

**PENGENDALIAN ARUS *POWER SUPPLY HAND TOOL*  
PEMOTONG *STYROFOAM* DENGAN *HOTWIRE* BERBASIS  
MIKROKONTROLER ATMEGA 328**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

**RAHMAN ARIEF**

**NIM. 0610633059 - 63**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**MALANG**

**2012**

**PENGENDALIAN ARUS *POWER SUPPLY* HAND TOOL  
PEMOTONG *STYROFOAM* DENGAN *HOTWIRE* BERBASIS  
MIKROKONTROLER ATMEGA 328**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

**RAHMAN ARIEF**

**NIM. 0610633059 - 63**

Telah diperiksa dan disetujui,

Dosen Pembimbing :

**Dosen Pembimbing I**

**Ir. Purwanto, MT.**  
NIP. 19540424 19860 1 001

**Dosen Pembimbing II**

**Ir. Bambang Siswojo, MT.**  
NIP. 19621211 198802 1 001

**PENGENDALIAN ARUS *POWER SUPPLY* HAND TOOL  
PEMOTONG *STYROFOAM* DENGAN *HOTWIRE* BERBASIS  
MIKROKONTROLER ATMEGA 328**

**SKRIPSI**

**Disusun Oleh :**

**RAHMAN ARIEF**

**NIM. 0610633059 – 63**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus  
pada tanggal 10 Februari 2012

**Majelis Penguji**

**Fitriana Suhartati, ST., MT.**  
**NIP. 19741017 199802 2 001**

**Dr. Ir. Erni Yudaningtyas, MT.**  
**NIP. 19650913 199002 2 001**

**Tri Nurwati, ST., MT.**  
**NIP. 19790615 200812 2 003**

**Mengetahui,**  
**Ketua Jurusan Teknik Elektro**

**Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, MS**  
**NIP. 19580728 198701 1 001**

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah S.W.T. atas rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan dengan lancar dan baik.

Skripsi berjudul “Pengendalian Arus *Power Supply Hand Tool* Pemotong *Styrofoam* Dengan *Hotwire* Berbasis Mikrokontroler ATmega 328” ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Terselesaikannya skripsi ini tentunya tidak lepas juga dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu dengan rasa hormat dan segala kerendahan hati, penyusun menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Kedua orangtuaku Bapak H. Arief Budiono dan Ibu Hj. Aminatun dan Adikku yang tersayang Archam Arief tiada henti-hentinya selalu memberikan semangat serta doa.
2. Bapak Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, ST., MS. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya Malang.
3. Bapak M. Azis Muslim, ST., MT., Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya Malang.
4. Bapak Ir. Purwanto, MT. dan Bapak Ir. Bambang Siswojo, MT. selaku dosen pembimbing I dan II yang telah memberikan ide, bimbingan, saran dan masukan hingga terselesaikannya skripsi ini.
5. Bapak Ir. Purwanto, MT. selaku KKDK Sistem Kontrol serta segenap bapak dan ibu dosen serta segenap staf dan karyawan Jurusan Teknik Elektro baik secara langsung maupun tidak langsung yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Teman-teman Teknik Elektro angkatan 2006 dan teman-teman asisten Laboratorium Sistem Kontrol yang telah banyak membantu, Teman kuliah Gede, Doni, Toni, Samuel, Syam, Gayuh, Satrio, Niko, Steven, Sherge. serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penyusun menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan.

Akhir kata, penyusun mengharapkan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa khususnya dan seluruh pembaca pada umumnya.

Malang, 8 Februari 2012

Penyusun



## ABSTRAK

**Rahman Arief**, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, 2012. “ *Pengendalian Arus Power Supply Hand Tool Pemotong Styrofoam Dengan Hotwire Berbasis Mikrokontroler ATmega 328* ”. Dosen Pembimbing : **Ir. Purwanto, MT** dan **Ir. Bambang siswojo, MT**.

Penggunaan mikrokontroler yang semakin luas terutama dalam bidang industri dalam proses otomatisasinya, mengakibatkan banyak sekali proses produksi yang semakin dipermudah. Dalam skripsi ini mikrokontroler digunakan dalam pemotongan *styrofoam* untuk membuat model pesawat *aeromodelling* dan pengaplikasiannya digunakan sebagai kontroler atau pengendalian arus *power supply hand tool* pemotong *styrofoam* dengan *hotwire*. Agar panas pada kawat *hand tool* sesuai yang dibutuhkan dalam pemotongan maka yang dikontrol atau dikendalikan adalah arus,. karena jika panas terlalu tinggi atau rendah maka hasil potong tidak merata atau kasar , sehingga dihasilkan bentukan potongan yang rapi dan baik .

Mikrokontroler yang digunakan adalah mikrokontroller AVR Atmega 328. Pada alat ini terdapat sensor arus yang berfungsi untuk mengetahui berapa arus yang mengalir. Sistem bekerja sesuai spesifikasi yang diinginkan, yaitu pada pengujian nilai *error* tekecil pada *set point* arus 2 A dengan presentase *error steady state* arus sebesar 0,44 % sedangkan nilai *error* terbesar pada *set point* arus 3 A dengan Persentase *error steady state* arus sebesar 1,16% dan rata-rata persentase *error steady state* secara keseluruhan 0,103%. Alat ini dapat bekerja pada sistem dengan baik jika menggunakan mikrokontroler, sehingga alat ini mampu menghasilkan pemotongan yang baik.

Kata kunci: *pengendalian arus, mikrokontroler ATmega 328, sensor arus.*

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	
2.1 Styrofoam .....	5
2.1.1 Bahan Dasar <i>Styrofoam</i> .....	6
2.1.2 Titik Leleh <i>Styrofoam</i> .....	6
2.1.3 Kelenturan dan kekuatan <i>Styrofoam</i> .....	6
2.1.4 Jenis –jenis <i>Styrofoam</i> .....	7
2.2 Perkembangan alat potong Styrofoam.....	8
2.3 ADC ( Analog to Digital Converter ) .....	10
2.4 Mikrokontroler AVR Atmega328.....	11
2.4.1 Konfigurasi Pin.....	13
2.4.2 Status Register .....	15
2.4.3 Organisasi Memori .....	17
2.5 Pengkondisi sinyal .....	17
2.5.1 Penguat Operasional .....	18
2.5.2 Penguat Tak Membalik ( <i>Non Inverting Amplifier</i> ).....	19
2.6 LCD.....	20
2.7 Kontroler Proporsional.....	22
2.8 PWM (Pulse Widhth Modulation).....	23
2.10 Keypad Matrix 4x4.....	26

<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI</b> .....	27
3.1	Studi Literatur .....	27
3.2	Perancangan Alat .....	28
3.3	Realisasi Pembuatan Alat .....	28
3.4	Pengujian Alat dan Analisis.....	29
3.5	Pengambilan Kesimpulan.....	29
<b>BAB IV</b>	<b>PERANCANGAN SISTEM</b> .....	30
4.1	Tinjauan Umum.....	30
4.1.1	Blok Diagram Alat.....	31
4.1.2	Prinsip kerja alat.....	31
4.1.2.1	Mikrokontroler AVR ATmega 328 .....	32
4.1.2.2	PWM Switching.....	32
4.1.2.3	Plant.....	32
4.1.2.1	Sensor Arus .....	32
4.1.2.1	Pengkondisi Sinyal.....	33
4.1.3	Prinsip kerja alat keseluruhan.....	33
4.2	Perancangan Perangkat Keras .....	34
4.2.1	<i>Hand tool</i> .....	35
4.2.2	Sensor Arus .....	38
4.2.3	Rangkaian Mikrokontroler ATmega 328.....	42
4.2.4	Perencanaan <i>Clock</i> .....	44
4.2.5	Rangkaian LCD M1632.....	45
4.2.6	Rangkaian Tombol.....	46
4.3	Perancangan Perangkat Lunak .....	48
4.3.1	Program Utama .....	50
4.3.2	Program Subrutin Kontroler.....	52
4.3.3	Program Subrutin Tombol .....	52
<b>BAB V</b>	<b>PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM</b> .....	54
5.1	Pengujian Rangkaian Sensor Arus .....	54
5.1.1	Tujuan pengujian.....	54
5.1.2	Peralatan Pengujian.....	54
5.1.3	Prosedur pengujian .....	54

5.1.4 Hasil Dan Analisis Pengujian .....	55
5.1.5 Analisis Hasil Pengujian .....	56
5.2 Pengujian ADC .....	58
5.2.1 Tujuan Pengujian .....	58
5.2.2 Peralatan Pengujian .....	58
5.2.3 Prosedur Pengujian .....	58
5.4.4 Hasil Pengujian .....	59
5.3 Pengujian LCD .....	60
5.3.1 Tujuan Pengujian .....	60
5.3.2 Peralatan Pengujian .....	60
5.3.3 Prosedur Pengujian .....	60
5.3.4 Hasil Pengujian .....	61
5.4 Pengujian Mikrokontroler ATmega 328 .....	62
5.4.1 Tujuan Pengujian .....	62
5.4.2 Peralatan pengujian .....	62
5.4.3 Prosedur Pengujian .....	62
5.4.4 Hasil Pengujian .....	63
5.5 Pengujian Sistem Keseluruhan .....	63
5.4.1 Tujuan Pengujian .....	63
5.4.2 Peralatan Pengujian .....	63
5.4.3 Prosedur Pengujian .....	63
5.4.4 Hasil Pengujian .....	64
<b>BAB VI PENUTUP .....</b>	<b>66</b>
6.1 Kesimpulan .....	66
6.2 Saran .....	66

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>67</b>
-----------------------------	-----------

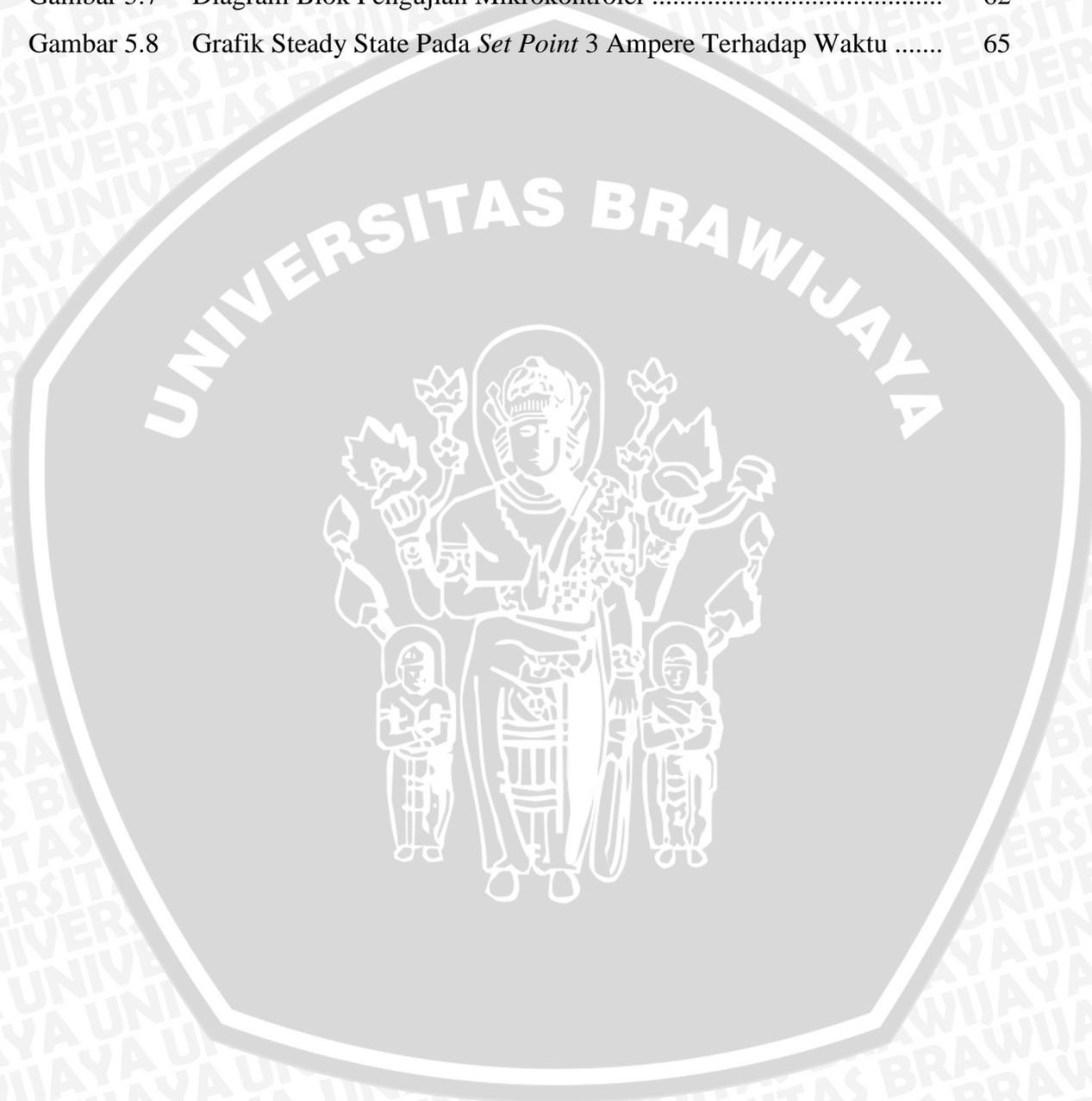
<b>LAMPIRAN 1</b>	Listing Program
<b>LAMPIRAN 2</b>	Foto Alat
<b>LAMPIRAN 3</b>	Datasheet Komponen



## DAFTAR GAMBAR

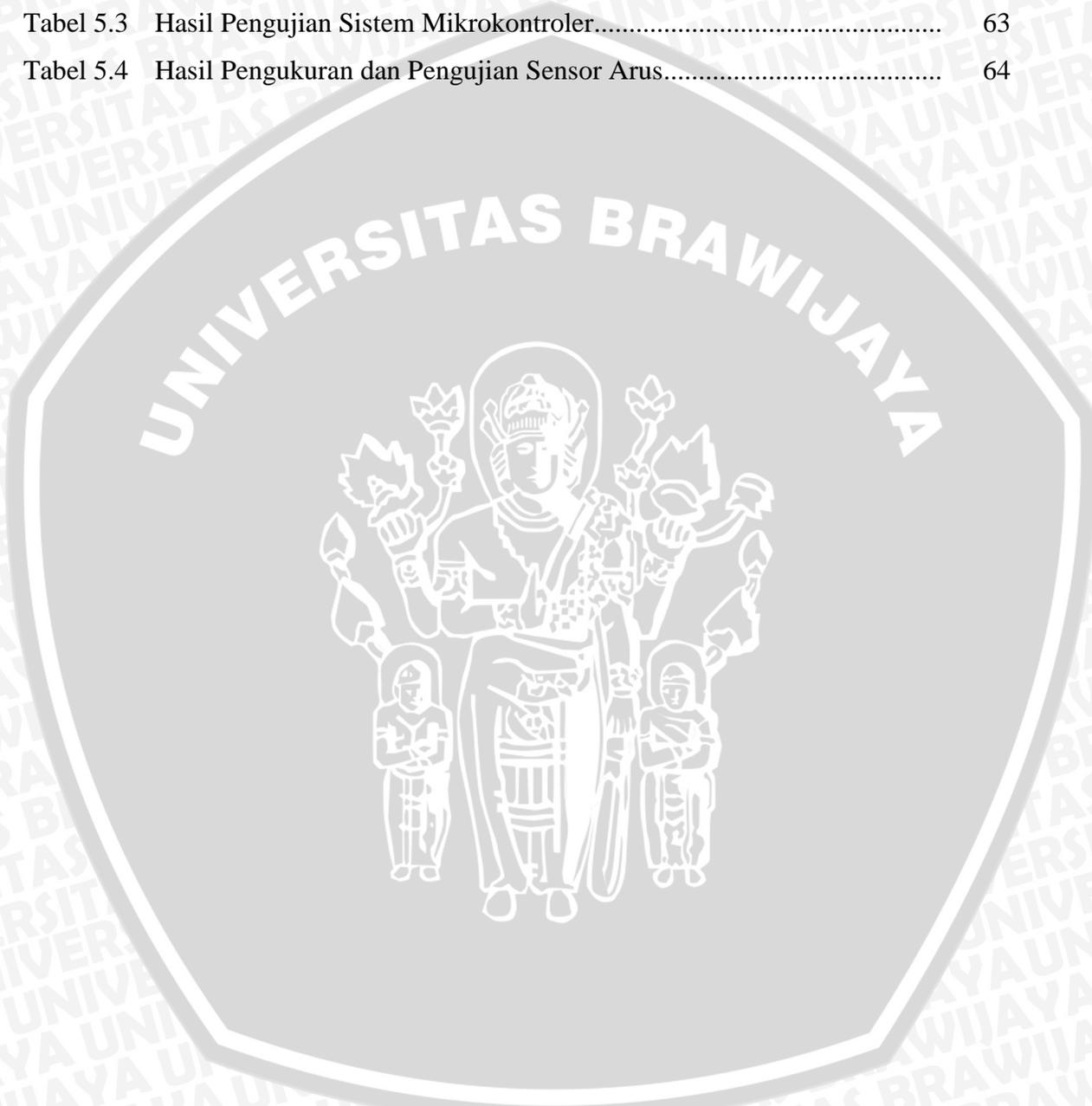
Gambar 2.1	<i>Cutter</i> .....	9
Gambar 2.2	<i>Hotwire Tool</i> .....	9
Gambar 2.3	Blok Diagram ATmega328 .....	12
Gambar 2.4	Konfigurasi Pin ATmega328 .....	13
Gambar 2.5	<i>Status Register</i> .....	15
Gambar 2.6	Data Memori ATmega328 .....	17
Gambar 2.7	Rangkaian Penguat operasional (Op-Amp) .....	18
Gambar 2.8	Rangkaian Penguat Tak Membalik .....	19
Gambar 2.9	Diagram Blok LCD M1632 .....	21
Gambar 2.10	Diagram Blok Kontroler Proporsional .....	22
Gambar 2.11	Sinyal Keluaran PWM .....	24
Gambar 2.12	<i>Duty Cycle</i> PWM .....	25
Gambar 2.13	Cara Mendapatkan Sinyal PWM.....	25
Gambar 2.14	Sinyal Sumber Yang Dimodulasi dan Sinyal PWM.....	25
Gambar 2.15	Rangkaian Dasar <i>Keypad</i> 4x4 .....	26
Gambar 4.1	Diagram Blok Sistem .....	31
Gambar 4.2	Rangkaian Keseluruhan Alat.....	34
Gambar 4.3	Contoh Tempat Servo Model Pesawat Aeromodelling.....	35
Gambar 4.4	Hand Tool hotwire <i>Styrofoam</i> .....	36
Gambar 4.5	Rangkaian Sensor Arus .....	38
Gambar 4.6	Rangkaian Sensor Arus .....	39
Gambar 4.7	Rangkaian Perencanaan Mikrokontroler Atmega328 .....	42
Gambar 4.8	Rangkaian Perencanaan <i>clock</i> .....	44
Gambar 4.9	Rangkaian LCD M1632 .....	45
Gambar 4.10	<i>Flowchart</i> Tombol .....	46
Gambar 4.11	Rangkaian Perencanaan Tombol.....	47
Gambar 4.12	<i>Flowchart</i> Program Secara Keseluruhan .....	48
Gambar 4.13	<i>Flowchart</i> Program subrutin kontroler.....	49
Gambar 4.14	<i>Flowchart</i> Program Subrutin Tombol.....	50
Gambar 5.1	Pengujian Rangkaian Sensor Arus .....	54
Gambar 5.2	Grafik Hubungan Antara <i>Vout</i> Sensor (Volt) Dan Pada Sensor	

(Ampere) .....	57
Gambar 5.3 Blok Diagram Pengujian ADC.....	58
Gambar 5.4 Diagram alir program pada Mikrokontroler.....	60
Gambar 5.5 Blok diagram pengujian Mikrokontroler dan LCD.....	61
Gambar 5.6 Gambar Tampilan LCD Pada ALAT .....	61
Gambar 5.7 Diagram Blok Pengujian Mikrokontroler .....	62
Gambar 5.8 Grafik Steady State Pada <i>Set Point</i> 3 Ampere Terhadap Waktu .....	65



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Fungsi Pin-Pin pada LCD M1632.....	21
Tabel 5.1	Hasil Pengukuran Dan Pengujian Sensor Arus.....	57
Tabel 5.2	Hasil Pengujian ADC internal Mikrokontroler AVR ATmega 328 .....	59
Tabel 5.3	Hasil Pengujian Sistem Mikrokontroler.....	63
Tabel 5.4	Hasil Pengukuran dan Pengujian Sensor Arus.....	64



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Sekarang ini, tentu tidak asing lagi dengan plastik. Hampir semua kegiatan sehari-hari dapat dijumpai plastik. Plastik banyak digunakan pada perabotan rumah tangga, sebagai *chasing* alat-alat elektronik dan lain sebagainya. Selain memiliki sifat yang tidak mudah pecah dan lentur, plastik juga memiliki nilai ekonomis yang tinggi dan mudah diaplikasikan sehingga penggunaannya sangat luas di berbagai bidang. Salah satu jenis plastik yang sering dijumpai adalah *styrofoam* atau plastik busa. Umumnya digunakan sebagai bahan pelindung dan penahan getaran barang-barang yang mudah pecah atau peka terhadap guncangan, seperti alat elektronik, jenis plastik ini dinamakan "gabus" oleh beberapa kalangan masyarakat Indonesia.

Karena *styrofoam* banyak digunakan dalam banyak aplikasi dan diperlukan bentuk tertentu maka diperlukan suatu teknik pemotongan yang bagus. Teknik pemotongan *styrofoam* pada awalnya hanya menggunakan pisau biasa. Seiring berkembangnya teknologi, maka kemampuan pisau sebagai pemotong *styrofoam* mulai ada kekurangan. Terutama untuk memotong garis melengkung atau bentuk kurva *non linear*. Sehingga diproduksi jenis pemotong *styrofoam* yang lebih modern, yaitu menggunakan elemen kawat yang dipanaskan menggunakan *heater* listrik. Hal ini dilatar belakangi dari sifat *styrofoam* yang sama seperti plastik lainnya yaitu meleleh apabila dikenai panas. Alat ini hanya mampu digunakan untuk membentuk pola-pola berukuran kecil. Alat ini masih dioperasikan secara manual (menggunakan tangan). Alat ini sangat tergantung dengan keahlian tangan yang mengoperasikan. Selain itu, alat ini menghasilkan panas yang cukup berbahaya dan dapat menimbulkan luka bakar yang serius jika tidak dioperasikan dengan baik.

*Styrofoam* sekarang juga digunakan untuk membuat model pesawat *radio control* (*aeromodelling*). Misalnya dalam pembuatan badan pesawat (*fuselage*),

sayap (*wing*) dan bagian-bagian pesawat lainnya. Hal ini dikarenakan sifat dari *styrofoam* yang ringan namun kuat, kokoh, mudah dibentuk dan lentur. Jika menggunakan aluminium, terlalu berat dan mahal dan jika menggunakan kayu maka kayu rawan patah, mudah lapuk serta rawan dimakan rayap walaupun mudah dipahat. Plastik jenis lainnya cukup bagus sebagai bahan dasar pembuatan model pesawat *radio control* (*aeromodelling*), namun plastik agak sulit dibentuk dan harus dicetak terlebih dahulu.

Dalam pembuatan model pesawat *radio control* (*aeromodeling*), diperlukan teknik pemotongan *styrofoam* menggunakan kawat panas (*hot wire cutting*) untuk masing-masing bagian. Pada model pesawat *radio control* (*aeromodelling*) juga memiliki mesin, baterai, rangkaian *receiver*, ESC modul dan sebagainya, sehingga diperlukan ruang menempatkan bagian-bagian tersebut agar rapi dan terlindung, untuk membentuk ruang alat tersebut dibutuhkan pemotong dalam bentuk *hand tool*. Dalam pemotongan ini bentuk yang akan dipotong disesuaikan dengan *hand tool* kawat tersebut. Kawat yang dipakai bervariasi sehingga dapat diganti-ganti menurut bentukan yang akan dipotong. Dalam alat ini terdapat *power supply* yang berfungsi untuk mengalirkan arus ke kawat tersebut. Agar pemotongan baik dan tepat sesuai dengan pola, maka besar atau tidaknya arus yang dialirkan dari *power supply* perlu diatur oleh pemotong. Adapun cara yang digunakan untuk membuat kawat lebih panas maka digunakan kawat tipis, menambah panjang kawat dan meningkatkan daya. Sebaliknya untuk membuat kawat dingin digunakan kawat tebal dan pendek, serta menurunkan daya. Cara tersebut tidak efisien karena bentukan kawat tersebut sudah disesuaikan dengan bentukan yang akan dipotong.

Oleh karena itu perlu dirancang sebuah *power supply* yang bisa mengontrol sumber arus agar panas dari sebuah kawat *hand tool* sesuai dengan hasil yang diinginkan untuk memotong *styrofoam*. Pada sistem ini gangguan (*disturbance*) yang terjadi bisa disebabkan oleh temperatur kawat pemotong, jenis *styrofoam*, dimensi *styrofoam* dan kecepatan pemotongan. Panas yang terlalu tinggi menyebabkan kualitas pemotongan menjadi tidak rata dan ukuran menjadi tidak tepat dan begitu pula sebaliknya. Hal ini tergantung pada jenis *styrofoam* yang akan dipotong karena titik leleh masing-masing *styrofoam* berbeda.

Alat ini dapat memudahkan dalam pemotongan, karena pemotong hanya mengatur atau mengeset berapa arus yang sesuai untuk memotong *Styrofoam* tersebut dengan baik. Karena pada *power supply* ini secara otomatis sudah ada *tool* penyimpan arus sehingga sewaktu-waktu bisa diperlukan kembali berapa arus yang digunakan untuk memotong *styrofoam* tersebut.

### 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah di atas, maka didapatkan perumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang perangkat keras yang dapat bekerja untuk sistem pengontrolan sumber arus pada *hand tool* pemotong *styrofoam*?
2. Bagaimana merancang perangkat keras berupa *power supply* daya arus yang dapat dikontrol menggunakan mikrokontroler?
3. Bagaimana merancang perangkat lunak untuk mikrokontroler ATmega 328 yang dapat bekerja sesuai dengan sistem pengontrolan arus pada *power supply hand tool* pemotong *styrofoam*?

### 1.3 Batasan Masalah

Karena begitu luasnya objek kajian maka perlu dilakukan pembatasan masalah agar pembahasan lebih terfokus pada rumusan masalah. Adapun batasan masalah dalam skripsi ini adalah :

1. Dalam alat ini yang dikendalikan atau dikontrol yaitu arus, sehingga menjadi alat potong yang mampu memotong *styrofoam* dengan baik.
2. Panjang kawat nikelin *hand tool* adalah maksimal 25 cm
3. Menggunakan mikrokontroler AVR ATmega 328 sebagai kontrolernya.



#### 1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari skripsi ini adalah terciptanya *hand tool* pemotong *styrofoam* yang dapat memotong *Styrofoam* agar dihasilkan permukaan potong yang rapi. Sehingga nantinya pada masa datang alat ini dapat membantu dalam pembuatan model pesawat *radio control (aeromodelling)* yang berbahan baku *styrofoam*.

#### 1.5 Sistematika Penulisan

Agar penyusunan laporan skripsi ini dapat mencapai sasaran dan tidak menyimpang dari judul yang telah ditentukan, maka diperlukan adanya sistematika pembahasan yang jelas. Pembahasan dalam skripsi ini secara garis besar adalah sebagai berikut:

##### **BAB I      Pendahuluan**

Memuat latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan serta sistematika penulisan.

##### **BAB II     Tinjauan Pustaka**

Membahas teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat.

##### **BAB III    Metodologi**

Membahas metode penelitian dan perencanaan alat.

##### **BAB IV    Perancangan Sistem**

Membahas perancangan sistem pengendalian arus *power supply hand tool* pemotong *styrofoam* dengan *hot wire* dengan mikrokontroler AVR ATmega 328. Setelah itu, bagaimana menerapkannya dalam sistem secara keseluruhan.

##### **BAB V     Pengujian Alat**

Membahas hasil pengujian sistem terhadap alat yang telah direalisasikan.

##### **BAB VI    Kesimpulan dan Saran**

Membahas kesimpulan dan saran-saran yang diperlukan untuk melakukan pengembangan aplikasi selanjutnya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Dalam merencanakan dan merealisasikan perangkat ini dibutuhkan pemahaman tentang berbagai hal yang mendukung, maka perlu adanya penjelasan dan uraian teori penunjang yang digunakan dalam penulisan skripsi ini. Teori - teori penunjang yang akan dijelaskan dalam bab ini adalah :

1. *Styrofoam*.
2. Perkembangan alat potong *styrofoam*
3. *ADC (Analog to Digital Converter)*.
4. Mikrokontroler ATmega 328
5. Pengkondisi sinyal
6. *LCD (Liquid Crystal Display)*.
7. Kontroler proporsional
8. *PWM (Pulse width Modulation)*.

#### 2.1 *Styrofoam*

*Styrofoam* atau plastik busa adalah salah satu jenis plastik. Kata "styrofoam" sebenarnya merupakan nama dagang yang telah dipatenkan oleh perusahaan *dow chemical* untuk salah satu jenis plastik kemasan, yaitu *polystyrene foam*. *Polystyrene foam* dikenal luas dengan istilah *styrofoam* yang seringkali digunakan secara tidak tepat oleh publik karena sebenarnya *styrofoam* merupakan nama dagang yang telah dipatenkan oleh perusahaan *Dow Chemical*. Oleh pembuatnya *Styrofoam* dimaksudkan untuk digunakan sebagai insulator pada bahan konstruksi bangunan, bukan untuk kemasan pangan. 5-10% gas seperti *n-butana* atau *n-pentana*. *Polystyrene* dibuat dari *monomer stirena* melalui proses polimerisasi. *Polystyrene foam* dibuat dari *monomer stirena* melalui polimerisasi suspensi pada tekanan dan suhu tertentu, selanjutnya dilakukan pemanasan untuk melunakkan resin dan menguapkan sisa *blowing agent*. *Polystyrene foam* merupakan bahan plastik yang memiliki sifat khusus

dengan struktur yang tersusun dari butiran dengan kerapatan rendah, mempunyai bobot ringan, dan terdapat ruang antar butiran yang berisi udara . Kemasan plastik jenis *polistirena* sering menimbulkan masalah pada lingkungan karena bahan ini sulit mengalami penguraian dan sulit didaur ulang.

### 2.1.1 Bahan Dasar *Styrofoam*

*Styrofoam* sangat ringan, karena kandungan di dalamnya 90-95% udara dan 5-10% *styrene* umumnya digunakan sebagai bahan pelindung dan penahan getaran barang-barang yang mudah pecah atau peka terhadap terhadap guncangan, seperti alat elektronik, jenis plastik ini dinamakan "gabus" oleh beberapa kalangan masyarakat Indonesia. Bahan dasar *styrofoam* adalah *polystyrene*, suatu jenis plastik yang sangat ringan, kaku, tembus cahaya, dan murah, Namun bahan tersebut rapuh. Karena kelemahannya tersebut, *polystyrene* dicampur seng dan senyawa *butadien*. Hal ini menyebabkan *polystyrene* kehilangan sifat jernihnya dan berubah menjadi putih susu. Kemudian untuk kelenturannya, ditambahkan zat *plasticier* seperti *dioktilptatat* (DOP), *butil hidroksi tolulena*, atau *n-butyl stearat*. Plastik busa yang mudah terurai menjadi struktur sel-sel kecil merupakan hasil proses peniupan dengan menggunakan gas *chorofluorocarbon* (CFC). Hasilnya adalah bentuk seperti yang dipergunakan saat ini. *Polyster* memiliki massa jenis sampai  $1050 \text{ kg/m}^3$ , kuat tarik sampai  $40 \text{ MN/m}^2$ , modulus geser sampai  $0,990 \text{ GN/m}^2$  dan angka Poisson 0,330 (Wijaya, 2005).

### 2.1.2 Titik Leleh *Styrofoam*

Karena merupakan salah satu jenis plastik yang lentur, maka *styrofoam* pun dapat meleleh jika dipanaskan. Umumnya *polystyrene* yang merupakan penyusunan utama *styrofoam* meleleh pada suhu  $80^{\circ}\text{C}$ . ( Wijaya, 2008).

### 2.1.3 Kelenturan dan Kekuatan *Styrofoam*

Pada dasarnya *styrofoam* merupakan bahan yang rapuh, karena kelemahannya tersebut *polysterine* dicampur seng dan senyawa *butadien*. Hal ini menyebabkan *polystyrene* kehilangan sifat jernihnya dan berubah menjadi putih susu. Kemudian untuk kelenturannya, ditambahkan zat *plasticier* seperti

*dioktilptatat (DOP), butil hidroksi tolulena, atau n-butyl stearat.* Plastik busa yang mudah terurai menjadi struktur sel-sel kecil merupakan hasil proses peniupan dengan menggunakan gas *chorofluorocarbon (CFC)*. Hasilnya adalah bentuk seperti yang dipergunakan saat ini. *Polyster* memiliki massa jenis sampai  $1050 \text{ kg/m}^3$ , kuat tarik sampai  $40 \text{ MN/m}^2$ , modulus geser sampai  $0,990 \text{ GN/m}^2$  dan angka Poisson  $0,330$  (Wijaya, 2005). Koefisien gesek *polystyrene* atau *styrofoam* dengan baja, yaitu antara  $0,3-0,35$  (Wijaya, 2006). Karena merupakan salah satu jenis plastik yang lentur, maka *styrofoam* pun dapat meleleh jika dipanaskan. Umumnya *polystyrene* yang merupakan penyusunan utama *styrofoam* meleleh pada suhu  $80^{\circ}\text{C}$ . (Wijaya, 2008).

#### 2.1.4 Jenis - Jenis Styrofoam

- EPO  
EPO (*Piocelan*) adalah bahan busa jenis baru. Bahan EPO mempunyai daya tahan tertinggi, serta berkualitas baik dan jenis busa yang relatif tangguh, tidak cepat patah seperti beberapa jenis busa lainya.
- EPS  
*Expanded polystyrene (EPS)* adalah busa paling umum, digunakan untuk model arsitektur, cetakan beton, dan *prototype*. EPS secara teknis adalah plastik. Kata “plastik” berasal dari *plastikos* Yunani, yang berarti mampu dibentuk. Sifatnya yang mudah untuk didesain dan dikreasikan membuat EPS sangat fungsional dan bermanfaat. Contoh penggunaan EPS pelindung *hardware*, produk rumah tangga dan begitu banyak penggunaan EPS dalam kehidupan sehari-hari.
- EPP  
*Poliolefin* adalah kelompok terbesar termoplastik, sering disebut sebagai termoplastik komoditi. EPP adalah *polimer olefin* sederhana seperti *ethylene, propylene, butenes, isoprenes, pentenes, kopolimer* dan modifikasi dari poliolefin itu sendiri. *Poliolefin* hanya terdiri dari atom karbon dan hidrogen, bersifat *non-aromatik*. *Poliolefin* yang paling umum digunakan adalah *polythylene* dan *polypropylene (EPP)*, kedua jenis

*poliolefin* ini sangat populer karena harganya yang murah dan dapat digunakan dalam berbagai aplikasi.

- Depron

*Depron* adalah sel busa *styrofoam* tertutup dalam bentuk lembaran, merupakan media yang bagus untuk membangun pesawat model, dan juga media yang populer untuk membangun suatu model arsitektur, serta perahu model dan desain *prototype*. Bahan ini cukup ringan dan kuat untuk membawa motor baterai elektrik yang ringan. *Depron* dikembangkan terutama digunakan sebagai isolasi panas dan suara. *Depron* sebenarnya *polystyrene* (EPS/XPS) yang lebih kuat dan padat dalam bentuk sel busa tertutup. Terbuka atau tertutupnya sel mengacu pada struktur. Sel jenis terbuka (spons) dapat menyerap air atau lem sehingga sel jenis terbuka kurang cocok untuk pembuatan pesawat model. Sel busa tertutup lebih unggul karena lebih sedikit menyerap lem dan lebih tahan air. Permukaannya yang tertutup menambahkan kekuatan. Keunggulan jenis sel tertutup lainnya adalah mudah untuk dicat dalam *finishing* pesawat model.

## 2.2 Perkembangan Alat Potong *Styrofoam*

Alat pemotong *styrofoam* pada awalnya hanya menggunakan pisau biasa. Namun, ketika ditemukan pisau lipat atau yang saat ini populer disebut *cutter*, maka pisau biasa pun berangsur-angsur ditinggalkan dan jarang digunakan untuk memotong *styrofoam*. Hal ini dipicu karena *cutter* ternyata memiliki banyak keunggulan, misalnya lebih ringan, lebih tajam dalam memotong, berkas potongannya sangat tipis dan halus.



**Gambar 2.1.** Cutter

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

Seiring berkembangnya seni rupa dan dekorasi, maka kemampuan *cutter* sebagai pemotong *styrofoam* mulai ada kekurangannya. Terutama untuk memotong garis melengkung atau bentuk kurva *non linear*. Sehingga diproduksi jenis pemotong *styrofoam* yang lebih modern, yaitu menggunakan elemen kawat yang dipanaskan menggunakan heater listrik. Hal ini dilatar belakangi dari sifat *styrofoam* yang meleleh apabila dikenai panas. Alat ini hanya mampu digunakan untuk membentuk pola-pola berukuran kecil. Alat ini masih dioperasikan secara manual (menggunakan tangan). Alat ini sangat tergantung dengan keahlian tangan yang mengoperasikan. Selain itu, alat ini menghasilkan panas yang cukup berbahaya dan dapat menimbulkan luka bakar yang serius jika tidak dioperasikan dengan baik.



**Gambar 2.2** Hotwire tool

Sumber : <http://www.hotwirefoamcutterinfo.net>

*Styrofoam* sekarang juga digunakan untuk membuat model pesawat *radio control* yang digunakan pada *aeromodelling*. Misalnya dalam pembuatan *fuselage* (bagian badan pesawat), *wing* sayap dan bagian-bagian pesawat lainnya. Hal ini dikarenakan sifat dari *styrofoam* yang ringan namun kuat dan kokoh, mudah dibentuk dan lentur. Jika menggunakan aluminium, terlalu berat serta sulit dibentuk dan jika menggunakan kayu maka kayu rawan patah, mudah lapuk serta rawan dimakan rayap walau mudah dipahat. Plastik cukup bagus sebagai bahan dasar pembuatan model pesawat *radio control*, namun plastik agak sulit dibentuk dan harus dicetak terlebih dahulu.

### 2.3 ADC (*Analog to Digital Converter*)

*Analog to Digital Converter* atau lebih dikenal dengan ADC adalah sebuah piranti yang dirancang untuk mengubah sinyal-sinyal analog menjadi sinyal - sinyal digital. Pada mikrokontroler ATmega328 mempunyai keunggulan didalamnya sudah ada ADC *add-on board* yang menggunakan 10-bit resolusi. ADC tersebut mempunyai koneksi antara 8/16 *channel analog multiplex* yang mana memberi masukan tegangan satu sampai bagian terakhir yang tersusun dari pin yaitu *port F* dan *port K*.

Berikut ini merupakan spesifikasi ADC *add-on board* pada mikrokontroler AVR ATmega 328 adalah :

- 10-bit *Resolution*
- 0.5 LSB *Integral Non-linear*
- Mempunyai tingkat ketelitian dan kebenaran  $\pm 2$  LSB
- Melakukan perubahan dengan waktu antara 13  $\mu$ s – 260  $\mu$ s
- Sampai 15 kSPS sebagai resolusi maksimum
- 2 *Additional Multiplex Single Ended* masukan *channel* ( TQFP and QFN / MLF )
- Mempunyai saluran *multiplex 6 Single Ended*
- mempunyai range masukan tegangan 0V - Vcc ADC

- *Mode Free Running or Single Conversion*
- *Interrupt on ADC Conversion Complete*
- *Sleep Mode Noise canceler*

## 2.4 Mikrokontroler AVR ATmega328

Secara umum, mikrokontroler berfungsi sama dengan komputer. Bedanya adalah mikrokontroler memiliki desain dalam sebuah *single chip* (IC). Mikrokontroler terdapat di hampir semua peralatan elektronik di sekeliling kita, didalam *tape*, TV, radio, telepon genggam (*Hand Phone*) dan lain lain. Mikrokontroler memiliki kemampuan yang diperlukan untuk membuat keputusan berdasarkan sinyal dari luar dengan kata lain mikrokontroler merupakan otak dari sebuah perangkat elektronik.

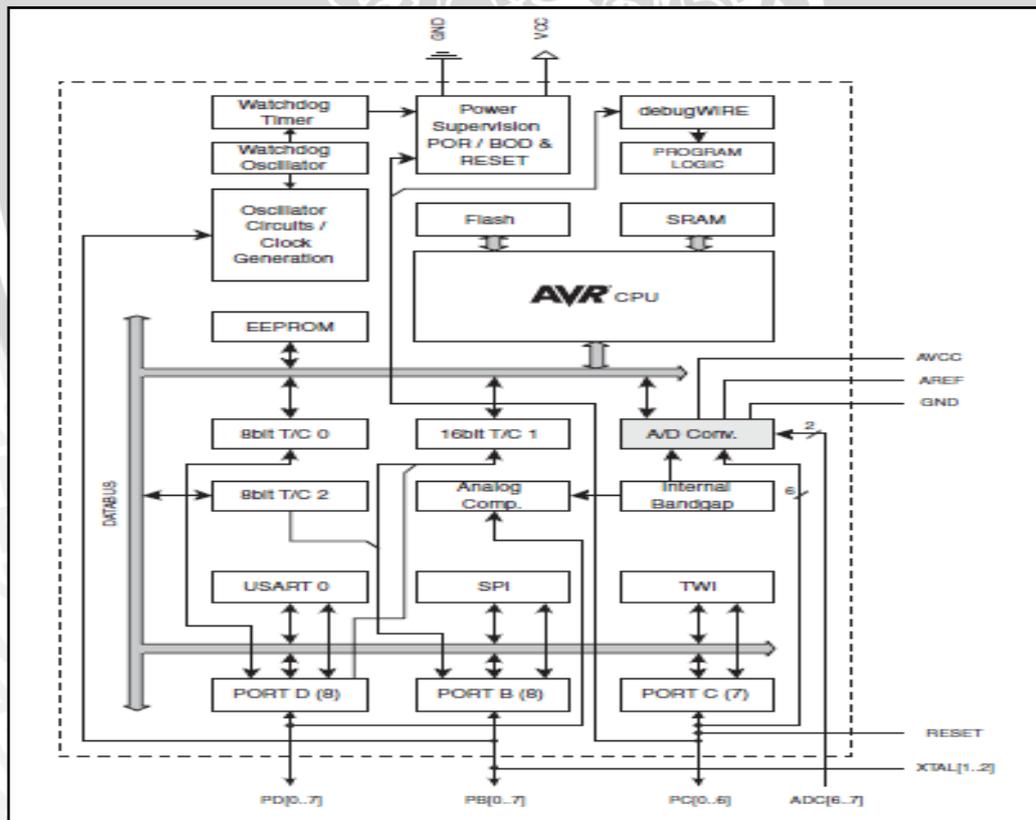
AVR merupakan salah satu jenis mikrokontroler yang didalamnya terdapat berbagai macam fungsi. Perbedaannya dengan mikrokontroler yang pada umumnya digunakan MCS 51 adalah pada AVR tidak perlu menggunakan osilator eksternal karena di dalamnya sudah terdapat internal osilator. Selain itu kelebihan dari AVR adalah memiliki *Power-On Reset*, yaitu tidak perlu adanya tombol *reset* dari luar karena cukup hanya dengan mematikan *supply*, maka secara otomatis AVR akan melakukan *reset*. Untuk beberapa jenis AVR terdapat berapa fungsi khusus seperti ADC 10bit, EEPROM sekitar 1 Kbytes sampai dengan 256 Kbytes.

Dalam hal ini yang digunakan adalah AVR Atmega 328. untuk ATmega 328 hanya dapat bekerja pada tegangan 4,5 V- 5,5 V. Berikut adalah gambar dari blok diagram untuk mikrokontroler ATmega 328. Secara umum konfigurasi yang dimiliki mikroontroler ATmega 328 adalah :

- Catu daya 1,8- 5,5V
- 32 Kbytes *flash memory*
- *Programmable serial USART*
- 1 Kbytes EEPROM
- 2 Kbytes RAM

- Mempunyai temperatur *range* antara  $-40^{\circ}c - 85^{\circ}c$
- Frekuensi maksimum 20 MHz.
- *In-System Programming by on On- chip Boot.*
- *One 16 bit timer, and Two 8 bit timer.*
- *Built in watchdog timer, PWM 6 channel, SPI, and TWI interface.*
- *On chip analog comparator.*
- ADC 8 channel 10 bit.
- *Internal RC calibrated oscillator*
- *Built in Real Time Counter with separate oscillator.*
- 23 programmable I/O.
- *Package 32 TQFP.*

Blok diagram mikrokontroler ATmega 328 diperlihatkan pada gambar 2.3 di bawah ini:

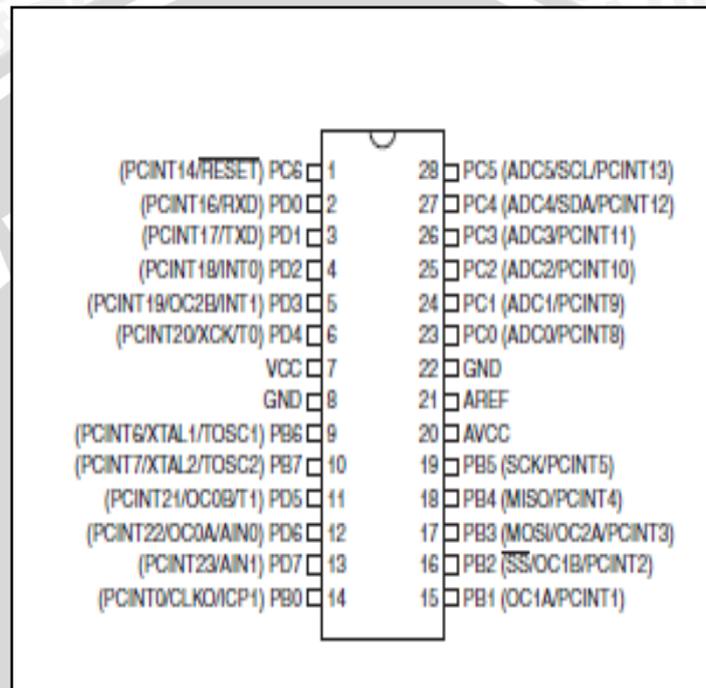


**Gambar 2.3** Blok Diagram Mikrokontroler ATmega 328

Sumber : Atmel, 2011 : p.5

### 2.4.1 Konfigurasi Pin

Mikrokontroler ATmega 328 memiliki 28 pin yang masing-masing pinnya memiliki fungsi yang berbeda-beda baik sebagai *port* atau sebagai fungsi yang lain. Berikut akan dijelaskan tentang kegunaan dari masing-masing kaki pada mikrokontroler ATmega 328. Susunan masing-masing pin dapat dilihat dalam gambar 2.4



**Gambar 2.4** Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATmega 328

Sumber : Atmel, 2011 : p.2

Fungsi kaki-kaki Pin mikrokontroler ATmega 328 adalah :

1. VCC

Merupakan *supply* tegangan untuk digital.

2. GND

Merupakan *ground* untuk semua komponen yang membutuhkan *grounding*.

3. Port B

Di dalam *port* B terdapat XTAL1, XTAL2, TOSC1, TOSC2. Jumlah *port* B adalah 8 buah pin mulai dari pin B.0 sampai dengan pin B.7. Tiap pin dapat

digunakan sebagai input dan juga output. *Port B* merupakan sebuah 8 bit *bi-directional I/O port* dengan internal *pull-up* resistor. Sebagai input, pin-pin yang terdapat pada *port B* yang secara eksternal diturunkan, maka akan mengeluarkan arus jika *pull-up* resistor diaktifkan. Jika ingin menggunakan tambahan kristal, maka cukup menghubungkan kaki dari kristal ke kaki pada pin *port B*. Namun jika tidak digunakan, maka cukup dibiarkan saja. Kegunaan dari masing-masing kaki ditentukan dari *clock fuse setting*-nya.

#### 4. Port C

Port C merupakan sebuah 7 bit *bi-directional I/O port* yang di dalam masing-masing pin terdapat *pull-up* resistor. Jumlah pin-nya hanya 7 buah mulai dari pin C.0 sampai dengan pin C.5 sebagai keluaran / *output*, *port C* memiliki karakteristik yang sama dalam hal kemampuan menyerap arus (*sink*) atau mengeluarkan arus (*source*).

#### 5. RESET / PC6

Jika RSTDISBL *fuse* diprogram, maka PC6 akan berfungsi sebagai pin I/O. Untuk diperhatikan juga bahwa pin ini memiliki karakteristik yang berbeda dengan pin-pin yang terdapat pada *port C*. Namun jika RSTDISBL *fuse* tidak diprogram, maka pin ini akan berfungsi sebagai input *reset*. Dan jika level tegangan yang masuk ke pin ini rendah dan pulsa yang ada lebih pendek dari pulsa minimum, maka akan menghasilkan suatu kondisi *reset* meskipun *clock*-nya tidak bekerja.

#### 6. Port D

*Port D* merupakan 8 bit *bi-directional I/O* dengan internal *pull-up* resistor. Fungsi dari *port* ini sama dengan *port*-*port* yang lain. Hanya saja pada *port* ini tidak terdapat kegunaan yang lain. Pada *port* ini hanya berfungsi sebagai masukan dan keluaran saja atau biasa disebut dengan I/O.

#### 7. AVCC

Pada pin ini memiliki fungsi sebagai supply tegangan untuk ADC. Untuk pin ini harus dihubungkan secara terpisah dengan Vcc karena pin ini digunakan untuk analog saja. Bahkan jika ADC pada AVR tidak digunakan, tetap saja disarankan untuk menghubungkan secara terpisah dengan Vcc. Cara menghubungkan AVCC adalah melewati *low-pass* filter setelah itu dihubungkan dengan Vcc.

8. AREF

Pin referensi analog jika menggunakan ADC.

9. ADC 7:6

Di dalamnya terdapat TQFP dan QFN/MLF. ADC7:6 sebagai input analog ke A/D konverter. Pin ini di *supply* daya dari tegangan analog dan terdapat 10 bit ADC *channel* .

**2.4.2 Status Register**

Pada AVR *status register* mengandung beberapa informasi mengenai hasil dari kebanyakan hasil eksekusi instruksi aritmatik. Informasi mengenai hasil dari kebanyakan hasil eksekusi intruksi aritmatik. Informasi ini dapat digunakan untuk merubah arus program sebagai kegunaan untuk meningkatkan performa pengoperasian. Perlu diketahui bahwa *register* ini di-*update* setelah semua operasi ALU ( *Aritmetic Logic Unit* ). Hal tersebut seperti yang telah tertulis dalam datasheet khususnya pada bagian *instruction set reference*.

Dalam hal ini untuk beberapa kasus dapat membuang kebutuhan penggunaan intruksi perbandingan yang telah didedikasikan serta dapat menghasilkan peningkatan dalam hal kecepatan dan kode yang lebih sederhana dan singkat. *Register* ini tidak secara otomatis tersimpan ketika memasuki sebuah rutin interupsi dan juga ketika menjalankan sebuah perintah setelah kembali dari interupsi. Namun hal tersebut harus dilakukan melalui *software*. Berikut adalah gambar *status register*.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	I	T	H	S	V	N	Z	C	SREG
Read/Write	RW								
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

**Gambar 2.5** Status register ATmega328

Sumber: Atmel, 2001. P.11



Dari gambar tersebut akan dijelaskan kegunaan dari masing-masing bit yang terlihat diatas :

1. Bit 7 (I)

Merupakan bit *global interrupt enable*. Bit ini harus di-set supaya semua perintah interupsi dapat dijalankan. Untuk fungsi interupsi individual akan dijelaskan pada bagian yang lain. Jika bit ini di-reset, maka semua perintah interupsi baik yang individual maupun yang secara umum akan diabaikan. Bit ini akan dibersihkan atau *cleared* oleh *hardware* setelah sebuah interupsi dijalankan dan akan di-set kembali oleh perintah RETI. Bit ini juga dapat di-set dan di-reset melalui aplikasi dengan instruksi SEI dan CLI.

2. BIT 6 (T)

Merupakan bit *copy storage*. Instruksi bit *copy instructions* BLD (*bit Load*) and BST (*Bit Store*) menggunakan bit ini sebagai asal atau tujuan untuk bit yang telah dioperasikan. Sebuah bit dari sebuah *register* dalam *register file* dapat disalin kedalam bit ini dengan menggunakan instruksi BST, dan sebuah bit di dalam bit ini dapat disalin ke dalam sebuah bit di dalam *register file* dengan menggunakan perintah BLD.

3. Bit 5 (H)

Merupakan bit *Half Carry Flag*. Bit ini menandakan sebuah *Half Carry* dalam beberapa operasi aritmatika. Bit ini berfungsi dalam aritmatik BCD.

4. Bit 4 (S)

Merupakan *sign* bit. Bit ini selalu merupakan sebuah eksklusif di antara *Negative Flag* (N) dan *Two's complement Overflow Flag* (V).  $S = N \oplus V$ .

5. Bit 3 (V)

Merupakan bit *Two's complement Overflow Flag*. Bit ini menyediakan aritmatika dua komplement.

6. Bit 2 (N)

Merupakan bit *Negative Flag*. Bit ini mengindikasikan sebuah hasil negative didalam sebuah fungsi logika atau aritmatika.

7. Bit 1 (Z)

Merupakan bit *Zero flag*. Bit ini mengindikasikan sebuah hasil nol '0' dalam sebuah fungsi aritmatika atau logika.

### 2.4.3 Organisasi memori

Pada mikrokontroler ATmega328 terdapat dua memori yaitu memori data dan memori program. Selain itu mikrokontroler ini terdapat memori EEPROM berfungsi untuk penyimpanan data. Memori program pada mikrokontroler ini mempunyai *system on-chip* pada *system flash memori program* untuk menyimpan program karena AVR mempunyai fitur 32 bit, *flash* ini disusun sebagai 4K x 16 bit. Untuk keamanan perangkat lunak, ruang program *flash* memori dibagi menjadi dua bagian, bagian *boot* dan bagian aplikasi program. Mikrokontroler 2560 memiliki data EEPROM 1 Kbyte dapat diprogram ulang sebanyak 100.000 kali. Berikut gambar data memori pada mikrokontroler Atmega 328 :

Data Memory	
32 Registers	0x0000 - 0x001F
64 I/O Registers	0x0020 - 0x005F
160 Ext I/O Reg.	0x0060 - 0x00FF
	0x0100
Internal SRAM (512/1024/1024/2048 x 8)	0x04FF/0x04FF/0x00FF/0x08FF

**Gambar 2.6:** Data Memori Pada Mikrokontroler ATmega 328

Sumber : Atmel, 1991, p.18

### 2.5 Pengkondisi sinyal

Rangkaian pengkondisi sinyal dibentuk berdasarkan hubungan yang linier antara tegangan keluaran dan tegangan masukan rangkaian. Hubungan ini dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan garis lurus, yaitu :

$$V_{OUT} = m \cdot V_{IN} + V_o \quad (2-1)$$

Dengan :

$m$  = kemiringan garis yang menyatakan penguatan

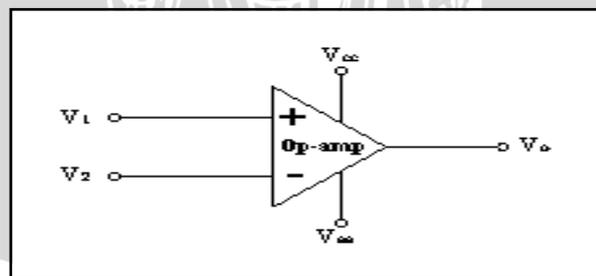
$V_0$  = tegangan *offset* keluaran

### 2.5.1 Penguat Operasional

Keluaran suatu rangkaian sebelum masuk ke rangkaian berikutnya jika sinyalnya masih kecil membutuhkan suatu penguat. Peralatan elektronika yang sering dimanfaatkan sebagai penguat adalah penguat operasional. Karakteristik op-amp yang terpenting adalah :

- Impedansi masukan amat tinggi, sehingga arus masukan dapat diabaikan.
- Penguatan tinggi.
- Impedansi keluaran rendah, sehingga keluaran penguat tidak terpengaruh oleh pembebanan.

Penguat operasional (Op-Amp) merupakan suatu komponen aktif yang terdiri dari rangkaian penguat gandengan langsung dengan penguatan tinggi yang dalam pengoperasiannya dilengkapi dengan umpan balik untuk memberikan tanggapan secara menyeluruh. Skematis dari op-amp diperlihatkan dalam Gambar 2.7 di bawah ini:

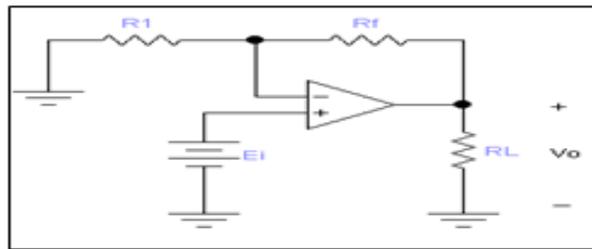


**Gambar 2.7** Rangkaian Penguat operasional ( Op-Amp )

**Sumber :** Robert F. Coughlin, 1992 : 13

### 2.5.2 Penguat Tak Membalik (*Non Inverting Amplifier*)

Penguat umpan balik tegangan tak membalik adalah penguat tegangan yang mendekati ideal karena impedansi masukan tinggi, impedansi keluarannya rendah dan tegangannya yang mantap. Pada penguat jenis ini sinyal masuk menggerakkan masukan tak membalik dari penguat, sebagian dari tegangan keluar kemudian dicuplik dan diumpungkan kembali ke masukan membalik.



**Gambar 2.8** Rangkaian Penguat Tak Membalik

**Sumber :** Coughlin, 1982

Tegangan keluaran  $V_o$  mempunyai polaritas yang sama dengan tegangan masukan  $E_i$ . Tahanan masukan dari masukan pembalik adalah  $R_i$  tetapi tahanan masukan dari masukan tak membalik adalah besar, biasanya melebihi 100 M $\Omega$ . karena tegangan antara masukan (+) dan masukan (-) secara praktis adalah 0 maka kedua masukan itu berada pada potensial yang sama yaitu  $E_i$ . Karena  $E_i$  berbanding terbalik dengan  $R_1$  dan  $E_i$  berbanding lurus dengan arus yang mengalir sehingga diperoleh rumus yaitu:

$$I = \frac{E_i}{R_1} \quad (2-2)$$

Arah  $I$  tergantung pada polaritas  $E_i$ , arus yang mengalir lewat masukan (-) diabaikan karenanya  $I$  mengalir melalui  $R_f$  dan penurunan tegangan melintasi  $R_f$  dinyatakan oleh  $V_{R_f}$  dan dinyatakan sebagai

$$V_{R_f} = I \cdot (R_f) = \frac{R_f}{R_1} \cdot E_i \quad (2-3)$$

Maka tegangan keluaran  $V_o$  adalah

$$V_o = E_i + \frac{R_f}{R_1} \cdot E_i \quad (2-4)$$

$$V_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) \cdot E_i \quad (2-5)$$

dengan begitu *gain* tegangannya yaitu

$$A_{CL} = \frac{V_o}{E_i} = 1 + \frac{R_f}{R_1} \quad (2-6)$$

## 2.6 LCD

Untuk menampilkan *menu* dari suatu peralatan elektronika seperti catu daya *switching* misalnya tentang berapa tegangan keluaran yang diinginkan, maka diperlukan suatu tampilan. Yang lebih sering digunakan adalah LCD.

*Liquid crystal display* (LCD) merupakan komponen elektronika yang digunakan untuk menampilkan suatu karakter baik itu angka, huruf atau karakter tertentu, sehingga tampilan tersebut dapat dilihat secara *visual*. Pemakaian LCD sebagai indikator tampilan banyak digunakan disebabkan daya yang dibutuhkan LCD relatif kecil (orde mikrowatt), di samping itu dapat juga menampilkan angka, huruf atau simbol dan karakter tertentu. Meskipun pada komponen ini dibatasi oleh sumber cahaya *eksternal* / *internal*, suhu, dan *lifetime*.

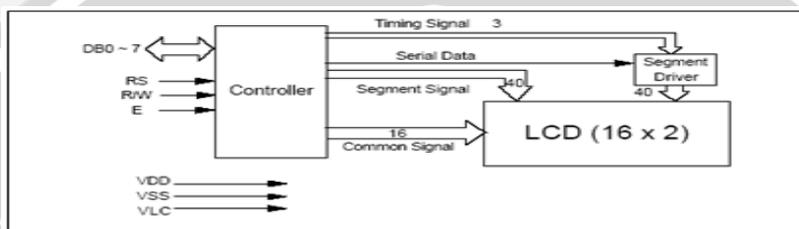
LCD terdiri atas tumpukan tipis atau sel dari dua lembar kaca dengan pinggiran tertutup rapat. Antara dua lembar kaca tersebut diberi bahan kristal cair (*liquid crystal*) yang tembus cahaya. Permukaan luar masing-masing keping kaca mempunyai lapisan tembus cahaya seperti oksida timah (*tin oxide*) atau oksida indium (*indium oxide*). Sel mempunyai ketebalan  $1 \times 10^{-5}$  meter dan diisi dengan kristal cair.

LCD yang digunakan disini untuk menampilkan perintah-perintah dalam tahapan pengisian bahan bakar secara mandiri. LCD yang akan digunakan bertipe M1632 produksi SEIKO Instruments Inc (*corporation*). Spesifikasi dari LCD ini adalah sebagai berikut:

- Menampilkan 16 karakter pada tiap baris TN LCD dengan *5 x 7 dot matrix*.
- Pembangkit karakter ROM untuk 192 jenis karakter.
- Pembangkit karakter RAM untuk 8 jenis karakter.

- 80 x 8 bit data RAM
- Tegangan catu 5 volt dan temperatur operasi 0–50°C
- Otomatis *reset* pada saat dihidupkan

Masukan yang diperlukan untuk mengendalikan modul LCD ini berupa *bus* data yang masih *multipleks* dengan *bus* alamat serta 3 bit sinyal kontrol, yaitu RS, R/W dan E. Sementara pengendali *dot matriks* LCD dilakukan secara internal oleh kontroler yang sudah terpasang pada modul LCD. Berikut ini adalah diagram blok dari LCD M1632.



**Gambar 2.9** Diagram Blok LCD M1632.

**Sumber :** Anonymous, 2001:3

Fungsi pin dari LCD M1632 ditunjukkan dalam Tabel 2.6.2.

**Tabel 2.1** Fungsi Pin-Pin pada LCD M1632

No Pin	Nama Pin	Fungsi
16	V – BL	Sebagai <i>ground</i> dari <i>backlight</i>
15	V + BL	Sebagai kutub positif dari <i>backlight</i>
7 – 14	DB0– DB7	Merupakan saluran data, berisi perintah dan data yang akan ditampilkan.
6	E	Sinyal operasi awal, sinyal ini mengaktifkan data tulis atau baca
5	R/W	Sinyal seleksi tulis atau baca 0 = tulis 1 = baca

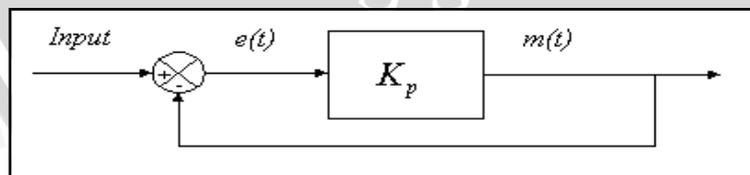
4	RS	Sinyal pemilih register 0 = register instruksi (tuliskan) 1 = register data (tuliskan dan baca)
3	Vlc	Untuk mengendalikan kecerahan LCD dengan mengubah Vlc
2	Vcc	Tegangan catu + 5 volt
1	Vss	Terminal <i>Ground</i>

Sumber : Datasheet LCD M1632

### 2.7 Kontroler Proporsional

Kontroler proporsional memiliki keluaran yang sebanding proporsional dengan besarnya sinyal kesalahan (selisih antara besaran yang diinginkan dengan harga aktualnya) Secara lebih sederhana dapat dikatakan, bahwa keluaran kontroler proporsional merupakan perkalian antara konstanta proporsional dengan masukannya. Perubahan pada sinyal masukan akan segera menyebabkan sistem secara langsung mengubah keluarannya sebesar konstanta pengalinya.

Gambar 2.10. menunjukkan blok diagram yang menggambarkan hubungan antara input (besaran referensi yang diinginkan), besaran aktual dengan besaran keluaran kontroler proporsional, dan besaran kesalahan (*error*). Sinyal kesalahan (*error*) merupakan selisih antara besaran *setting* dengan besaran aktualnya.



Gambar 2.10 Diagram blok kontroler proporsional

Sumber : Ogata, Katsuhito, 1997

Pada pengendali proporsional hubungan antara keluaran kontroler  $m(t)$  dan sinyal kesalahan  $e(t)$  adalah

$$m(t) = K_p e(t) \quad (2-7)$$

dengan  $K_p$  adalah penguatan proporsional. Keluaran  $m(t)$  hanya tergantung pada  $K_p$  dan *error*, semakin besar *error* maka semakin besar koreksi yang dilakukan. Penambahan  $K_p$  akan menaikkan penguatan sistem sehingga dapat digunakan untuk memperbesar kecepatan respon dan mengurangi kesalahan keadaan mantap. Akan tetapi, penambahan  $K_p$  juga membuat sistem lebih sensitif yang akan juga mengakibatkan tidak stabil atau osilasi.

Berikut ini merupakan ketentuan-ketentuan kontroler proporsional yang perlu diperhatikan saat diterapkan pada suatu sistem, antara lain:

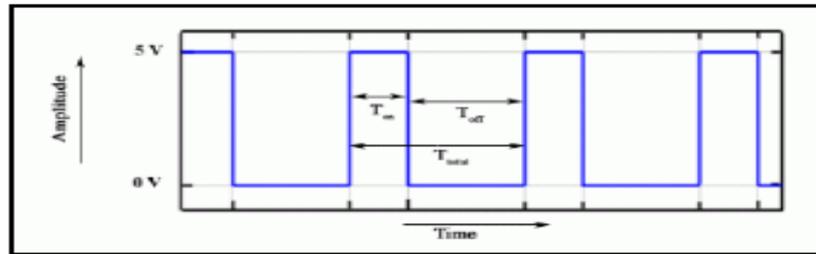
1. Kalau nilai  $K_p$  kecil, kontroler proporsional hanya mampu melakukan koreksi kesalahan yang kecil, sehingga akan menghasilkan respon sistem yang lambat.
2. Kalau nilai  $K_p$  dinaikkan, respon sistem menunjukkan semakin cepat mencapai keadaan mantap. Namun jika nilai  $K_p$  diperbesar sehingga mencapai harga yang berlebihan, akan mengakibatkan sistem bekerja tidak stabil, atau respon sistem akan berosilasi

Namun jika nilai  $K_p$  diperbesar sehingga mencapai harga berlebihan, akan mengakibatkan sistem bekerja tidak stabil, atau respon sistem berosilasi [ pak pahan, 1988 ].

## 2.8 PWM (*Pulse Width Modulation*)

Secara umum *Pulse Width Modulation* atau PWM adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal atau tegangan yang dinyatakan dengan pulsa dalam satu periode, yang akan digunakan untuk mentransfer data pada telekomunikasi atau mengatur tegangan sumber yang konstan untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Penggunaan PWM sangat banyak, antara lain untuk

pemodulasian data untuk telekomunikasi, pengontrolan daya atau tegangan yang masuk ke beban regulator tegangan, mengatur kecepatan dari motor DC dan lain-lain. Sinyal atau keluaran PWM ditunjukkan dalam Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Sinyal Keluaran PWM

Sumbe: <http://www.insansainsprojects.wordpress.com>

Dalam Gambar 2.11 terlihat bahwa sinyal PWM adalah sinyal yang amplitudonya tetap, namun lebar pulsa yang aktif (*duty cycle*) per periodenya dapat diubah-ubah. Periodenya adalah waktu pulsa *high* ( $T_{on}$ ) ditambah waktu pulsa *low* ( $T_{off}$ ).

$$T_{total} = T_{on} + T_{off} \dots\dots\dots (2.9)$$

Sedangkan *duty cycle* adalah lamanya pulsa high (1)  $T_{on}$  dalam satu periode. Jika  $f(t)$  adalah sinyal PWM, maka besar *duty cycle*-nya adalah:

$$D = \frac{T_{on}}{(T_{on}+T_{off})} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \dots\dots\dots (2.10)$$

Sedangkan, besarnya tegangan keluaran  $V_{out}$  (*volt*) adalah perkalian antara *duty cycle* ( $D$ )  $V_{in}$  (*volt*) dan :

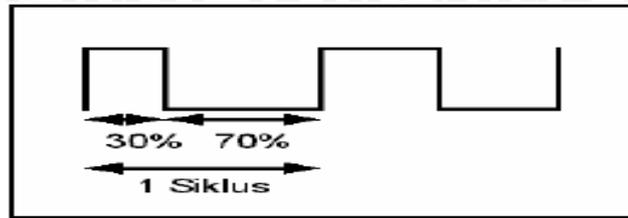
$$V_{out} = D \times V_{in} \dots\dots\dots (2-11)$$

Jadi,

$$V_{out} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \times V_{in} \dots\dots\dots (2-12)$$

*Duty cycle* menyatakan fraksi waktu sinyal pada keadaan logika *high* dalam satu siklus. Satu siklus diawali oleh transisi *low* to *high* dari sinyal dan berakhir

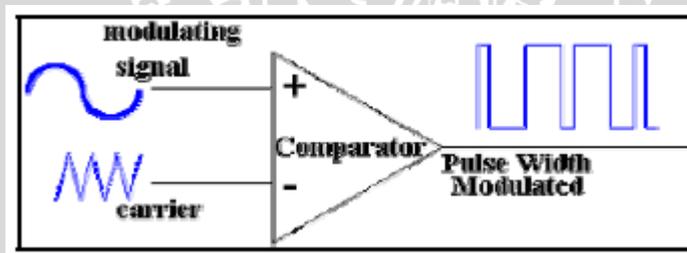
pada transisi berikutnya. Selama satu siklus, jika waktu sinyal pada keadaan *high* sama dengan *low* maka dikatakan sinyal mempunyai *duty cycle* 50%. *Duty cycle* 30% menyatakan sinyal berada pada logika 1 selama 30% dari dari waktu total. Contoh *duty cycle* ditunjukkan pada gambar 2.12.



**Gambar 2.12.** *Duty Cycle* PWM Sebesar 30%.

Sumber: [www.mytutorialcafe.com](http://www.mytutorialcafe.com)

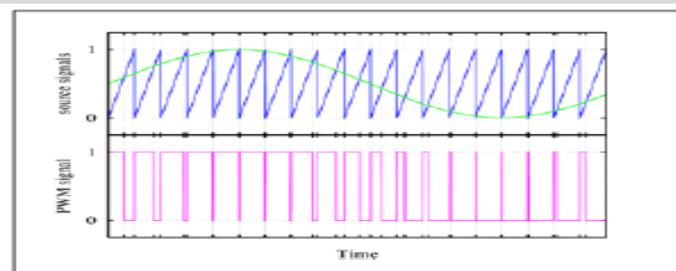
Untuk mendapat sinyal PWM dari masukan berupa sinyal analog, dapat dilakukan dengan membentuk gelombang gigi gergaji atau sinyal segitiga yang diteruskan ke komparator bersama sinyal aslinya. Seperti ditunjukkan pada gambar 2.13.



**Gambar 2.13.** Cara Mendapatkan Sinyal Analog PWM.

Sumber: <http://www.insansainsprojects.wordpress.com>

Jika digambarkan dalam bentuk sinyal, maka terlihat seperti pada gambar 2.14 di bawah ini :

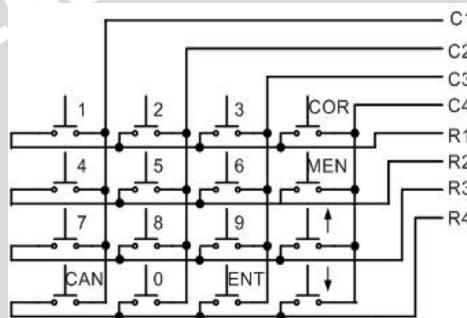


**Gambar 2.14.** Sinyal Sumber yang Dimodulasi dan Sinyal PWM.

Sumber : D Grahame Holmes , 2003

Pada gambar 2.14, sinyal masukan analog dimodulasikan dengan sinyal gigi gergaji, sehingga didapatkan sinyal PWM seperti gambar dibawahnya. Sekarang ini, pada beberapa mikrokontroler sudah dilengkapi dengan fasilitas pembangkit sinyal PWM.

## 2.8 Keypad



**Gambar 2.15** Rangkaian Dasar keypad 4x4

Sumber: <http://www.mytutorialcafe.com/mikrokontroler/Keypad.htm>,

*Keypad* sering digunakan sebagai suatu input pada beberapa peralatan yang berbasis mikroprosesor atau mikrokontroler. *Keypad* sesungguhnya terdiri dari sejumlah saklar, yang terhubung sebagai baris dan kolom dengan susunan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.15. Agar mikrokontroler dapat melakukan scan *keypad*, maka *port* mengeluarkan salah satu bit dari 4 bit yang terhubung pada kolom dengan logika low “0” dan selanjutnya membaca 4 bit pada baris untuk menguji jika ada tombol yang ditekan pada kolom tersebut. Sebagai konsekuensi, selama tidak ada tombol yang ditekan, maka mikrokontroler akan melihat sebagai logika high “1” pada setiap pin yang terhubung ke baris.

## BAB III METODOLOGI

Penyusunan skripsi ini didasarkan pada masalah yang bersifat aplikatif yang diwujudkan dalam bentuk alat, yaitu perencanaan dan perealisasi alat agar dapat menampilkan unjuk kerja sesuai dengan yang direncanakan dengan mengacu pada rumusan masalah.

Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan alat yang akan dibuat secara umum adalah sebagai berikut:

- Studi literatur
- Perancangan alat
- Realisasi pembuatan alat
- Pengujian alat dan analisa data
- Pengambilan kesimpulan

### 3.1 Studi Literatur

Studi literatur mengacu pada prinsip kerja alat yang dirancang meliputi sistem pengendalian arus *power supply hand tool* pemotong *styrofoam* dengan *hotwire* menggunakan mikrokontroler Atmega 328 karakteristik dari komponen yang digunakan serta studi tentang pengendalinya yaitu mikrokontroler Atmega 328.

Adapun hal-hal yang berhubungan dengan hal tersebut adalah :

- a. Studi tentang teori dasar pemotongan *styrofoam*
  - Faktor-faktor yang mempengaruhi bagus atau tidaknya.
  - Alat yang digunakan untuk memotong *styrofoam*.
  - Panas yang dibutuhkan kawat untuk memotong *styrofoam*.
- b. Studi tentang rangkaian sensor
  - Karakteristik spesifikasi sensor arus.

- Karakteristik komponen elektronik yang digunakan diantaranya meliputi pengkondisi sinyal, LCD M1632, Mikrokontroler ATmega 328.

#### c. Mikrokontroler ATmega 328

- Karakteristik umum mikrokontroler ATmega 328.
- Cara memprogram mikrokontroler Atmega 328 sebagai pusat pengontrol arus *power supply hand tool* untuk pemotongan *styrofoam* dengan *hotwire*.

### 3.2 Perancangan Alat

Perancangan sistem dilakukan sebagai langkah awal sebelum terbentuknya suatu sistem beserta rangkaian elektronik pendukungnya, hal ini dimaksudkan agar sistem pengendalian arus *power supply hand tool* pemotong *styrofoam* dengan *hot wire* menggunakan mikrokontroler Atmega 328 tersebut dapat berjalan sesuai dengan deskripsi awal yang telah direncanakan. Perancangan sistem yang dilakukan meliputi:

- Penentuan dimensi dan bahan yang digunakan dalam pembuatan *power supply hand tool* pemotong *Styrofoam* dengan *hotwire*.
- Penentuan rangkaian elektronik yang digunakan.
- Perancangan program pada mikrokontroler ATmega 328 sebagai pusat pengontrol.
- Penentuan spesifikasi sistem yang akan dibuat, meliputi :
  - a. Penentuan deskripsi kerja sistem secara keseluruhan.
  - b. Mikrokontroler ATmega 328 dan rangkaian elektronik pendukung.

### 3.3 Realisasi Pembuatan Alat

#### 3.3.1 Perancangan Perangkat Keras dan Realisasi Tiap Blok

- a. Pembuatan blok diagram lengkap sistem
- b. Penentuan dan perhitungan komponen yang akan digunakan
- c. Merakit perangkat keras masing-masing blok

#### 3.3.2 Perancangan dan Penyusunan Perangkat Lunak

Setelah mengetahui perangkat keras yang dirancang, maka dibutuhkan perangkat lunak untuk mengendalikan dan mengatur kerja dari alat ini. Parameter yang diperoleh dari hasil perhitungan kemudian diterapkan kedalam mikrokontroler ATMEGA 328 dengan menggunakan bahasa C.

### **3.4 Pengujian Alat dan Analisis**

Untuk memastikan bahwa sistem ini berjalan sesuai yang direncanakan maka dilakukan pengujian alat meliputi perangkat keras (*hardware*) yang dilakukan baik per blok rangkaian maupun keseluruhan sistem.

#### **3.4.1 Pengujian Perangkat Keras**

Pengujian perangkat keras dilakukan dengan tujuan untuk menyesuaikan nilai tegangan dan arus yang diijinkan bekerja dalam komponen berdasarkan data sekunder komponen yang diambil dari buku data komponen elektronika maupun dari datasheet.

#### **3.4.2 Pengujian Keseluruhan Sistem**

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kerja alat setelah perangkat keras dan perangkat lunak diintegrasikan bersama.

### **3.5 Pengambilan Kesimpulan.**

Pengambilan kesimpulan dilakukan setelah didapatkan hasil dari pengujian. Jika hasil yang diperoleh telah sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan maka alat tersebut telah memenuhi harapan dan memerlukan pengembangan untuk penyempurnaannya.

## BAB IV

### PERANCANGAN SISTEM

#### 4.1 Tinjauan Umum

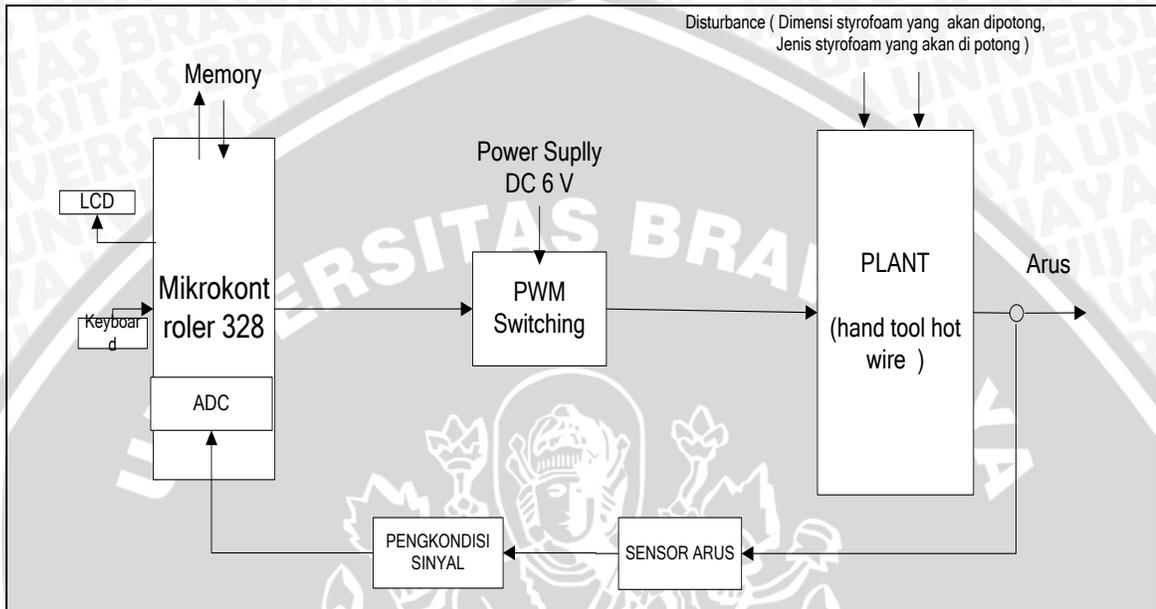
Bab ini menjelaskan tentang spesifikasi alat, perancangan perangkat keras dari *power supply hand tool* pemotong *Styrofoam* dengan *hotwire*, yang meliputi diagram blok sistem, *flowchart* atau diagram alir kerja sistem, dan diagram blok rancangan alat. Selain perancangan perangkat keras akan dijelaskan juga mengenai perancangan perangkat lunak.

Perancangan sistem pengendalian atau pengontrolan arus *power supply hand tool* pemotong *styrofoam* dengan *hotwire* dirancang dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. Menggunakan mikrokontroler AVR ATmega 328 sebagai pengontrol utama.
2. Menggunakan LCD tipe M1632 (16 kolom x 2 baris) sebagai penampil informasi yang dikontrol oleh Mikrokontroler.
3. Menggunakan ADC internal AVR ATMEGA328 sebagai konverter masukan sinyal analog dari pengkondisi sinyal menjadi besaran digital sehingga dapat dibaca dan diolah oleh mikrokontroler.
4. Menggunakan umpan balik arus dari *hotwire hand tool*.
5. Menggunakan *keypad* tombol untuk memasukkan *set point setting* arus untuk setiap jenis alat potong .
6. Aktuator adalah berupa tegangan DC 6 V diatur dengan metode PWM (*pulse width modulation*)

### 4.1.1 Blok Diagram Alat

Perancangan diagram blok sistem ditunjukkan dalam Gambar 4.1 :



Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem

Sumber : Perancangan

### 4.1.2 Prinsip Kerja Alat

Untuk menjelaskan prinsip kerja alat seperti yang digambarkan dalam diagram blok sistem gambar 4.1, secara keseluruhan sistem terdiri dari :

1. Mikrokontroler Atmega 328
2. PWM
3. Plant
4. Sensor arus
5. Pengkondisi sinyal

#### 4.1.2.1 Mikrokontroler AVR ATmega 328

Mikrokontroler AVR ATmega 328 berfungsi sebagai kontroler untuk mengatur arus *hand tool* agar stabil yang ditentukan sesuai dengan *set point*. Algoritma yang digunakan adalah kontroler proposional karena plant tersebut berupa resistif murni.

Mikrokontroler ini memiliki kelebihan telah disediakan ADC dan PWM didalam mikrokontroler tersebut. Mikrokontroler ini dilengkapi ADC internal 10 bit, berfungsi untuk mengubah tegangan analog yang mewakili arus menjadi nilai digital antara 0-1023. Algoritma kontrol dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman C.

#### 4.1.2.2 PWM Switching

PWM merupakan teknologi modulasi dengan metode lebar pulsa. Pembangkitan PWM telah dilengkapi secara internal dalam mikrokontroler AVR ATmega 328 sebesar 8 bit. Sehingga dimungkinkan untuk memotong tegangan dengan maksimal 256 bagian. Untuk memotong tegangan digunakan saklar elektronik berupa mosfet jenis IRF 640 dengan maksimal arus 18 ampere.

#### 4.1.2.3 Plant

Plant berupa alat *hand tool* yang dibuat dari kawat nikelin dengan panjang antara 4 cm - 25 cm. untuk menjaga kekakuan *hand tool* diameter digunakan adalah 0.8 mm - 1.2 mm dan arus *hand tool* 2 A- 5 A.

#### 4.1.2.4 Sensor Arus

Sensor arus menggunakan resistor sebagai pembagi tegangan sehingga besar tegangan akan bergantung dengan besarnya arus yang mengalir pada *hand tool*. Resistor ini dibuat dari kawat

nikelin agar tidak mudah putus atau kuat terhadap arus yang mengalir. Besarnya arus mengalir sebesar 1-5 A.

#### 4.1.2.5 Pengkondisi sinyal

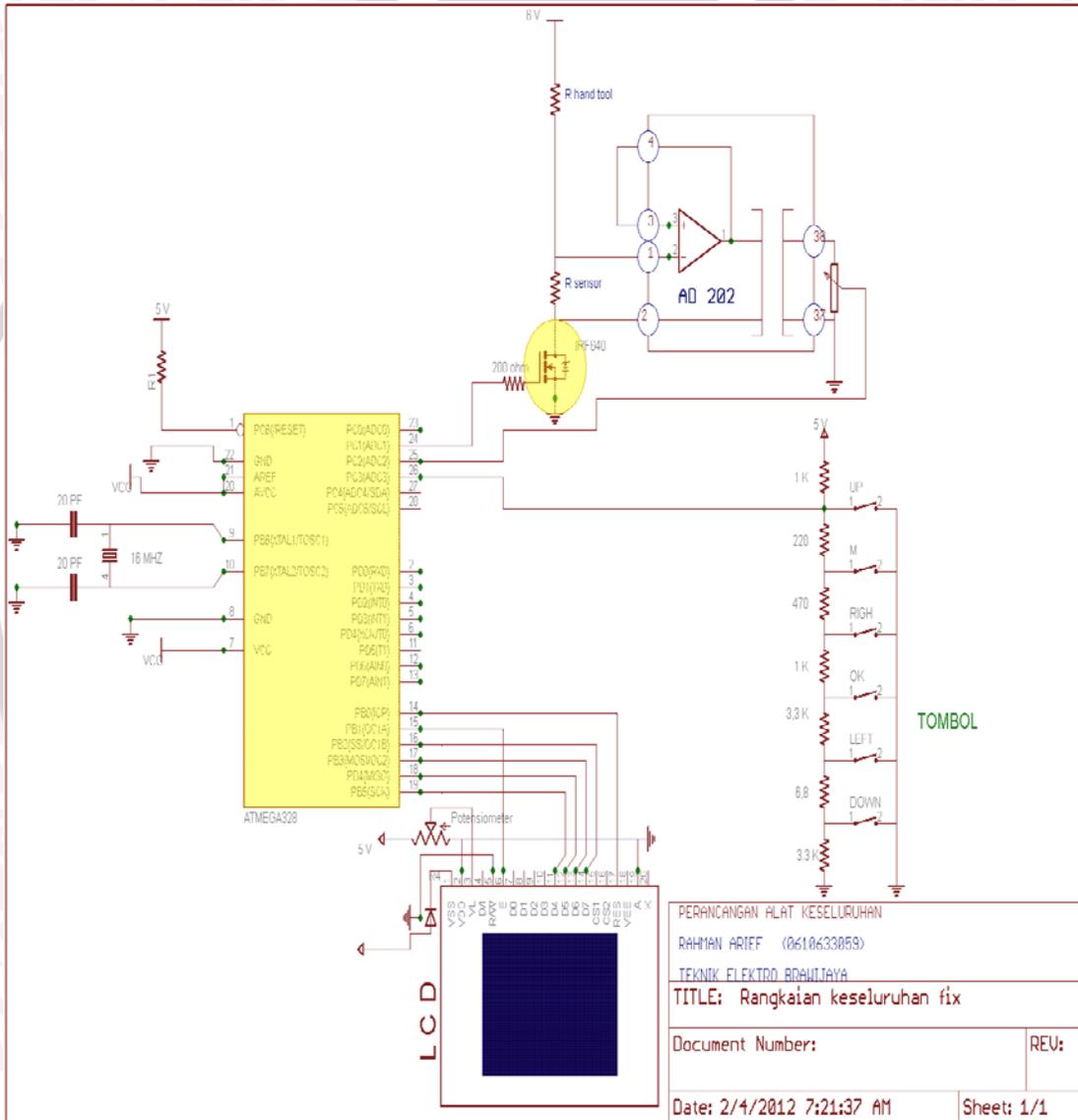
Pengkondisi sinyal berfungsi untuk menguatkan tegangan yang mengalir pada sensor arus. Agar penguat ini bisa menguatkan diferensial digunakan penguat elektronik jenis AD 202 .penguat ini sudah dilengkapi dengan isolasi elektrik yang memungkinkan sensor betul-betul tidak berhubungan secara elektik dengan keluaran. Hal ini berfungsi agar sistem sensor terhubung dengan *ground*.

#### 4.1.3 Prinsip Kerja Alat keseluruhan

Agar lebih memudahkan untuk mengerjakan dan menganalisa alat, maka perlu dijabarkan deskripsi kerja alat secara keseluruhan. Mula-mula arus yang diinginkan disetting melalui *keypad* sesuai dengan besaran yang diinginkan. Setelah alat diaktifkan maka mikrokontroler akan membaca berapa arus yang mengalir melalui sensor arus, kemudian dikonversikan kebilangan diskrit melalui internal ADC mikrokontroler. Nilai diskrit ini merupakan nilai *feedback* bagi kontroler. Selanjutnya mikrokontroler akan menghitung besarnya *error* yang merupakan perbedaan antara *set point* dengan *feedback*. Kemudian hasilnya dikalikan dengan konstanta proporsional dari Kontroler dan selanjutnya hasil perkalian dikeluarkan ke PWM sehingga diperoleh besarnya arus yang bersesuaian dengan besarnya lebar pulsa PWM.

### 4.2 Perancangan Perangkat Keras

Berdasar pada blok diagram perancangan alat yang telah disusun, perancangan perangkat keras meliputi perancangan rangkaian sensor arus, LCD, sensor arus, keypad, modul mikrokontroler. Di bawah ini adalah rangkaian keseluruhan alat.



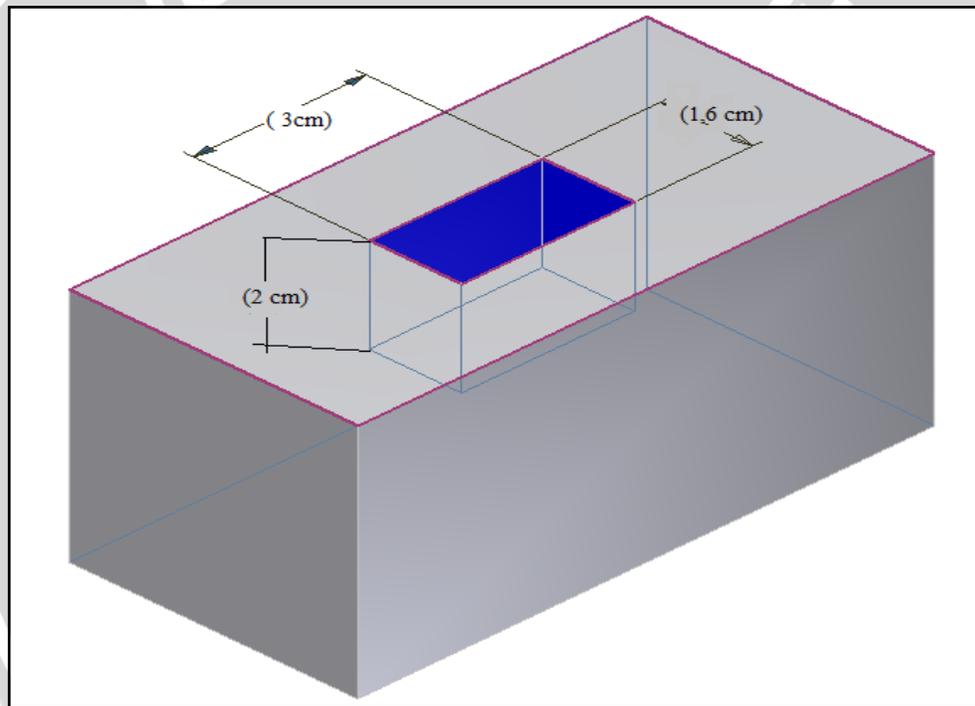
Gambar 4.2. Rangkaian Keseluruhan Alat.

Sumber: Perancangan

#### 4.2.1 Hand tool

*Hand tool* yang akan dibuat terdiri dari kawat nikelin yang dibentuk sesuai dengan bentuk dari hasil pemotongan yang diinginkan. Hasil potong akan mengikuti bentuk dari kawat nikelin yang digunakan. Sebagai contoh jika ingin melubangi *styrofoam* pada model pesawat *radio control* untuk menempatkan dudukan servo maka diperlukan *hand tool* yang sesuai dengan ukuran servo tersebut.

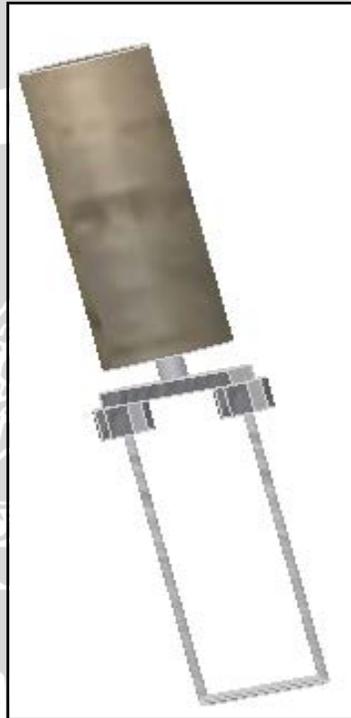
Gambar :



**Gambar 4.3 :** Contoh Tempat Servo Model Pesawat *Aeromodelling*

**Sumber:** *perancangan*

Misalnya dudukan servo mempunyai tinggi 2 cm, panjang 3 cm, lebar 1.6 cm, jika gerakan pemotongan dari bergerak kekiri kanan maka alat potong yang diperlukan memiliki bentuk seperti dibawah ini.



**Gambar 4.4** :hand tool hotwire Styrofoam

**Sumber:** perancangan

Sehingga panjang nikelin yang digunakan panjangnya adalah : 6,6 cm .  
sedangkan diameter kawat nikelin adalah 0.8 mm dan  $\rho = 0,4 \Omega mm^2/m$   
demikian juga kita dapat menentukan besarnya resistansi kawat nikelin  
dengan menggunakan rumus :

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

(4-1)

Dimana :  $L$  adalah panjang kawat nikelin dalam ( m )

$A$  adalah luas penampang kawat nikelin dalam (  $m^2$  )

$\rho$  adalah konstanta resistansi kawat nikelin dalam ( m/ohm )

Sehingga kita dapat menghitung resistansi *hand tool* dengan menggunakan rumus diatas yaitu :

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (4-2)$$

Dimana :  $L = 6,6 \text{ cm} = 6.6 \times 10^{-2} \text{ m}$

$$\rho = 0,4 \Omega \text{mm}^2 / \text{m}$$

$$D = 0,8 \text{ mm}$$

$$r = 0,4 \text{ mm}$$

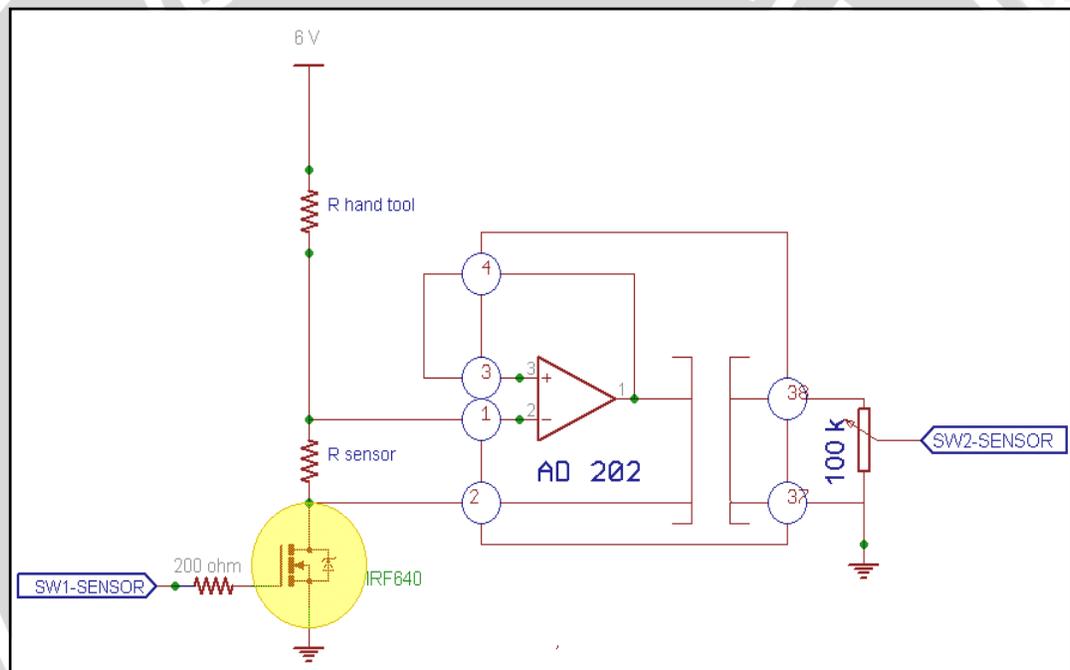
Sehingga kita dapatkan  $R_{hand \text{ tool}}$  sebesar :

$$\begin{aligned} R_{hand \text{ tool}} &= \rho \frac{L}{A} \\ &= \rho \frac{L}{\pi r^2} \\ &= 0,4 \Omega \text{mm}^2 / \text{m} \frac{6,6 \cdot 10^{-2} \text{m}}{3.14 \times 0,4^2} \\ &= \frac{2,64 \times 10^{-2} \Omega \text{ mm}^2}{0,5024 \text{ mm}^2} \\ &= 0,05254 \Omega \end{aligned}$$

Untuk bentuk *hand tool* yang akan digunakan dihitung melalui cara yang sama yaitu dengan memperhatikan panjang, diameter nikelin.

#### 4.2.2 Sensor Arus

Sensor arus berupa resistor yang terbuat dari nikel dihubungkan secara seri dengan *hand tool* seperti yang dijelaskan poin atau sub bab diatas. Sehingga rangkaian sensor arus yang dapat dilihat pada gambar sebagai berikut:

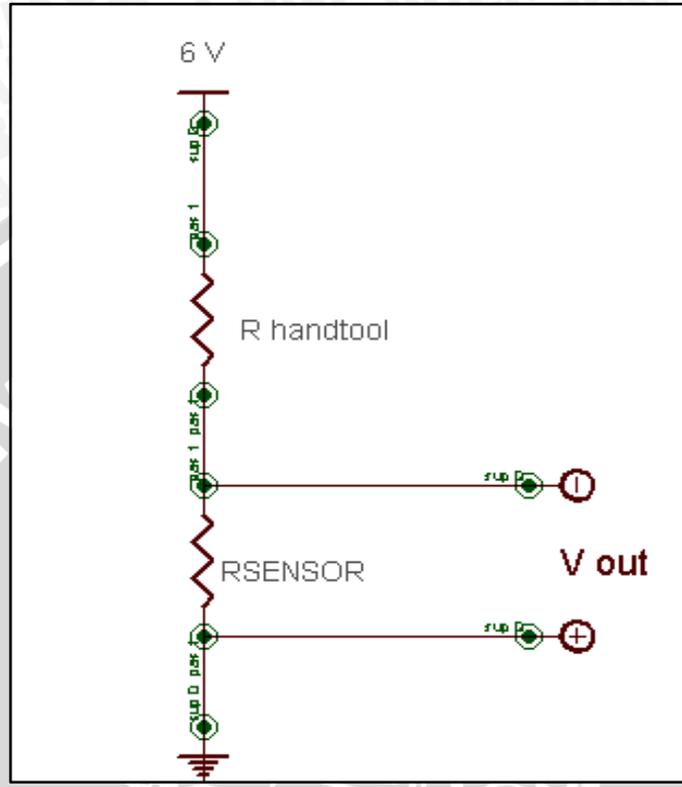


**Gambar 4.5** : Rangkaian Sensor Arus

Sumber : perancangan

Keterangan mengacu dari besarnya arus yang dibutuhkan untuk memotong *styrofoam* dengan menggunakan diameter nikelin sebesar 0.8 mm adalah 2.5A -3.5 A. dalam perancangan alat yang dibuat ditetapkan arus yang bisa diatur antara 2A-5A. Sedangkan resistansi *hand tool* sebagai contoh seperti *hand tool* pada sub bab 4.4

adalah sebesar  $0,05254 \Omega$ , maka besarnya  $R_{\text{sensor}}$  berkisar  $1,14746 \Omega - 2,9474 \Omega$ .berdasarkan perhitungan dibawah ini :



**Gambar 4.6** : Rangkaian Sensor Arus  
Sumber : perancangan

Dimana:

$$R_{ht} = \text{Resistansi hand tool sebesar} = 0,05254 \Omega$$

$$R_s = \text{Resistansi sensor}$$

$$R_t = \text{Resistansi total}$$

Apabila arus sebesar **2A** adalah :

$$R_{total\ min} = \frac{V}{I} = \frac{6}{2} = 3\ \Omega$$

$$\begin{aligned} R_{sensor\ min} &= R_{total\ min} - R_{hand\ tool} \\ &= 3 - 0,05254 \\ &= 2,9474\ \Omega \end{aligned}$$

Apabila arus sebesar **5 A** adalah :

$$R_{total\ max} = \frac{V}{I} = \frac{6}{5} = 1,2\ \Omega$$

$$\begin{aligned} R_{sensor\ max} &= R_{total\ max} - R_{hand\ tool} \\ &= 1,2 - 0,05254 \\ &= 1,14746\ \Omega \end{aligned}$$

Selanjutnya dalam realisasi perancangan diambil nilai tengah yaitu sebesar 2,04747 $\Omega$ .

Untuk memperoleh panjangnya nikelin dengan menggunakan diameter sebesar 0.8 mm apabila diketahui:

$$R = 2,04747\ \Omega$$

$$\rho = 0,4 \frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$D = 0,8\ \text{mm}$$

$$r = 0,4\ \text{mm}$$

Maka perhitungannya adalah:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (4-3)$$

$$L = \frac{R \cdot A}{\rho} \quad (4-4)$$

$$L = \frac{2,04747 \pi \cdot 0,4^2}{0,4}$$

$$L = 2,57 \text{ m}$$

Sedangkan untuk memperoleh tegangan (V) pada  $R_{\text{sensor}}$  adalah

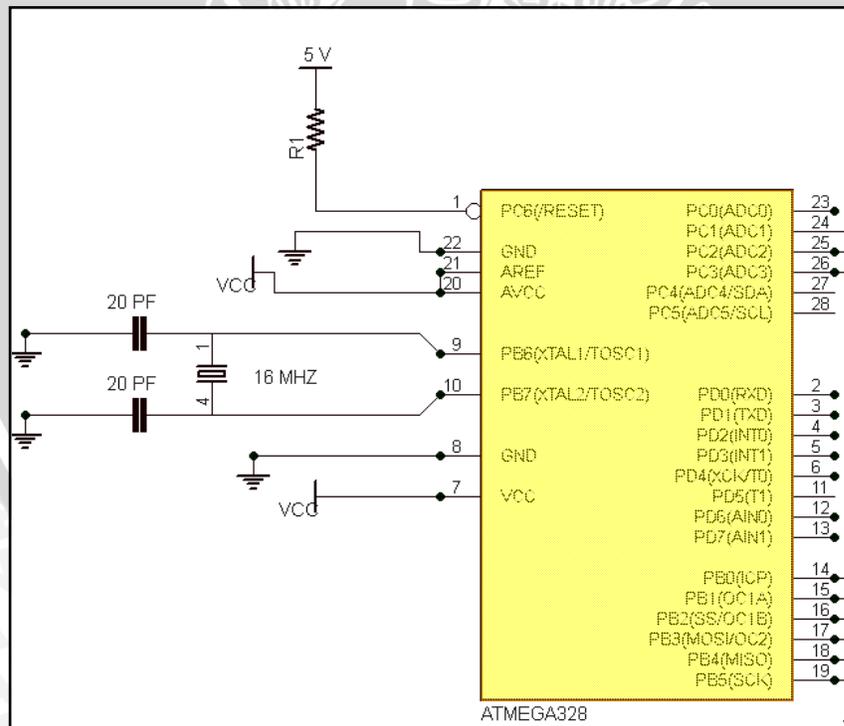
$$\begin{aligned} V_{R \text{ sensor } \min} &= \frac{R_{\text{sensor}}}{R_{\text{total } \min}} V \\ &= \frac{2,947}{3} 6 \\ &= 5,894 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{R \text{ sensor } \max} &= \frac{R_{\text{sensor}}}{R_{\text{total } \max}} V \\ &= \frac{1,14746}{1,2} 6 \\ &= 5,733 \text{ V} \end{aligned}$$

### 4.2.3 Rangkaian Mikrokontroler ATmega328

Pada perancangan ini, menggunakan mikrokontroler AVR Atmega328 sebagai proses utama untuk mengontrol sistem secara keseluruhan. Untuk mengatur tegangan *hand tool* digunakan metode PWM, sehingga salah satu penyemat mikrokontroler dihubungkan dengan *gate mosfet*. Penyemat yang digunakan adalah nomer 26. Untuk mengubah tegangan analog yang dihasilkan oleh sensor arus *hand tool* menjadi besaran digital digunakan internal ADC mikrokontroler Atmega 328 penyemat nomer 25. Sedangkan LED yang dihubungkan dengan penyemat nomer 28 berfungsi sebagai indikator aktifnya kontroler.

Untuk berinteraksi dengan operator digunakan tombol yang dihubungkan dengan penyemat nomer 4,5,6,11,12,13 mikrokontroler. LCD dihubungkan dengan penyemat nomer 14..19 dengan menggunakan data 4 bit.



Gambar 4.7 Rangkaian Perencanaan Mikrokontroler ATmega328

Sumber :Perancangan

Penjelasan lebih lengkap dapat diuraikan sebagai berikut:

**1. Port B**

*Port* B0- PortB5 merupakan *port* yang terletak pada pin 14-19, dalam perancangannya PB0-.PB5 digunakan sebagai inputan LCD M1632.

**2. Port D**

*Port* D disediakan sebagai *port* I/O dan menempati pin, dalam perancangan ini PD-PD7 digunakan sebagai saluran tombol.

**3. Port C**

*Port* C disediakan sebagai *port* I/O dan menempati pin 25-26, dalam perancangannya memiliki fungsi sebagai berikut :

- P25-26 sebagai inputan ke AIN0 yaitu sensor arus

**4. XTAL1 dan XTAL2**

Digunakan sebagai input dari rangkaian osilator kristal. Rangkaian osilator kristal terdiri dari kristal osilator 16MHz, kapasitor C1 dan C2 yang masing-masing bernilai 20 pF, akan membangkitkan pulsa *clock* yang menjadi penggerak bagi seluruh operasi internal mikrokontroler.

**5. VCC**

VCC dihubungkan dengan tegangan sebesar +5V sesuai dengan tegangan operasi *chip* tunggal yang diijinkan dalam *data sheet*.

**6. GND**

GND dihubungkan ke *ground* catu daya.

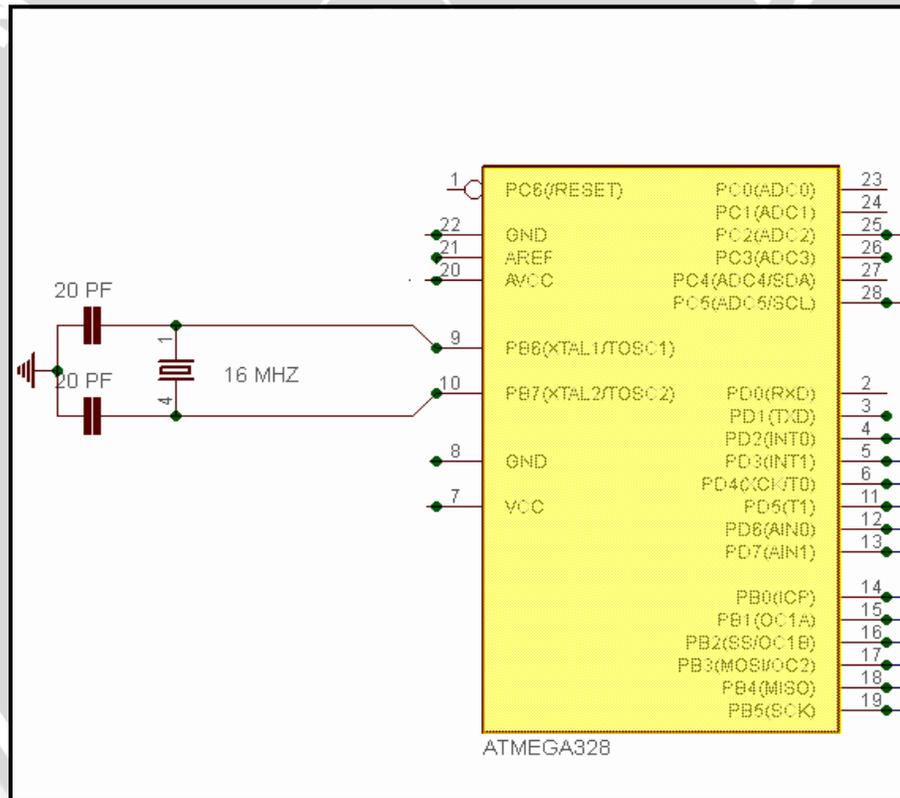
**7. Reset**

Digunakan untuk *mereset* program kontrol mikrokontroler.

#### 4.2.4 Perencanaan clock

Kecepatan proses yang dilakukan oleh mikrokontroler ditentukan oleh sumber *clock* yang mengendalikan mikrokontroler tersebut. Sistem yang dirancang ini menggunakan osilator *internal* yang telah tersedia dalam *chip* mikrokontroler ATmega 328. Untuk menentukan frekuensi osilatornya cukup dengan menghubungkan kristal dalam pin 9 (PB6) dan pin 10 (PB7) serta dua buah kapasitor ke *ground*.

Besarnya kapasitansinya disesuaikan dengan spesifikasi dalam lembar data mikrokontroler ATmega 328 yaitu 20 pF. Kristal yang digunakan adalah 16 MHz. Gambar 4.11 memperlihatkan rangkaian *clock* yang direncanakan.

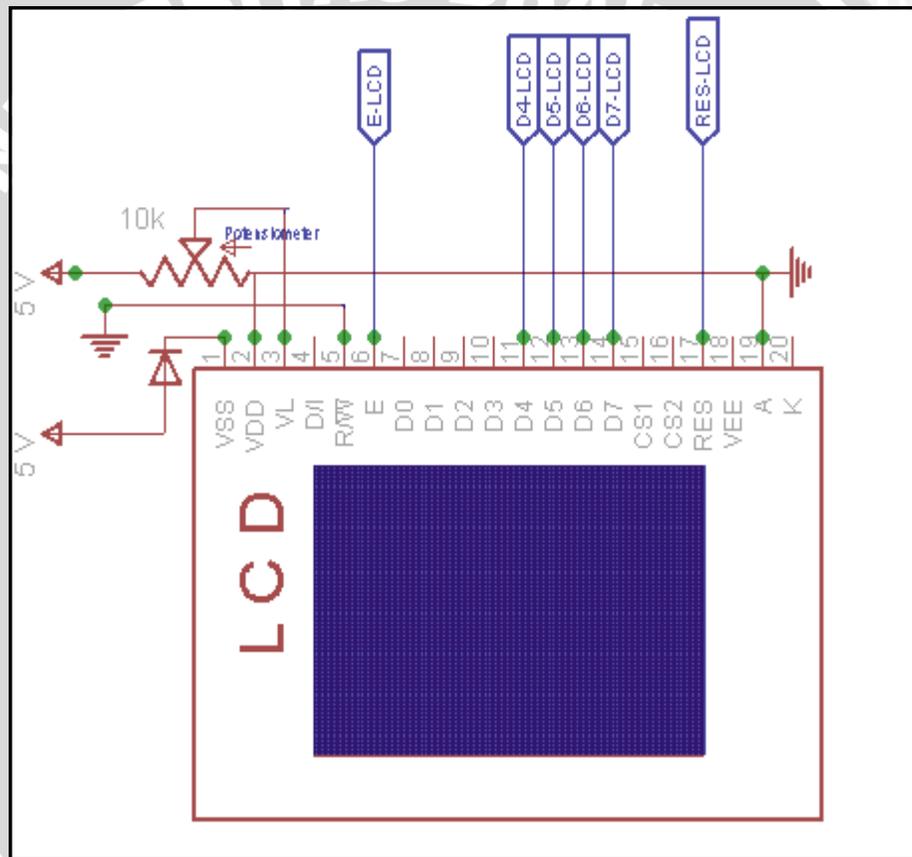


Gambar 4.8 Rangkaian Perencanaan Clock

Sumber: Perancangan

#### 4.2.5 Rangkaian LCD M1632

LCD yang digunakan adalah tipe M1632 (2 baris x 16 kolom). *Bus* data LCD (D0-D7) terhubung dengan *port* mikrokontroler (P19 , P18, P14, P13, P12, P6 ). Karena LCD dioperasikan hanya menerima data, maka pin R/W dihubungkan dengan *ground*. RS dihubungkan dengan pin 12 dari mikrokontroler. Sedangkan untuk mengaktifkan E (*Enable*) LCD dibutuhkan keluaran dari pin 6. Gambar LCD dan konfigurasi pin dapat dilihat dalam Gambar 4.9.

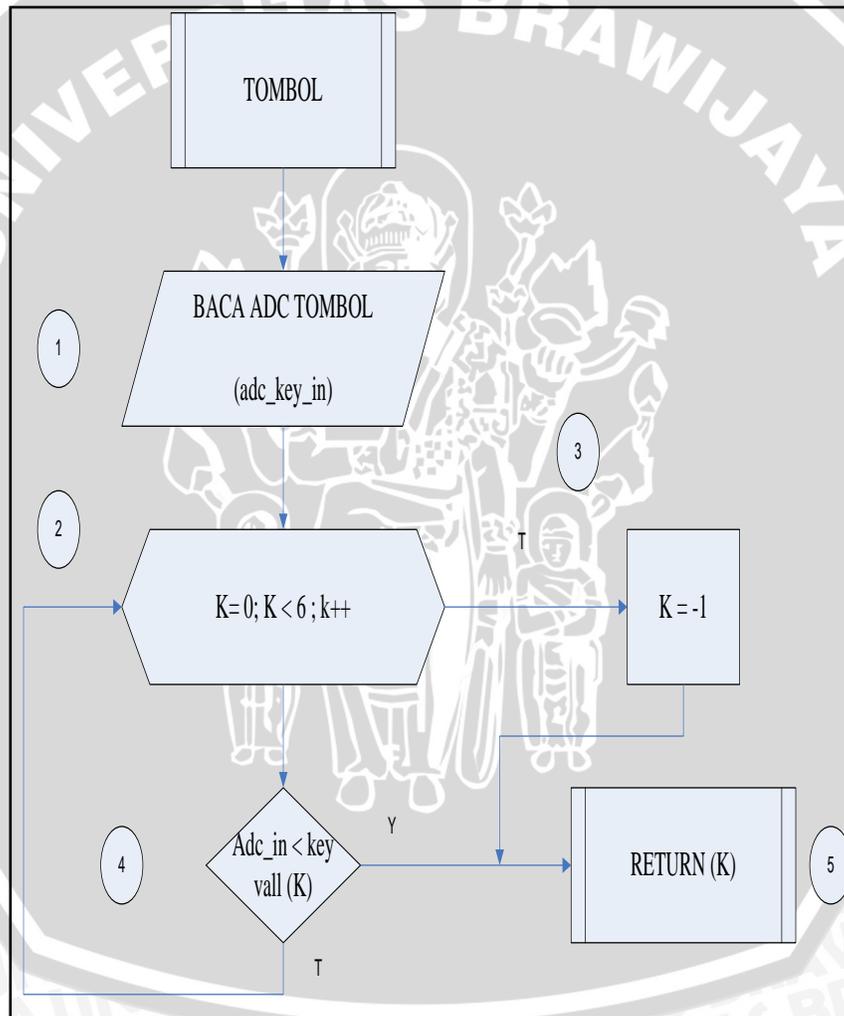


Gambar 4.9 Rangkaian Perencanaan LCD M1632

Sumber : Perancangan

#### 4.2.7 Rangkaian tombol

Pembuatan *keypad*, disini dimaksudkan untuk memberikan inputan dari konsumen. *Scanning* tombol yang dilakukan oleh mikrokontroler ATmega 328 harus mampu menentukan posisi dari tombol yang ditekan. Setelah posisi *keypad* yang aktif dapat ditemukan maka data tersebut diolah menjadi data data tombol yang ditekan.

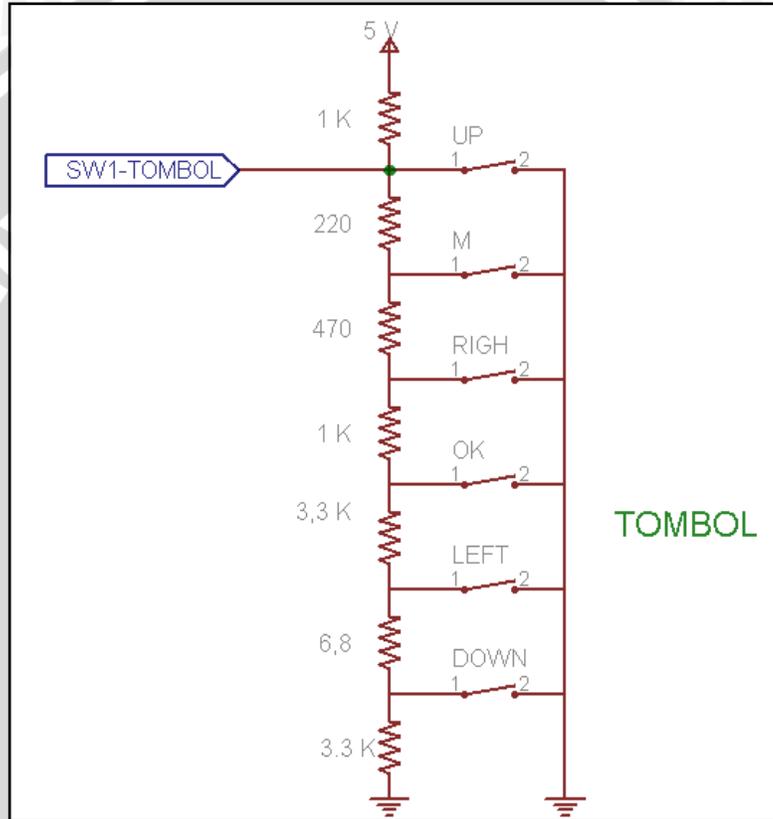


**Gambar 4.10** : Tombol

**Sumber** : perancangan

Tombol yang digunakan dalam aplikasi ini adalah tombol analog yang berisi tombol untuk arah bawah, atas, kiri, kanan, *menu*, *ok*, *on / off*. Untuk mengenali bagian kolom dan baris yang aktif maka tombol ini dihubungkan dengan minimum sistem ATmega328.

Berikut ini gambar perancangan tombol 2x4

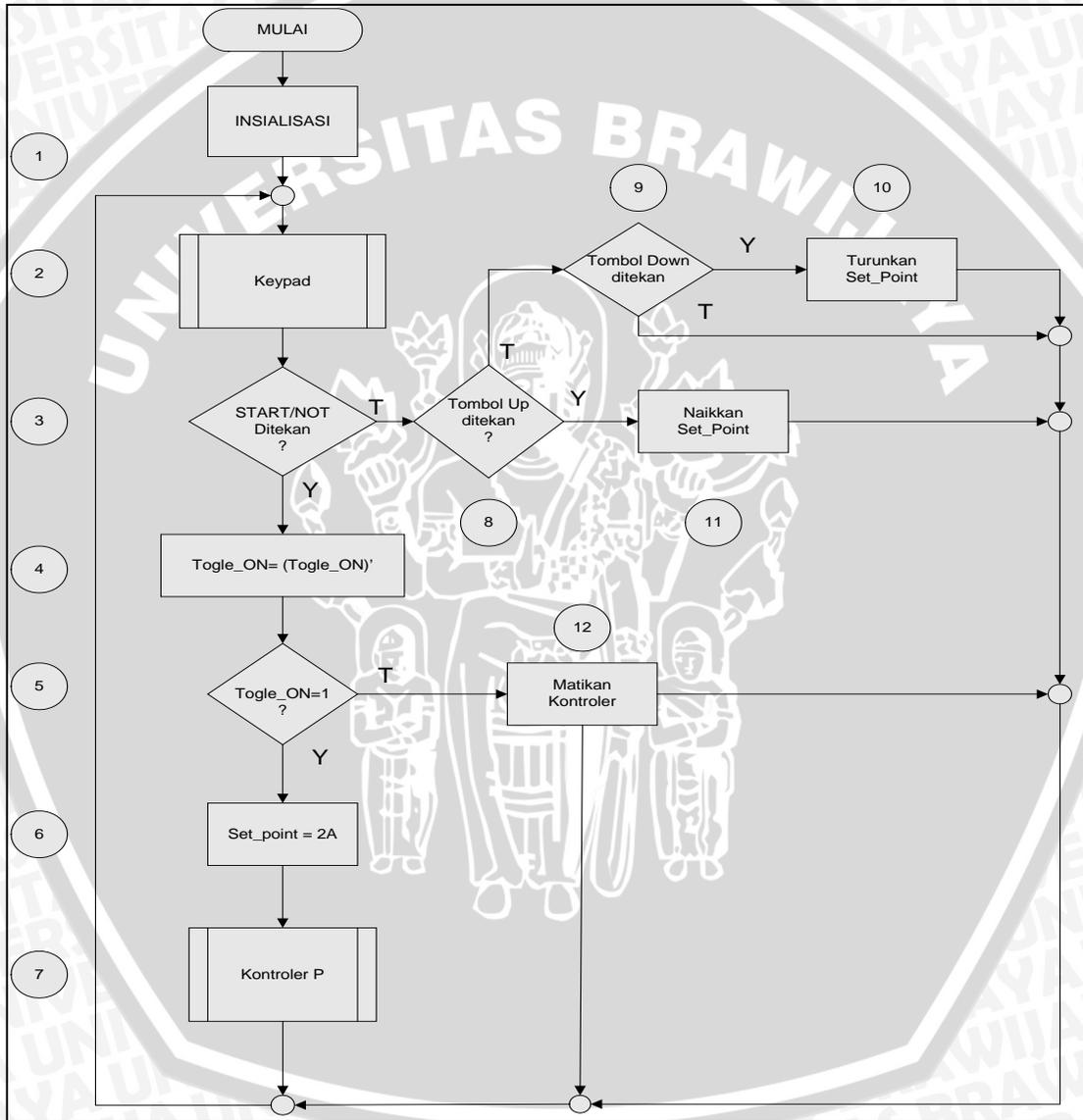


Gambar 4.11 Rangkaian Perencanaan Tombol

Sumber : Perancangan

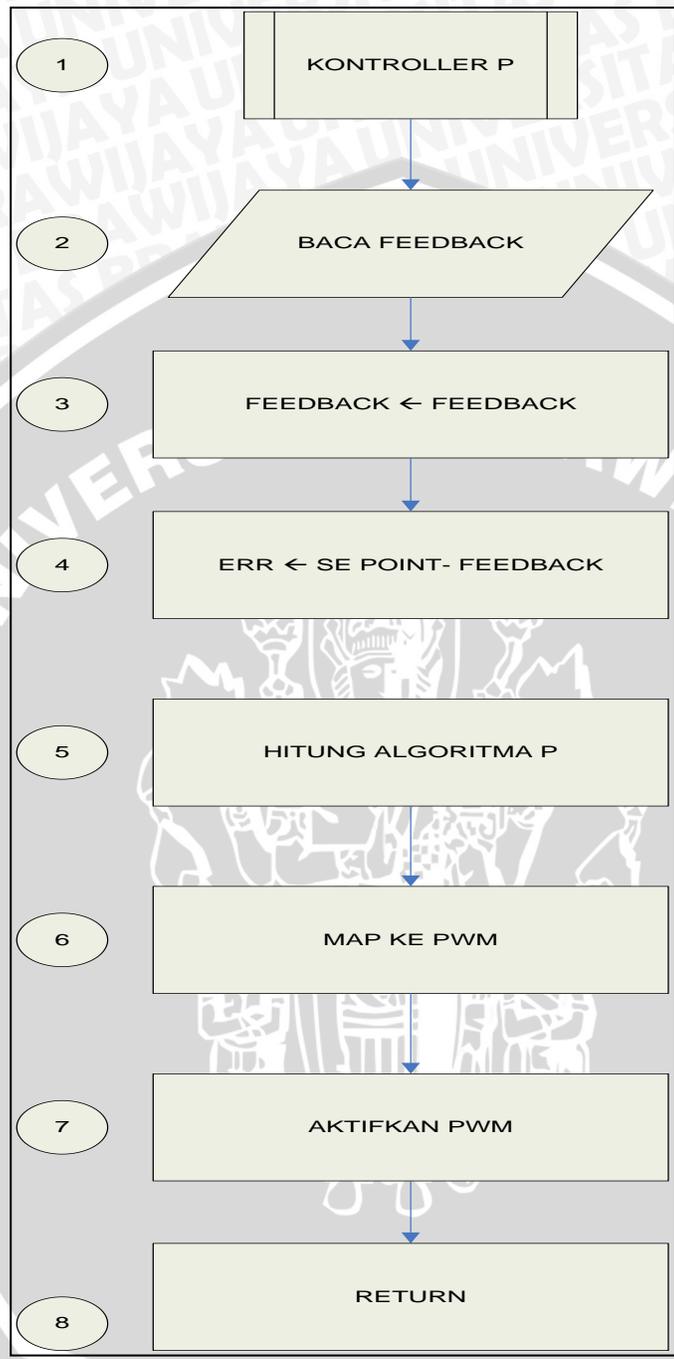
### 4.3 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak Pada sistem pengendalian *hand tool hotwire* pemotong *styrofoam* berbasis mikrokontroler ini direncanakan dengan menggunakan pemrograman bahasa C . Bagian ini dibahas mengenai diagram alir (*flowchart*) program sistem secara keseluruhan. seperti gambar 4.12 sampai 4.14 terdiri dari satu program utama dan dua subrutin.



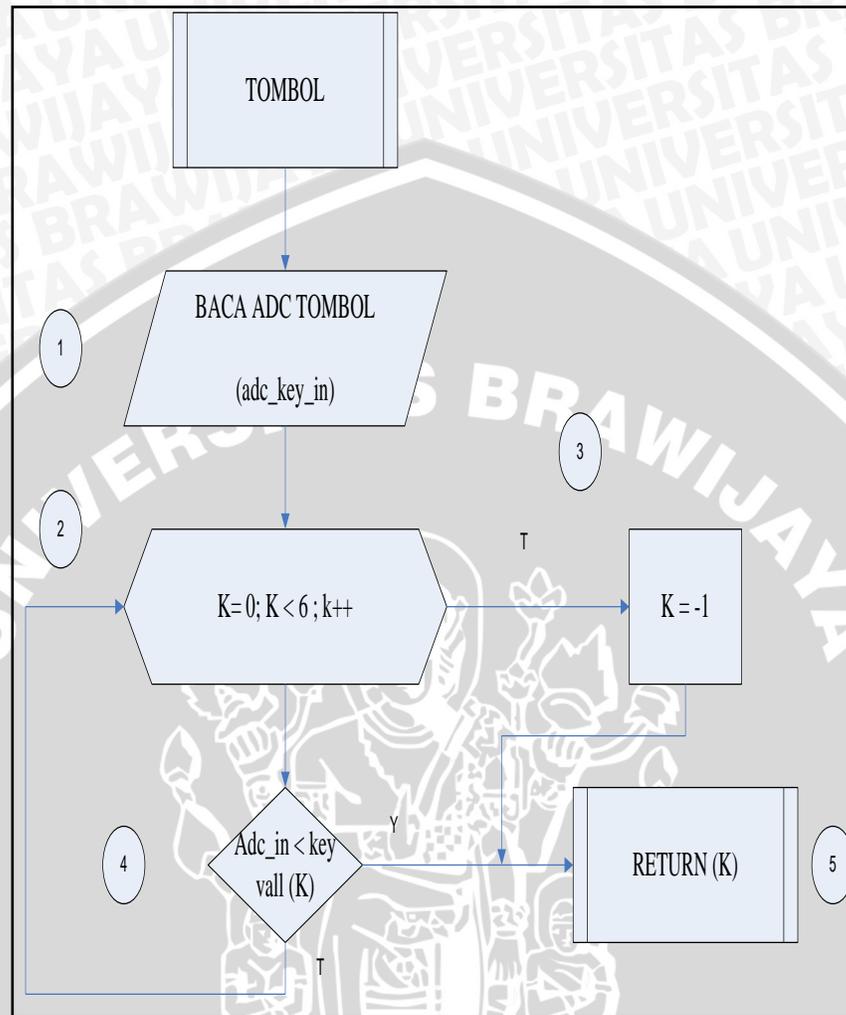
Gambar 4.12 Flowchart Program Secara Keseluruhan

Sumber : Perancangan



Gambar 4.13 Flowchart Program Subrutin Kontroler

Sumber : Perancangan



Gambar 4.14 Flowchart Program Subrutin Tombol

Sumber : Perancangan

Adapun penjelasan *flowchart* adalah sebagai berikut :

### 4.3.1 Program Utama

#### 1. Insialiasasi

Inisialisasi ini berfungsi untuk menginisialisasi LCD, PWM kontroler dimatikan, *set point* diset pada default sebesar 2 A.

2. Keypad  
*Keypad* merupakan subrutin untuk menscan penekanan tombol yang terdiri dari 6 tombol yaitu *up, down, right, left, start-stop / ok, menu*.
3. Start - stop/ OK  
Berfungsi untuk mengecek adanya penekanan tombol yang dihasilkan oleh subrutin *keypad*.
4. Toggle\_ON=(toggle\_ON)  
Merupakan *flag* bersifat *toggle* untuk menyimpan kondisi kontroler saat ini, kondisi kontroler hidup jika *toggle on* = 1 sebaliknya jika kontroler *on* = 0 mati.
5. Toggle\_ON =1  
Digunakan untuk menguji kondisi *flag toggle on* apakah berlogika 1, jika iya menuju ke no. 6 jika tidak menuju ke no. 12.
6. Set point  
Berfungsi untuk menset variabel *set point* = 2A.
7. Kontroler P  
Merupakan subrutin digunakan untuk memproses algoritma kontroler P. ini memanggil subrutin yang memiliki algoritma sendiri.
8. Tombol up ditekan  
Berfungsi untuk menguji apakah tombol UP ditekan , jika iya menuju ke NO 11 jika tidak akan menuju NO 9.
9. Tombol down ditekan  
Berfungsi untuk menguji apakah tombol DOWN ditekan, jika iya menuju ke NO 10 jika tidak akan menuju NO 2 sehingga akan membaca *keypad* lagi.
10. Turunkan set\_point  
Berfungsi untuk menurunkan nilai yang ada divariabel *set point*.

11. Naikkan *set\_point*

Berfungsi untuk menaikkan nilai yang ada divariabel *set point*.

12. Matikan kontroler

Berfungsi untuk mematikan kontroler.

#### 4.3.1.1 Program subrutin kontroler

1 Kontroler P

Merupakan algoritma kontroler secara P.

2 Baca *feedback*

Berfungsi untuk membaca sensor dari *Plant* berupa arus *hand tool*.

3  $Err \leftarrow \text{set point} - \text{feed back}$

Menghitung besarnya *error* dihitung berdasarkan pengurangan *set point* dengan *feedback*.

4 Hitung algoritma P

Merupakan perhitungan algoritma kontroler P, di mana hasil *error* dikalikan dengan konstanta P kemudian dikeluarkan ke PWM.

5 MAP ke PWM

Memproporsionalkan nilai rasio yang dihasilkan oleh kontroler ke PWM.

6 Aktifkan PWM

Berfungsi untuk mengaktifkan PWM.

7 Return

Kembali ke subrutin.

#### 4.3.2 Program subrutin Tombol

1 Baca ADC Tombol (*adc\_key\_in*)

Membaca tegangan analog dari rangkaian tombol dalam gambar 4.13 diubah menjadi nilai desimal melalui ADC.

2  $K = 0 ; K < 6 ; k++$

Mengubah *loop* dengan variabel  $K = 0$  sampai  $K = 5$  ini bertujuan

untuk mengecek apakah salah satu tombol dari 6 tombol ditekan.

3 K= -1

Jika loop dari poin 2 diatas dilampui yaitu K=6 maka nilai K=-1 sebagai tanda tombol tidak ada yang ditekan.

4 Adc\_key\_in < adc\_key\_val (k)

Menghubungkan nilai decimal hasil konversi ada pada point 1 dengan nilai desimal komparasi

5 Return

Kembali ke pemanggil program dari 6 tombol.



## BAB V

### PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM

Tujuan pengujian sistem ini adalah untuk menentukan apakah alat yang telah dibuat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan perancangan. Pengujian pada sistem ini meliputi pengujian setiap blok maupun pengujian secara keseluruhan. Pengujian setiap blok ini dilakukan untuk menemukan letak kesalahan dan mempermudah analisis pada sistem apabila alat tidak bekerja sesuai dengan perancangan. Pengujian pada sistem ini dibagi menjadi enam bagian yaitu:

- Pengujian rangkaian sensor arus
- Pengujian LCD
- Pengujian ADC
- Pengujian mikrokontroler AVR Atmega 328
- Pengujian keseluruhan sistem

#### 5.1 Pengujian Rangkaian Sensor arus

##### 5.1.1 Tujuan Pengujian :

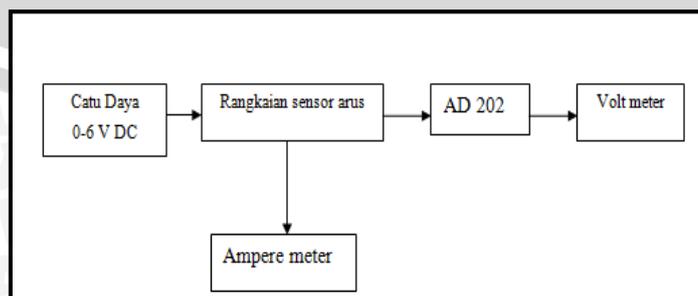
Untuk mengetahui hubungan antara besarnya tegangan keluaran dari sensor arus dengan besarnya arus yang mengalir pada *hand tool*.

##### 5.1.2 Peralatan Pengujian :

1. Multimeter Digital.
2. Rangkaian yang akan diuji.
3. Catu Daya 0-6 Volt DC.

##### 5.1.3 Prosedur Pengujian :

1. Merangkai rangkaian seperti pada gambar 5.1 d ibawah ini:



Gambar 5.1 Pengujian Rangkaian Sensor Arus

2. Memberikan catu daya tegangan V in 0-6 volt DC pada rangkaian sensor sehingga diperoleh arus yang terbaca pada ampermeter sebesar : 2 A, 2,5 A, 3 A, 3,5 A, 4 A, 4,5 A.
3. Besarnya tegangan pada keluaran sensor yang terbaca pada voltmeter dicatat untuk setiap besarnya arus sensor seperti pada point 2.
4. Menghitung besarnya tegangan yang diberikan pada rangkaian sensor secara teori.

#### 5.1.4 Hasil dan Analisis Pengujian :

Dalam pengujian rangkaian sensor ini dilakukan untuk Untuk mengetahui hubungan antara besarnya tegangan keluaran dari sensor arus dengan besarnya arus yang mengalir pada *hand tool*. Pengujian dan pengukuran rangkaian sensor dilakukan berdasarkan blok diagram diatas:

$$\Delta V = | V_{out\_sensor}(\text{pengukuran}) - V_{out\_sensor}(\text{perhitungan}) |$$

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

$$Kesalahan\_rata - rata = \left| \frac{\sum \Delta \%}{\sum \text{Pengukuran}} \right|$$

Diambil suatu sampel, apabila arus pada sensor sebesar 2 A yaitu . Untuk mengetahui berapa tegangan output yang dihasilkan maka kita dapat mengukurnya.

$$V_{out\ sensor} = I \cdot R_{sensor}$$

Dimana:

$V_R \text{ sensor} = \text{Tegangan } output \text{ dari sensor arus (volt)}$

$R \text{ sensor} = 1,14 \text{ } 746\Omega$

Sebagai contoh arus sensor adalah 2 A maka tegangan output sensor adalah:

$$\begin{aligned}V_{out \text{ sensor}} &= I \cdot R_{\text{sensor}} \\ &= 2 \times 1,1476 \\ &= 2,2952 \text{ V}\end{aligned}$$

$$\Delta V = |V_{out\_sensor \text{ pengukuran}} - V_{out\_sensor(\text{perhitungan})}|$$

$$\Delta V = |2,322 - 2,2952| = 0,0268$$

$$\Delta\% = \left| \frac{\Delta v}{V_{out\_sensor(\text{perhitungan})}} \right| \times 100\%$$

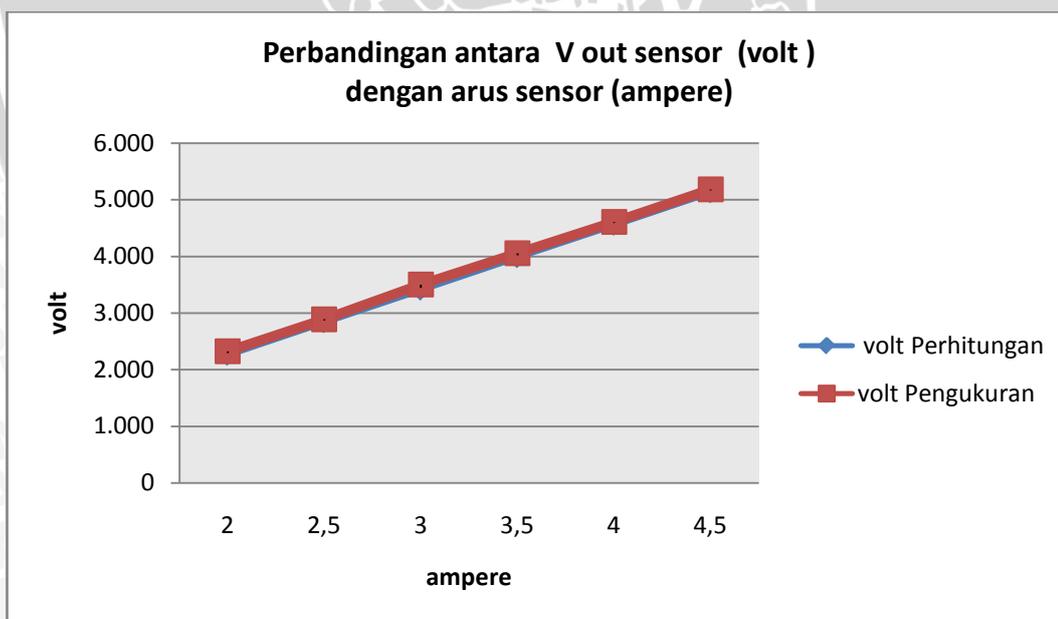
$$\Delta\% = \left| \frac{0,0268}{2,292} \right| \times 100\%$$

$$\Delta\% = 1,35\%$$

Dengan cara yang sama, nilai kesalahan relatif dapat dilihat pada tabel 5-1 sebagai berikut :

**Tabel 5.1** Hasil Pengukuran dan Pengujian sensor arus

NO.	Arus pada sensor ( Ampere)	V out Sensor arus (Volt)		$\Delta v$	$\Delta\%$
		Perhitungan	Pengukuran		
1	2	2,292	2,323	0,031	1,13
2	2,5	2,868	2,888	0,020	0,69
3	3	3,443	3,502	0,059	1,17
4	3,5	4,016	4,053	0,037	0,92
5	4	4,589	4,605	0,016	0,34
6	4,5	5,163	5,183	0,020	0,38
7	5	5,733	5,793	0,060	1,04
Kesalahan rata-rata				0,103%	



**Gambar.5.2** Grafik Hubungan Antara Vout Sensor ( volt ) dan Arus Pada Sensor ( ampere )

## 5.2 Pengujian ADC

### 5.2.1 Tujuan Pengujian :

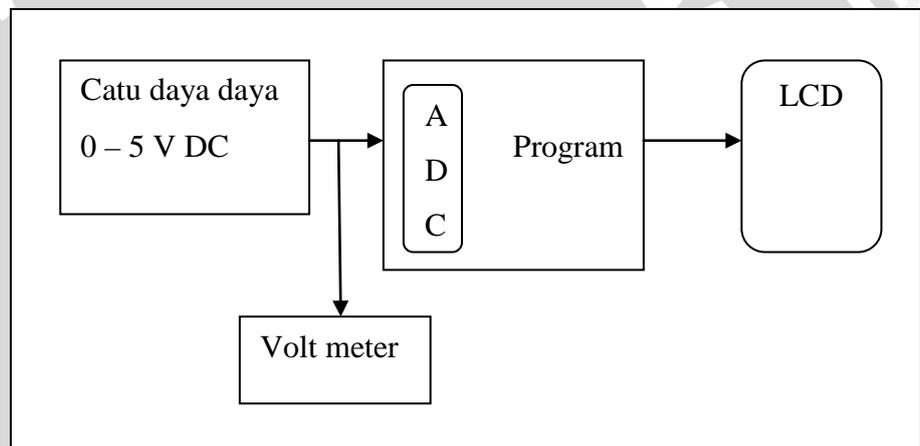
Untuk mengetahui cara kerja dari rangkaian ADC, apakah sesuai dengan yang direncanakan atau belum maka dilakukan pengujian.

### 5.2.2 Peralatan Pengujian :

1. ADC internal mikrokontroler AVR 328
2. Sumber tegangan 0-5 volt
3. Potensiometer
4. LCD

### 5.2.3 Prosedur Pengujian :

1. Merangkai rangkaian seperti gambar di bawah ini :



Gambar 5.3 Blok Diagram Pengujian ADC

2. Memberi catu daya 0-5 V di ADC internal mikrokontroler ATmega 328
3. Mengukur tegangan dengan Volt meter yang masuk ke ADC internal
4. Pengujian

### 5.2.4 Hasil Pengujian :

Untuk mengetahui perubahan tegangan tiap bit ( $V_{\text{perstep}}$ ) ADC adalah dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

Diketahui :  $V = 5$  Volt;  $V_{\text{in}} = 1$  V; Step ADC =  $2^{10}$  ( 1024 ),  
maka

$$= \frac{1}{5} \times 1024 = 204,8 \text{ V}$$

**Tabel 5.2** Hasil Pengujian ADC internal mikrokontroler AVR ATmega 328

Input Tegangan ( $V_{\text{in}}$ )	LCD
0	0
1	204,8
1,5	307,2
2	409,6
2,5	512
3	614,4
3,5	716,8
4	819,2
4,5	921,6
5	1024

## 5.3 Pengujian LCD

### 5.3.1 Tujuan Pengujian :

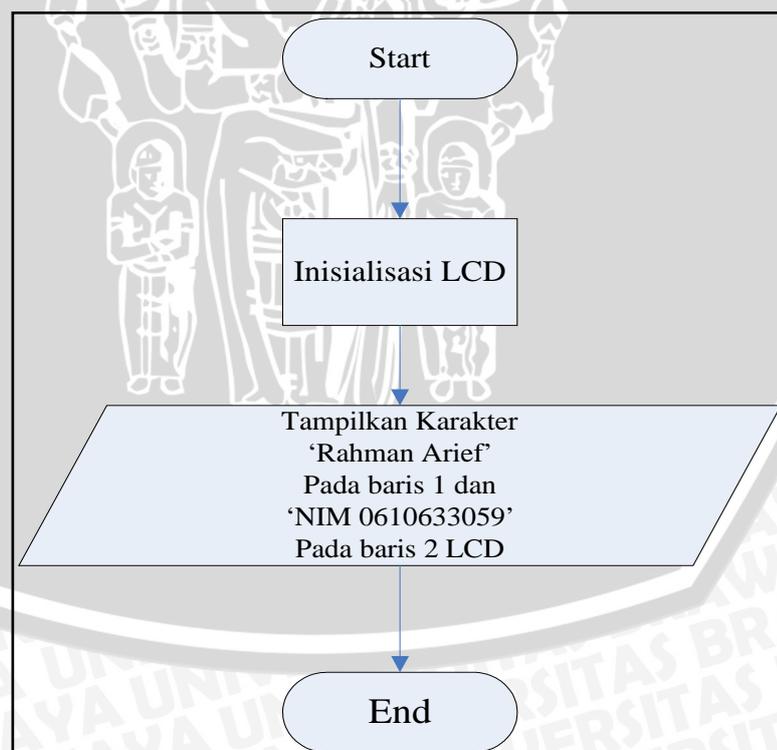
Pengujian LCD bertujuan untuk mengetahui LCD masih dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan program yang diberikan oleh mikrokontroler.

### 5.3.2 Peralatan Pengujian :

1. Mikrokontroler
2. LCD
3. Catu Daya 5 V

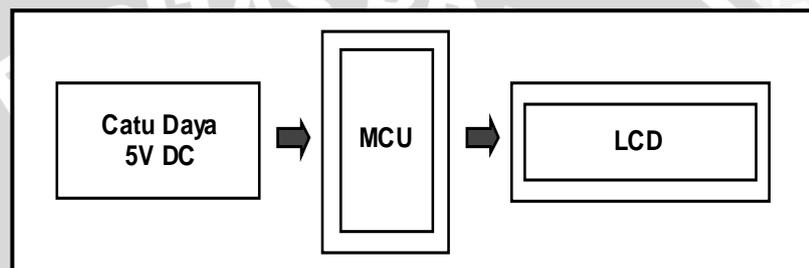
### 5.3.3 Prosedur Pengujian :

- 1 Membuat program pada mikrokontroler dengan menggunakan bahasa *assembly* untuk menampilkan data karakter jurusan “Rahman Arief” pada baris pertama dan universitas “NIM 0610633059” pada baris kedua di LCD. Diagram alir program pada mikrokontroler ditunjukkan dalam Gambar 5.4.



Gambar 5.4. Diagram alir program pada Mikrokontroler

- 2 Menyusun rangkaian pengujian mikrokontroler dan LCD seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.5.
- 3 Memastikan rangkaian sudah tersusun dengan benar sebelum terhubung ke catu daya.
- 4 Menghubungkan catu daya ke rangkaian pengujian.
- 5 Melihat data karakter yang ditampilkan di LCD.



Gambar 5.5. Blok diagram pengujian Mikrokontroler dan LCD

#### 5.3.4 Hasil Pengujian :

Data karakter yang diprogram pada mikrokontroler dapat ditampilkan dengan baik pada LCD, dibuktikan dengan ditampilkannya karakter jurusan dan universitas seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Gambar Tampilan LCD Pada Alat

## 5.4 Pengujian Mikrokontroler ATmega 328

### 5.4.1 Tujuan Pengujian :

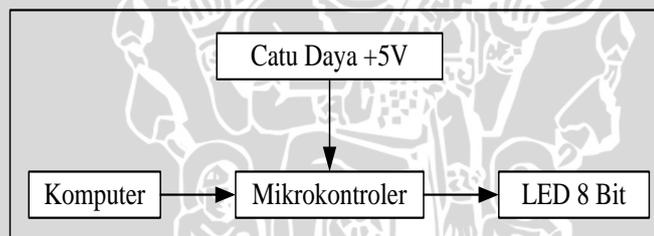
Pengujian mikrokontroler bertujuan untuk mengetahui kondisi awal dari sistem mikrokontroler agar sesuai dengan yang diharapkan

### 5.4.2 Peralatan yang digunakan :

1. Komputer dengan kabel penghubungnya
2. Minimum sistem mikrokontroler AVR ATmega 328
3. Lampu LED mewakili keluaran 8 bit
4. Catu daya +5 volt

### 5.4.3 Prosedur Pengujian :

1. Merangkai peralatan seperti dalam Gambar 5.7 keluaran terhubung dengan lampu LED yang mewakili keluaran 8 bit.



Gambar 5.7 Diagram Blok Pengujian Mikrokontroler

2. Mengisi mikrokontroler dengan program sederhana yang meletakkan 0FH dan FOH pada Akumulator secara bergantian kemudian memindahkannya ke *port 1*. kemudian *download* pada mikrokontroler AVR Atmega 328.
3. Mengaktifkan catu daya.
4. Mereset program untuk mengeluarkan data mikrokontroler.
5. Mencatat data keluaran yang diwakili oleh lampu LED 8 bit ke dalam bentuk biner.

#### 5.4.4 Hasil Pengujian :

**Tabel 5.3.** Hasil Pengujian Sistem Mikrokontroler

Kondisi	Keluaran pada LED Display							
	Bit 0	Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4	Bit 5	Bit 6	Bit 7
I	1	1	1	1	0	0	0	0
II	0	0	0	0	1	1	1	1

Dari tabel 5.3. terlihat bahwa port 1 memberikan logika 0FH dan F0H secara bergantian sesuai dengan isi program.

### 5.5 Pengujian Sistem Keseluruhan

#### 5.5.1 Tujuan Pengujian :

Pengujian alat secara keseluruhan bertujuan untuk mengetahui apakah perangkat keras dan perangkat lunak berjalan dengan baik. Hal ini dimaksudkan untuk melihat apakah sistem pengendalian berjalan sesuai dengan perencanaan dan sebagai indikasi penelitian ini berhasil.

#### 5.5.2 Peralatan yang Digunakan :

1. *Power supply hand tool* dibuat dan diprogram.
2. Catu daya 6V DC
3. *Hand tool* dengan resistansi kawat 0,05254  $\Omega$
4. Mikrokontroler Atmega AVR328

#### 5.5.3 Prosedur Pengujian :

1. pasang *hand tool* ke *power supply*.
2. Hidupkan saklar pada posisi ON.
3. Masukkan *set point* (arus).
4. Tekan tombol START jika proses siap.

5. mencatat data.

**5.5.4 Hasil Pengujian :**

Dalam pengujian ini *power supply* di masukkan *set point* arus 2 A; 2,5 A; 3 A; 3,5 A; 4 A; 4,5 A; 5 A.

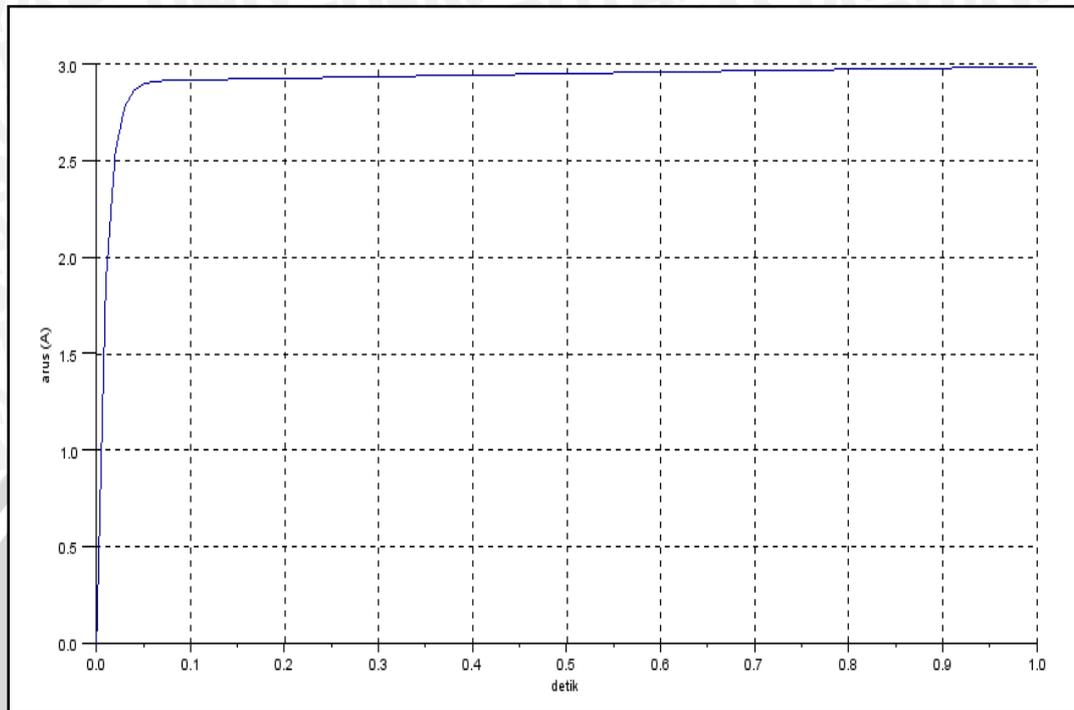
Berdasarkan pengujian yang dilakukan, didapatkan hasil seperti tabel dibawah ini

**Tabel 5.4** Hasil Pengukuran dan Pengujian Sensor Arus

NO.	Set point arus (Ampere)	Steady state arus (ampere)		$\Delta$ Steady state arus	%Error
		Perhitungan	Pengukuran		
1	2	2,29	2,30	0,01	0,44
2	2,5	2,66	2,69	0,03	1,12
3	3	3,44	3,48	0,04	1,16
4	3,5	3,71	3,73	0,02	0,53
5	4	4,38	4,40	0,02	0,45
6	4,5	4,67	4,70	0,03	0,64



Berikut gambar pada saat *steady state* pada *set point* arus 3 ampere



**Gambar 5.8** Grafik *steady state* pada *set point* 3 ampere terhadap waktu

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil setelah melakukan penelitian, perancangan, pembuatan alat dan pengujian alat adalah:

1. Sistem pengendalian atau pengontrolan arus *power supply hand tool* pemotong *Styrofoam* ini menggunakan mikrokontroler AVR ATmega 328 sebagai pengontrol utama. Di dalam mikrokontroler terdapat PWM yang berfungsi memotong tegangan agar diperoleh arus sesuai dengan lebar pulsa yang diinginkan.
2. Untuk mengetahui berapa besarnya arus yang mengalir pada *power supply hand tool* ini digunakan sensor arus, sedangkan untuk menguatkan tegangan pada sensor arus digunakan penguat elektronik jenis AD 202 kemudian akan diproses melalui mikrokontroler ATmega 328. Dalam perancangan ini *set point* arus dibuat sebesar 2 - 5 A. secara keseluruhan dalam pengujian rata-rata prosentase kesalahan  $V_{out}$  sensor arus sebesar 0,103 %. Besarnya *error* kesalahan  $V_{out}$  sensor tersebut kecil sehingga dalam pemotongan menghasilkan hasil potong dengan permukaan yang rapi dan baik.
3. Algoritma mikrokontroler ATmega 328 menggunakan kontroler Proporsional dengan  $K_p = 40.000$  dalam bentuk numerik control dan dibuat menggunakan bahasa C.

#### 6.2 SARAN

Karena dalam pembuatan sistem ini masih dirasa jauh dari kesempurnaan maka sangat dimungkinkan untuk dilakukan pengembangan dan penyempurnaan, di antaranya yaitu :

1. Dalam alat ini arus pada sensor di set 2- 5 ampere. Apabila arus lebih besar maka disarankan diameter kawat *hand tool* diperbesar dan hambatan kawat *hand tool* diperkecil
2. Dapat dikembangkan pula nantinya alat ini untuk menjadi alat potong *Styrofoam* dalam pemotongan yang lebih besar maka diharapkan dalam perkembangannya untuk setiap pengoperasiannya .
3. Untuk skala industri besar maka perlu dikembangkan *power supply* dengan tegangan yang lebih besar dan akurat .
4. Penyempurnaan dalam hal mekanik agar alat berfungsi dengan baik.



## DAFTAR PUSTAKA

- Malvino, AP. 1987. *Prinsip-prinsip Elektronika, Jilid 2, Cetakan ketiga*, terjemahan Prof. M. Barmawi, Ph.D, M.O Tjia, Ph.D. Jakarta : Erlangga.
- Coughlin, Robert F. 1982. *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear*, Jakarta: Erlangga.
- Malvino, Albert Paul. 1987. *Prinsip-prinsip Elektronika, Jilid 2, Cetakan ketiga*, terjemahan Prof. M. Barmawi, Ph.D, M.O Tjia, Ph.D. Jakarta : Erlangga.
- Ogata, Katsuhiko. 1997. *Teknik Kontrol Automatik*. Jakarta. Penerbit Erlangga.
- Tooley, Mike. 2002. *Rangkaian Elektronik Prinsip dan Aplikasi*. Jakarta. Penerbit Erlangga.
- Atmel. 2011, *8-bit Microcontroller with 4K Bytes Flash ATmega328*.  
[HTTP://www.Atmel.com/ATmega328.pdf](http://www.Atmel.com/ATmega328.pdf).
- Atmel. 2011, *8-bit Microcontroller with 8K Bytes In-System Programmable Flash 328*.  
[HTTP://www.Atmel.com/ATmega328.pdf](http://www.Atmel.com/ATmega328.pdf).
- Eko, A.P. 2002. *Belajar Mikrokontroler (Teori dan Aplikasi)*. Gava Media. Yogyakarta.
- Harten, P. Van, S. 1981. *Instalasi Listrik Arus Kuat 2*. Bandung.
- Seiko Instruments Inc, 1987, *Liquid Crystal Display Module M1632 User Manual*, Japan
- Anonymous, 2001:3*
- D Grahame Holmes , 2003.
- Wijaya. 2008. *Bahaya dan keuntungan kemasan primer* .

# LAMPIRAN I

---

## LISTING PROGRAM



```
/*  
/* SKRIPSI */  
/* JUDUL: Pengendalian Arus Power Supply Hand-Tool pemotong */  
/* styrofoam dengan hotwire berbasis */  
/* mikrokontroler ATMEGA-328 */  
/* NAMA : Rahman Arief */  
/* NIM : 0610633059 */  
*/
```

```
#include <LiquidCrystal.h>  
LiquidCrystal lcd(7,8,9,10,11,12,13);
```

```
#define DOWN_KEY 0  
#define MENU_KEY 1  
#define LEFT_KEY 2  
#define SELECT_KEY 3  
#define RIGHT_KEY 4  
#define UP_KEY 5  
#define NO_KEY -1
```

```
// tombol -----  
int adc_key_val[6] = {40, 300, 535, 748, 900, 972};  
int NUM_KEYS = 6;  
int adc_key_in;  
int KEYIN = 3;  
//-----
```

```
const int pinPWM = 6;  
const float default_setpointCurrent = 2.5;  
const int pinCurrentSensor = A2;  
float Current = 0, setpointCurrent = default_setpointCurrent;  
char strCurrent[5];  
unsigned long keyTime = 0, dispCurrentTime = 0;  
float Kp = 40000;  
byte flagRUN = false;
```

```
/*  
/* initLCD() */  
/* inialisasi lcd dan tampilan copyright */  
/*  
void initLCD()  
{  
// inialisasi lcd  
lcd.begin(16,2);  
lcd.clear();  
lcd.print("HandTool Cutting");
```

```

lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("-- Styro Foam --");
delay(4000);

for (int positionCounter = 0; positionCounter < 17; positionCounter++) {
  lcd.scrollDisplayLeft();
  delay(150);
}
delay(300);
lcd.clear();
lcd.print("Rahman Arief");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("NIM: 0610633059");
}
/*****

```

```

/*****
/* initStateDisp() */
/* inialisasi form tampilan status kontroler */
/*****
void initStateDisp()
{
  lcd.clear();
  lcd.print("SetPoint:");
  lcd.setCursor(15,0);
  lcd.print("A");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Output :");
  lcd.setCursor(15,1);
  lcd.print("A");
}
/*****

```

```

/*****
/* actionKontroler_P() */
/* Kontroler P: */
/* outKontroler = Err*Kp */
/*****
void actionKontroler_P()
{
  float Err;
  float aktuatorP;
  int outputPWM;

  // hitung error
  Err = setpointCurrent-Current;
  // hitung kontroler

```



```

    aktuatorP = Kp*Err;
    if(aktuatorP < 0) aktuatorP = 0;
    if(aktuatorP > 1000) aktuatorP = 2000;
    outputPWM = map((int)aktuatorP,0,2000,0,255);
    analogWrite(pinPWM,outputPWM);
}
/*****/

/*****/
/* desiredSetPoint()
/* mensest besaran setpoint melalui tombol: */
/* UP_KEY : menaikkan setpointCurrent */
/* DOWN_KEY : menurunkan setpointCurrent */
/* SELECT_KEY : setpointCurrent menjadi default */
/*****/
void desiredSetPoint()
{
    int key;
    unsigned long t;

    t = millis()-keyTime;
    if (t<150)
        return;
    else
        keyTime = millis();

    key = get_key();
    if (key != NO_KEY)
    {
        switch (key)
        {
            case UP_KEY:
                setpointCurrent += 0.01;
                break;
            case DOWN_KEY:
                setpointCurrent -= 0.01;
                break;
            case RIGHT_KEY:
                setpointCurrent += 0.1;
                break;
            case LEFT_KEY:
                setpointCurrent -= 0.1;
                break;
            case SELECT_KEY:
                setpointCurrent = default_setpointCurrent;
                break;
        }
    }
    if (setpointCurrent < 0) setpointCurrent = 0;
    if (setpointCurrent > 5) setpointCurrent = 5;
}

```



```
}
}
/*****/

/*****/
/* get_key() */
/* membaca penekanan tombol melalui konversi ADC */
/*****/
int get_key()
{
    int k;
    // baca tombol
    adc_key_in = analogRead(KEYIN);
    // uji tombol
    for (k = 0; k < NUM_KEYS; k++)
    {
        if (adc_key_in < adc_key_val[k])
        { return k; }
    }
    // cek jika tidak ada tombol yang ditekan
    if (k >= NUM_KEYS)
    {
        k = -1;
        return k;
    }
}
/*****/

void readCurrent()
{
    //float c;
    Current = analogRead(pinCurrentSensor);
    Current = ((Current*5.0)/1024.0)*1.07106599;
    dtostrf(Current,2,2,strCurrent);
}

void dispCurrent()
{
    unsigned long t;
    t = millis()-dispCurrentTime;
    if (t<250)
        return;
    else
        dispCurrentTime = millis();

    // indikator
```

```
lcd.setCursor(7,1);  
if (flagRUN == false)  
{  
  lcd.print("*");  
  flagRUN = true;  
}  
else  
{  
  lcd.print(" ");  
  flagRUN = false;  
}
```

```
lcd.setCursor(10,1);  
readCurrent();  
lcd.print(strCurrent);  
}
```

```
void dispsetpointCurrent()  
{  
  lcd.setCursor(10,0);  
  desiredSetPoint();  
  dtostrf(setpointCurrent,4,2,strCurrent);  
  lcd.print(strCurrent);  
}
```

```
void setup()  
{  
  analogWrite(pinPWM,0);  
  initLCD_rahman();  
  delay(2000);  
  initStateDisp_rahman();  
}
```

```
void loop()  
{  
  while(1)  
  {  
    readCurrent();  
    dispCurrent();  
    desiredSetPoint();  
    dispsetpointCurrent();  
    actionKontroler_P();  
  }  
}
```



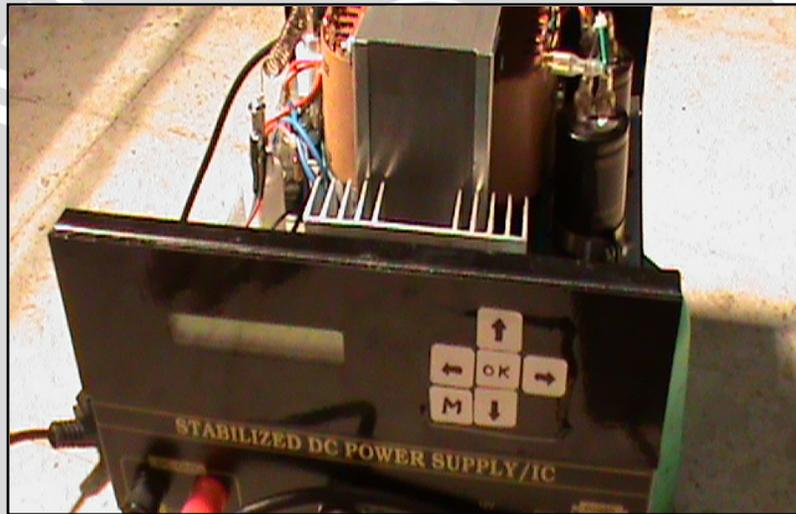
## LAMPIRAN 2

---

### FOTO ALAT



Gambar Power Supply Hand Tool Pemotong Styrofoam



# LAMPIRAN 3

---

## DATASHEET KOMPONEN

