberapa bagian utama, yaitu: sensor magnet, sensor suhu, rangkaian pengkondisi sinyal mikrokontroler, driver dan LCD.

Keterangan diagram blok yang yang ditunjukkan dalam Gambar 4.1 adalah sebagai berikut:

a) Sensor Magnet

Digunakan untuk mendeteksi kekentalan tinta. Sensor ini menggunakan magnet sebagai komponen pendukung sensor. Magnet yang bergerak mengikuti aliran tinta didalam selang akan dibaca sensor dan menghasilkan pulsa berlogika 1 dan 0 yang kemudian akan dikonversi menjadi nilai kekentalan dalam satuan ms (milisekon).

b) Sensor Suhu

Digunakan untuk mendeteksi suhu tinta. Agar dihasilkan produk yang bagus maka bahan harus dijaga dalam suhu ideal

c) Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Digunakan untuk mengatur atau mengubah sinyal data output sensor magnet dan sensor suhu sehingga data dari sensor dapat diproses lebih lanjut oleh mikrokontroler

d) Mikrokontroler ATmega8535

Digunakan untuk mengolah data utama dan mengatur kerja sistem secara keseluruhan

e) LCD tipe M1632

Digunakan sebagai penampil status sistem saat sistem bekerja

Prinsip kerja alat pengatur viskositas adalah sebagai berikut:

- 1) Sistem bekerja berdasarkan mode operasi yang dikendalikan melalui panel kontrol. Mikrokontroler akan menerima masukan dari panel kontrol. Mode operasi pada panel kontrol akan bekerja hanya jika panel eksekusi diaktifkan dan akan berhenti jika tombol reset atau panel eksekusi dinonaktifkan. Metode ini diharapkan dapat berfungsi sebagai pengaman dalam melakukan proses pengaturan.
- 2) Terdapat dua mode dalam sistem alat pengatur viskositas, yaitu:
  - Mode ukur  
Merupakan mode yang berfungsi mengukur nilai kekentalan tinta. Nilai kekentalan ditampilkan dalam satuan ms.
  - Mode Target  
Merupakan mode yang berfungsi untuk menghasilkan nilai kekentalan yang diinginkan (dalam satuan ms). Khusus pada mode operasi ini tersedia *set-point* yang dapat diatur sebagai acuan target kekentalan yang akan dihasilkan.
- 3) Setelah salah satu mode operasi diaktifkan, mikrokontroler ATmega8535 akan mengatur port keluaran mana yang akan diaktifkan. Sinyal dari mikrokontroler akan dikuatkan menggunakan rangkaian driver untuk mengaktifkan relay pada pompa. Relay difungsikan dalam mode *normally-open* sehingga jika relay aktif, maka pompa akan bekerja.
- 4) Sensor magnet menempel pada selang transparan akan mendeteksi pergerakan magnet yang mengikuti aliran tinta. Keluaran sensor akan dihubungkan ke rangkaian pengkondisi sinyal yang selanjutnya akan diolah oleh mikrokontroler.
- 5) Sensor suhu pada wadah tinta akan mengindera suhu tinta. Penjagaan suhu kerja tinta dalam suhu yang ideal tinta tersebut diharapkan dapat menghasilkan produk yang baik dalam proses pengaturan. Penjagaan suhu oleh alat pengatur viskositas menggunakan aliran ctintaan pendingin sebagai medianya.
- 6) Jika pompa tinta telah aktif, tinta akan mengalir sesuai dengan jalur pipa yang diberikan. Pompa tinta akan aktif dengan selang waktu tertentu. Ketika pompa tidak aktif, magnet yang terdorong ke atas oleh aliran tinta akan berbalik turun

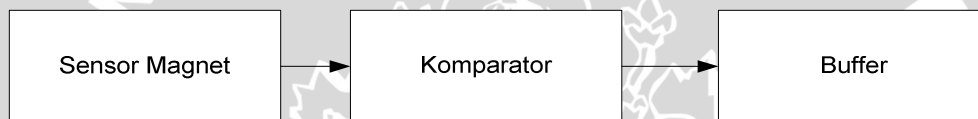
mengikuti gaya gravitasi. Tentu saja gaya gerak turun magnet akan dipengaruhi oleh hambatan dari kekentalan tinta itu sendiri. Masing-masing nilai kekentalan akan mempengaruhi waktu turun dari magnet yang kemudian diajdikan acuan dalam menghasilkan kekentalan yang diinginkan.

- 7) LCD akan menampilkan status dari mode operasi yang sedang dijalankan.

### 4.3 Perancangan Perangkat Elektronik

#### 4.3.1 Sensor Magnetik dan Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Magnetik

Rangkaian pengkondisi sinyal ini berfungsi mengubah sinyal dari tegangan keluaran sensor magnet menjadi berbentuk pulsa sinyal 0 dan 1. Rangkaian pengkondisi sinyal dari sensor magnet terdiri dari komparator dan buffer. Secara garis besar sistem rangkaian pengkondisi sinyal sensor magnet ditunjukkan dalam Gambar.4.2.



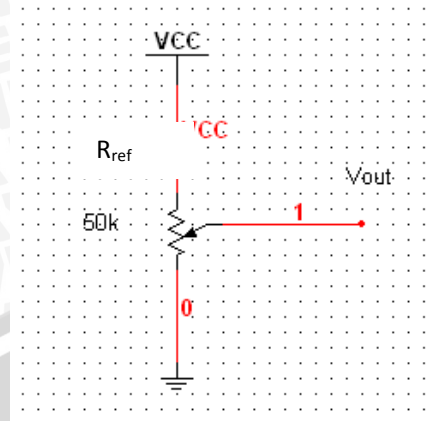
Gambar 4. 2. Bagan rangkaian pengkondisi sinyal sensor magnetik

Komparator berfungsi untuk membandingkan tegangan keluaran dari sensor magnet dengan tegangan saat sensor magnet dalam keadaan kosong (tidak ada fluksi magnet terdeteksi).

Tegangan saat fluksi maksimal =4V

Tegangan saat fluksi kosong = 2.5V

Pengaturan  $R_{ref}$  pada komparator didapat dari pengaturan variabel resistor seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3..

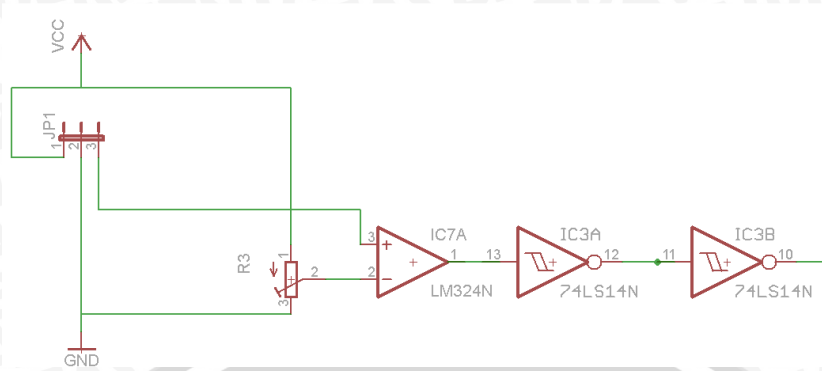


Gambar 4. 3. Rangkaian  $R_{ref}$  komparator

Perhitungan nilai hambatan dari rangkaian  $R_{ref}$  komparator adalah sebagai berikut:

Nilai variabel resistor sebagai  $R_{ref}$  pada komparator sebesar  $25k\Omega$  akan menghasilkan tegangan referensi sebesar  $2.5V$ , sehingga komparator akan menghasilkan pulsa sebesar  $5V$  saat tegangan keluaran sensor mencapai  $>2.5V$  tegangan keluaran komparator akan dibaca sebagai logika *high* oleh mikrokontroler. Sebaliknya komparator akan menghasilkan logika *low* jika keluaran sensor  $\leq 2.5V$ .

Buffer berfungsi untuk menjabatani sensor dengan rangkaian sesudahnya. Tegangan keluaran dari komparator dapat terdeteksi oleh buffer karena berdasarkan *datasheet* 74LS14,  $V_{IHmin} = 1.5V$ . Rangkaian pengkondisi sinyal sensor magnet ditunjukkan dalam Gambar 4.4.



Gambar 4. 4. Rangkaian pengkondisi sinyal sensor magnetik

### 4.3.2 Sensor Suhu dan Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu

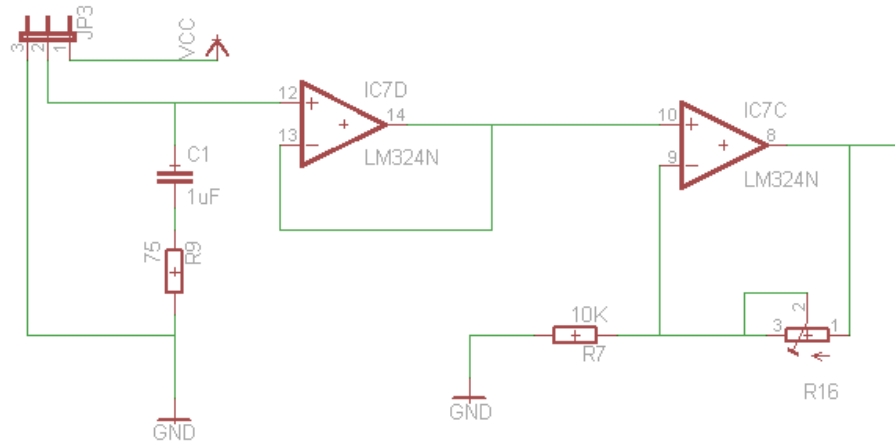
Sensor suhu menggunakan komponen LM35 produksi National Semiconductor. Sensor ini mampu bekerja pada daerah suhu  $-55^{\circ}\text{C}$  sampai  $+150^{\circ}\text{C}$ , memiliki ketelitian  $\pm \frac{1}{4}^{\circ}\text{C}$  serta memiliki sensitivitas sebesar  $\pm 10 \text{ mV} / ^{\circ}\text{C}$  (National Semiconductor :5-12). Komponen ini berfungsi mengindera suhu ctintaan tinta yang akan diproses kemudian mengubah informasi tersebut menjadi tegangan analog. Rangkaian sensor suhu direncanakan mampu mengukur suhu dari suhu kamar  $\pm 25^{\circ}\text{C}$  sampai suhu  $100^{\circ}\text{C}$ . Pin GND dihubungkan ke tanah untuk mendapatkan referensi batas bawah sehingga didapatkan  $0^{\circ}\text{C}$  untuk  $0\text{V}$  dan  $100^{\circ}\text{C}$  untuk  $1\text{V}$ .

Agar dapat diproses dengan baik oleh ADC mikrokontroler, tegangan keluaran dari sensor suhu sebesar  $10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$  harus meggunakan rangkaian pengkondisi sinyal. Rangkaian pengkondisi sinyal digambarkan secara garis besar dalam Gambar 4.5.



Gambar 4. 5. Bagan rangkaian pengkondisi sinyal sensor suhu

Buffer atau penyangga berfungsi untuk “memisahkan atau menahan sebuah rangkaian terhadap rangkaian lain (tegangan pada kedua pasang kutub sama tetapi tidak ada arus yang mengalir dari sebuah pasang kutub yang lain)” (Mismail,1981) sehingga keluaran tidak terbebani rangkaian sesudahnya. Rangkaian pengkodisi sinyal dari sensor suhu ditunjukkan dalam Gambar 4.6.



Gambar 4. 6. Rangkaian pengkondisi sinyal sensor suhu

Tegangan keluaran sensor suhu kemudian dikuatkan oleh rangkaian penguat tak membalik jenis LM324. Karena ADC mampu memproses tegangan analog sampai 5V, maka besar penguatan yang dibutuhkan adalah:

$$A_F = \frac{5V}{1 - 0} = 5$$

Penguatan sebesar lima kali didapatkan dengan mengatur resistansi geser  $R_{16}$  sehingga bernilai 40KΩ. Perhitungan nilai resistansi pada rangkaian penguat adalah sebagai berikut:

$$V_{in} = V_{umpan\ balik} = \frac{R_7}{R_7 + R_{16}} \times V_{out}$$

$$R_3 = \left( \frac{V_{in}}{V_{out}} \right) \times (R_7 + R_{16})$$

$$= \left( \frac{1}{5} \right) \times 50k$$

$$= 10k\Omega$$

$$R_{16} = 50k - R_7$$

$$R_{16} = 50k - 10k$$

$$R_{16} = 40k\Omega$$

Tingkat resolusi yang digunakan dalam ADC adalah:

$$\begin{aligned} \text{Resolusi} &= \frac{V_{ref}}{2^8 - 1} \\ &= \frac{5}{255} \\ &= 0,0196 \text{ V/bit} \end{aligned}$$

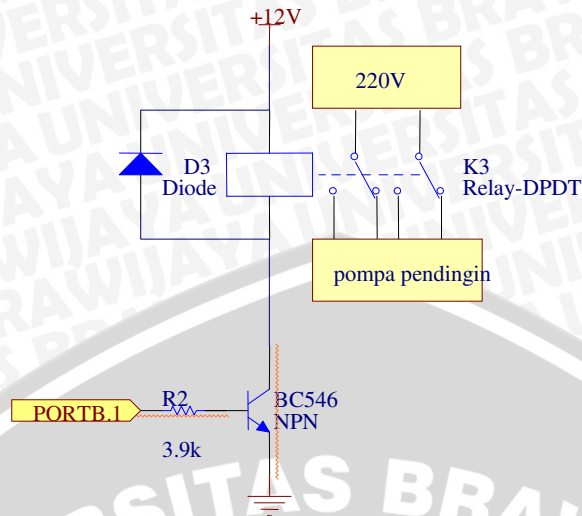
Sehingga setiap perubahan 1 bit mewakili perubahan sebesar 19,6 mV.

Resolusi pengukuran berdasarkan karakteristik alat adalah:

$$\begin{aligned} \text{Resolusi} &= \frac{100 \text{ }^\circ\text{C}}{255} \\ &= 0,392 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

### 4.3.3 Rangkaian Driver Relay

Rangkaian driver relay digunakan untuk mengaktifkan relay dari sinyal yang digunakan oleh mikrokontroler. Rangkaian ini dibutuhkan untuk mencukupi arus yang dibutuhkan oleh relay. Dalam penelitian ini, pompa hidup jika port B mikrokontroler berlogika 1 dan pompa akan mati jika port B berlogika 0. Driver motor berupa transistor NPN yang digunakan sebagai saklar untuk menghidup-matikan motor dengan memanfaatkan kondisi jenuh dan cut-offnya. Tegangan yang dihasilkan oleh basis transistor akan mengaktifkan relay, sebaliknya tidak adanya tegangan pada basis akan mengakibatkan relay mengalami kondisi off sehingga relay tidak aktif. Rangkaian driver relay ditunjukkan dalam Gambar 4.7.



Gambar 4. 7. Rangkaian driver relay

Rangkaian driver relay digunakan untuk menggerakkan pompa tinta dan dua pompa aquarium. Relay dirancang dengan posisi *normally-open* sehingga relay akan aktif jika mikrokontroler berlogika 1 dan mati jika berlogika 0.

Driver pada port B mikrokontroler memberikan sinyal logika tinggi. Sesuai *datasheet* ATmega8535, logika tinggi port B menghasilkan tegangan minimal 4,2 volt dan arus keluaran 20 mA. Relay yang digunakan merupakan relay jenis *single coil* 12V. Jenis relay dan rangkaian relay yang digunakan untuk ketiga output yang dikontrol adalah sama, namun nilai hambatan kumparan yang terukur tetaplah berbeda.

Nilai hambatan kumparan relay yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$R_{\text{relay}} = 160\Omega$$

Untuk rangkaian driver relay, perhitungan  $R_2$  adalah sebagai berikut:

$$V_{OH} = 4.2V$$

$$I_{OH} = 20mA$$

$$V_{CC} = V_{CE} + I_C \cdot R_{\text{relay}}$$

$$R_{\text{internal relay}} = 160\Omega$$

Kondisi relay aktif adalah saat  $V_{CE \text{ sat}} \neq 0$

Dari *datasheet* BC546,  $V_{CE \text{ sat max}} = 0,25V$ , sehingga:

$$I_C \text{ sat} = \frac{V_{CC} - V_{CE \text{ sat max}}}{R_{\text{relay}}}$$

$$I_C \text{ sat} = \frac{12 - 0.25}{160}$$

$$I_C \text{ sat} = 73.437mA$$



Oleh karena itu  $I_C$  yang digunakan harus  $>73.4375\text{mA}$

$$I_{Cmax} = 100\text{mA}$$

$$\beta_{min} = 110$$

$$\beta_{max} = 800$$

Sehingga  $I_B$ :

$$I_B = \frac{I_C}{\beta_{min}}$$

$$I_B = \frac{73.437\text{mA}}{110}$$

$$I_B = 0.667\text{mA}$$

Tegangan  $V_{OH}$  min dari mikrokontroler = 4.2V, maka besar  $R_B$  adalah:

$$V_{OH} \text{ min} = I_B \times R_B + V_{BEsat} \text{ max}$$

$$R_B = \frac{V_{OH} \text{ min} - V_{BEsat} \text{ max}}{I_B}$$

$$R_B = \frac{4.2 - 1}{0.667 \times 10^{-3}}$$

$$R_B = 4.797 \text{ k}\Omega$$

Karena nilai tahanan tersebut tidak ada dipasaran, maka diambil nilai terdekat yang lebih kecil dari nilai tertera. Nilai tahanan yang dipakai yaitu sebesar 3.9k $\Omega$ . Perhitungan  $I_B$  sebagai berikut:

$$R_B = \frac{V_{OH} \text{ min} - V_{BEsat} \text{ max}}{I_B}$$

$$I_B = \frac{V_{OH} \text{ min} - V_{BEsat} \text{ max}}{R_B}$$

$$I_B = \frac{4.2 - 1}{4 \times 10^3}$$

$$I_B = 0.8\text{mA}$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta_{min}}$$

$$I_C = I_B \times \beta_{min}$$

$$I_C = 0.8 \times 10^{-3} \times 110$$

$$I_C = 88\text{mA}$$

Nilai tersebut sudah memenuhi nilai minimum untuk arus  $I_C$  saturasi. Dengan nilai  $I_C$  yang diatur lebih kecil dari  $I_C$  max, diharapkan dapat menjaga agar transistor tidak cepat rusak karena bekerja pada keadaan maksimal. Dengan demikian nilai  $R_B$  dapat dipakai dalam rangkaian driver saat keadaan saturasi (relay aktif).

Analisis menggunakan datasheet akan membuktikan apakah saat masukan driver relay diberi logika rendah (logika 0) relay menjadi tidak aktif.

$$V_{OLmax} = 0.5V$$

$$I_{OH} = 20mA$$

$$V_{BE\ on\ min} = 0.55V$$

Dikarenakan  $V_{OL\ max} < V_{BE\ on\ min}$ , maka transistor tidak aktif. Dengan demikian didapatkan arus pada kolektor:

$$I_C = I_B \times \beta_{min}$$

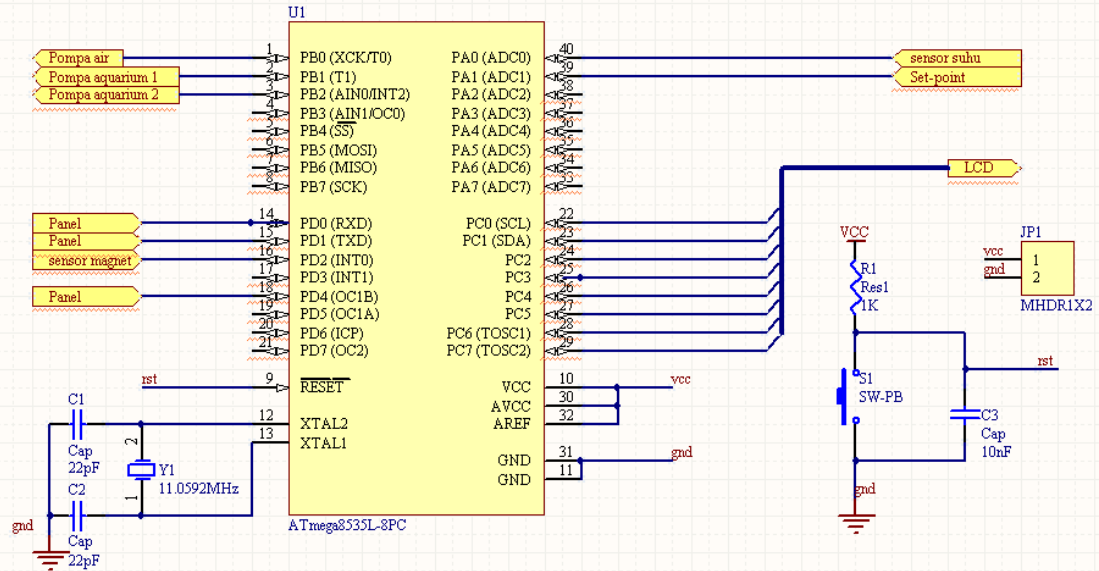
$$I_C = 0 \times 110$$

$$I_C = 0A$$

Saat kondisi *cut-off* dengan  $V_{CE}$  maksimum dan  $I_C=0A$ , maka transistor menyerupai rangkaian terbuka yang menyebabkan relay tidak aktif. Dengan demikian terbukti bahwa ketika masukan diberi logika 0, relay tidak aktif.

#### 4.3.4 Rangkaian Mikrokontroler ATmega8535

Mikrokontroler sebagai pusat pengolahan data dan pengontrolan alat. Rangkaian minimum dibentuk dengan menghubungkan pin-pin ATmega8535 pada rangkaian pendukung. Rangkaian mikrokontroler ATmega8535 ditunjukkan dalam Gambar 4.8.



Gambar 4. 8. Rangkaian mikrokontroler ATmega8535

Mikrokontroler sebagai pengendali dan pengolah data yang didapat dari peripheral masukan. ATmega8535 memiliki 4 port yaitu port A, port B, port C, dan port D. Alat pengatur viskositas tinta percetakan ini menggunakan ADC 8 bit internal. Pembagian port-port mikrokontroler yang digunakan dalam sistem pengatur viskositas tinta adalah sebagai berikut:

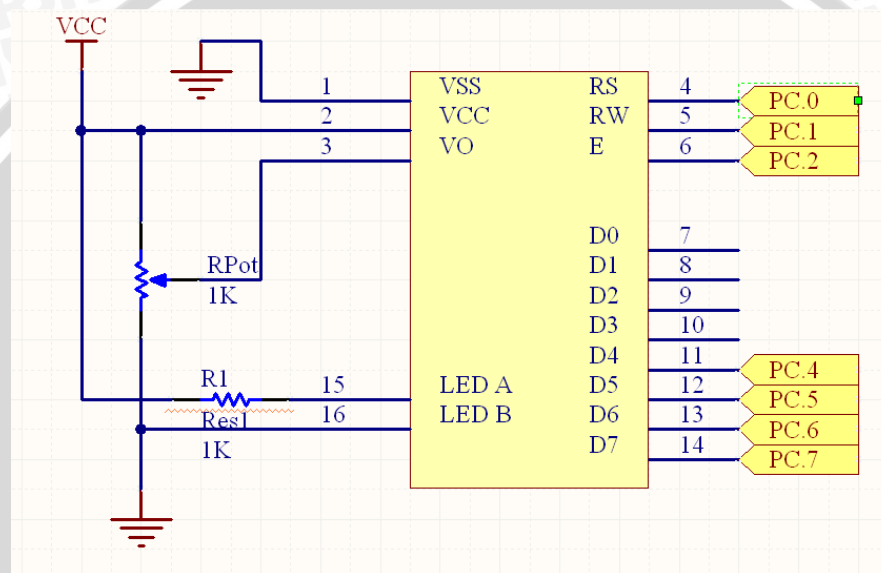
- PC.0-PC.7 : Dihubungkan dengan LCD sebagai unit tampilan
- PD.0 : Panel Eksekusi
- PD.1 : Panel Mode Ukur
- PD.2 : Masukan pulsa dari sensor magnet
- PD.4 : Panel Mode Target
- PA.0 : Masukan tegangan dari sensor suhu
- PA.1 : Masukan tegangan dari variabel resistor sebagai *set point*
- PB.0 : Dihubungkan dengan rangkaian driver relay pompa tinta
- PB.1 : Dihubungkan dengan rangkaian driver relay pompa pendingin
- PB.2 : Dihubungkan dengan rangkaian driver relay pompa resolvent
- RESET : Masukan pengendali reset

### 4.3.5 Rangkaian *Liquid Crystal Display* LMB162A

Digunakan untuk menampilkan data akhir berupa status dan nilai viskositas tinta dalam satuan ms(milisekon).

LCD yang dipakai dalam sistem ini adalah tipe M1632 yang dapat menampilkan 2 baris karakter dengan masing-masing baris dapat menampilkan 16 buah karakter. Data yang dipakai adalah sebanyak 4 data, yaitu data dari pin D4, D5, D6, D7.

Rangkaian LCD yang digunakan dalam alat pengatur viskositas tinta ditunjukkan dalam Gambar 4.9.



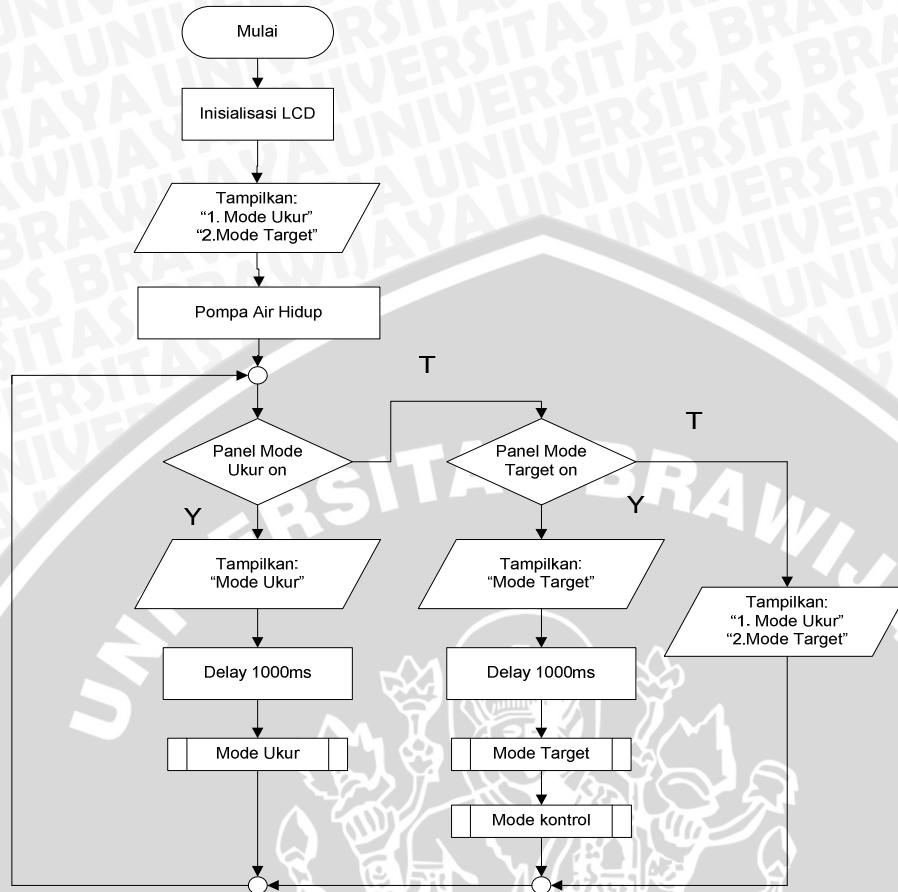
Gambar 4. 9. Rangkaian LCD

## 4.4 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak dibuat agar mikrokontroler ATmega8535 dapat membaca data yang dikirim selanjutnya diproses dan ditampilkan ke LCD. Perangkat lunak mikrokontroler ATmega8535 disusun menggunakan bahasa pemrograman C. Pada bagian ini menjelaskan subprogram-subprogram dari perangkat lunak yang telah dibuat.

### 4.4.1 Program Utama

Program utama disusun sebagai program yang pertamakali diproses oleh mikrokontroler serta dapat memanggil subprogram yang lain. *Flowchart* program utama ditunjukkan dalam Gambar 4.10.



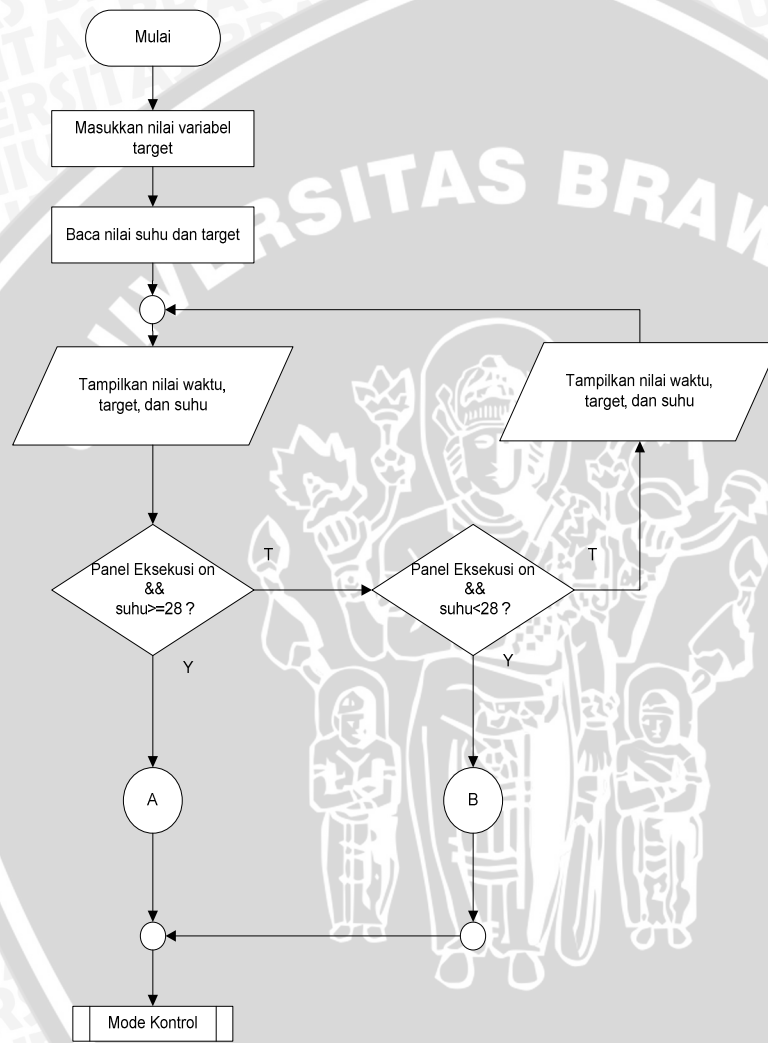
Gambar 4. 10. Flowchart program utama

#### 4.4.2 Subprogram Mode Ukur

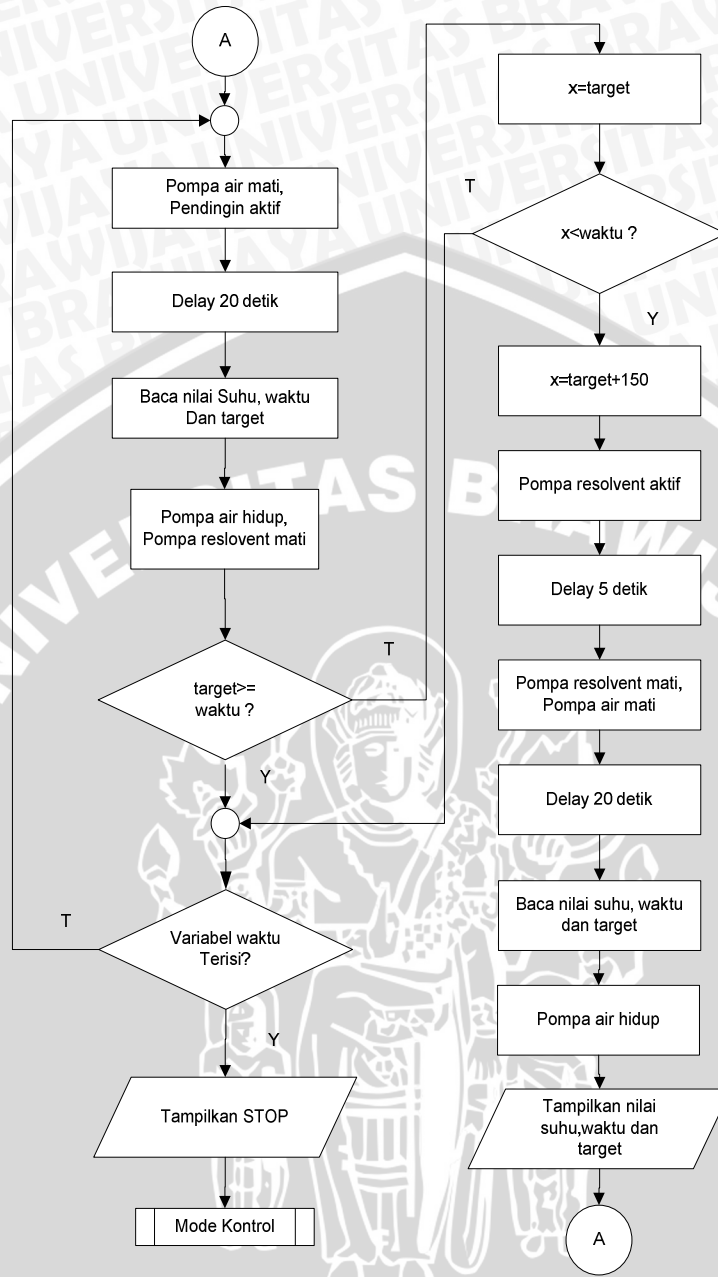
Dalam subprogram ini, sistem akan menjalankan program untuk mengukur viskositas tinta. Proses pengukuran akan berhenti jika variabel waktu telah didapat dan ditampilkan dalam satuan milisekon(ms). Program akan kembali ke program utama jika tombol “eksekusi” tidak diaktifkan. *Flowchart* subprogram mode ukur ditunjukkan dalam Gambar 4.11.



sesuai target. Subprogram ini akan selesai jika nilai variabel waktu sama atau mendekati nilai variabel target yang sebelumnya telah didapat dengan mengatur *set-point*. Program akan kembali ke program utama jika tombol “eksekusi” tidak diaktifkan. Subprogram mode target dilengkapi dengan subprogram mode kontrol yang akan dijalankan sesuai dengan *flowchart* subprogram mode ukur yang ditunjukkan dalam Gambar 4.12a, Gambar 4.12b, Gambar 4.12c dan Gambar 4.12d.



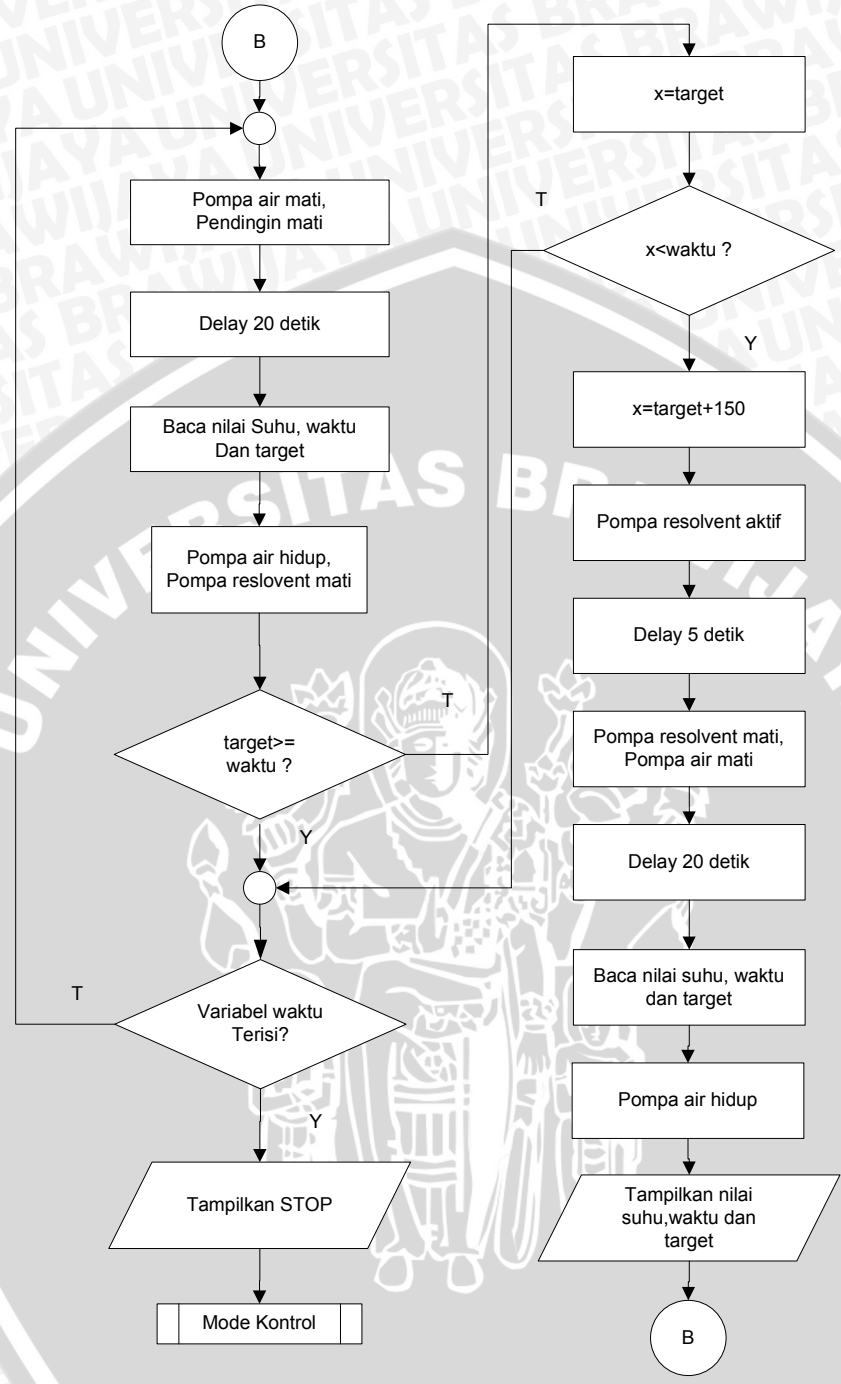
(a)



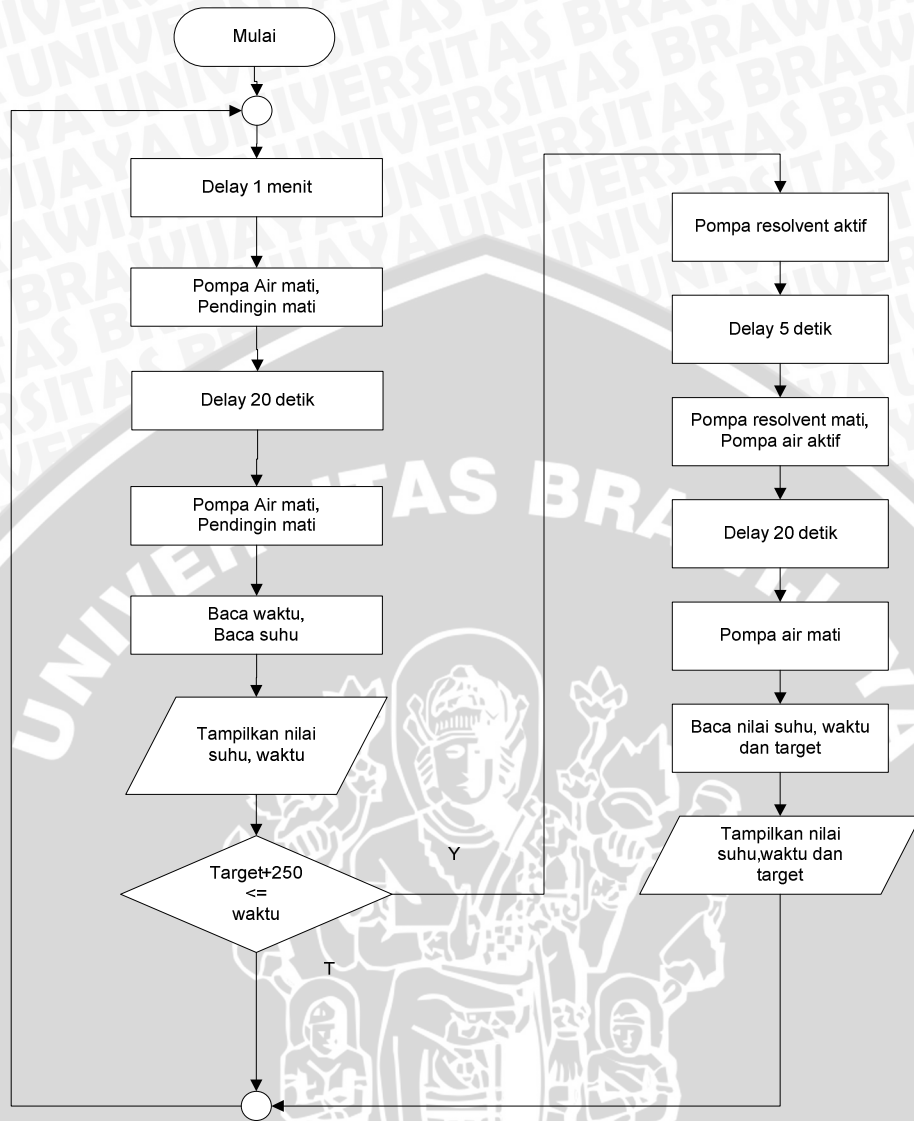
(b)







(c)



(d)

Gambar 4. 12. Flowchart subporgram mode target

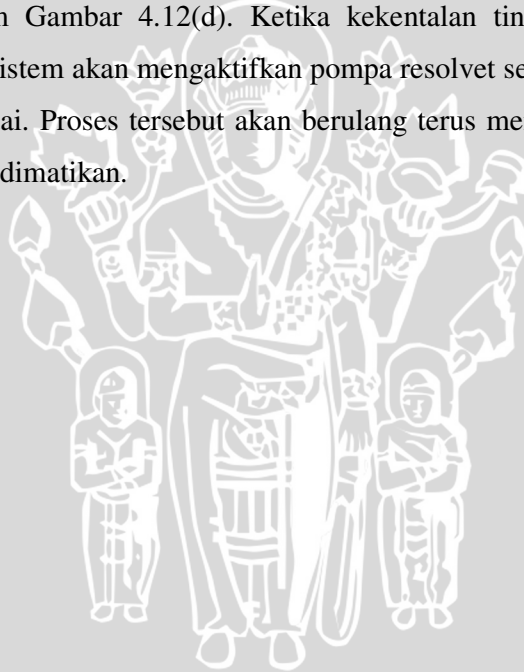
- (a) Flowchart subprogram mode target
- (b) Flowchart subprogram mode target-A
- (c) Flowchart subprogram mode target-B
- (d) Subprogram mode kontrol

Pada mode operasi target, sistem akan mencapai dan menjaga kekentalan dari tinta sesuai yang diinginkan. Ketika memasuki mode target, *user* akan diminta untuk memasukkan nilai kekentalan yang diinginkan dalam satuan milisekon(ms) melalui *set-*

*point* yang telah disediakan. Ketika nilai kekentalan sudah ditetapkan, sistem akan menunggu perintah eksekusi. Panel eksekusi yang telah diaktifkan akan memberi perintah pada sistem untuk menjalankan program mode target.

Mode target sendiri dibagi menjadi tiga bagian, yaitu mode target –A yang ditunjukkan dalam Gambar 4.12(b), mode target –B yang ditunjukkan dalam Gambar 4.12(c) dan mode kontrol yang ditunjukkan dalam Gambar 4.12(d). Mode target –A adalah subrutin yang dijalankan ketika suhu tinta tidak kurang dari 28 °C, sedangkan mode target –B adalah subrutin yang dijalankan ketika suhu tinta kurang dari 28°C. Perbedaan dari kedua subrutin ini adalah aktifnya pompa pendingin untuk menjaga suhu tinta. Tinta akan diambil sampel kekentalannya setiap kurang lebih 20 detik sekali.

Ketika kekentalan tinta telah tercapai, subrutin mode kontrol akan dijalankan. Pada subrutin ini sistem akan memperbaharui nilai variabel waktu setiap 1 menit sesuai yang ditunjukkan dalam Gambar 4.12(d). Ketika kekentalan tinta percetakan yang diinginkan tidak sesuai sistem akan mengaktifkan pompa resolvet selama 5 detik hingga kekentalan kembali sesuai. Proses tersebut akan berulang terus menerus hingga sistem *reset* atau tombol *power* dimatikan.



## BAB V

### PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini akan membahas pengujian dan analisis alat yang telah dibuat. Pengujian dilakukan dengan pengukuran tiap-tiap blok dan pengujian sistem secara keseluruhan dari sistem pengatur viskositas tinta percetakan dengan tujuan mengamati apakah tiap blok-blok dan sistem keseluruhan dapat bekerja sesuai yang diharapkan.

Pengujian dilakukan pada masing-masing komponen melalui pemeriksaan sambungan dan pengukuran dengan alat-alat ukur. Kemudian dilanjutkan dengan pengujian sistem secara keseluruhan.

Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian masing-masing blok diagram sebagai berikut:

- 1) Pengujian Sensor Magnetik
- 2) Pengujian Sensor Suhu
- 3) Pengujian Rangkaian Mikrokontroler Atmega8535
- 4) Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu
- 5) Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Magnetik
- 6) Pengujian Rangkaian Driver Relay
- 7) Pengujian antarmuka mikrokontroler dengan LCD
- 8) Pengujian sistem secara keseluruhan

#### 5.1 Pengujian Sensor Magnetik

##### 5.1.1 Tujuan Pengujian

Tujuan dari pengujian sensor magnet adalah untuk mengetahui apakah sensor magnet dapat bekerja dengan baik, dapat mengindera fluksi magnet yang melintasi dan tidak melintasi sensor magnet tersebut, serta dapat menghasilkan tegangan keluaran yang sesuai melalui sinyal status sensor magnet.

##### 5.1.2 Peralatan Pengujian

Peralatan yang digunakan dalam pengujian sensor magnet adalah sebagai berikut:

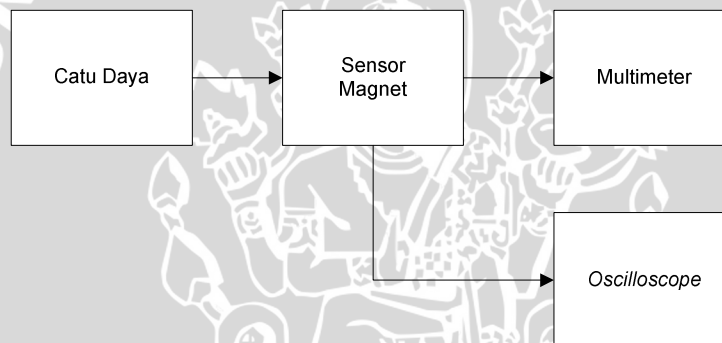
- 1) Sensor magnet.
- 2) Catu daya 5V.
- 3) Selang transparan.
- 4) Magnet silinder.

- 5) *Oscilloscop* sebanyak 1 buah.
- 6) Multimeter sebanyak 2 buah.

### 5.1.3 Prosedur Pengujian

Dalam melakukan proses pengujian sensor magnet ini, tahap-tahap yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Merangkai rangkaian penguji seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.1.
- 2) Memberi tegangan masukan pada sensor magnet sebesar 5V.
- 3) Mengamati tegangan sinyal keluaran dari sensor magnet sebelum adanya magnet silinder dilewatkan pada sensor.
- 4) Mengamati periode sinyal keluaran dari sensor magnet saat dilewatkan magnet. Magnet dilewatkan dengan cara menjatuhkan magnet menggunakan gaya gravitasi.



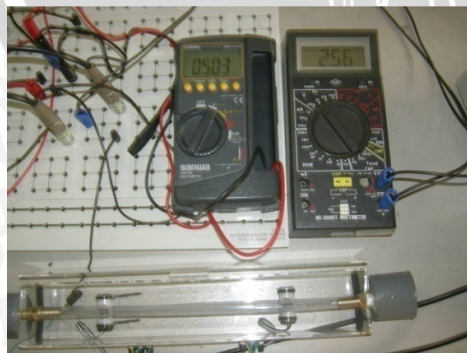
Gambar 5. 1. Diagram Blok pengujian sensor magnetik

### 5.1.4 Data Pengujian

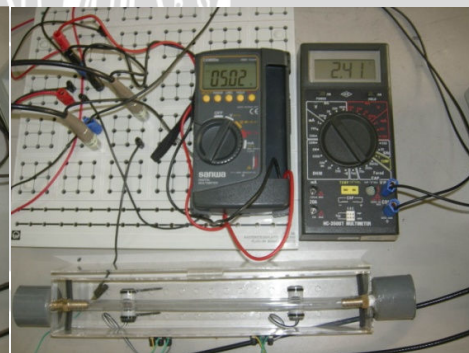
Dari pengujian sensor magnet, diperoleh informasi bahwa sensor magnet bekerja dengan baik dengan menghasilkan sinyal keluaran. Data pengujian sensor magnet ketika mengindera dan tidak mengindera sensor magnet ditunjukkan dalam Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Data pengujian tegangan keluaran sensor magnetik

Data ke	Sensor (catu 5V)	Pengukuran Tegangan Keluaran		Fluksi magnet
		V <sub>out</sub> max (V)	Rata-rata Tegangan (V)	
1	Sensor 1 (atas)	3,7	3,98	ada
2		3,2		
3		3,8		
4		4		
5		4		
6		4,4		
7		4,4		
8		4,4		
9		2,56		Tidak ada
1	Sensor 2 (bawah)	3,6	3,53	ada
2		3,6		
3		3,8		
4		3,2		
5		3,8		
6		3,4		
7		3		
8		3,9		
9		2,41		Tidak ada



(a)



(b)



(c)

Gambar 5. 2. Pengukuran keluaran tegangan sensor megnetik

- (a) Tegangan kosong sensor 1
- (b) Tegangan kosong sensor 2
- (c) Keluaran sensor saat mengindera fluksi magnet

### 5.1.5 Analisa Data Pengujian

Pada pengujian sensor magnet, dengan mengamati data tegangan dari sinyal keluaran sensor. Tegangan keluaran pada sensor magnet yang tidak dilewatkan magnet akan menghasilkan setengah dari catu daya yang diberikan pada sensor magnet. Tegangan keluaran sensor bergantung dari kutub magnet yang melewatinya. Saat kutub utara yang mendekati atau melewati sensor, maka sensor akan mengindera dengan cara menurunkan tegangan keluaran hingga batas minimal. Saat kutub selatan dari magnet mendekati atau melewati sensor, maka sensor akan mengindera dengan cara menaikkan tegangan keluaran hingga mencapai 4,4V.

Dalam perancangan rangkaian pengkondisi sinyal sensor magnet, akurasi data  $V_{out}$  minimal tidaklah diperlukan sehingga dalam pengujian sensor magnet hanya dicari ketepatan data dari  $V_{out}$  maksimal sensor magnet.

## 5.2 Pengujian Sensor Suhu

### 5.2.1 Tujuan Pengujian

Pengujian rangkaian sensor suhu adalah untuk mengetahui tingkat ketepatan sensor suhu LM35 dalam merespon perubahan suhu tinta percetakan, yaitu dengan cara mengukur tegangan keluarannya. Jika tanggapan sensor sesuai dengan *datasheet* maka sensor akan berubah 10mV untuk setiap perubahan 1°C.

### 5.2.2 Peralatan Pengujian

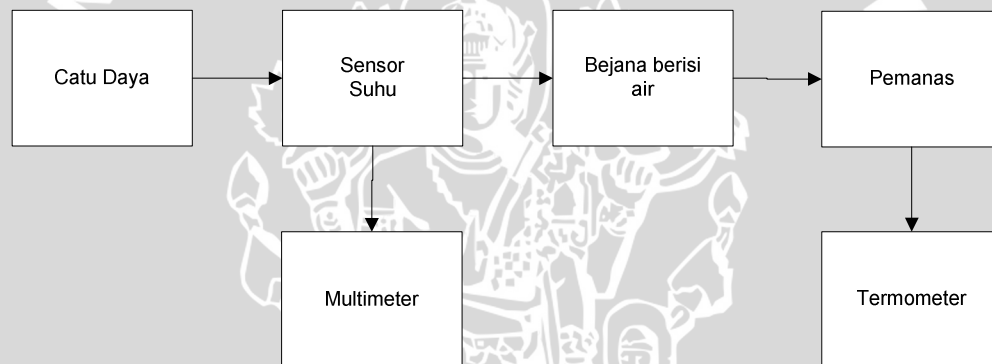
Peralatan yang digunakan dalam pengujian sensor suhu adalah sebagai berikut:

- 1) Sensor suhu.
- 2) Catu daya +5V.
- 3) Termometer air raksa.
- 4) Bejana berisi air.
- 5) Pemanas.
- 6) Multimeter sebanyak 1 buah.

### 5.2.3 Prosedur Pengujian

Dalam melakukan proses pengujian sensor magnet ini, tahap-tahap yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Alat dirangkai seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.3.



Gambar 5. 3. Diagram blok pengujian sensor suhu

- 2) Catu daya +5V dihubungkan pada sensor.
- 3) Sensor suhu diisolasi, kemudian dimasukkan ke dalam bejana berisi air.
- 4) Pengontrolan suhu menggunakan termometer air raksa.
- 5) Tegangan keluaran sensor diukur menggunakan voltmeter, setiap kenaikan tegangan keluaran setara dengan  $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$
- 6) Pengukuran suhu dimulai dari suhu kamar  $27^{\circ}\text{C}$  hingga  $50^{\circ}\text{C}$ . Kenaikan suhu diatur dengan menyalakan pemanas.



### 5.2.4 Data Pengujian

Tabel 5.2. Data hasil pengujian sensor suhu

Data ke	Suhu (°C)	V <sub>out</sub> Sensor Suhu		Penyimpangan(%)
		Sensor (mV)	Perhitungan (mV)	
1	28	285	290	1,724
2	36	367	370	0,810
3	37	388	390	0,512
4	40	400	400	0,000
5	43	439	440	0,227
6	44	448	450	0,444
7	45	459	460	0,217
8	47	472	470	0,425
9	48	480	480	0,000
10	48	488	490	0,408
Rata-rata				0,4767

### 5.2.5 Analisa Data Pengujian

Dari Tabel 5.2 didapatkan data yang menunjukkan tegangan keluaran sensor terhadap perubahan suhu yang ditunjukkan oleh termometer. Prosentase kesalahan dari pengujian terhadap nilai yang diinginkan adalah:

$$\text{Penyimpangan}(\%) = \left| \frac{V_{out}(\text{perhitungan}) - V_{out}(\text{pengukuran})}{V_{out}(\text{perhitungan})} \times 100\% \right|$$

Sedangkan nilai penyimpangan rata-rata dari hasil pengukuran adalah:

$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan rata - rata} &= \frac{\text{Total penyimpangan}}{10} \\ &= \frac{4.767}{10} \\ &= 0,4767 \end{aligned}$$

Penyimpangan dapat terjadi disebabkan oleh:

- 1) Terjadi *self-heating* pada sensor sehingga suhu yang terbaca lebih besar dari suhu sebenarnya.
- 2) Multimeter yang tidak presisi dapat menyebabkan kesalahan dalam pembacaan tegangan keluaran sensor.

### **5.3 Pengujian Rangkaian Mikrokontroler ATmega8535**

#### **5.3.1 Tujuan Pengujian**

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah rangkaian mikrokontroler ATmega 8535 dapat berfungsi dengan baik dan dapat menjalankan program yang diberikan.

#### **5.3.2 Peralatan Pengujian**

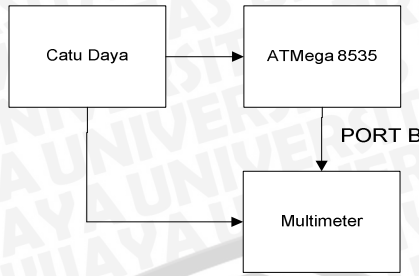
Peralatan yang digunakan dalam pengujian rangkaian mikrokontroler ATmega 8535 adalah sebagai berikut:

- 1) Minimum sistem ATmega 8535.
- 2) Catu Daya +5V.
- 3) Multimeter sebanyak 2 buah.

#### **5.3.3 Prosedur Pengujian**

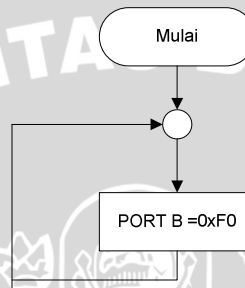
Prosedur pengujian yang dilakukan dalam menguji rangkaian Mikrokontroler ATmega 8535 adalah sebagai berikut:

- 1) Merangkai rangkaian seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.4.
- 2) Memasukkan program input dan output sederhana ke dalam ATmega 8535 seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.5.
- 3) Memberikan catu daya pada minimum sistem ATmega 8535.
- 4) Mengamati tegangan masukan dan keluaran mikrokontroler dengan menggunakan voltmeter sesuai dengan program input dan output yang telah dimasukkan dalam mikrokontroler ATmega 8535.



Gambar 5. 4. Diagram Blok pengujian rangkaian mikrokontroler ATMega

8535

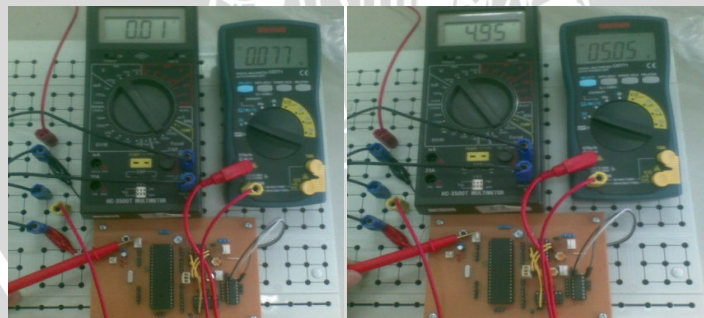


Gambar 5. 5. Flowchart program pengujian rangkaian mikrokontroler ATMega

8535

### 5.3.4 Data Pengujian

Pengujian rangkaian mikrokontroler ATMega 8535 dilakukan sesuai prosedur yang telah ditentukan. Data dari pengujian rangkaian ini ditunjukkan dalam Gambar 5.6 dan Tabel 5.4.



(a)

(b)

Gambar 5. 6. Pengujian rangkaian mikrokontroler ATMega 8535

- (a) Pengujian saat mikrokontroler tidak diberi masukan
- (b) Pengujian saat mikrokontroler di diberi masukan

Tabel 5.3. Data pengujian rangkaian mikrokontroler ATmega 8535

Data ke	Tegangan Masukan (V)	Tegangan Keluaran (V)	Logika Keluaran
1	4,96	5,06	1
2	4,96	5,07	1
3	4,96	5,06	1
4	4,96	5,06	1
5	4,96	5,06	1
1	0,01	0,074	0
2	0,01	0,074	0
3	0,01	0,073	0
4	0,01	0,074	0
5	0,01	0,074	0

### 5.3.5 Analisa Data Pengujian

Pada pengujian rangkaian mikrokontroler ATmega 8535, dari data yang diperoleh hasil pengamatan tegangan keluaran mikrokontroler menunjukkan bahwa tegangan keluaran dari mikrokontroler akan berubah dengan nilai  $\pm 0V$  dan  $\pm 5V$  sesuai dengan logika output yang diberikan.

Dari Tabel 5.3 didapatkan rentang keluaran rangkaian mikrokontroler sebagai berikut:

- 1) Rentang tegangan keluaran rangkaian saat diberi logika 1 adalah 5,06V hingga 5,07V.
- 2) Rentang tegangan keluaran rangkaian saat diberi logika 0 adalah 0,073V hingga 0,074V.

Jika dibandingkan dengan *datasheet* dari mikrokontroler ATmega 8535, rentang keluaran maksimum dari mikrokontroler adalah 0,7V untuk logika 0 dan minimal 4,2V untuk tegangan keluaran dari logika 1. Dengan demikian tegangan keluaran dari rangkaian mikrokontroler yang diuji masih masuk dalam rentang keluaran tegangan yang wajar.

Dari data-data diatas dapat disimpulkan bahwa rangkaian mikrokontroler dapat bekerja dengan baik dan dapat digunakan dalam sistem ini.

## **5.4 Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu**

### **5.4.1 Tujuan Pengujian**

Tujuan dari pengujian rangkaian pengkondisi sinyal sensor suhu adalah untuk mengetahui kerja dari rangkaian pengkondisi sinyal sensor suhu dengan membandingkan hasil pengamatan terhadap hasil perhitungan berdasarkan perubahan masukan. Rangkaian pengkondisi sinyal sensor suhu bekerja dengan baik jika menghasilkan penguatan sebesar 5 kali.

### **5.4.2 Peralatan Pengujian**

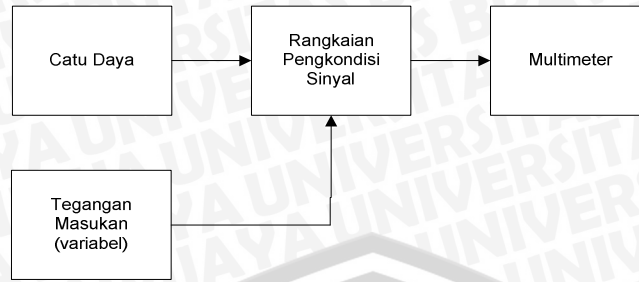
Peralatan yang digunakan dalam pengujian rangkaian pengkondisi sinyal sensor suhu adalah sebagai berikut:

- 1) Catu Daya +12V.
- 2) Rangkaian pengkondisi sinyal sensor suhu.
- 3) Potensiometer.
- 4) Multimeter sebanyak 2 buah.

### **5.4.3 Prosedur Pengujian**

Prosedur yang dilakukan dalam menguji rangkaian pengkondisi sinyal sensor suhu adalah sebagai berikut:

- 1) Alat dirangkai seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.7.
- 2) Memberikan catu daya +12V pada rangkaian pengkondisi sinyal sensor suhu.
- 3) Memberikan tegangan masukan yang dihasilkan dengan mengatur tegangan variabel (potensiometer).
- 4) Mengamati tegangan keluaran dari rangkaian pengkondisi sinyal sensor suhu menggunakan multimeter.



Gambar 5. 7. Blok Diagram Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu

**5.4.4 Data Pengujian**

Hasil pengujian rangkaian pengkondisi sinyal sensor magnet ditunjukkan dalam Tabel 5.4.

Tabel 5.4. Hasil pengujian rangkaian pengkondisi sinyal sensor suhu

Data ke	Tegangan masukan(mV)	Tegangan keluaran (mV)		Penguatan	Penyimpangan (%)
		Pengukuran	Perhitungan		
1	214	1091	1070	5,0981	1,9626
2	246	1253	1230	5,0934	1,8355
3	332	1687	1660	5,0813	1,6265
4	412	2088	2060	5,0679	1,3592
5	570	2887	2850	5,0649	1,2982
6	638	3227	3190	5,0579	1,1598
7	751	3794	3755	5,0519	1,0386
8	851	4310	4255	5,0646	1,2925
9	945	4790	4725	5,0687	1,3756
10	1030	5210	5150	5,0582	1,1650
Rata-rata				5,07069	1,41135

**5.4.5 Analisa Data Pengujian**

Berdasarkan data pengujian rangkaian sensor suhu dalam Tabel 5.4 dapat disimpulkan bahwa rangkaian penguat sensor suhu bekerja dengan baik. Rangkaian penguat sensor suhu dapat menguatkan sebesar penguatan yang direncanakan, yaitu sebesar 5 kali.

Nilai penguatan pengukuran didapat dari:

$$\text{Penguatan} = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

Nilai penguatan rata-rata didapat dari:

$$\begin{aligned} \text{Penguatan rata-rata} &= \frac{\text{Total penguatan}}{10} \\ &= \frac{50.7069}{10} \\ &= 5.07069 \end{aligned}$$

Nilai penyimpangan didapat dari:

$$\text{Penyimpangan}(\%) = \left| \frac{V_{out}(\text{perhitungan}) - V_{out}(\text{pengukuran})}{V_{out}(\text{perhitungan})} \times 100\% \right|$$

Nilai penyimpangan rata-rata didapat dari:

$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan rata-rata} &= \frac{\text{Total penyimpangan}}{10} \\ &= \frac{14.1135}{10} \\ &= 1,41135 \end{aligned}$$

Penyimpangan dapat terjadi disebabkan oleh:

- 1) Multimeter yang tidak presisi dalam membaca perubahan tegangan sehingga dapat terjadi kesalahan pembacaan.
- 2) Kesalahan dalam menghasilkan nilai hambatan pada variabel resistor dapat menyebabkan pergeseran nilai penguatan.

## 5.5 Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Magnetik

### 5.5.1 Tujuan Pengujian

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah rangkaian pengkondisi sinyal sensor magnetik dapat bekerja dengan baik. Rangkaian pengkondisi sinyal bekerja dengan baik jika dapat memproses masukan dari 2 sensor magnetik menjadi 1 keluaran berlogika 1 atau 0. Pemrosesan keluaran dari 2 sensor magnetik menggunakan pendekatan logika OR. Keluaran yang diharapkan dari rangkaian pengkondisi sinyal sensor magnet adalah sesuai dengan Tabel 5.5.

Tabel 5.5. Logika keluaran rangkaian pengkondisi sinyal sensor magnetik

		Sensor 1	
		1	0
Sensor 2	1	1	1
	0	1	0

**5.5.2 Peralatan Pengujian**

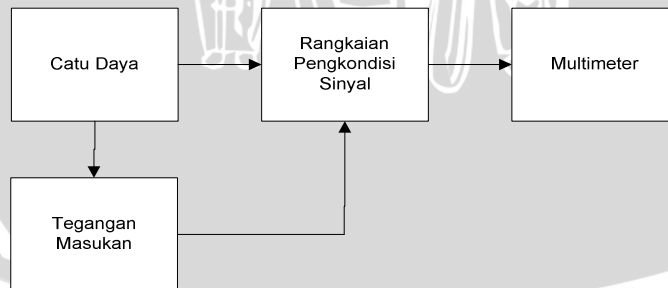
Peralatan yang digunakan dalam pengujian rangkaian pengkondisi sinyal sensor magnetik adalah sebagai berikut:

- 1) Catu daya +5V.
- 2) Rangkaian Pengkondisi sinyal sensor magnet.
- 3) Multimeter sebanyak 2 buah
- 4) Potensiometer.

**5.5.3 Prosedur Pengujian**

Prosedur yang dilakukan dalam menguji rangkaian pengkondisi sinyal sensor magnetik adalah sebagai berikut:

- 1) Merangkai rangkaian seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.8.
- 2) Memberikan catu daya pada rangkaian pengkondisi sinyal sensor magnetik.
- 3) Memberikan masukan tegangan sebagai keluaran sensor magnetik untuk diproses rangkaian pengkondisi sinyal sensor magnetik.
- 4) Mengamati keluaran rangkaian pengkondisi sinyal sensor magnetik menggunakan multimeter.



Gambar 5.8. Blok Diagram rangkaian pengkondisi sinyal sensor magnetik



### 5.5.4 Data Pengujian

Pengujian rangkaian pengkondisi sinyal sensor magnetik dilakukan sesuai prosedur yang telah ditentukan. Data dari pengujian rangkaian ini ditunjukkan dalam Tabel 5.6.

Tabel 5.6. Data pengujian rangkaian pengkondisi sinyal sensor magnetik

Data ke	V <sub>out</sub> sensor 1 (V)	V <sub>out</sub> sensor 2 (V)	V <sub>out</sub> RPS (V)	Logika
1	4,25	4,42	4,38	1
2	3,93	4,42	4,38	1
3	3,83	4,42	4,36	1
4	3,01	4,42	4,36	1
5	1,21	4,42	4,37	1
6	1,21	3,74	4,37	1
7	1,21	3,52	0,14	0
8	1,21	2,72	0,14	0
9	1,21	1,79	0,14	0
10	1,21	1,15	0,15	0

### 5.5.5 Analisa Data Pengujian

Pada pengujian rangkaian pengkondisi sinyal sensor magnetik didapatkan logika keluaran sesuai yang ditunjukkan dalam Tabel 5.6. Tegangan keluaran berubah-ubah sesuai dengan keluaran dari kedua sensor magnetik. Kisaran keluaran yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

- 1) Rentang tegangan keluaran rangkaian saat diberi logika 1 adalah 4,36V hingga 4,38V.
- 2) Rentang tegangan keluaran rangkaian saat diberi logika 0 adalah 0,14V hingga 1,15V.

Dari *datasheet* mikrokontroler ATmega 8535, dapat dibandingkan antara keluaran rangkaian pengkondisi sinyal sensor magnetik dengan tegangan masukan mikrokontroler ATmega 8535.

Dari *datasheet* ATmega 8535 didapatkan data sebagai berikut:

$$V_{IL} \text{ max} = 1V$$

$$V_{IH} \text{ min} = 3V$$

Jika dibandingkan antara *datasheet* ATmega 8535 dengan data hasil pengujian rangkaian pengkondisi sinyal, dapat diamati bahwa data hasil pengujian rangkaian pengkondisi sinyal sensor magnetik masih masuk dalam rentang tegangan masukan untuk mikrokontroler ATmega 8535.

Dari data-data diatas dapat disimpulkan bahwa rangkaian pengkondisi sinyal sensor magnetik bekerja dengan baik dan dapat digunakan dalam sistem ini.

## **5.6 Pengujian Rangkaian Driver Relay**

### **5.6.1 Tujuan Pengujian**

Tujuan pengujian driver relay ini adalah untuk mengetahui apakah rangkain driver relay dapat bekerja dengan baik. Rangkaian bekerja dengan baik jika relay aktif saat diberi logika 1 dari mikrokontroler, sebaliknya relay tidak aktif jika diberi logika 0. Pengujian driver relay ini dilakukan untuk satu jenis relay, baik untuk driver relay pompa resolvent, relay pompa cairan pendingin dan relay pompa air. Pada pengujian ini akan diketahui status relay saat menerima logika keluaran dari port mikrokontroler apakah akan sesuai yang diharapkan atau tidak.

### **5.6.2 Peralatan Pengujian**

Peralatan yang dibutuhkan dalam pengujian rangkaian driver relay adalah:

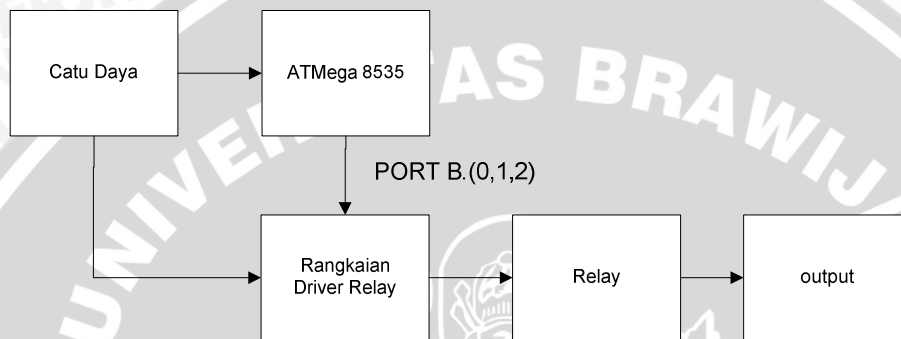
- 1) Rangkaian driver relay
- 2) Minimum sistem ATmega 8535
- 3) Relay pompa tinta
- 4) Relay pompa resolvent
- 5) Relay pompa cairan pendingin
- 6) Catu daya +5V dan +12V.

### **5.6.3 Prosedur Pengujian**

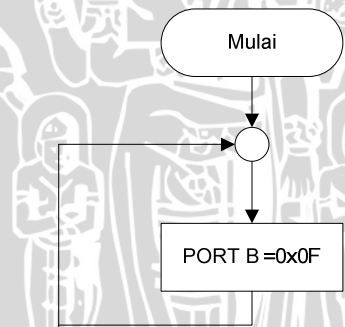
Prosedur pengujian dalam melakukan pengujian rangkaian driver relay adalah sebagai berikut:

- 1) Merangkai rangkaian pengujian seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.9

- 2) Memberikan catu daya pada minimum sistem ATmega 8535 dan rangkaian driver.
- 3) Memberikan program input dan output sederhana ke dalam ATmega 8535 seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.10
- 4) Memberikan sinyal masukan logika 1 dan logika 0 melalui port mikrokontroler.
- 5) Mengamati aktif atau tidaknya relay.
- 6) Mengamati status output dari masing-masing relay.



Gambar 5. 9. Blok Diagram pengujian rangkaian driver relay



Gambar 5. 10. Flowchart program pengujian rangkaian driver relay

#### 5.6.4 Data Pengujian

Pengujian rangkaian driver relay dilakukan sesuai yang telah ditentukan. Hasil pengujian rangkaian ditunjukkan dalam Tabel 5.7.

Tabel 5.7. Tabel data hasil pengujian driver relay

Relay	Logika	Status Relay
Pompa Air	0	Tidak aktif
	1	aktif
Pompa Pesolvent	0	Tidak aktif
	1	aktif
Pompa Pendingin	0	Tidak aktif
	1	aktif

#### 5.6.5 Analisa Data Pengujian

Dari tabel 5.7 dapat dilihat ketika port mikrokontroler menghasilkan logika keluaran 1, maka relay pompa air, pompa resolvent dan pompa pendingin dapat aktif . sebaliknya ketika port mikrokontroler menghasilkan logika keluaran 0, maka relay pompa air, pompa resolvent dan pompa pendingin tidak aktif.

Dari data-data yang didapat, menunjukkan bahwa rangkaian driver relay dapat bekerja dengan baik dan dapat digunakan dalam sistem ini.

### 5.7 Pengujian Antarmuka Mikrokontroler dengan LCD

#### 5.7.1 Tujuan Pengujian

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah lcd dapat bekerja dengan baik dan dapat menampilkan karakter-karakter sesuai instruksi yang diberikan oleh mikrokontroler.

#### 5.7.2 Peralatan Pengujian

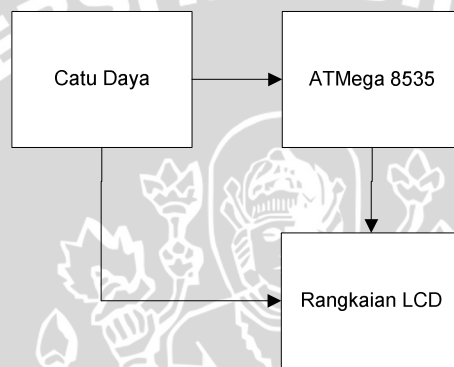
Peralatan yang digunakan dalam pengujian LCD adalah sebagai berikut:

- 1) Minimum sistem ATmega 8535.
- 2) Catu daya +5V.
- 3) Rangkaian LCD.

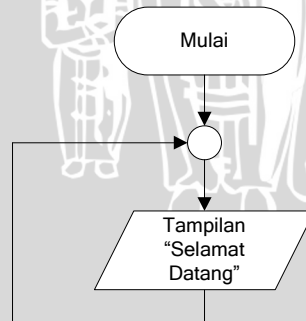
### 5.7.3 Prosedur Pengujian

Prosedur yang dilakukan dalam melakukan pengujian rangkaian driver relay adalah sebagai berikut:

- 1) Merangkai rangkaian pengujian seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.11.
- 2) Memberikan catu daya pada minimum sistem ATmega 8535 dan rangkaian LCD.
- 3) Memasukkan program sederhana untuk menampilkan karakter LCD ke dalam ATmega 8535 seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.12.
- 4) Mengamati keluaran LCD.



Gambar 5. 11. Blok Diagram pengujian rangkaian LCD



Gambar 5. 12. Flowchart program pengujian LCD

### 5.7.4 Data Pengujian

Gambar hasil pengujian rangkaian LCD ditunjukkan dalam Gambar 5.13.



Gambar 5. 13. Pengujian rangkaian LCD

### 5.7.5 Analisa Data Pengujian

Dalam Gambar 5.13 dapat dilihat bahwa rangkaian LCD dapat bekerja dengan baik. LCD dapat menampilkan karakter-karakter sesuai instruksi yang dikeluarkan oleh mikrokontroler.

Dari pengujian ini dapat disimpulkan bahwa rangkaian LCD dapat bekerja dengan baik dan dapat digunakan dalam sistem ini.

## 5.8 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

### 5.8.1 Tujuan Pengujian

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah sistem dapat bekerja dengan baik secara keseluruhan sesuai dengan perancangan yang ditentukan.

### 5.8.2 Peralatan Pengujian

Alat-alat yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Rangkaian sistem pengatur kekentalan tinta percetakan.
- 2) Program dalam mikrokontroler yang telah dibuat untuk menjalankan rangkaian pengatur kekentalan tinta percetakan.
- 3) Cairan cat tembok sebagai objek yang diuji.
- 4) Air jernih.

### 5.8.3 Prosedur Pengujian

Prosedur yang dilakukan dalam melakukan pengujian keseluruhan sistem dilakukan dalam 2 tahap. Prosedur pada tahap pertama adalah sebagai berikut:

- 1) Merangkai keseluruhan rangkaian sistem pengatur kekentalan tinta percetakan.
- 2) Memasukkan program yang telah dibuat untuk sistem ini ke dalam mikrokontroler ATmega 8535.

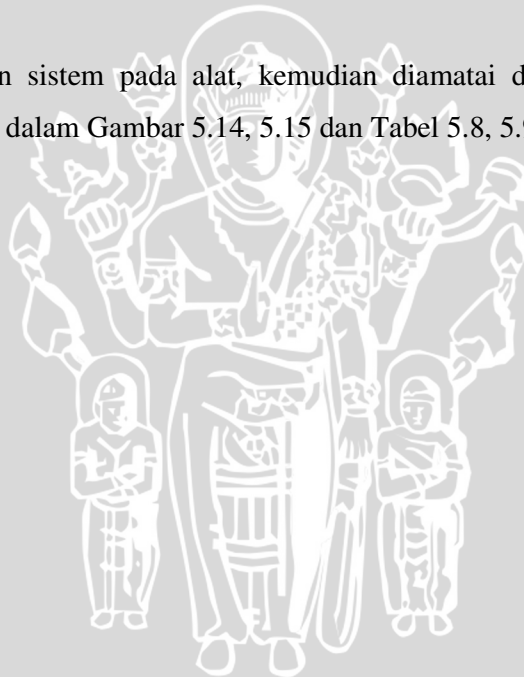
- 3) Menjalankan mode ukur dengan objek terukur adalah air jernih.
- 4) Mengamati hasil pengukuran baik suhu dan waktu terukur.

Prosedur pada tahap kedua adalah sebagai berikut:

- 1) Merangkai keseluruhan rangkaian sistem pengatur kekentalan tinta percetakan.
- 2) Memasukkan program yang telah dibuat untuk sistem ini ke dalam mikrokontroler ATmega 8535.
- 3) Menjalankan mode target dengan objek pengujian adalah tinta cair berwarna biru.
- 4) Mengamati hasil cairan tinta yang telah diolah apakah sesuai dengan target yang telah ditentukan.

#### 5.8.4 Data Pengujian

Saat menjalankan sistem pada alat, kemudian diamatai dan didapatkan data seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.14, 5.15 dan Tabel 5.8, 5.9.

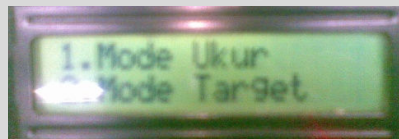




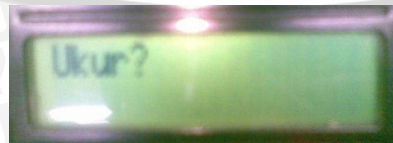
Gambar 5. 14. Tampilan keseluruhan alat saat menjalankan mode ukur



(a)

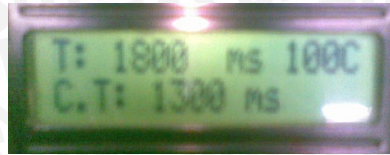


(b)



(c)





(d)

Gambar 5. 15. Contoh tampilan LCD saat program dijalankan.

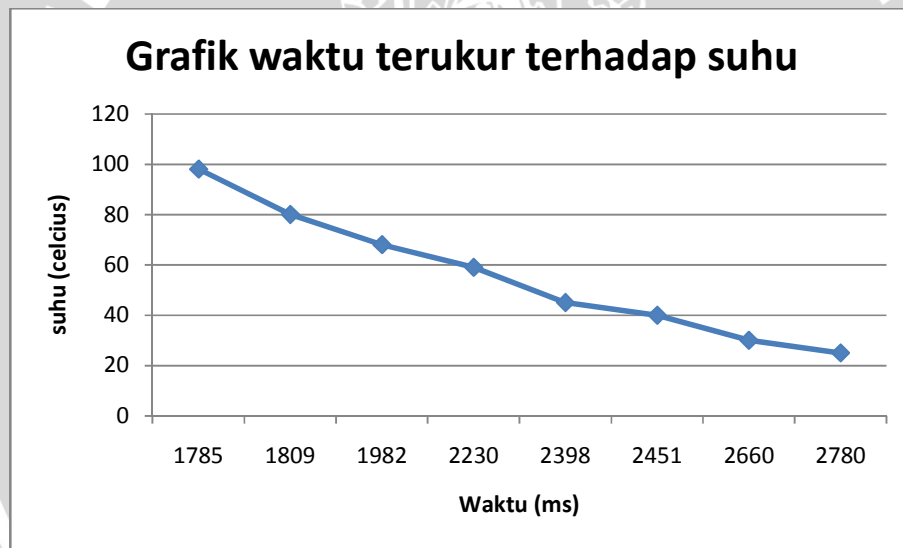
- (a) Tampilan awal program
- (b) Tampilan pilihan mode operasi alat
- (c) Tampilan saat konfirmasi menjalankan mode operasi ukur
- (d) Tampilan contoh hasil proses

Tabel 5.8. Data pengujian mode ukur

Data ke	Waktu Terukur (ms)	Suhu (°C)
1	1583	28
2	1619	28
3	1637	29
4	1595	31
5	1573	29
6	1576	28
7	1549	29
8	1545	30

Tabel 5.9. Data pengujian mode ukur tinta cair suhu ekstrim

Data ke	Waktu Terukur (ms)	Suhu (°C)
1	1785	98
2	1809	80
3	1982	68
4	2230	59
5	2398	45
6	2451	40
7	2660	30
8	2780	25



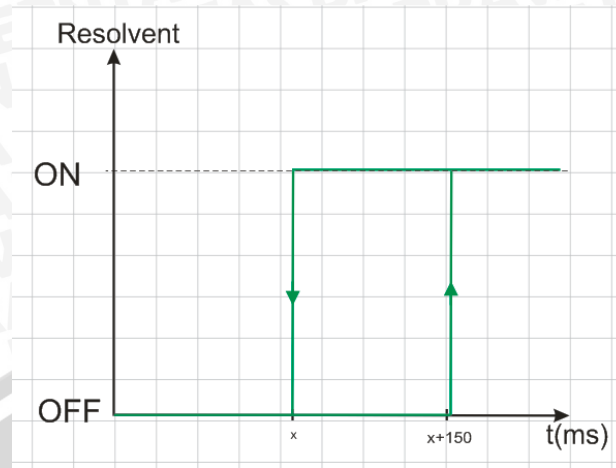
Gambar 5. 16. Grafik waktu terukur terhadap suhu

Tabel 5.10. Data pengujian mode target

Data ke	Target waktu(ms)	Waktu terukur(ms)	Suhu (°C)	Status Pendingin	Status Resolvent	Waktu proses
1	2000	3515	28	Off	Off	20 detik
2		3183	33	On	On	40 detik
3		2874	32	On	On	60 detik
4		2645	32	On	On	80 detik
5		2454	31	On	On	100 detik
6		2021	31	On	On	120 detik
7	2000	2123	28	Off	Off	15 menit
8		1925	30	On	Off	30 menit
9		1983	30	On	Off	45 menit
10		1895	31	On	Off	60 menit
11		2009	31	On	Off	75 menit
12		2083	30	On	Off	90 menit
13		2223	29	On	On	105 menit
14		1968	30	On	Off	120 menit
15		2019	31	On	Off	135 menit

### 5.8.5 Analisa Data Pengujian

Dari pengujian sistem secara keseluruhan tahap pertama, hasil pengujian yang ditunjukkan dalam Tabel 5.8 menunjukkan bahwa lonjakan terbesar pengukuran sensor dalam pengujian adalah 92ms. Ditetapkan toleransi waktu terukur dalam program adalah 150ms, sehingga status kerja pompa resolvent ditunjukkan dalam Gambar 5.16. Tinta cair didefinisikan dalam status encer jika melebihi toleransi waktu terukur yang ditetapkan, sebaliknya tinta cair didefinisikan kental jika nilai waktu terukur masih dalam range toleransi yang ditetapkan.



Gambar 5. 17. Grafik status resolvent

Pengujian tahap kedua adalah pengujian mode target dengan menggunakan tinta cair sebagai objek uji. Proses pembentukan kekentalan tinta ditunjukkan dalam Tabel 5.10 yaitu pada baris 1 sampai 6. Pada pengujian ini tinta diamati selama 135 menit, dalam Tabel 5.10 pada baris 7 sampai 15 diketahui bahwa tinta cair dapat terjaga kekentalannya pada nilai 2000ms.

Dari data hasil pengujian yang ditunjukkan oleh gambar dan tabel dapat disimpulkan bahwa alat berfungsi dengan baik dan dapat menampilkan hasil proses pada LCD, dapat menghitung kekentalan tinta sesuai dengan yang telah direncanakan serta dapat mengatur kekentalan sesuai dengan yang diinginkan. Hal ini telah sesuai dengan perancangan sistem alat pengatur kekentalan tinta percetakan.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari perencanaan dan pembuatan alat pengatur kekentalan tinta percetakan berbasis mikrokontroler ATmega8535.

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian tiap blok rangkaian dan pengujian sistem secara keseluruhan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Sistem pengatur kekentalan tinta percetakan dirancang dengan menggunakan sensor magnetik. Sensor magnetik akan mendeteksi jatuhnya magnet yang dipengaruhi kekentalan tinta.
- 2) Sensor magnetik UNG3503 digunakan untuk mengukur waktu jatuhnya magnet. Sensor tersebut akan mendeteksi fluksi magnet ketika masuk dalam jangkauan sensor. Keluaran sensor berupa pulsa tegangan yang dipengaruhi oleh besarnya fluksi magnet yang terdeteksi.
- 3) Sistem antarmuka antara mikrokontroler ATmega8535 dengan sensor magnetik UNG3503 dan sensor suhu LM35 dapat bekerja dengan membaca fluksi magnet dan suhu tinta. Keluaran dari sensor magnetik kemudian dikonversi menjadi satuan waktu(ms) sedangkan keluaran sensor suhu dikonversi menjadi  $^{\circ}\text{C}$ . Keluaran dari kedua sensor kemudian ditampilkan pada LCD.
- 4) Program pada mikrokontroler ATmega8535 menggunakan CodeVisionAVR C versi 1.25.3. Proses mendapatkan nilai waktu yang diukur telah dapat bekerja dengan mengkonversi nilai *timer value* menjadi satuan waktu(ms) pada mikrokontroler ATmega8535.
- 5) Keseluruhan sistem antar mikrokontroler ATmega8535, sensor magnetik, sensor suhu dan LCD dapat bekerja dengan range pembacaan 0 ms hingga 5592 ms. Range pembacaan suhu mencapai  $0^{\circ}\text{C}$  hingga  $100^{\circ}\text{C}$ . Dari hasil pengujian didapatkan nilai maksimum pengukuran 3515 ms dan nilai minimum 1545 ms, sedangkan nilai pembacaan suhu rata-rata  $30,46^{\circ}\text{C}$ . Tingkat kesalahan pada saat percobaan adalah sebesar 3,81%.

## 6.2 Saran

Alat pengatur kekentalan viskositas tinta percetakan berbasis mikrokontroler ATmega8535 untuk kedepannya dapat dikembangkan dengan:

- 1) Alat ini dapat menggunakan antarmuka menggunakan PC (*Personal Computer*) dengan penambahan sistem pembersihan dan pemberian larutan pengental tinta.
- 2) Selain digunakan pada tinta percetakan, alat ini juga dapat digunakan pada fluida lainnya. Alat ini dapat digunakan pada cairan cat dan minyak.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



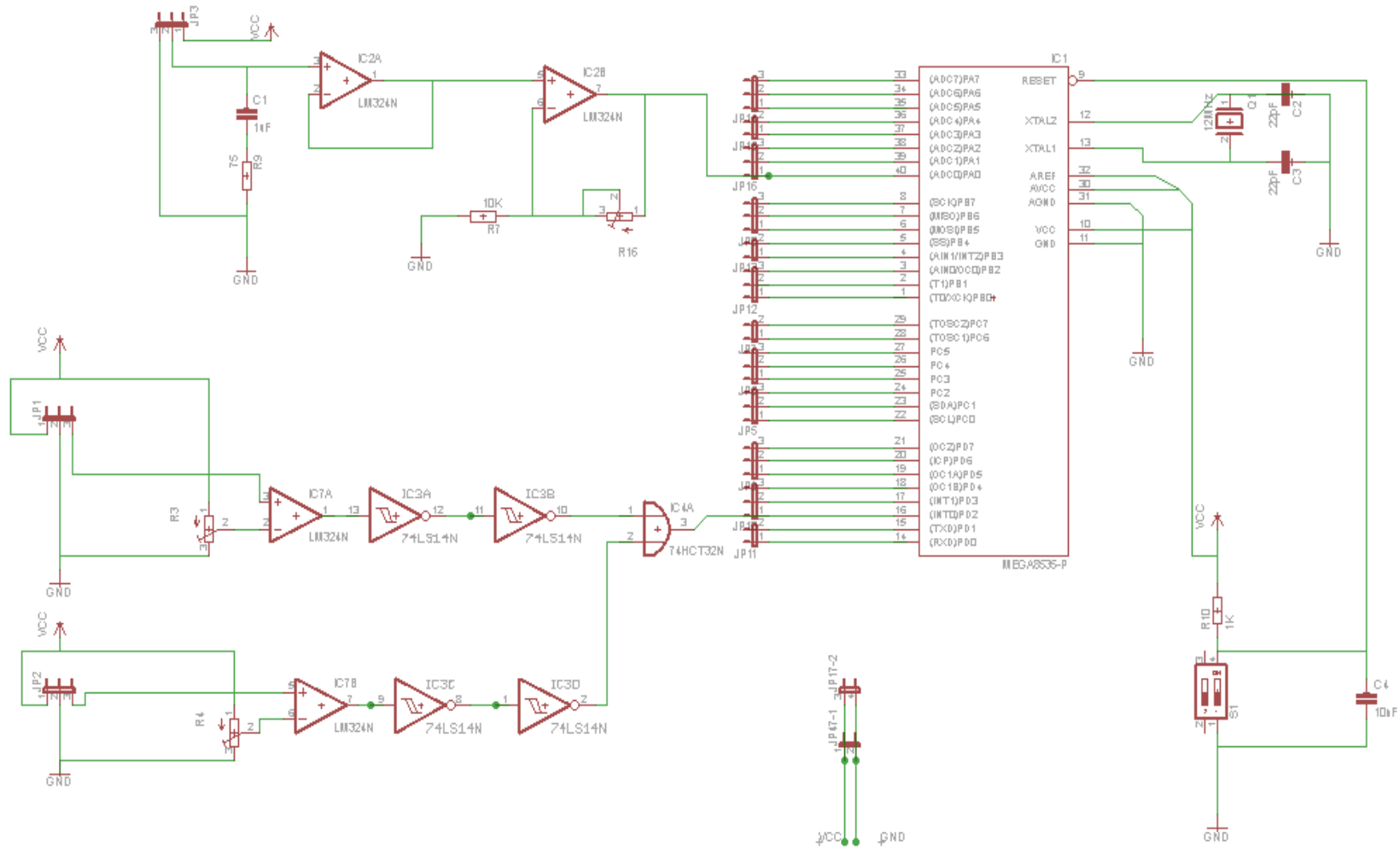
## DAFTAR PUSTAKA

- Budiharto, Widodo. 2004. *Interfacing Komputer dan Microcontroller*. PT. Elek Media Komputindo : Jakarta
- D Chattopadhyay, P C Rakshit, B Saha dan N N Purkait,1989. *Dasar Elektronika*. UI-Press: Jakarta.
- Entjie Mochamad Sobich dan Bimbing Atedi, 2005. *Analisis Propagasi Ketidakpastian Pada Penentuan Viskositas Menggunakan Bola-Jatuh*. Jurnal Standarisasi Vol 7 No 2: 59-46.
- M Ary Heryanto dan Wisnu Adi, 2008. *Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler ATMEGA8535*. ANDI : Yogyakarta.
- Nalwan, Paulus Andi. 2004. *Panduan Praktis Penggunaan dan Antarmuka Modul LCD M1632*. Jakarta : PT Elex Media Komputindo
- Seiko Instruments. 1987. *Liquid Crystal Display Module M1632 User Manual*. Japan
- Sudjadi. 2005. *Teori dan Aplikasi Microcontroller*.Graha Ilmu: Yogyakarta
- Suryono, Agus Riyanti, Jatmiko Endro Suseno, 2009. *Karakterisasi Sensor Magnetik Efek Hall UGN3503 Terhadap Sumber Magnet dan Implementasinya pada Pengukuran Massa*. Berkala Fisika Vol 12. , No.1, Januari 2009, hal
- Ullyana, Christine.2001. *Alat Pengukur Viskositas Minyak Pelumas Dengan Menggunakan Rotasi Piringan Berbasis Mikrokontroler At89c51*.FT.UNIBRAW. Malang
- Wardhana, Lingga. 2006. *Belajar sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATMega6535*. ANDI : Yogyakarta.

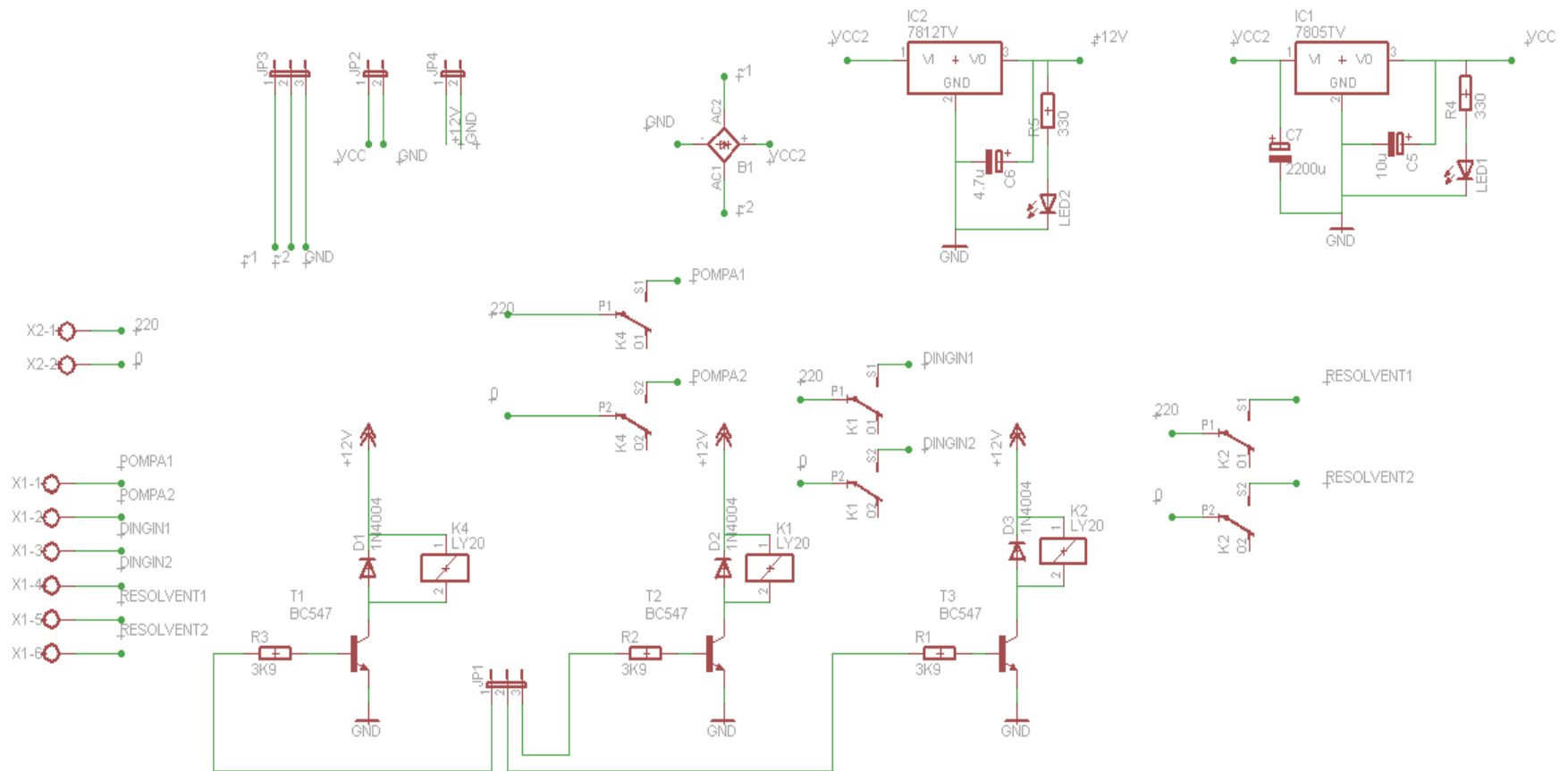


**LAMPIRAN 1**  
**SKEMATIK RANGKAIAN**





Gambar skematik rangkaian alat pengatur kekentalan tinta percetakan berbasis mikrokontroler atmega8535



Gambar skematik rangkaian supply alat pengatur kekentalan tinta percetakan berbasis mikrokontroler atmega8535





**LAMPIRAN 2**  
**LISTING PROGRAM**

```
/******  
Chip type           : ATmega8535  
Program type       : Application  
Clock frequency    : 12.000000 MHz  
Memory model       : Small  
External SRAM size : 0  
Data Stack size    : 128  
*****/  
  
#include <mega8535.h>  
  
// Alphanumeric LCD Module functions  
#asm  
    .equ __lcd_port=0x15 ;PORTC  
#endasm  
#include <lcd.h>  
#include <stdio.h>  
#include <delay.h>  
  
#define onpompa_air      PORTB.0=1;  
#define offpompa_air    PORTB.0=0;  
#define onpendingin     PORTB.1=1;  
#define offpendingin    PORTB.1=0;  
#define onresolvent     PORTB.2=1;  
#define offresolvent    PORTB.2=0;  
#define sensor_on       penanda=1;  
#define sensor_off      penanda=0;  
  
float suhu_data,target_data,waktu_data;  
unsigned int suhu,waktu,target,x;  
int pulsa=0;  
bit penanda=0;  
  
char tampil_waktu[30],tampil_suhu[30],tampil_target[30];  
  
void mode_ukur(void);  
void mode_target(void);  
void mode_tampil(void);  
void mode_kontrol(void);  
  
// External Interrupt 0 service routine  
interrupt [EXT_INT0] void ext_int0_isr(void)  
{  
    // Place your code here  
  
    if (penanda==1)  
    {  
        pulsa++;  
        switch (pulsa){  
            case 1:  

```

```
TCCR1B=0x05;
break;

case 2:
waktu_data=TCNT1;
TCNT1=0x00;
TCCR1B=0x00;
pulsa=0;
break;

default:
break;

};

}

else{
pulsa++;
switch (pulsa){
case 1:
TCCR1B=0x00;
waktu_data=0;
waktu=0;
break;

case 2:
TCCR1B=0x00;
waktu_data=0;
waktu=0;
break;

default:
break;
};

}

// Timer 0 overflow interrupt service routine
interrupt [TIM0_OVF] void timer0_ovf_isr(void)
{
// Place your code here
}

#define ADC_VREF_TYPE 0x60

// Read the 8 most significant bits
// of the AD conversion result
unsigned char read_adc(unsigned char adc_input)
{
ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
// Start the AD conversion
ADCSRA|=0x40;
// Wait for the AD conversion to complete
```



```
while ((ADCSRA & 0x10)==0);
ADCSRA|=0x10;
return ADCH;
}

// Declare your global variables here

void main(void)
{
// Declare your local variables here

// Input/Output Ports initialization
// Input/Output Ports initialization
// Port A initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
Statel=0 State0=T
PORTA=0x00;
DDRA=0x00;

// Port B initialization
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=Out Func2=Out
Func1=Out Func0=Out
// State7=0 State6=0 State5=0 State4=0 State3=0 State2=0
Statel=0 State0=0
PORTB=0x00;
DDRB=0xFF;

// Port C initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
Statel=0 State0=T
PORTC=0x00;
DDRC=0x00;

// Port D initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In
// State7=P State6=P State5=P State4=P State3=P State2=T
Statel=P State0=P
PORTD=0xFB;
DDRD=0x00;

// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: 11.719 kHz
// Mode: Normal top=FFh
// OCO output: Disconnected
TCCR0=0x05;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;

// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
```

```
// Clock value: 187.500 kHz
// Mode: Normal top=FFFFh
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer 1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x03;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;

// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 2 Stopped
// Mode: Normal top=FFh
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: On
// INT0 Mode: Rising Edge
// INT1: Off
// INT2: Off
GICR|=0x40;
MCUCR=0x03;
MCUCSR=0x00;
GIFR=0x40;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x00;
// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 750.000 kHz
// ADC Voltage Reference: AVCC pin
// ADC High Speed Mode: Off
// ADC Auto Trigger Source: None
// Only the 8 most significant bits of
// the AD conversion result are used
```

```
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x84;
SFIOR&=0xEF;

// LCD module initialization
lcd_init(16);
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("YUDI YURIANTO");
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf("0610633074");

delay_ms(3000);
lcd_clear();

lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("Pilih Mode...");

delay_ms(3000);
lcd_clear();

lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("1.Mode Ukur");
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf("2.Mode Target");
delay_ms(200);

// Global enable interrupts
#asm("sei")

while (1)
{
  sensor_off;
  onpompa_air;

  if (PIND.1==0){

    lcd_clear();
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf("Mode Ukur dipilih");
    delay_ms(200);
    lcd_clear();

    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf("ukur?");
    delay_ms(3000);

    mode_ukur();
  }

  else if(PIND.4==0){

    lcd_clear();
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf("Mode Target dipilih");
    delay_ms(200);
    lcd_clear();
```





```
mode_target();  
}  
  
else{  
  
lcd_clear();  
lcd_gotoxy(0,0);  
lcd_putsf("1.Mode Ukur");  
lcd_gotoxy(0,1);  
lcd_putsf("2.Mode Target");  
delay_ms(200);  
};  
};  
}
```

```
void mode_tampil(void){
```

```
target_data=read_adc(1);  
target=target_data*50;  
  
lcd_gotoxy(0,0);  
sprintf(tampil_target,"T: %d",target);  
lcd_puts(tampil_target);  
lcd_gotoxy(9,0);  
lcd_putsf("ms");  
delay_ms(300);  
  
waktu=waktu_data*0.085;  
  
lcd_gotoxy(0,1);  
sprintf(tampil_waktu,"C.T: %d",waktu);  
lcd_puts(tampil_waktu);  
lcd_gotoxy(10,1);  
lcd_putsf("ms");  
delay_ms(300);
```

```
cek:
```

```
suhu_data=read_adc(0);  
suhu_data=suhu_data/255;  
suhu=suhu_data*100;
```

```
if(suhu>28 && suhu<=33){
```

```
lcd_gotoxy(12,0);  
sprintf(tampil_suhu,"%d",suhu);  
lcd_puts(tampil_suhu);  
lcd_gotoxy(15,0);  
lcd_putsf("C");  
delay_ms(300);  
}
```

```
else{
```

```
        goto cek;
    };
}

void mode_ukur(void) {

    if (PIND.0==0) {

        mode_tampil();
        lcd_gotoxy(15,1);
        lcd_putsf(">");
        delay_ms(250);

        sensor_on;
        offpompa_air;
        delay_ms(20000);

        lcd_clear();

        mode_tampil();
        delay_ms(250);
        sensor_off;
        onpompa_air;

        while (PIND.0==0) {
            mode_tampil();
            delay_ms(250);
            onpompa_air;
        };

    };
}

void mode_target(void) {
    while(1) {

        sensor_on;
        lcd_clear();
        offpendingin;
        offresolvent;

        while (PIND.0==1) {
            mode_tampil();

        };

        up:
            if (PIND.0==0 && suhu>=30) {

                sensor_off;
                mode_tampil();
                lcd_gotoxy(15,1);
```

```
lcd_putsf(">");

sensor_on;
offpompa_air;
onpendingin;
delay_ms(20000);

mode_tampil();
delay_ms(250);

sensor_off;
onpompa_air;
delay_ms(5000);

if(target>=waktu){

lcd_clear();

if(waktu_data!=0) {

offpendingin;
lcd_gotoxy(15,1);
lcd_putchar(0xFF);
mode_tampil();
delay_ms(5000);
mode_kontrol(); }

else {

lcd_clear();
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("error");
delay_ms(10000);
goto up;

};

}

else if(target<waktu){

x=target;

if(x<waktu){
x=target+150;

if(x<=waktu) {

lcd_clear();
lcd_gotoxy(15,1);
mode_tampil();
lcd_putsf(">");

onresolvent;
delay_ms(5000);
offresolvent;

sensor_on;
```



```
offpompa_air;
delay_ms(20000);

lcd_clear();
mode_tampil();
delay_ms(250);
sensor_off;
onpompa_air;    }

else {
    lcd_clear();

    if(waktu_data!=0) {
        offpendingin;
        lcd_gotoxy(15,1);
        lcd_putchar(0xFF);
        mode_tampil();
        delay_ms(5000);
        mode_kontrol();    }
    else {
        lcd_clear();
        lcd_gotoxy(0,0);
        lcd_putsf("error");
        delay_ms(10000);
        goto up;    };
    };
}

else {

    lcd_gotoxy(15,1);
    lcd_putsf(">");

    sensor_on;
    offpompa_air;
    offpendingin;
    delay_ms(20000);

    mode_tampil();
    delay_ms(250);

    sensor_off;
    onpompa_air;
    offpendingin;
    delay_ms(5000);
```

```
if(target>=waktu) {  
    lcd_clear();  
  
    if(waktu_data!=0) {  
        lcd_gotoxy(15,1);  
        lcd_putchar(0xFF);  
        mode_tampil();  
        delay_ms(5000);  
        mode_kontrol();    }  
  
    else {  
        lcd_clear();  
        lcd_gotoxy(0,0);  
        lcd_putsf("error");  
        delay_ms(10000);  
        goto up;  
    };  
}  
  
else if(target<waktu) {  
    x=target;  
  
    if(x<waktu) {  
        x=target+150;  
  
        if(x<=waktu) {  
            lcd_clear();  
            lcd_gotoxy(15,1);  
            mode_tampil();  
            lcd_putsf(">");  
            onresolvent;  
            delay_ms(5000);  
            offresolvent;  
  
            sensor_on;  
            offpompa_air;  
            delay_ms(20000);  
            mode_tampil();  
            delay_ms(250);  
            sensor_off;  
            onpompa_air;    }  
  
        else {  
            lcd_clear();  
  
            if(waktu_data!=0) {  
                offpendingin;  
                lcd_gotoxy(15,1);  
                lcd_putchar(0xFF);
```

```
mode_tampil();
delay_ms(5000);
mode_kontrol(); }

else {

lcd_clear();
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("error");
delay_ms(10000);
goto up;

};

};

};
```

```
void mode_kontrol(void){
```

```
onpompa_air;
sensor_off;
delay_ms(60000);
```

```
while(1){
```

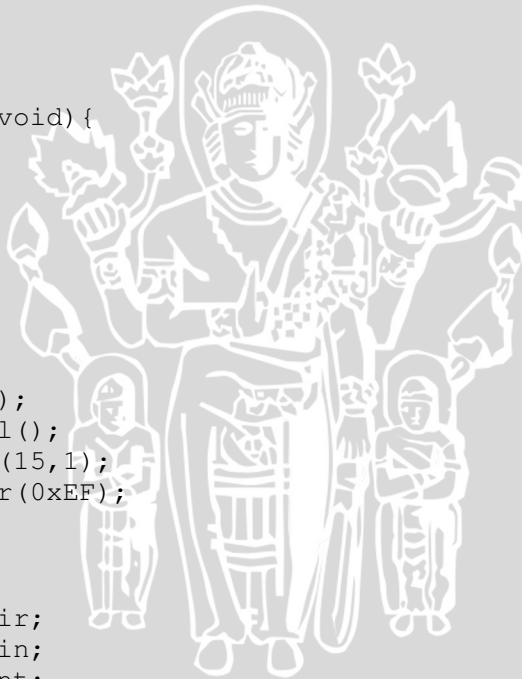
```
start:
```

```
lcd_clear();
mode_tampil();
lcd_gotoxy(15,1);
lcd_putchar(0xEF);
```

```
sensor_on;
offpompa_air;
offpendingin;
offresolvent;
delay_ms(20000);
lcd_gotoxy(15,1);
lcd_putsf(">");
mode_tampil();
sensor_off;
onpompa_air;
```

```
if(suhu>=30) {
```

```
if(target+250<=waktu){
```



```

onpendingin;
delay_ms(10000);
lcd_clear();
lcd_gotoxy(15,1);
lcd_putchar(0xEF);
lcd_gotoxy(14,1);
lcd_putsf(">");
mode_tampil();
delay_ms(250);

```

```

onresolvent;
delay_ms(5000);
offresolvent;

```

```

sensor_on;
offpompa_air;
delay_ms(20000);
mode_tampil();

```

```

sensor_off;
onpompa_air;
offpendingin;

```

```

else

```

```

    if(waktu_data!=0)
    {
        lcd_clear();
        offresolvent;
        offpendingin;
        lcd_gotoxy(15,1);
        lcd_putchar(0xEF);
        mode_tampil();
        onpompa_air;
        delay_ms(60000);
    }

```

```

    else{
        lcd_clear();
        lcd_gotoxy(0,0);
        lcd_putsf("error");

```

```

        delay_ms(5000);
        goto start;

```

```

    };

```

```

};

```

```

else {

```

```

    if(target+250<=waktu){

```

```

        offpendingin;
        lcd_clear();

```

```
mode_tampil();
lcd_gotoxy(15,1);
lcd_putchar(0xEF);
lcd_gotoxy(14,1);
lcd_putsf(">");
delay_ms(250);

onresolvent;
delay_ms(5000);
offresolvent;

sensor_on;
offpompa_air;
delay_ms(20000);
mode_tampil();

sensor_off;
onpompa_air;
offpendingin;
    }

else
{
    if(waktu_data!=0)
    {
        lcd_clear();
        offresolvent;
        offpendingin;
        lcd_gotoxy(15,1);
        lcd_putchar(0xEF);
        mode_tampil();
        onpompa_air;
        delay_ms(60000);
    }

    else{

        lcd_clear();
        lcd_gotoxy(0,0);
        lcd_putsf("error");
        delay_ms(5000);
        goto start;
    }
}; }; }; }
```



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**LAMPIRAN 3**  
**DATASHEET**

