



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**RANCANG BANGUN ALAT SUMBER ARUS TERPROGRAM  
BERBASIS MIKROKONTROLER AVR**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains

**RONY ADHI NUGROHO**  
030402047

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM STUDI FISIKA  
PEMINATAN FISIKA INSTRUMENTASI  
DEPOK  
JULI 2010**

i

Universitas Indonesia

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Rony Adhi Nugroho

NPM : 0304020647

Tanda tangan :

Tanggal : 1 Juli 2010

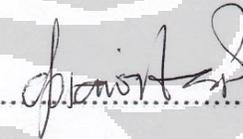
## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Rony Adhi Nugroho  
NPM : 030402047  
Program Studi : Fisika Instrumentasi  
Judul Skripsi : Rancang Bangun Alat Sumber Arus Terprogram Berbasis Mikrokontroler AVR

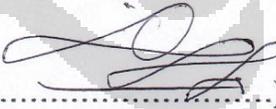
**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia**

### Dewan Penguji

Pembimbing I : Dr. Prawito

(..........)

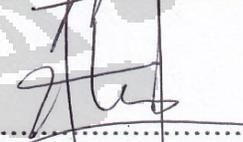
Pembimbing II : Drs. Lingga Hermanto, M.Si

(..........)

Penguji I : Dr. Sastra K. W

(..........)

Penguji II : Djati Handoko M.Si

(..........)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 1 Juli 2009

## KATA PENGANTAR

Assalaamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji dan syukur Penulis panjatkan kehadirat Allah Subhana Wa Ta'ala, atas berkat rahmat, nikmat dan karuniaNYA-lah Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Pada kesempatan ini, Penulis ingin menyampaikan penghargaan dan rasa terima kasih Penulis kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan skripsi ini. Dengan ketulusan hati Penulis menyampaikan rasa syukur Penulis kepada Allah SWT, dengan telah memberikan nikmat yang tak terhitung jumlahnya pada Penulis hingga saat ini. Shalawat dan salam kepada Nabi Besar Junjungan Kita, Muhammad SAW yang selalu menjadi suri tauladan dan rahmat bagi seluruh alam. Dan tak lupa rasa terima kasih Penulis tujukan kepada:

1. Allah SWT yang telah memberi hidayah, pencerahan, dan rezeki yang berlimpah.
2. Dr. Prawito dan Drs. Lingga Hermanto, M.Si sebagai pembimbing skripsi ini, yang dalam diskusi hangatnya telah banyak memberikan masukan dan pengetahuan yang sangat bermanfaat bagi Penulis.
3. Dr. Santoso Sukirno, selaku Ketua Departemen Fisika yang dalam masa kepemimpinannya telah banyak membawa kemajuan bagi departemen yang sangat kita cintai ini.
4. Dr. Sastra K.W, selaku Ketua Peminatan Instrumentasi atas perkuliahan berbobot yang telah memberikan wawasan lebih dalam tentang bidang elektronika kepada Penulis.
5. Djati Handoko, M.si, selaku penguji yang dalam diskusinya telah memberikan kritikan yang bersifat membangun bagi penulis.
6. Seluruh staf pengajar Departemen Fisika, Universitas Indonesia. Berkat mereka semua, penulis semakin bertambah wawasan dan ilmu pengetahuan dalam banyak bidang.

7. Seluruh staf, dan karyawan, jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Indonesia, tak lupa pula para staf di dekanat FMIPA, Universitas Indonesia
8. Keluarga besar dari Penulis, kedua orangtua Penulis yang selalu memberikan segala bantuan baik moril maupun materil, adik dan kakak penulis yang dalam banyak hal telah membantu Penulis.
9. Teman-teman fisika angkatan 2004, Sugi, Zamroni, Budi, Dony, Agung, Cenmi, Ali, Rendi, Rifki dan lainnya yang tak mungkin dapat disebutkan satu persatu, kita semua hebat.
10. Rizki Savitri, Agi, Elin, Elida, Saymara, Hantoro, yang dalam beberapa hal telah membantu Penulis, khususnya pada saat-saat Penulis membutuhkan dorongan semangat dan penyegaran untuk melanjutkan penyusunan skripsi ini.

Serta kepada seluruh pihak yang tidak mungkin dapat disebutkan semuanya satu-persatu namun telah memberikan kontribusi yang cukup berarti pada penyusunan skripsi ini.

Akhir kata, Penulis hanya mampu berdoa dan berharap, semoga seluruh kebaikan ini akan berbuah nikmat yang akan kita rasakan kelak di dunia dan di akhirat, Amin Ya Rabbal Alamin.

Wassalaamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Depok, 1 Juli 2010

Rony Adhi Nugroho

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

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

Nama : Rony Adhi Nugroho  
NPM : 0304020647  
Program Studi : Fisika Instrumentasi  
Departemen : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Jenis Karya : Skripsi

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

Rancang Bangun Alat Sumber Arus Terprogram Berbasis Mikrokontroler AVR

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada Tanggal : 1 Juli 2010  
Yang menyatakan

( Rony Adhi Nugroho )

## ABSTRAK

Nama : Rony Adhi Nugroho  
Program Studi : Fisika  
Judul : **RANCANG BANGUN ALAT SUMBER ARUS  
TERPROGRAM BERBASIS MIKROKONTROLER AVR**

Sumber arus yang stabil dan memiliki arus keluaran yang konstan sangat dibutuhkan. Sumber arus yang konstan dapat dicapai dengan hambatan dalam yang sangat besar. Arus keluaran dari sumber arus dapat diprogram keluarannya agar sesuai dengan keinginan. Keypad 4x4 sebagai masukan input yang diinginkan. Mikrokontroler ATmega128 sebagai pemroses operasi yang akan memberikan sinyal bagi digital potensiometer MAX5400 agar memberikan tahanan sesuai kebutuhan. Operasional amplifier MAX4165 sebagai penghasil tegangan yang akan membandingkannya dengan tegangan vcc yang lalu akan berfungsi sebagai pengumpukan mosfet sebagai penghasil arus. Besaran arus yang dikeluarkan akan ditampilkan oleh LCD 16x2. Sistem tersebut telah berhasil dibuat dan menghasilkan arus keluaran yang cukup mudah dalam pengaturannya.

Kata kunci: Arus, sumber arus, keypad, mikrokontroler, digital potensiometer, operasional amplifier, lcd.

## ABSTRACT

Name : Rony Adhi Nugroho  
Study Program: Physics  
Topic : **DESIGN OF PROGRAMMABLE CURRENT SOURCE  
BASED on AVR MICROCONTROLLER**

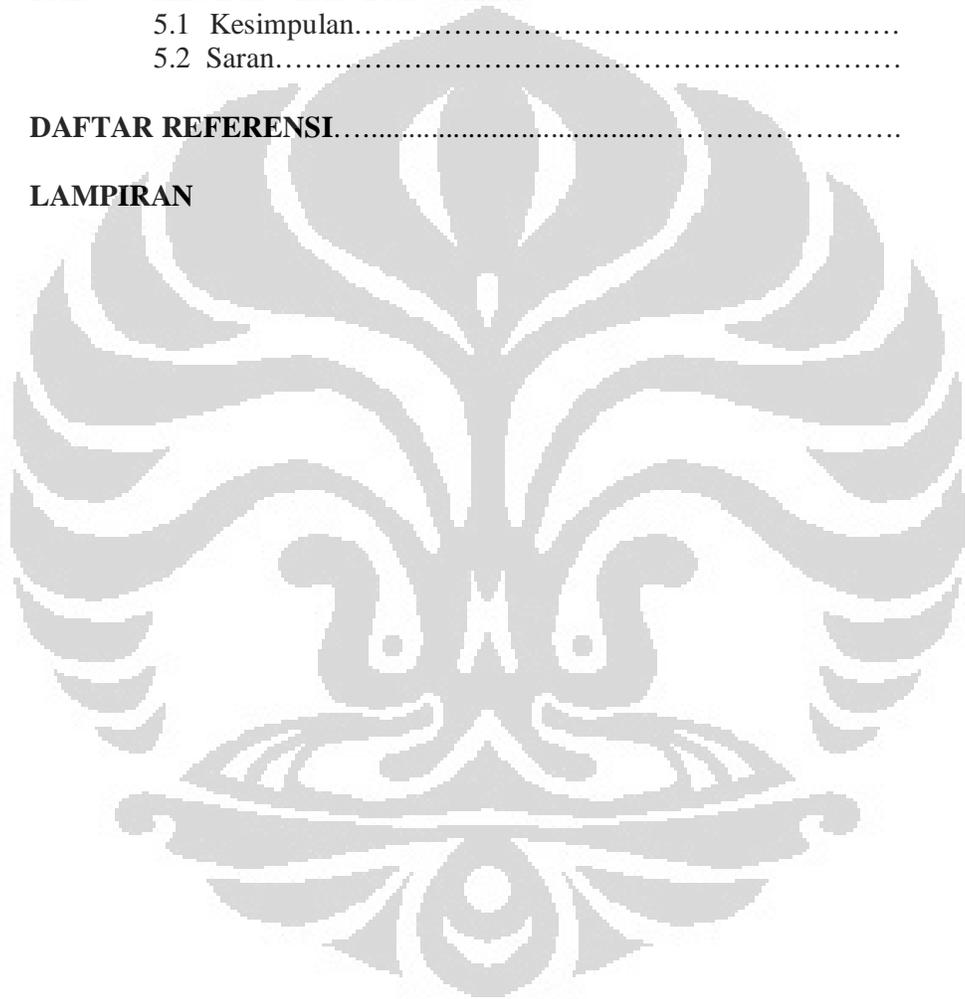
A High stability current source and have stiff output current is very needed. Stiff current source can be achieved with high impedance. The output current from current source is output programmable as desire. 4x4 keypad as input to program device. Microcontroller ATMega128 as operation processes which fed signal to digital potentiometer MAX5400 so it can delivers resistor as needed. MAX4165 operational amplifier as voltage generator will compare it to vcc and fed it to mosfet as current source. Current produced will displayed with LCD 16x2. The system has been done successfully and delivers current which convenient to programmed.

Keywords: Current, current source, keypad, microcontroller, digital potentiometer, operational amplifier, LCD.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL .....	xii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Pembatasan Masalah.....	2
1.4 Metodologi Penelitian.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB 2 TEORI DASAR.....</b>	<b>5</b>
2.1 Elektron dan Arus Elektrik.....	5
2.2 Hambatan.....	12
2.2.1 Hambatan Tabung.....	12
2.2.2 Hambatan Potensiometer.....	14
2.2.3 Hambatan Potensiometer Digital.....	15
2.3 Shunt Regulator.....	16
2.4 Mikrokontroler ATmega128.....	18
2.4.1 Umum.....	18
2.4.2 Spesifikasi ATmega128.....	19
2.4.3 Arsitektur ATmega128L.....	20
2.4.4 Serial Peripheral Interface (SPI).....	21
2.5 LCD Karakter 16x2.....	23
2.6 Keypad Matrik 4x4.....	25
<b>BAB 3 PERANCANGAN SISTEM.....</b>	<b>27</b>
3.1 Perancangan Perangkat Keras.....	27
3.2 Perancangan Mikrokontroler ATmega128L.....	28
3.3 Perancangan Antarmuka LCD Karakter 16X2.....	29
3.4 Perancangan Antarmuka Keypad 4x4.....	32
3.5 Perancangan Sumber Arus.....	33
3.6 Catu Daya.....	35
3.7 Perancangan Program .....	36
3.8 Perangkat Pendukung .....	37
3.8.1 Bascom-Avr .....	38

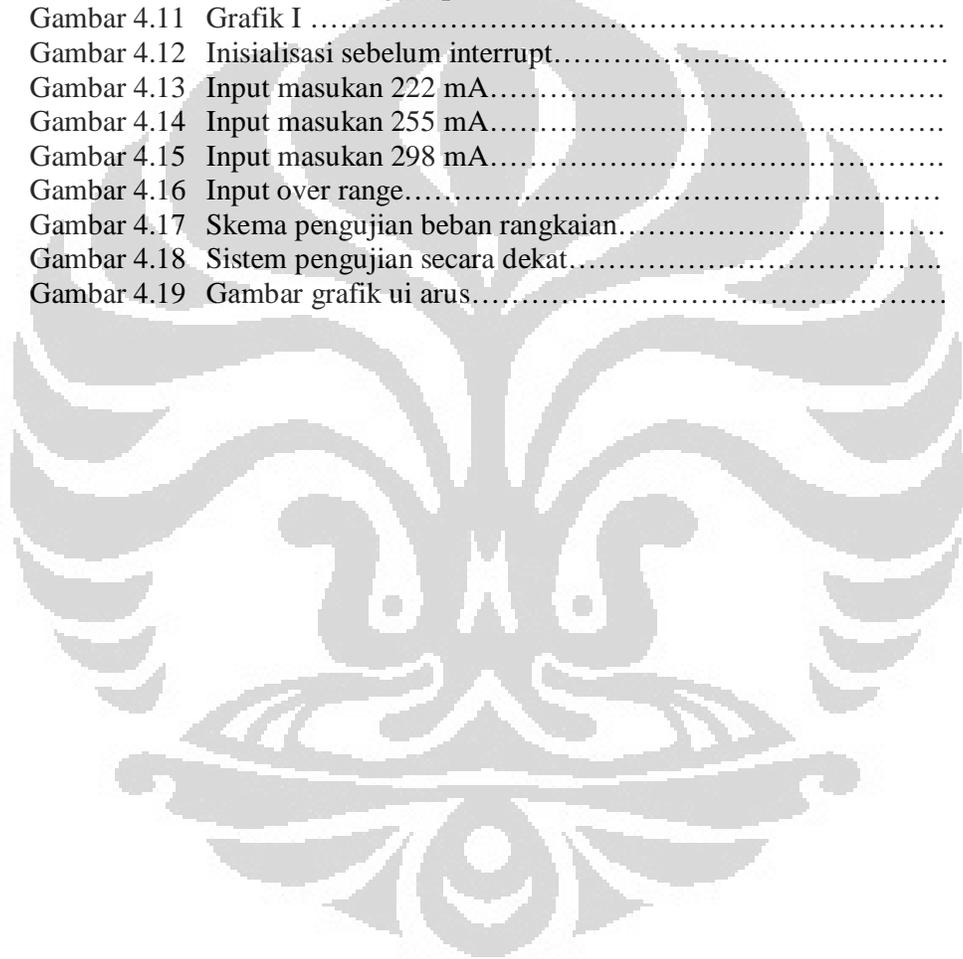
3.8.2 USB Avr Isp Downloader .....	39
3.9 Prinsip Kerja Rancangan Secara umum.....	40
<b>BAB 4 PENGUJIAN SISTEM DAN ANALISA.....</b>	<b>41</b>
4.1 Pengujian Catu Daya.....	41
4.2 Analisis Tegangan Referensi Shunt.....	43
4.3 Analisis Terhadap Digital Potensiometer.....	45
4.4 Uji Kestabilan Terhadap Variasi Beban.....	51
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>54</b>
5.1 Kesimpulan.....	54
5.2 Saran.....	54
<b>DAFTAR REFERENSI.....</b>	<b>55</b>
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Blok Fungsi Kerja Rangkaian Sistem.....	2
Gambar 1.2	Diagram Langkah-Langkah Penelitian.....	3
Gambar 2.1	Elektron atom dan prinsip perpindahan Electron .....	7
Gambar 2.2	Arus konvensional dan arus elektron.....	7
Gambar 2.3	Rangkaian pemasangan amperemeter.....	8
Gambar 2.4	Grafik $V$ vs $i$ .....	9
Gambar 2.5	Grafik $\rho$ vs $j$ .....	10
Gambar 2.6	Grafik $\rho$ vs $j$ .....	10
Gambar 2.7	Rangkaian sederhana sumber tegangan .....	11
Gambar 2.8	Gambar grafik sumber tegangan konstan.....	11
Gambar 2.9	Rangkaian sederhana sumber arus.....	12
Gambar 2.10	Gambar grafik sumber arus konstan.....	12
Gambar 2.11	Hambatan .....	13
Gambar 2.12	Potensiometer dengan simbolnya .....	15
Gambar 2.13	Digital potensiometer .....	15
Gambar 2.14	Contoh diagram timing serial interface .....	16
Gambar 2.15	Regulator zener.....	17
Gambar 2.16	Rangkaian shunt regulator .....	18
Gambar 2.17	Konfigurasi Pin ATmega128L.....	19
Gambar 2.18	Arsitektur AVR.....	20
Gambar 2.19	Perubahan Shift Register Saat Komunikasi SPI.....	22
Gambar 2.20	Koneksi SPI Saat Menggunakan 1 Slave.....	23
Gambar 2.21	Koneksi SPI Saat Menggunakan 2 Slave.....	23
Gambar 2.22	LCD Karakter 16 x 2.....	23
Gambar 2.23	Karakter set LCD.....	25
Gambar 2.24	Skematik Keypad 4x4.....	26
Gambar 3.1	Blok diagram sistem.....	27
Gambar 3.2	Rangkaian Minimum Sistem ATmega128L.....	29
Gambar 3.3	Tampilan LCD 16 x 2.....	30
Gambar 3.4	Koneksi LCD dengan ATmega128.....	32
Gambar 3.5	Matrix keypad 4x4.....	33
Gambar 3.6	Koneksi Keypad dengan ATmega128.....	33
Gambar 3.7	Rangkaian dasar sumber arus.....	34
Gambar 3.8	Modul sumber arus tampak atas .....	35
Gambar 3.9	Modul sumber arus tampak bawah .....	35
Gambar 3.10	Rangkaian Catu Daya.....	36
Gambar 3.11	Diagram alir system .....	37
Gambar 3.12	Halaman editor BASCOM-AVR.....	38
Gambar 3.13	USB AVR ISP downloader .....	39
Gambar 3.14	Halaman muka AVR-OSP II .....	39

Gambar 3.15 Tampilan pin downloader pada alat .....	40
Gambar 4.1 7805 dan komponen pendukung catu daya.....	41
Gambar 4.2 Tegangan output L7805CV pada 2V/div.....	42
Gambar 4.3 Skematik dasar ic regulator LT805CV.....	43
Gambar 4.4 Rangkaian dasar tegangan referensi digital potensio .....	44
Gambar 4.5 Tegangan referensi shunt 3 V, 1 V/div.....	45
Gambar 4.6 Tampilan seluruh alat.....	45
Gambar 4.7 Grafik linier langkah vs hambatan.....	46
Gambar 4.8 Timing diagram.....	47
Gambar 4.9 format data serial.....	47
Gambar 4.10 Grafik Vout digital potensio.....	48
Gambar 4.11 Grafik I .....	48
Gambar 4.12 Inisialisasi sebelum interrupt.....	49
Gambar 4.13 Input masukan 222 mA.....	49
Gambar 4.14 Input masukan 255 mA.....	49
Gambar 4.15 Input masukan 298 mA.....	50
Gambar 4.16 Input over range.....	50
Gambar 4.17 Skema pengujian beban rangkaian.....	51
Gambar 4.18 Sistem pengujian secara dekat.....	51
Gambar 4.19 Gambar grafik ui arus.....	53



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai warna gelang.....	13
Tabel 2.2	Keterangan pin LCD karakter.....	24
Tabel 3.1	Penggunaan port ATmega128 pada system yang dibuat.....	28
Tabel 3.2	Keterangan pin LCD karakter.....	30
Tabel 4.1	Hasil pengukuran catu daya.....	42
Tabel 4.2	Arus 156 mA.....	52
Tabel 4.3	Arus 203 mA.....	52
Tabel 4.4	Arus 299 mA.....	52



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kemajuan dalam dunia informatika dan teknologi semakin cepat dan canggih. Hal ini dapat dilihat dari media cetak, elektronik maupun dari lingkungan sekitar. Salah satu idang dalam informatika adalah dalam bidang elektronika. Kemajuan ini bukan hanya dalam elektronika analog atau linier, namun juga dalam elektronika digital atau diskrit. Berbagai macam alat yang berfungsi sebagai penyangga ataupun membantu umat manusia telah banyak diciptakan. Sumber daya sebagai penyuplainya pun telah banyak pilihannya. Diantaranya adalah baterai, tegangan AC, sel surya, sel elektrolisa maupun sumber yang berasal dari pengkonversian, misalnya batubara dan minyak karbon. Salah satu yang menjadi primadona saat ini untuk alat yang berukuran kecil adalah sumber DC.

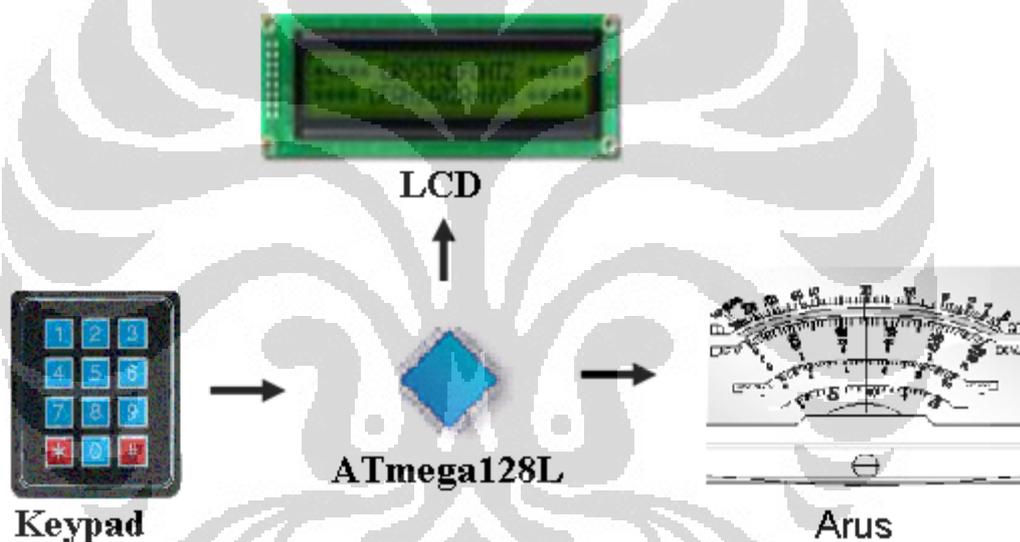
Pada penelitian ini dibuat suatu aplikasi rancangan sumber arus yang dapat diprogram dengan menggunakan keypad dan mikrokontroler. Alat ini bertujuan untuk menyediakan sumber arus yang konstan dengan masukan berupa keypad 4x4 yang berfungsi sebagai masukan besaran arus yang diinginkan dari keluaran alat ini. Keypad yang apabila ditekan dengan besaran angka tertentu, akan memerintahkan mikrokontroler untuk memproses data tersebut dan mengkonversinya dengan algoritma tertentu. Data tersebut kemudian akan diteruskan kepada suatu komponen yang bernama digital potensiometer yang berfungsi sebagai hambatan variabel. Hambatan variabel ini akan mempengaruhi besar tegangan yang diumpankan kepada op-amp yang terhubung pada pass transistor agar menjadi arus yang kita inginkan. Alat ini dapat membantu bagi para pengguna dan pemakai alat elektronika yang saat ini banyak macamnya, sehingga dibutuhkan juga berbagai macam sumber arus masukan yang berbeda-beda pula sesuai kebutuhan.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menciptakan sebuah alat yang dapat memberikan arus keluaran yang selain konstan dan tidak terlalu terpengaruh oleh beban juga memberikan arus keluaran yang besarnya sesuai kebutuhan karena dapat diatur oleh keypad yang terdapat dibagian inputnya.

## 1.3 Pembatasan Masalah

Penulis membatasi masalah tugas akhir ini pada pembuatan rangkaian sistem yang terdiri dari keypad, mikrokontroler, LCD sebagai penampil pemakai dan modul sumber ars. Berikut merupakan blok diagram fungsi kerja dari alat tersebut :



**Gambar 1.1** Blok Fungsi Kerja Rangkaian Sistem

## 1.4 Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan dilakukan terdiri dari beberapa tahap antara lain :

### 1. Studi Literatur

Metode Studi Literatur ini digunakan penulis untuk memperoleh teori-teori dasar sebagai sumber dan acuan dalam penulisan skripsi. Informasi dan pustaka yang berkaitan dengan masalah ini diperoleh dari literatur, penjelasan yang diberikan dosen pembimbing, rekan-rekan mahasiswa,

internet, data sheet dan buku-buku yang berhubungan dengan tugas akhir penulis.

## 2. Perancangan dan Pembuatan Alat

Perancangan alat merupakan tahap awal penulis untuk mencoba, memahami, menerapkan dan menggabungkan semua literatur yang telah diperoleh dan dipelajari untuk melengkapi sistem serupa yang pernah dikembangkan, sehingga untuk selanjutnya penulis dapat merealisasikan sistem sesuai dengan tujuan.

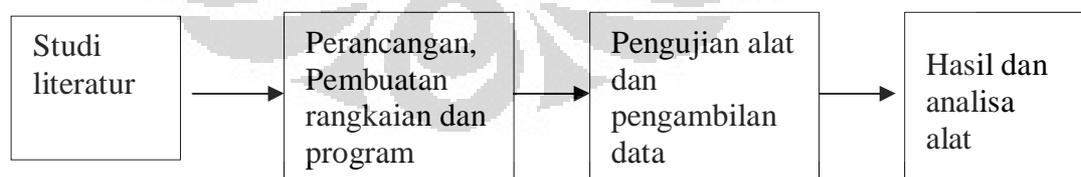
## 3. Pengujian Sistem

Pengujian sistem ini berkaitan dengan pengujian alat serta pengambilan data dari alat yang telah dibuat. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari masing-masing alat, sehingga dapat diketahui bagaimana kinerja alat dan sejauh mana tingkat keakuratan dari alat yang telah dibuat. Selain itu pengujian sistem ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari masing-masing alat.

## 4. Metode Analisis

Metode ini merupakan pengamatan terhadap data yang telah diperoleh dari pengujian alat serta pengambilan data. Setelah itu dilakukan penganalisisan sehingga dapat ditarik kesimpulan dan saran – saran untuk pengembangan lebih lanjut.

Berikut ini adalah diagram langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini :



**Gambar 1.2** Diagram langkah-langkah penelitian

## 1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini terdiri dari bab-bab yang memuat beberapa sub-bab. Untuk memudahkan pembacaan dan pemahaman maka

penulisan skripsi ini ini terdiri atas 5 bab dan secara garis besar dapat diuraikan sebagai berikut :

### BAB I PENDAHULUAN

Pendahuluan berisi latar belakang, permasalahan, batasan masalah, tujuan penulisan, metode penulisan dan sistematika penulisan dari skripsi ini.

### BAB II TEORI DASAR

Teori Dasar berisi landasan teori sebagai hasil dari studi literatur yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dijelaskan.

### BAB III PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini akan dijelaskan sistem kerja keseluruhan dari semua perangkat control (hardware) dan program penghubung (software) yang terlibat.

### BAB IV PENGUJIAN SISTEM DAN ANALISA

Bab ini menjelaskan tentang unjuk kerja alat sebagai hasil dari perancangan sistem. Pengujian akhir ini dilakukan dengan menyatukan seluruh bagian dari sistem sehingga dapat diketahui apakah sistem dapat berfungsi dengan baik. Hasil pengujian tersebut kemudian di analisa.

### BAB V PENUTUP

Bab penutup ini berisi kesimpulan penulis yang diperoleh berdasarkan pengujian sistem dan pengambilan data selama penelitian berlangsung, selain itu penutup juga berisikan tentang saran-saran dari penulis untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dalam pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini baik dari perangkat keras maupun perangkat lunak.

## BAB 2

### TEORI DASAR

Pada bab ini berisi pembahasan teori dasar yang berhubungan dan berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Teori dasar yang akan dibahas pada bab ini yaitu besaran-besaran fisis untuk listrik DC ( Direct Current ), prinsip dasar, penjelasan perangkat keras (hardware) yang digunakan.

#### **2.1 Elektron dan Arus Elektrik**

Kata listrik (electricity) berasal dari bahasa Yunani, electron, yang berarti "amber". Gejala listrik telah diselidiki sejak tahun 200 SM oleh Thales, seorang ahli filsafat dari Miletus, Yunani Kuno (Joko Budiyanto, fisika kelas 12, 2009). Dia melakukan percobaan dengan menggosok-gosokkan batu amber pada sepotong kain wol atau bulu halus dan diletakkan di dekat benda ringan seperti bulu ayam. Ternyata bulu ayam tersebut akan terbang dan menempel di batu amber. Sehingga, dapat dikatakan bahwa batu amber menjadi bermuatan listrik. Batang kaca atau penggaris plastik yang digosok dengan kain juga akan menimbulkan efek yang sama seperti yang terjadi pada batu amber, yang sekarang disebut dengan istilah listrik statis. Muatan listrik statis dapat dihasilkan dengan menggosok-gosokkan balon ke suatu benda, misalnya kain. Perlu diingat bahwa semua benda terbuat dari atom, di mana setiap atom biasanya memiliki jumlah elektron dan proton yang sama.

Muatan listrik positif proton dan muatan negatif elektron saling menetralkan. Tapi, jika keseimbangan ini terganggu, benda menjadi bermuatan listrik. Pada kasus balon, jika balon digosok dengan kain, elektron dipindahkan dari atom-atom kain ke atom-atom balon. Balon menjadi bermuatan negatif, dan kain yang kehilangan elektron menjadi bermuatan positif. Muatan tidak sejenis selalu tarik-menarik. Jadi, kain menempel ke balon. (Joko Budiyanto, fisika kelas 12, 2009)

Elektron untuk pertama kali diidentifikasi dengan jelas oleh J.J. Thompson pada tahun 1897. Meskipun sebelumnya Faraday telah mengemukakan bahwa muatan listrik dibawa oleh partikel (1833). Lagipula dalam pengamatan lecutan listrik dalam vakum diamati bahwa sinar katoda adalah partikel-partikel negatif (Nur Hidayat, Fisika Modern 2001).

Elektron dari jenis tipe atom yang berbeda memiliki derajat kebebasan yang berbeda untuk bergerak. Dengan beberapa jenis material, seperti metal, electron terluar didalam atom

terikat sangat renggang yang bergerak didalam ruang diantara atom dari material tersebut dengan tanpa adanya pengaruh lebih daripada energy panas temperature ruangan. Karena electron secara tak kasatmata tak-terikat bebas untuk meninggalkan atomnya dan menggantung disekitar ruang antara atom yang berdekatan, maka mereka sering disebut sebagai electron bebas. Electron dapat dilepas dari orbit terluar dari atom oleh beberapa teknik seperti reaksi kimia, gesekan, cahaya, panas, tekanan, atau gaya magnetic.

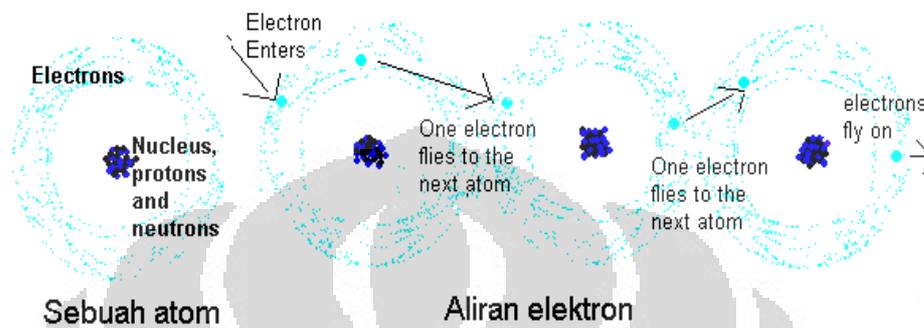
Pada bahan jenis lainnya, seperti kaca, electron atom mempunyai kebebasan yang sangat sedikit untuk bergerak. Saat gaya eksternal seperti menggosok secara fisik dapat menekan beberapa electron ini untuk meninggalkan atomnya dan berpindah ke atom dari material lainnya, mereka tidak bergerak diantara atom didalam material tersebut dengan sangat mudah. Contohnya seperti menggosok penggaris dengan kain wol.

Arus elektrik adalah aliran dari muatan elektrik ( suatu fenomena ) atau banyaknya arus yang lewat dari muatan elektrik ( berdasarkan jumlah ). Muatan elektrik yang mengalir ini biasanya dibawa oleh electron yang bergerak, didalam suatu bahan konduktor seperti kawat, didalam elektrolit dibawa oleh ion dan didalam plasma dibawa oleh keduanya. Jadi, yang sebenarnya bergerak adalah elektronnya. Electron memiliki muatan negative. Konduktor adalah suatu bahan yang dapat menghantarkan electron, hal ini dikarenakan banyaknya electron bebas yang terdapat didalam susunan atomnya. Saat ada kesempatan, electron biasanya akan bergerak dari area yang padat oleh electron ( muatan negative ) menuju area yang tidak memiliki electron yang banyak ( muatan positif ). Aliran electron adalah apa yang selama ini disebut sebagai arus elektrik.

Terdapat dua jenis arus elektrik yang sudah sangat dikenal, yaitu arus searah ( DC ) dan arus bolak-balik ( AC ). Arus searah adalah jenis aliran elektrik yang didapat dari baterai dan sel surya, electron yang mengalir hanya satu arah saja. Sedangkan arus bolak-balik adalah jenis arus elektrik yang didapat dari sumber-sumber pembangkit listrik yang biasa digunakan untuk rumah, misalnya listrik yang berasal dari PLN. AC adalah aliran electron yang mengalir dalam dua arah, dari terminal positif menuju terminal negative dan dari terminal negative menuju terminal positif.

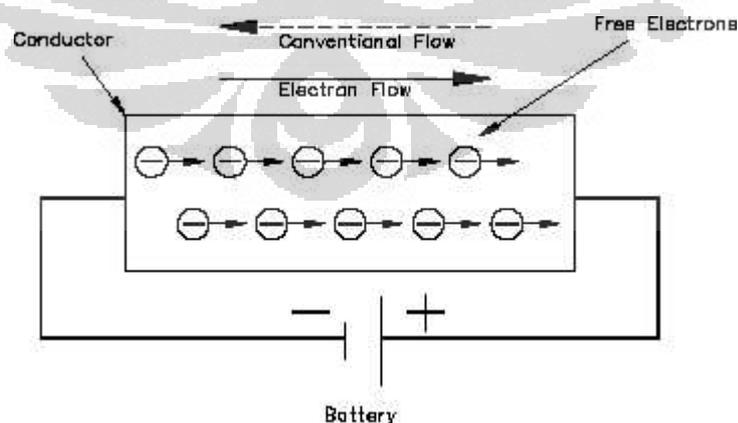
Banyak orang berpikir aliran electron seperti electron yang bergerak dengan bebas sepanjang kawat seperti jalan tol. Sebenarnya cara kerjanya tidaklah tepat seperti itu. Electron didalam suatu rangkaian dari bahan konduktor berada dalam gaya elektromotif akan bergerak menuju titik didalam rangkaian yang kekurangan electron. Dengan kata lain, alirannya dari tempat yang kelebihan electron ( terminal negative ) menuju tempat yang deficit electron ( terminal positif ). Banyak konduktor ( suatu bahan yang dapat dialiri electron ) terbuat dari

atom. Masing-masing atom memiliki elektron didalamnya. Jika kita meletakkan electron baru didalam konduktor, maka dia akan bergabung dengan atom, dan masing-masing atom akan mengeluarkan electron ke atom berikutnya. Atom berikutnya ini akan menerima electron dan akan meneluarkan electron lainnya menuju sisi yang lain, demikian lah terus berulang-ulang sehingga akan tampak seperti kerja berantai, seperti jalannya arus.



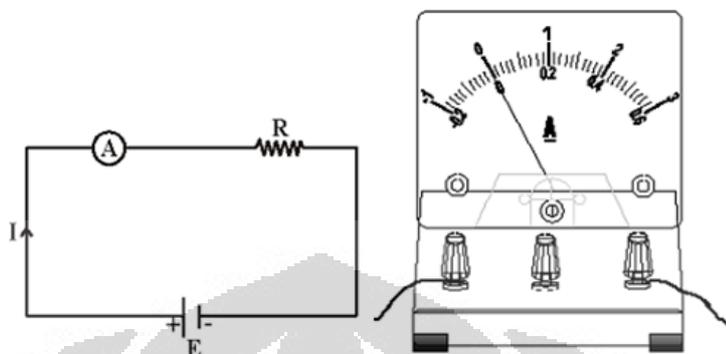
**Gambar 2.1.** Elektron atom dan prinsip perpindahan elektron

Dalam perkembangannya, terdapat dua pengertian dalam jalannya arus (Wikipedia, free encyclopedia). Yang pertama adalah arus konvensional. Dalam pengertiannya, arus diasumsikan mengalir keluar dari terminal positif, mengalir melalui rangkaian dan masuk ke terminal negative dari sumber. Ini adalah ketentuan yang digunakan sebelum penelitian tentang elektrisitas berlanjut. Yang kedua adalah arus electron. Arus electron adalah tepat seperti apa yang terjadi dan aliran elektron keluar dari terminal negative, melalui rangkaian dan menuju terminal positif dari sumber.



**Gambar 2.2.** Arus konvensional dan arus elektron

Satuan untuk arus dalam Standar Internasional (SI) adalah ampere (A) yang dapat diukur oleh sebuah alat yang bernama ammeter. Ammeter ini dalam penggunaannya harus dipasang seri dengan rangkaian.



**Gambar 2.3.** Rangkaian pemasangan amperemeter

George Simon Ohm (1787-1854), inilah nama lengkap ilmuwan yang pertama kali menjelaskan hubungan kuat arus dengan beda potensial ujung-ujung hambatan. Seperti yang sudah diketahui, jika ada beda potensial antara dua titik dan dihubungkan melalui penghantar maka akan timbul arus listrik. Penghantar tersebut dapat diganti dengan resistor misalnya lampu. Berarti jika ujung-ujung lampu diberi beda potensial maka lampu itu dialiri arus. Dalam eksperimennya, Ohm menemukan bahwa setiap beda potensial ujung-ujung resistor  $R$  dinaikkan maka arus yang mengalir juga akan naik (Sri Handayani, fisika SMU kelas x Jakarta). Dari sifatnya itu dapat ditentukan bahwa beda potensialnya sebanding dengan kuat arus yang lewat. Hubungan ini dapat dirumuskan:

$$V \sim I \quad (2.1)$$

Hubungan  $V$  dan  $I$  yang diperoleh Ohm ini sesuai dengan grafik  $V$ - $I$  yang diperoleh dari eksperimen, polanya seperti pada Gambar 2.4. Agar kesebandingan diatas sama, Ohm menggunakan konstanta perbandingannya sebesar  $R$  ( resistivitas = hambatan ), sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut.

$$V = I R \quad (2.2)$$

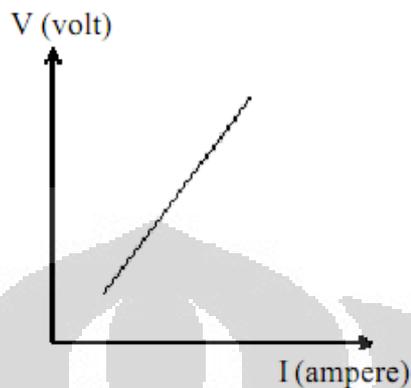
dimana resistansi/hambatan :

$$R = \frac{\rho \ell}{A} \quad (2.3)$$

Pada hambatan ohmik :  $R$  konstan

Pada hambatan non ohmik :  $R$  tidak konstan

Persamaan 2.2 inilah yang kemudian dikenal sebagai hukum Ohm, dengan  $R$  = besar hambatan dan diberi satuan Ohm disimbulkan  $\Omega$ . George Simon Ohm juga menemukan bahwa  $\rho$  logam konstan pada  $T$  konstan. Maka bahan yang bersifat demikian disebut konduktor ohmik atau konduktor linier, karena grafik  $E$  terhadap  $i$  berupa garis lurus.



**Gambar 2.4.** Grafik V vs I

Saat kawat logam dihubungkan dengan dua terminal dari sumber tegangan DC seperti baterai, sumber akan mengakibatkan medan magnetic sepanjang konduktor. Pada saat kontak terjadi, elektron bebas dari konduktor akan terpaksa untuk mengalir menuju terminal positif dalam keadaan terpengaruh medan ini. Untuk arus yang tetap, arus  $I$  dalam ampere dapat dihitung dengan rumus :

$$I = \frac{Q}{t}, \quad (2.4)$$

Ukuran kemampuan suatu bahan mengalirkan muatan disebut konduktivitas :

$$\sigma = \frac{j}{E} \quad (2.5)$$

sebaliknya adalah resistivitas :

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{E}{j} \quad (2.6)$$

Pengaruh suhu pada resistivitas

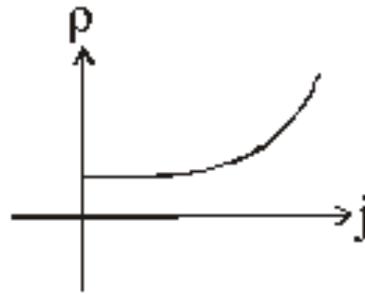
- a. Konduktor logam : resistivitas naik bila suhu  $T$  naik

Untuk daerah suhu yang tidak terlalu besar :

$$\rho(T) = \rho_o (1 + \alpha \Delta T) \quad (2.7)$$

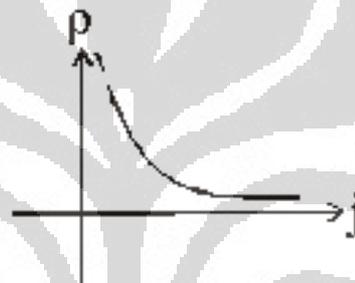
$\alpha$  = koefisien temperatur dari resistivitas.

Untuk logam,  $\alpha$  positif.



**Gambar 2.5.** Grafik  $\rho$  vs  $j$

- b. Ada bahan yang  $\alpha$  negatif, misalkan karbon
- c. Bahan superkonduktor, pada  $T < T_c$ ,  $\rho = 0$
- d. Bahan semikonduktor : resistivitas menurun bila suhu  $T$  naik



**Gambar 2.6.** Grafik  $\rho$  vs  $j$

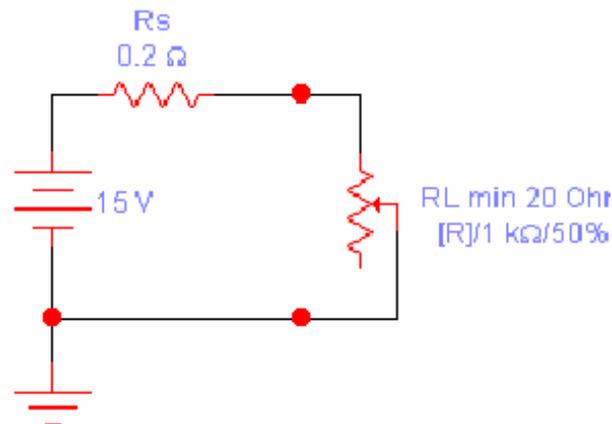
Biasanya yang dapat kita ukur adalah beda potensial dan arus. Lebih umum, arus elektrik dapat dijabarkan sebagai banyaknya waktu dari perubahan muatan, atau :

$$I = \frac{dQ}{dt}. \quad (2.9)$$

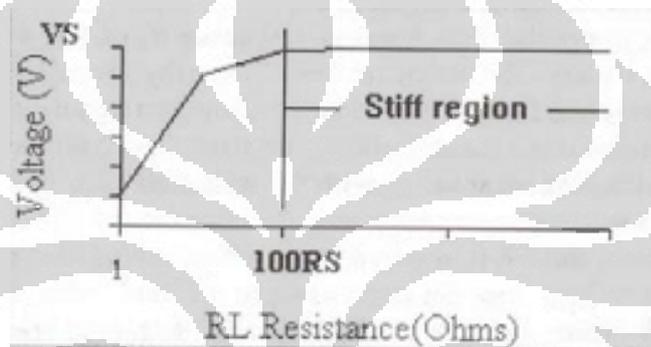
Sebuah sumber tegangan dc ideal menghasilkan tegangan beban yang konstan. Contoh paling sederhana seperti yang sudah dibahas sebelumnya adalah baterai ideal, dimana hambatan dalamnya adalah nol. Namun, sumber tegangan ideal adalah sebatas teori, tidak dapat diwujudkan. Hal ini dikarenakan bila hambatan bebannya nol atau hamper mendekati nol, arus beban akan mendekati tak hingga. Tak ada sumber tegangan r2l yang dapat menghasilkan arus tak hingga, karena sumber tegangan r2l masih memiliki hambatan dalam. Untuk dapat mengabaikan hambatan dalam sumber, dibutuhkan hambatan yang bila nilainya, sedikitnya 100 kali lebih kecil dari hambatan beban. Sumber tegangan yang memenuhi kondisi ini disebut sebagai sumber tegangan stiff. Jadi apabila ditulis menjadi

$$R_s < 0.01 R_L \quad (2.10)$$

Dalam rangkaian sederhana dapat dilihat beserta grafiknya sebagai berikut:



**Gambar 2.7** Rangkaian sederhana sumber tegangan

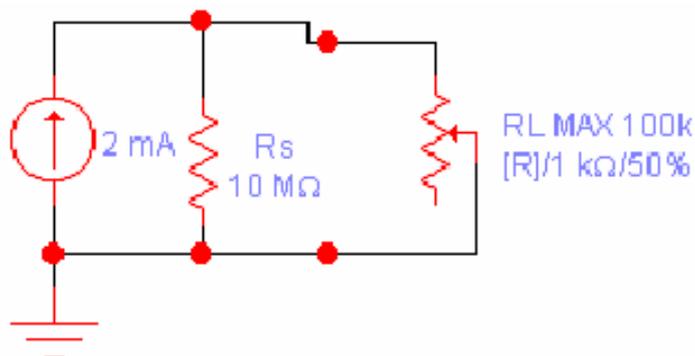


**Gambar 2.8** Gambar grafik sumber tegangan konstan

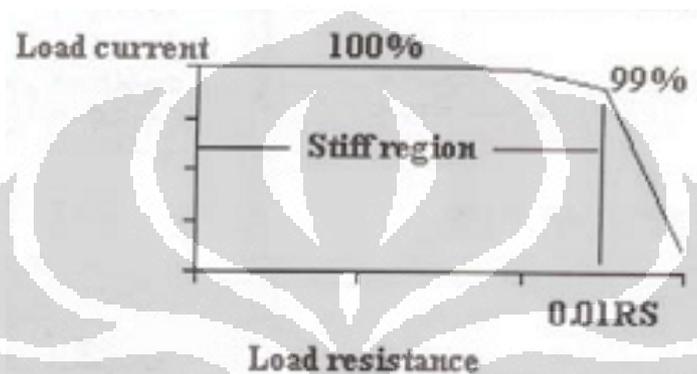
Bila sumber tegangan dc menghasilkan tegangan beban konstan untuk hambatan beban yang berbeda, maka sumber arus dc berbeda. Ia menghasilkan arus beban yang konstan untuk hambatan beban yang berbeda. Hal ini merupakan tujuan sebagian besar desainer rangkaian untuk dapat menghasilkan rangkaian sumber arus yang konstan tidak terpengaruh atau hanya sedikit terpengaruh besar beban yang digunakan. Keadaan arus beban yang konstan dapat dicapai apabila idealnya hambatan dalam dari sumber arus yang digunakan adalah tak terhingga. Namun pada kenyataannya dengan hambatan dalam yang cukup besar atau 100 kali lebih besar dari hambatan beban sudah cukup membuat suatu sumber arus menjadi sumber arus konstan. Contoh sebuah sumber arus dc adalah baterai dengan hambatan dalam yang besar.

$$R_s > 100 R_L \quad (2.11)$$

Rangkaian dasarnya dapat dilihat sebagai berikut:



**Gambar 2.9** Rangkaian sederhana sumber arus



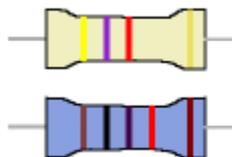
**Gambar 2.10** Gambar grafik sumber arus konstan

## 2.2 Hambatan

### 2.2.1 Hambatan Tabung

Hambatan atau resistor adalah komponen dasar elektronika yang digunakan untuk membatasi jumlah arus yang mengalir dalam satu rangkaian. Sesuai dengan namanya resistor bersifat resistif dan umumnya terbuat dari bahan karbon. Dari hukum Ohms diketahui, resistansi berbanding terbalik dengan jumlah arus yang mengalir melaluinya. Satuan resistansi dari suatu resistor disebut Ohm atau dilambangkan dengan simbol  $\Omega$  (Omega).

Tipe resistor yang umum adalah berbentuk tabung dengan dua kaki tembaga di kiri dan kanan. Pada badannya terdapat lingkaran membentuk gelang kode warna untuk memudahkan pemakai mengenali besar resistansi tanpa mengukur besarnya dengan ohmmeter. Kode warna tersebut adalah standar manufaktur yang dikeluarkan oleh EIA (Electronic Industries Association) seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut.



**Gambar 2.11.** Hambatan

**Tabel 2.1.** Nilai warna gelang

Warna	Nilai	faktor pengali	Toleransi
Hitam	0	1	
Coklat	1	10	1%
Merah	2	100	2%
Jingga	3	1.000	
Kuning	4	10.000	
Hijau	5	100.000	
Biru	6	$10^6$	
Violet	7	$10^7$	
Abu-abu	8	$10^8$	
Putih	9	$10^9$	
Emas	-	0.1	5%
Perak	-	0.01	10%
Tanpa warna	-	-	20%

Resistansi dibaca dari warna gelang yang paling depan ke arah gelang toleransi berwarna coklat, merah, emas atau perak. Biasanya warna gelang toleransi ini berada pada badan resistor yang paling pojok atau juga dengan lebar yang lebih menonjol, sedangkan warna gelang yang pertama agak sedikit ke dalam. Jumlah gelang yang melingkar pada resistor umumnya sesuai dengan besar toleransinya. Biasanya resistor dengan toleransi 5%, 10% atau 20% memiliki 3 gelang (tidak termasuk gelang toleransi). Tetapi resistor dengan toleransi 1% atau 2% (toleransi kecil) memiliki 4 gelang (tidak termasuk gelang toleransi). Gelang pertama dan seterusnya berturut-turut menunjukkan besar nilai satuan, dan gelang terakhir adalah faktor pengalinya.

Misalnya resistor dengan gelang kuning, violet, merah dan emas. Gelang berwarna emas adalah gelang toleransi. Dengan demikian urutan warna gelang resistor ini adalah, gelang pertama berwarna kuning, gelang kedua berwarna violet dan gelang ke tiga berwarna merah. Gelang ke empat tentu saja yang berwarna emas dan ini adalah gelang toleransi. Dari tabel-1 diketahui jika gelang toleransi berwarna emas, berarti resistor ini memiliki toleransi 5%. Nilai resistansinya dihitung sesuai dengan urutan warnanya.

Pertama yang dilakukan adalah menentukan nilai satuan dari resistor ini. Karena resistor ini resistor 5% (yang biasanya memiliki tiga gelang selain gelang toleransi), maka nilai satuannya ditentukan oleh gelang pertama dan gelang kedua. Masih dari tabel-1 diketahui gelang kuning nilainya = 4 dan gelang violet nilainya = 7. Jadi gelang pertama dan kedua atau kuning dan violet berurutan, nilai satuannya adalah 47. Gelang ketiga adalah faktor pengali, dan jika warna gelangnya merah berarti faktor pengalinya adalah 100. Sehingga dengan ini diketahui nilai resistansi resistor tersebut adalah nilai satuan x faktor pengali atau  $47 \times 100 = 4.7\text{K Ohm}$  dan toleransinya adalah 5%.

Spesifikasi lain yang perlu diperhatikan dalam memilih resistor pada suatu rancangan selain besar resistansi adalah besar watt-nya. Karena resistor bekerja dengan dialiri arus listrik, maka akan terjadi disipasi daya berupa panas sebesar

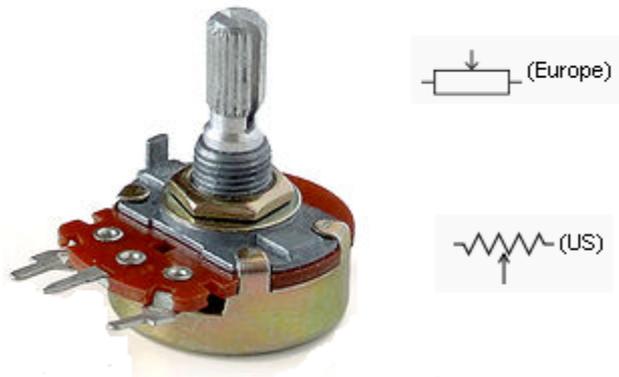
$$W=I^2R \text{ watt} \quad (2.12)$$

Semakin besar ukuran fisik suatu resistor bisa menunjukkan semakin besar kemampuan disipasi daya resistor tersebut. Umumnya di pasar tersedia ukuran 1/8, 1/4, 1, 2, 5, 10 dan 20 watt. Resistor yang memiliki disipasi daya 5, 10 dan 20 watt umumnya berbentuk kubik memanjang persegi empat berwarna putih, namun ada juga yang berbentuk silinder. Tetapi biasanya untuk resistor ukuran jumbo ini nilai resistansi dicetak langsung dibadannya, misalnya  $100 \Omega$  5W.

### 2.2.2 Hambatan Potensiometer

Hambatan potensio atau potensiometer adalah salah satu jenis hambatan yang sering digunakan dalam suatu rangkaian. Kelebihan hambatan potensio apabila dibandingkan dengan hambatan biasa adalah dari segi praktisnya. Hal ini dapat dimungkinkan karena hambatan potensio dapat dirubah besaran hambatannya sesuai dengan yang dibutuhkan. Sebuah potensiometer biasanya berbentuk hambatan dengan tiga terminal dengan kontak sliding yang akan dapat mengatur besar hambatannya. Jika hanya dua terminal yang digunakan, misalnya sebuah sisi dan wipernya saja, potensiometer ini akan berfungsi sebagai variable resistor atau rheostat. Potensiometer biasanya digunakan untuk mengontrol peralatan elektronika seperti control suara pada peralatan audio.

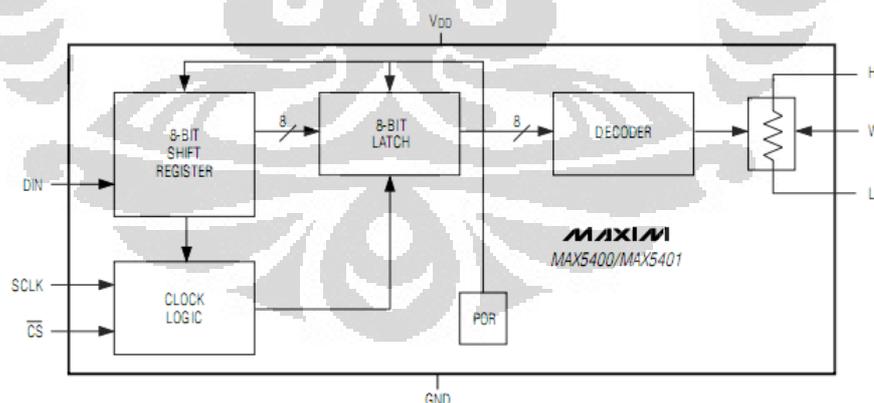
Potensiometer jarang digunakan untuk langsung mengontrol daya yang cukup signifikan (lebih dari watt). Lebih daripada itu, potensiometer lebih sering digunakan untuk menyetel level dari sinyal analog, dan sebagai pengontrol input untuk rangkaian elektronika. Misalnya, sebuah lampu yang dapat dikontrol oleh potensiometer untuk mengatur triac dan secara tidak langsung akan mengontrol tingkat terang dari lampu tersebut.



**Gambar 2.12.** Potensiometer dengan simbolnya

### 2.2.3 Hambatan Potensiometer Digital

Potensiometer digital adalah komponen elektronika yang dikontrol secara digital yang menyerupai fungsi dari potensiometer analog biasa (Digital\_potentiometer wiki.htm). Dengan input digital, hambatan diantara dua terminal dapat diatur, sama seperti potensiometer analog. Biasanya sering digunakan untuk mengatur dan membuat skala sinyal analog oleh mikrokontroler. Sebuah digital potensiometer adalah komponen elektronika yang sering dikontrol oleh protocol seperti I2C (Inter Integrated Circuit) dan SPI (Serial Peripheral Interface), dan juga protocol naik/turun dasar lainnya (Digital\_potentiometer wiki.htm). Kadang-kadang alat ini juga ditujukan sebagai RDAC, Resistif Digital-to-Analog Converter.

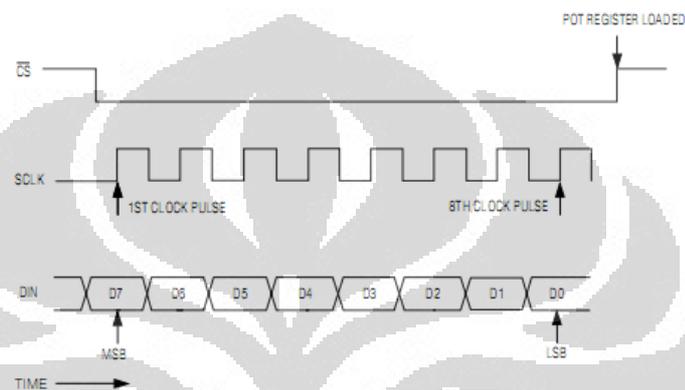


**Gambar 2.13** Digital Potensiometer

(Maxim max5400 datasheet)

Alat ini sangat berguna didalam dunia elektronika, khususnya dalam bidang digital, namun terdapat beberapa batasan. Walaupun agak mirip dengan potensiometer biasa, potensiometer digital dibatasi oleh arus batas dalam miliampere. Juga, hampir kebanyakan

potensiometer digital membatasi jangkauan tegangan input menjadi jangkauan supply digital (biasanya 0-5 VDC), jadi dibutuhkan sedikit penyesuaian pada rangkaian saat ingin menggantikan potensiometer biasa dengan potensiometer digital. Lebih jauh lagi, daripada mendapatkan control yang kontinyu yang biasanya kita dapatkan dari potensiometer biasa, pada potensiometer digital mempunyai langkah diskrit dalam hambatanya. Langkah diskrit yang biasanya tersedia dipasaran adalah 5, 6, 7, dan 8 bit (32, 64, 128, dan 256 langkah) potensiometer digital, yang penulis gunakan dalam tugas akhir ini adalah potensiometer digital 8 bit.

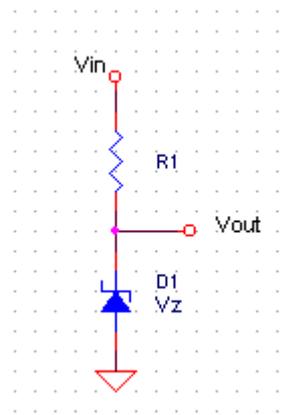


**Gambar 2.14.** Contoh diagram timing serial interface  
(Maxim max5400 datasheet)

### 2.3 Shunt Regulator

Semua rangkaian sumber arus membutuhkan tegangan referensi sebagai acuannya. Dengan menggunakan rangkaian penyearah sudah cukup bagus jika tegangan *ripple*-nya kecil, namun ada masalah pada stabilitasnya. Jika tegangan PLN naik/turun, maka tegangan outputnya juga akan naik / turun. Seperti rangkaian penyearah, jika arus semakin besar ternyata tegangan dc keluarannya juga ikut turun. Untuk beberapa aplikasi perubahan tegangan ini cukup mengganggu, sehingga diperlukan komponen aktif yang dapat meregulasi tegangan keluaran ini menjadi stabil.

Rangkaian regulator yang paling sederhana ditunjukkan pada gambar 2.15. Pada rangkaian ini, zener bekerja pada daerah *breakdown*, sehingga menghasilkan tegangan output yang sama dengan tegangan zener atau  $V_{out} = V_z$ . Namun rangkaian ini hanya bermanfaat jika arus beban tidak lebih dari 50mA.



**Gambar 2.15.** Regulator zener

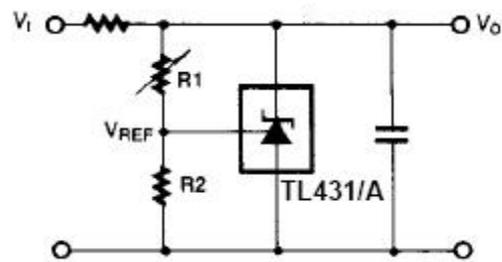
Prinsip rangkaian catu daya yang seperti ini disebut *shunt regulator*. Dalam elektronika, sebuah shunt adalah alat yang akan membiarkan arus listrik untuk melalui disekitar bagian didalam rangkaian. Salah satu ciri khasnya adalah komponen regulator yang paralel dengan beban. Ciri lain dari shunt regulator adalah, rentan terhadap *short-circuit*. Perhatikan jika  $V_{out}$  terhubung singkat (*short-circuit*) maka arusnya tetap  $I = V_{in}/R_1$ .

Shunt regulator adalah komponen elektronika kecil yang akan meng-*clamp* / menjepit tegangan power supply pada level yang tetap. Ratusan kali permenit shunt regulator akan memeriksa tegangan, dan jika tegangan melebihi batas maka tegangan yang berlebih tersebut akan dilepaskan / didisipasikan dalam bentuk panas melalui hambatan atau beban pembuangan. Prinsip kerjanya adalah apabila mendeteksi tegangan berlebih, maka akan mengakibatkan *short circuit* antara power supply dan arus baliknya. Hal ini akan cepat mengakibatkan keduanya jatuh tegangannya ( melindungi alat ).

Shunt regulator yang umum dan juga digunakan oleh peulis adalah TL431. Ini adalah shunt regulator 3-pin yang bisa dikontrol keluarannya. Keluarannya berada dalam kisaran antara 2.5 sampai 36 V yang dapat diatur oleh pemilihan 2 buah resistor. Rumus untuk keluaran yang kita inginkan pada rangkaian gambar 2.16 adalah sebagai berikut :

$$V_O = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) V_{ref} \quad (2.13)$$

Alat ini biasanya mempunyai impedansi output dinamis sebesar 0.2 W. Rangkaian aktif keluaran menyediakan karakteristik *turn-on* yang sangat tajam / cepat, yang membuat alat ini menjadi pengganti yang sangat bagus bagi diode zener pada banyak aplikasi.



**Gambar 2.16** Rangkaian shunt regulator

## 2.4 Mikrokontroler ATmega128

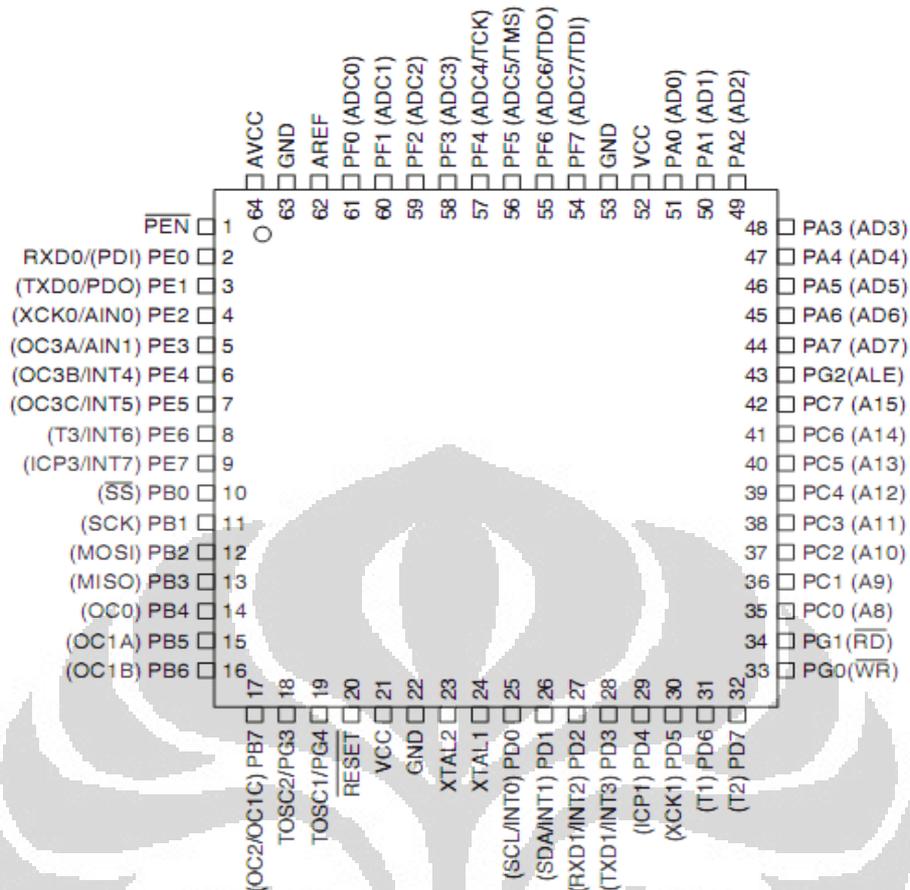
### 2.4.1 Umum

Perkembangan teknologi telah mendorong dengan pesat kemajuan perkembangan dunia elektronika khususnya dunia mikroelektronika. Dengan adanya penemuan silikon maka bidang ini telah memberikan sumbangan yang amat berharga bagi perkembangan teknologi modern. Atmel sebagai salah satu vendor yang mengembangkan dan memasarkan produk mikroelektronika telah menjadi suatu teknologi standar bagi para desainer sistem elektronika masa sekarang. Dengan perkembangan terakhir yaitu generasi AVR (Alf and Vegard's Risc processor) maka para desainer sistem elektronika telah diberikan suatu teknologi yang memiliki kapabilitas yang amat maju namun dengan biaya ekonomis yang cukup minimal.

Mikrokontroler AVR, secara umum, dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas, yaitu keluarga ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega, dan AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan, mereka hampir sama.

Dalam implementasi ini maka dipergunakan salah satu AVR produk Atmel yaitu Atmega128 sebagai jantung pengolahan datanya. Mikrokontroler AVR Atmega128 merupakan mikrokontroler 8-bit berdasarkan arsitektur AVR RISC yang dapat menjalankan sebuah intruksi dalam satu clock. Sehingga Atmega128 dapat mencapai kecepatan hampir 1 juta intruksi per detik per MHz (Atmel, 2008).

Inti AVR merupakan kombinasi intruksi dengan 32 register umum. Semua register ini langsung terhubung ke Arithmetic Logic Unit (ALU), sehingga dua register dapat di akses dalam satu intruksi di dalam satu clock. Dengan demikian dihasilkan arsitektur dengan kode yang efisien dan lebih cepat sampai 10 kali dari mikrokontroler CISC konvensional.



**Gambar 2.17.** Konfigurasi Pin ATmega128L

Atmel. *Datasheet ATmega128(L)*

#### 2.4.2 Spesifikasi ATmega128

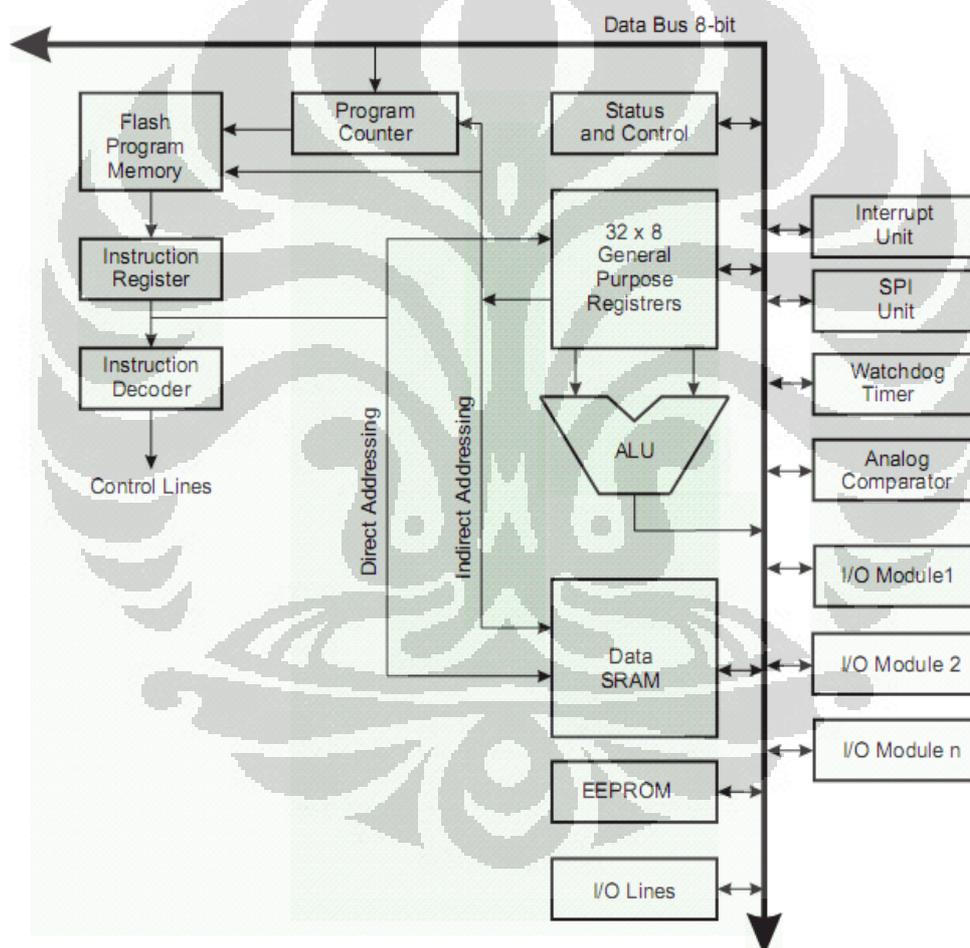
Mikrokontroler ATmega128 memiliki spesifikasi sebagai berikut (Atmel, 2008):

- Catu daya 4,5- 5,5V
- 128 Kbytes flash memory
- In - System Programming by On-chip boot Programming
- 4Kbytes EEPROM
- 4Kbytes SRAM
- Frekuensi maksimum 16 MHz
- 53 programmable I/O
- Dua buah 16 bit timer dan dua buah 8 bit timer
- Programmable watchdog timer,
- Dua 8 bit PWM channel
- On chip analog comparator
- Dua programmable serial USART

- Port antarmuka SPI
- RTC

### 2.4.3 Arsitektur ATmega128

Mikrokontroler ATmega128L memiliki arsitektur Harvard, yaitu memisahkan memori untuk kode program dan memori untuk data sehingga dapat memaksimalkan unjuk kerja dan paralelisme. Instruksi – instruksi dalam memori program dieksekusi dalam satu alur tunggal, dimana pada saat satu instruksi dikerjakan, instruksi berikutnya sudah diambil dari memori program. Konsep inilah yang memungkinkan instruksi – instruksi dapat di eksekusi dalam setiap satu siklus clock (Atmel, Datasheet ATmega128(L)).



**Gambar 2.18** Arsitektur AVR

Atmel. *Datasheet ATmega128(L)*

32 x 8-bit register serba guna di gunakan untuk mendukung operasi pada Arithmetic Logic Unit (ALU) yang dapat dilakukan dalam satu siklus. 6 dari register serba guna ini dapat digunakan sebagai 3 buah register *pointer* 16-bit pada mode pegalamatan tak langsung untuk

mengambil data pada ruang memori data. Ketiga register *pointer* 16-bit ini disebut dengan register X (gabungan R26 dan R27), register Y (gabungan R28 dan R29), dan register Z (gabungan R30 dan R31). Hampir semua intruksi AVR memiliki format 16-bit (word). Setiap alamat memori program terdiri dari instruksi 16-bit atau 32-bit. Selain register serba guna di atas terdapat register lain yang terpetakan dengan teknik *memory mapped I/O* selebar 64 byte. Beberapa register ini digunakan untuk fungsi khusus antara lain sebagai register kontrol *Timer/Counter*, Interupsi, ADC, USART, SPI, EEPROM, dan fungsi I/O lainnya. Register – register ini menempati memori pada alamat 0x20h – 0x5Fh. (Atmel, Datasheet ATmega128(L))

#### 2.4.4 Serial Peripheral Interface (SPI)

Serial Peripheral Interface memungkinkan komunikasi sikron berkecepatan tinggi antar mikrokontroler ATmega128 atau antara ATmega128 dengan perangkat lain yang mendukung SPI. SPI memungkinkan untuk membuat aplikasi multiprocessor. Berikut fitur dari SPI Atmega128 (Atmel, 2008):

- Full Duplex
- Operasi master atau slave
- Data transfer awal LSB atau MSB
- Tujuh bit rate yang dapat diprogram
- Flag interupsi apabila data berakhir
- Flag proteksi untuk kegagalan penulisan
- Wake-up dari mode idle
- Dua kali kecepatan mode SPI master

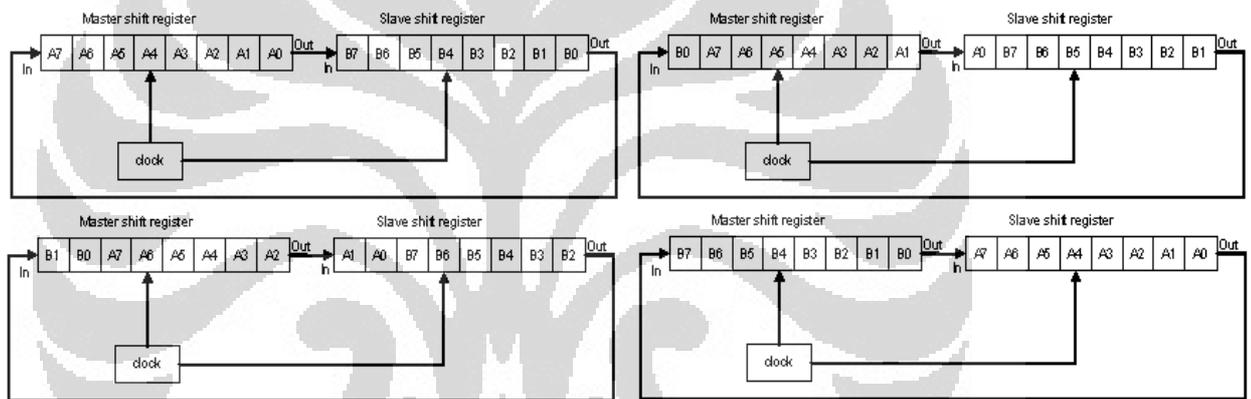
Antarmuka tersebut memungkinkan sebuah perangkat master berhak memulai dan mengendalikan komunikasi. Perangkat lain yang menerima dan mengirimkan data kembali ke master disebut slave.

Inti dari komunikasi SPI adalah register geser 8 bit pada kedua piranti master dan slave, serta sinyal clock yang dibangkitkan oleh master. Misalnya, master ingin mengirimkan data A ke slave dan dalam waktu yang sama master menerima data B dari slave. Sebelum memulai komunikasi SPI, master meletakkan data A ke shift registernya dan B juga meletakkan data B di shift register. Selanjutnya, master membangkitkan 8 pulsa clock sehingga data pada shift register master ditransferkan ke shift register slave, dan sebaliknya.

Pada akhir pulsa, clock master telah menerima data B dan slave telah menerima data A. Oleh karena data diterima pada saat yang sama, maka SPI termasuk dalam komunikasi full duplex.

Komunikasi dengan SPI membutuhkan 4 jalur sinyal, yaitu:

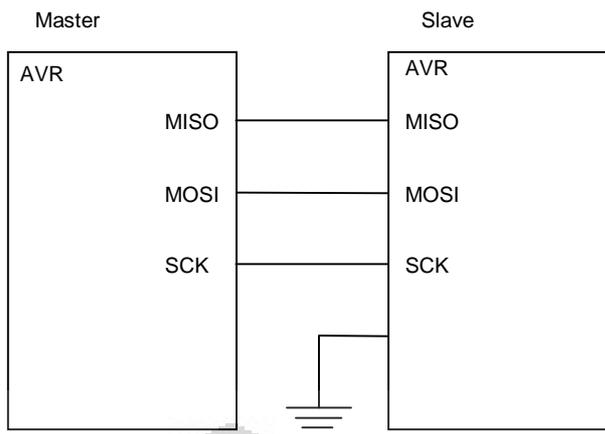
- SCK (Serial Clock) : yaitu sinyal clock yang mengeser bit yang hendak dituliskan ke dalam register geser terima AVR lain atau perangkat lain, dan mengeser bit yang hendak di baca dari register geser kirim AVR lain.
- MOSI (Master Out Slave In) : sinyal bit data serial yang hendak dituliskan dari master ke slave.
- MISO (Master In Slve Out) : sinyal bit data serial yang hendak di baca dari slave ke master.
- SS' (Slave Select/aktif rendah) : sinyal untuk memilih dan mengaktifkan slave



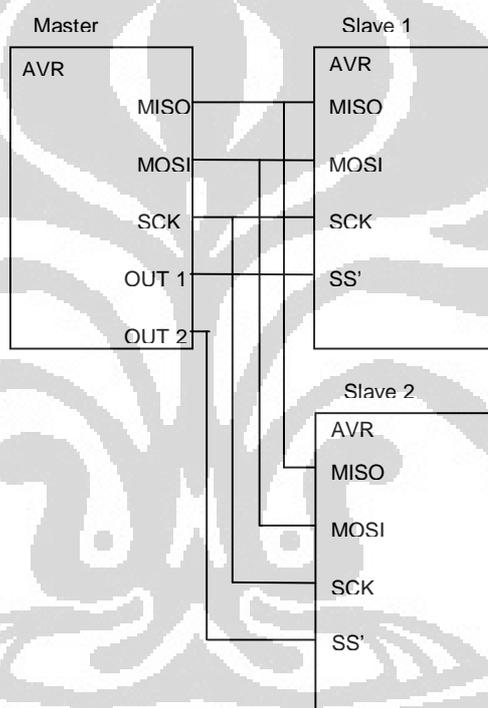
**Gambar 2.19.** Perubahan Shift Register Saat Komunikasi SPI

*Atmel. Datasheet ATmega128(L)*

SPI memungkinkan komunikasi dengan beberapa slave dengan satu master. Cara master memilih slave yang diinginkan untuk komunikasi adalah menggunakan pin SS'. Jika pin SS' diset pada logika 1, maka SPI slave berfungsi sebagai normal input dan tidak akan menerima data SPI masuk. Di lain pihak, apabila pin SS' berlogika 0, maka SPI akan aktif. Pada konfigurasi master, pin SS' harus diset sebagai output atau dapat berupa input, tetapi harus berlogika 1.



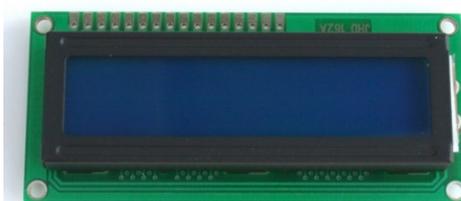
**Gambar 2.20.** Koneksi SPI Saat Menggunakan 1 Slave



**Gambar 2.21.** Koneksi SPI Saat Menggunakan 2 Slave

### 2.5 LCD (16x2 karakter)

LCD merupakan singkatan dari *Liquid Crystal Display*. Tampilan LCD karakter yang digunakan pada alat ini terdiri atas 16x2 karakter (16 = kolom dan 2 = baris)



**Gambar 2.22.** LCD Karakter 16 x 2

Tampilan LCD 16x2 karakter yang penulis gunakan memiliki 16 buah pin dengan masing-masing pin berfungsi sebagai berikut :

**Tabel 2.2.** Keterangan Pin LCD Karakter

Pin	Simbol	Level	Deskripsi
1	VSS	0V	Ground
2	VDD	5.0V	Tegangan Sumber LCD
3	VEE	(Variable)	Tegangan kontras LCD
4	RS	H/L	Register Select, 0=Register Intruksi, 1 = Register Data
5	R/W	H/L	H: Baca (MPU←LCD), L: Tulis (MPU→LCD)
6	E	H.H→L	Chip Enable (pengaktif LCD)
7	DB0	H/L	Data Bit 0
8	DB1	H/L	Data Bit 1
9	DB2	H/L	Data Bit 2
10	DB3	H/L	Data Bit 3
11	DB4	H/L	Data Bit 4
12	DB5	H/L	Data Bit 5
13	DB6	H/L	Data Bit 6
14	DB7	H/L	Data Bit 7
15	LED+	3.8V - 4.2V	Tegangan positif led
16	LED-	0V	Tegangan negatif led

*Topway. Datasheet JHD162A series*

Display karakter pada LCD diatur oleh pin EN, RS dan RW: Jalur EN dinamakan *Enable*. Jalur ini digunakan untuk memberitahu LCD bahwa data sedang dikirimkan. Untuk mengirimkan data ke LCD, maka melalui program EN harus dibuat logika rendah “0” dan logika tinggi pada dua jalur kontrol yang lain RS dan RW. Ketika dua jalur yang lain telah siap, set EN dengan logika “1” dan tunggu untuk sejumlah waktu tertentu ( sesuai dengan datasheet dari LCD tersebut ) dan berikutnya set EN ke logika rendah “0” lagi. Jalur RS adalah jalur *Register Select*. Ketika RS berlogika rendah “0”, data akan dianggap

sebagai sebuah perintah atau instruksi khusus ( seperti bersihkan layar, posisi kursor dll ). Ketika RS berlogika tinggi “1”, data yang dikirim adalah data text yang akan ditampilkan pada display LCD. Sebagai contoh, untuk menampilkan huruf “T” pada layar LCD maka RS harus diset logika tinggi “1”.

Char. code

```

0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1
0 0 0 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1
0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1 1
0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1

```

xxxx0000		0	@	P	`	P	-	9	3	α	ρ		
xxxx0001		!	1	A	Q	a	q	。	ア	チ	4	ä	q
xxxx0010		"	2	B	R	b	r	「	イ	ツ	×	β	θ
xxxx0011		#	3	C	S	c	s	」	ウ	テ	モ	ε	ω
xxxx0100		\$	4	D	T	d	t	、	エ	ト	ハ	μ	Ω
xxxx0101		%	5	E	U	e	u	・	オ	ナ	1	σ	ü
xxxx0110		&	6	F	V	f	v	ヲ	カ	ニ	ヨ	ρ	Σ
xxxx0111		'	7	G	W	g	w	ア	キ	ヌ	ラ	q	π
xxxx1000		(	8	H	X	h	x	イ	ク	ネ	リ	」	α
xxxx1001		)	9	I	Y	i	y	ッ	ケ	ル	」	4	
xxxx1010		*	:	J	Z	j	z	エ	コ	ン	レ	i	〒
xxxx1011		+	;	K	[	k	[	オ	サ	ヒ	ロ	*	〒
xxxx1100		,	<	L	¥	l	¥	ハ	シ	フ	ワ	φ	円
xxxx1101		-	=	M	]	m	]	ユ	ズ	ハ	ン	モ	÷
xxxx1110		.	>	N	^	n	^	ヨ	セ	ホ	」	ñ	
xxxx1111		/	?	O	_	o	_	ッ	ツ	マ	」	ö	■

**Gambar 2.23.** Karakter set LCD

*Bascom and avr, using an lcd*

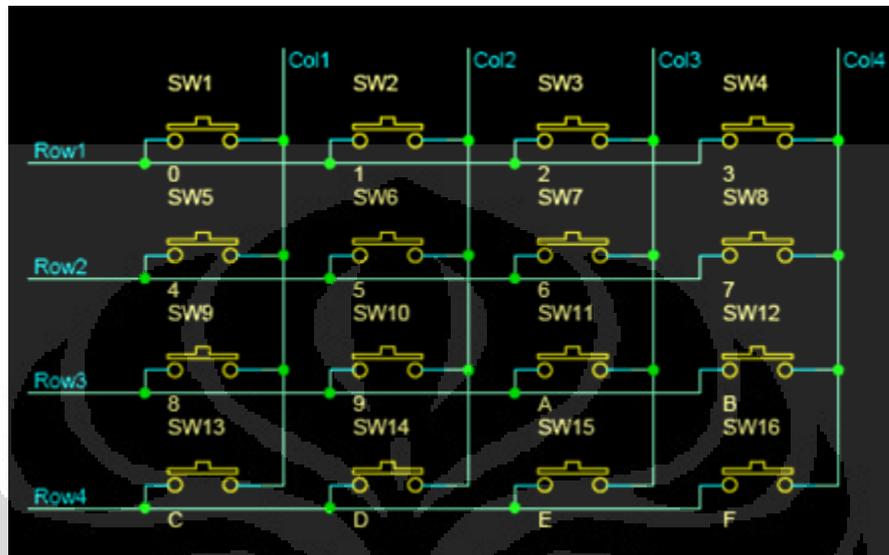
Jalur RW adalah jalur kontrol *Read/ Write*. Ketika RW berlogika rendah (0), maka informasi pada bus data akan dituliskan pada layar LCD. Ketika RW berlogika tinggi ”1”, maka program akan melakukan pembacaan memori dari LCD. Sedangkan pada aplikasi umum pin RW selalu diberi logika rendah ”0”. Jalur bus data terdiri dari 4 atau 8 jalur ( bergantung pada mode operasi yang dipilih oleh pengguna ). Pada kasus bus data 8 bit, jalur diacukan sebagai DB0 s/d DB7.

## 2.6 Keypad Matrik 4x4

Keypad merupakan bagian dari HMI (Human Machine Interface) dan memegang peranan penting dalam sistem mikrokontroler dimana interaksi atau masukan manusia

dibutuhkan. Keypad matrik memiliki rancangan yang sederhana dan dapat dengan mudah di hubungkan dengan mikrokontroler

Konstruksi keypad cukup sederhana. Keypad sesungguhnya terdiri dari sejumlah saklar, yang terhubung sebagai baris dan kolom dengan susunan seperti yang ditunjukkan pada Gambar dibawah ini:



**Gambar 2.24.** Skematik Keypad 4x4

Untuk mendeteksi tombol yang ditekan, maka port mengeluarkan salah satu bit dari 4 bit yang terhubung pada kolom dengan logika rendah “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 mikrokontroller akan melihat sebagai logika tinggi “1” pada setiap pin yang terhubung ke baris. Cara ini terus dilanjutkan sampai ke empat kolom diberikan logika rendah “0” satu-satu sambil menunggu respon dari baris yang bersangkutan. (Bhargav)

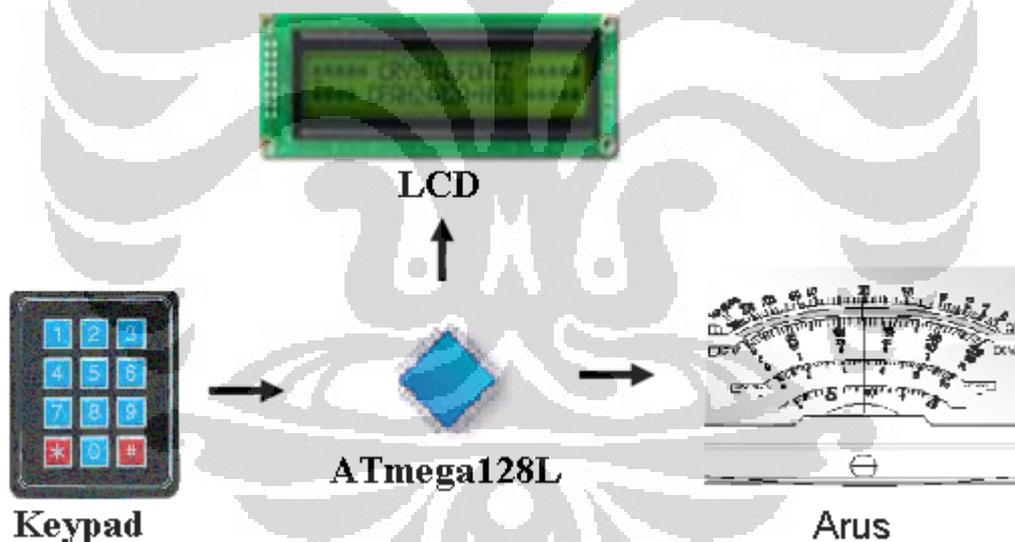
## BAB 3

### PERANCANGAN SISTEM

Pada bagian ini akan dijelaskan gambaran umum akan system sumber arus terprogram yang akan dibuat. Perangkat keras yang digunakan masing-masing memiliki karakteristik dan kegunaan yang berbeda yang akan dijabarkan dalam bentuk informasi. Perangkat keras yang digunakan dalam bentuk modul yang terpisah yang dihubungkan dengan beberapa jenis kabel koneksi transfer atau data.

#### 3.1 Perancangan Perangkat Keras

Pada bagian ini dijelaskan mengenai rangkaian elektronika yang menyusun sistem yang dibuat. Sistem perancangan perangkat keras terdiri dari beberapa bagian komponen-komponen yang tersusun dan saling bekerja sama. Sehingga menjadi satu kesatuan yang utuh yang mempunyai kemampuan yang spesifik. Berikut ini gambar blok diagram yang digunakan dalam perancangan perangkat keras.



Gambar 3.1 Blok diagram sistem

Dari gambar 3.1 diatas, terlihat bahwa peran mikrokontroler ATmega128L sangat sentral. Hal ini karena mengingat akan fungsi mikrokontroler sebagai pemroses data, baik data masukan maupun data keluaran. Masing-masing blok memiliki fungsi dan peranan yang berbeda yang saling terkait agar system sumber arus ini dapat bekerja secara optimal. Secara garis besar sistem ini terdiri dari input, output, dan mikrokontroler. Berikut ini penjelasan dari masing-masing blok diagram diatas.

### 3.2 Perancangan Mikrokontroler ATmega128L

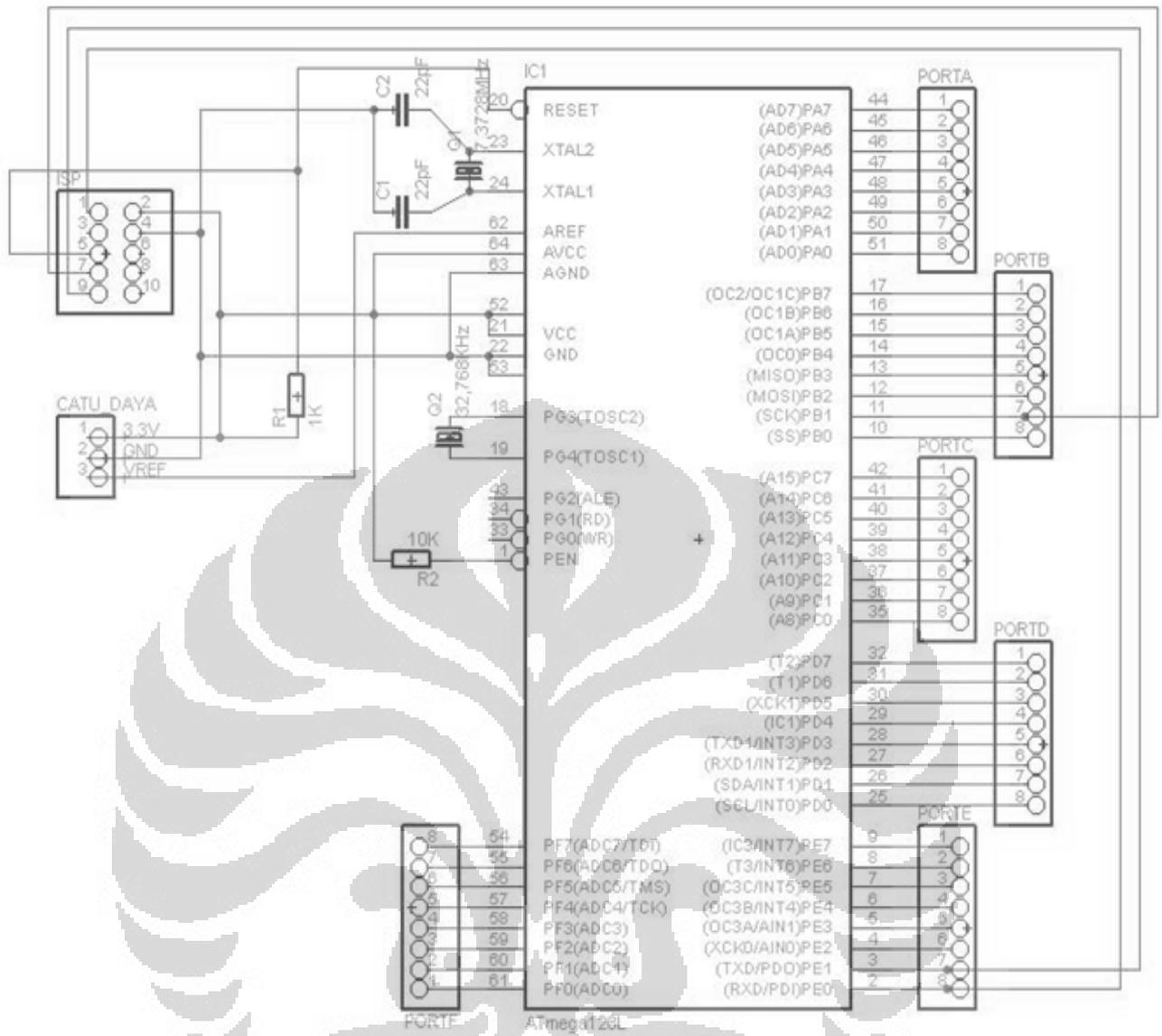
Rangkaian mikrokontroller adalah otak dari keseluruhan system karena berfungsi sebagai pemroses dan pengatur koordinasi peripheral didalam system sumber arus ini. Rangkaian ini terdiri dari mikrokontroler ATmega128 sebagai pengolah data dan mengatur agar sistem bekerja dengan baik beserta dengan rangkaian modulnya yang secara bersama biasa disebut dengan minsis.

Sistem minimum mikrokontroler ATmega128 beroperasi pada tegangan sumber 5V. Rangkaian ini terdiri dari kristal 11,059200 MHz yang berfungsi sebagai penghasil gelombang kotak sebagai *clock* dari mikrokontroler. Fungsi dari kristal ini sama halnya dengan fungsi dari jantung manusia, tanpa adanya kristal sebuah mikrokontroler tidak dapat bekerja. Untuk menghasilkan gelombang kotak yang baik, kristal ini dihubungkan pada dua buah kapasitor 22 piko Farad seperti terlihat pada gambar. Pada rangkaian digunakan reset. Reset berfungsi untuk menolkan setiap register yang digunakan sehingga sistem dapat berjalan dari awal lagi. Pada rangkaian ini digunakan juga kristal 32,768 kHz pada pin TOSC1 dan TOSC2 sebagai sumber *clock* RTC.

Mikrokontroler ini memiliki 6 port yaitu port A, B, C, D, E dan F. Adapun penggunaan dari tiap-tiap port dijelaskan dalam tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Penggunaan Port ATmega128 pada Sistem yang Dibuat

Port	Fungsi	Interface
PA2 - PA7	Keluaran	LCD 2x16
PB0 – PB2	Masukan dan keluaran	SPI Digital Pot
PC0 – PC7	Masukan	Keypad 4x4
PD0	Masukan	Saklar Interupsi



**Gambar 3.2** Rangkaian Minimum Sistem ATmega128

### 3.3 Perancangan Antarmuka LCD Karakter 16x2

LCD merupakan singkatan dari *Liquid Crystal Display*. Tampilan LCD karakter yang digunakan pada alat ini terdiri atas 16 kolom dan 2 baris. Pada alat ini, LCD digunakan sebagai penampil informasi berupa tampilan angka pada saat memasukkan besaran ampere arus yang diinginkan sehingga pemakai dapat mengetahui angka yang ditekan adalah angka yang diinginkan. Selain itu, besar arus yang keluar dari terminal beban juga dapat diketahui. LCD yang digunakan adalah seri JHD162A yang memiliki spesifikasi untuk tegangan masukan logika tinggi minimal 2,2V dan tegangan masukan logika rendah maksimal 0,6V. Untuk mikrokontroler ATmega128L, tegangan output logika rendah adalah maksimal 0,5V dan tegangan output logika tinggi adalah minimal 2,2V. Hal ini berarti jalur data LCD

karakter yang digunakan oleh penulis bisa langsung terhubung dengan ATmega128L seperti pada Gambar 3.7.



**Gambar 3.3** Tampilan LCD 16 x 2

LCD ini memiliki 16 pin dengan fungsi masing-masing pin sebagai berikut.

**Tabel 3.2** Keterangan Pin LCD Karakter

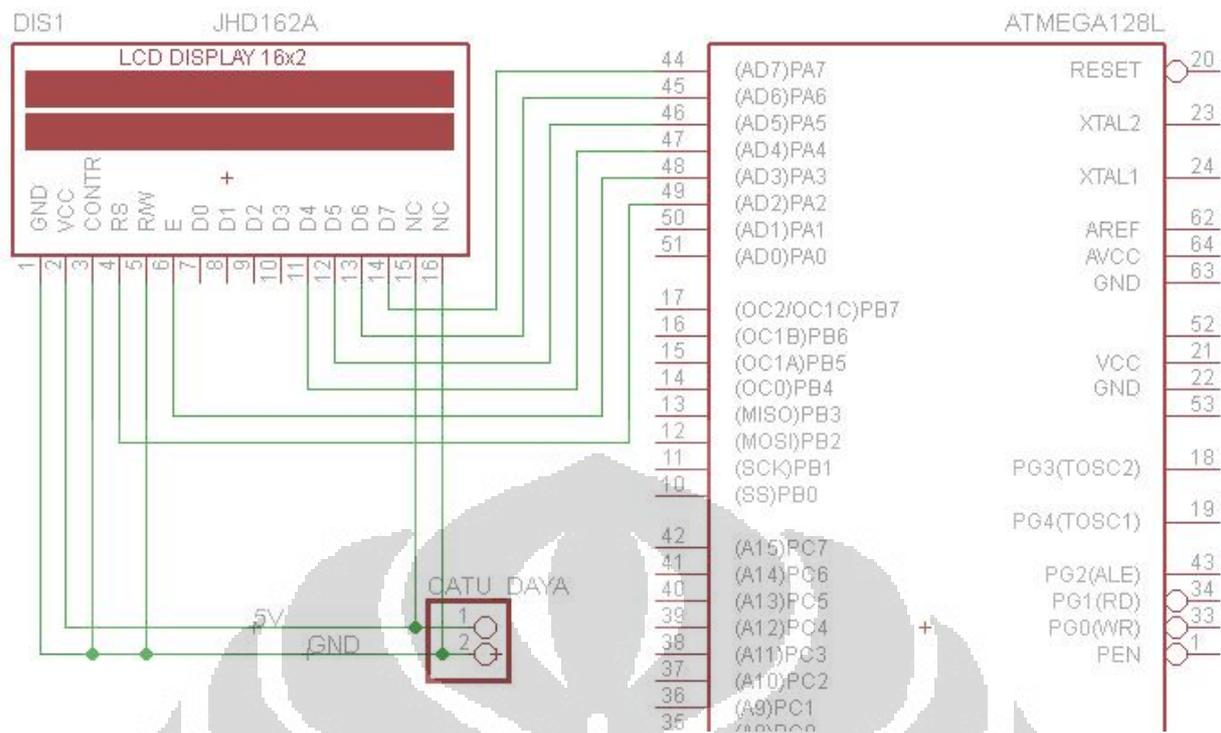
Pin	Symbol	Level	Deskripsi
1	VSS	0V	Ground
2	VDD	5.0V	Tegangan Sumber LCD
3	VEE	(Variable)	Tegangan kontras LCD
4	RS	H/L	Register Select, 0=Register Intruksi, 1 = Register Data
5	R/W	H/L	H: Baca (MPU←LCD), L: Tulis (MPU→LCD)
6	E	H.H→L	Chip Enable (pengaktif LCD)
7	DB0	H/L	Data Bit 0
8	DB1	H/L	Data Bit 1
9	DB2	H/L	Data Bit 2
10	DB3	H/L	Data Bit 3
11	DB4	H/L	Data Bit 4
12	DB5	H/L	Data Bit 5
13	DB6	H/L	Data Bit 6
14	DB7	H/L	Data Bit 7

15	LED+	3.8V - 4.2V	Tegangan positif led
16	LED-	0V	Tegangan negatif led

Display karakter pada LCD diatur oleh pin EN, RS dan RW: Jalur EN dinamakan *Enable*. Jalur ini digunakan untuk memberitahu LCD bahwa kita sedang mengirimkan sebuah data. Untuk mengirimkan data ke LCD, dikarenakan jalur EN adalah aktif low, maka melalui program EN harus dibuat logika low “0” dan set pada dua jalur kontrol yang lain RS dan RW. Ketika dua jalur yang lain telah siap, set EN dengan logika “1” dan tunggu untuk sejumlah waktu tertentu (sesuai dengan *datasheet* dari LCD) dan berikutnya set EN ke logika low “0” lagi.

Jalur RS adalah jalur *Register Select*. Ketika RS berlogika low “0”, data akan dianggap sebagai sebuah perintah atau instruksi khusus (seperti clear screen, posisi kursor dll.). Ketika RS berlogika high “1”, data yang dikirim adalah data text yang akan ditampilkan pada display LCD. Sebagai contoh, untuk menampilkan huruf “T” pada layar LCD maka RS harus diset logika high “1”.

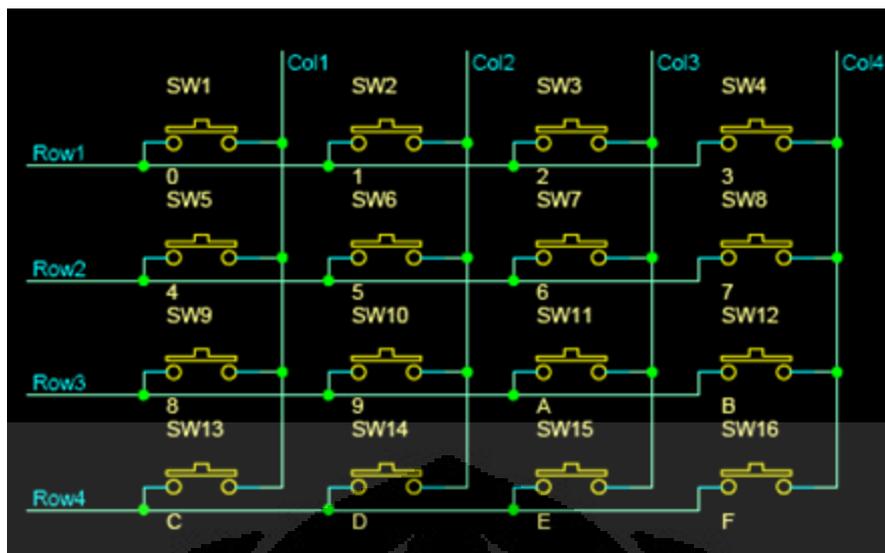
Jalur RW adalah jalur kontrol Read/ Write. Ketika RW berlogika low “0”, maka informasi pada bus data akan dituliskan pada layar LCD. Ketika RW berlogika high “1”, maka program akan melakukan pembacaan memori dari LCD. Sedangkan pada aplikasi umum pin RW selalu diberi logika low “0”. Pada akhirnya, bus data terdiri dari 4 atau 8 jalur (bergantung pada mode operasi yang dipilih oleh user). Pada kasus bus data 8 bit, jalur diacukan sebagai DB0 s/d DB7.



**Gambar 3.4** Koneksi LCD dengan ATmega128

### 3.4 Perancangan Antarmuka Keypad 4x4

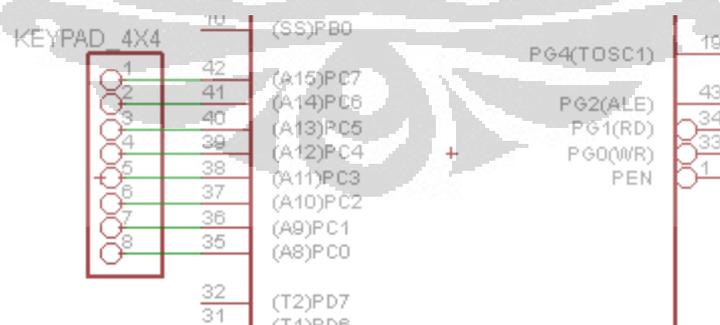
Keypad merupakan bagian dari HMI (*Human Machine Interface*) dan memegang peranan penting dalam sistem mikrokontroler dimana interaksi atau input manusia dibutuhkan. Keypad matrik memiliki rancangan yang sederhana dan dapat dengan mudah di hubungkan dengan mikrokontroler. Kontruksi keypad sangat sederhana. Keypad sesungguhnya terdiri dari sejumlah saklar, yang terhubung sebagai baris dan kolom dengan susunan seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.5 berikut ini.



**Gambar 3.5** Matrix keypad 4x4

Untuk mendeteksi tombol yang ditekan, 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 mikrokontroller akan melihat sebagai logika high “1” pada setiap pin yang terhubung ke baris. Cara ini terus dilanjutkan sampai ke empat kolom diberikan logika low “0” satu-satu sambil menunggu respon dari baris yang bersangkutan.

Keypad 4x4 ini memiliki 8 pin. Semua pin ini langsung dihubungkan ke port E ATmega128 seperti di Gambar 3.6.

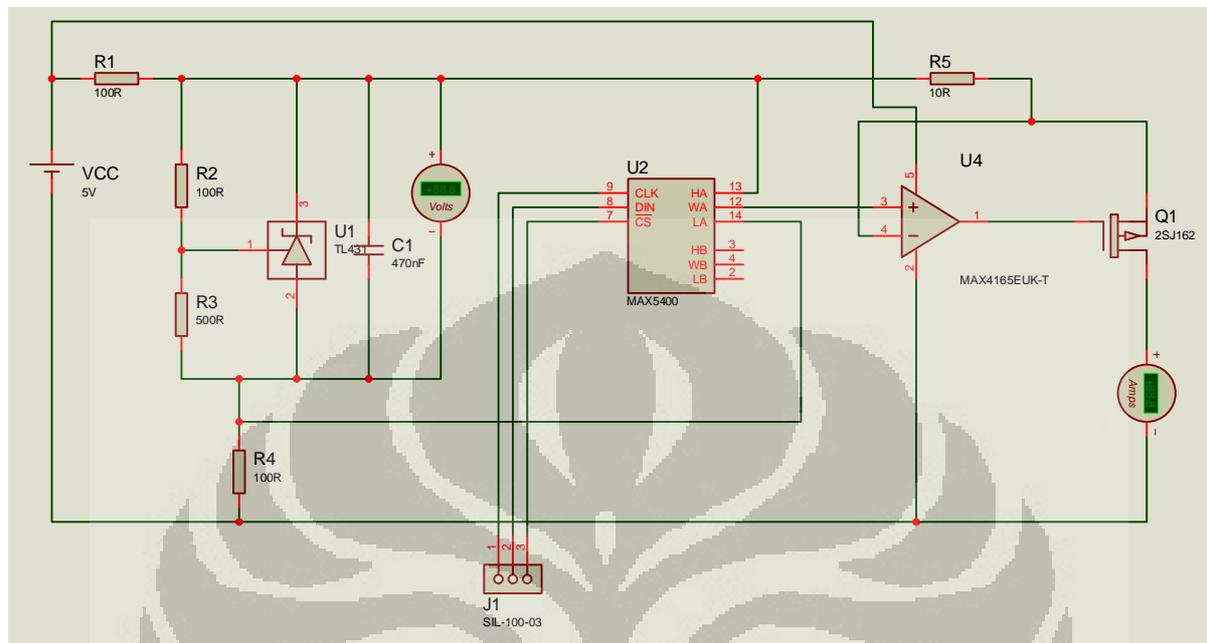


**Gambar 3.6** Koneksi Keypad dengan ATmega128

### 3.5 Perancangan Sumber Arus

Rangkaian sumber arus yang digunakan cukup sederhana karena tidak banyak membutuhkan komponen-komponen elektronika dasar didalam modulnya. Komponen utama

yang menyusun rangkaian sumber arus ini adalah ic tegangan shunt, sebuah digital potensiometer, op-amp dan beberapa hambatan dan transistor. Rangkaiannya dapat dilihat di bawah ini :



**Gambar 3.7** Rangkaian dasar sumber arus

Ic U2 didalam rangkaian diatas merepresentasikan sebuah digital potensiometer yang apabila ditambahkan sebuah presisi op-amp U4 di port w (wiper) dari digital potensiometer akan mengatur arus yang akan melalui pass transistor. Shunt regulator U1 digunakan sebagai penyedia tegangan referensi yang konstan bagi digital potensiometer. Dengan menggunakan transistor yang memiliki tingkat kelinieran yang baik dalam salah satu regionnya, transistor tersebut akan mengatur arus pada beban sebagai respons dari tegangan yang diterapkan pada gatannya. Jadi, fungsi regulator yang stabil dan konstan sangatlah penting karena akan mempengaruhi arus yang akan dikeluarkan oleh transistor.



**Gambar 3.8.** Modul sumber arus tampak atas



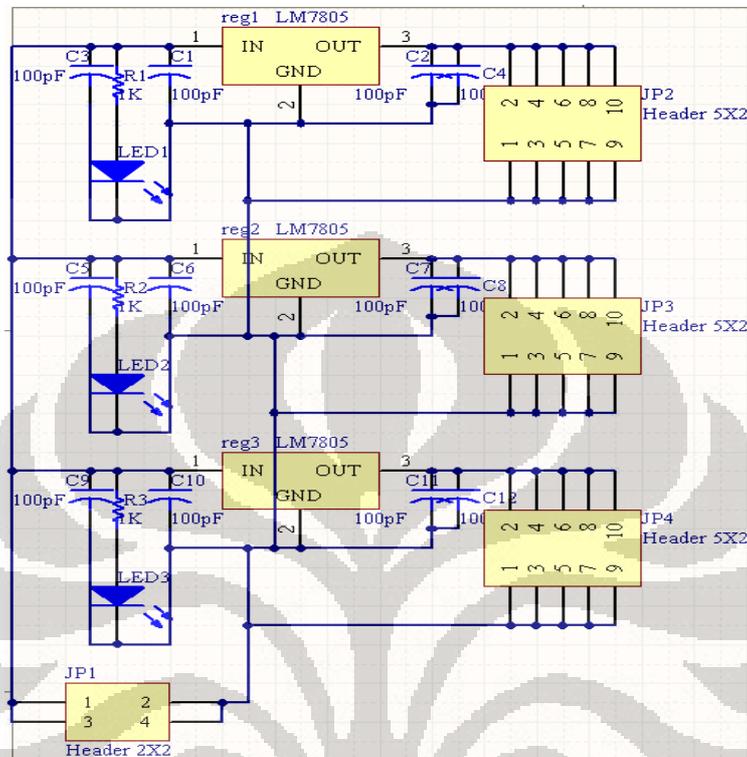
**Gambar 3.9.** Modul sumber arus tampak bawah

Masing-masing penambahan langkah pada digital potensiometer akan mengubah besarnya arus yang akan dikeluarkan. Hal ini karena fungsi wiper pada digital potensiometer yang akan berubah besaran hambatannya yang dapat dikontrol oleh SPI yang disambungkan dengan mikrokontroler. Port yang dimaksud dapat dilihat pada table 3.1 penggunaan port mikrokontroler ATmega128 pada alat yang dibuat diatas.

### 3.6 Catu Daya

Semua blok yang ada di Gambar 3.1 kecuali keypad membutuhkan sumber tegangan untuk bisa beroperasi secara normal. Mikrontroler ATmega128, dan LCD karakter 16x2 sama-sama membutuhkan tegangan sumber 5 volt untuk dapat beroperasi. Op-amp presisi yang digunakan membutuhkan tegangan sumber +2,7 sampai +6,5 V pada mode single supply dan digital potensiometer yang digunakan membutuhkan sumber tegangan +2,7

sampai +5,5, sehingga untuk kedua IC tersebut dapat digunakan tegangan sumber 5 V yang sama. Dengan demikian penulis menggunakan tegangan regulator L7805CV untuk sumber tegangan 5V. Input dari regulator tegangan ini adalah adaptor dengan tegangan antar 7,5V – 26,0V.

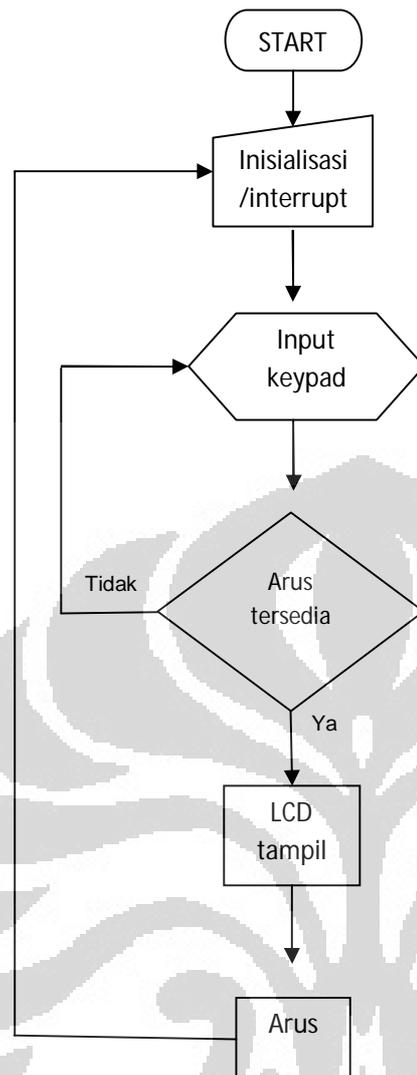


**Gambar 3.10.** Rangkaian Catu Daya

### 3.7 Perancangan Program

Untuk memprogram mikrokontroler pada pembuatan sistem ini digunakan bahasa basic. Compiler yang digunakan adalah BASCOM-AVR. Program ini berfungsi menterjemahkan dari bahasa basic (yang dapat dimengerti manusia) ke dalam bahasa mesin yang berfungsi untuk mengendalikan mikrokontroler.

Untuk menentukan alur kerja program terlebih dahulu dirancang diagram alir program, dengan rancangan tersebut akan lebih mudah untuk menentukan instruksi apa yang harus digunakan pada tiap langkahnya. Diagram alir alat ini dapat dilihat pada Gambar.



**Gambar 3.11.** Diagram Alir Sistem

Tahap selanjutnya adalah pembuatan program dengan menggunakan BASCOM-AVR. Program yang dibuat selanjutnya *dicompile* dan dikirim ke mikrokontroler dalam bentuk “.hex”. Pada sistem yang dibuat ini, penulis membuat program final.bas.

### 3.8 Perangkat Pendukung

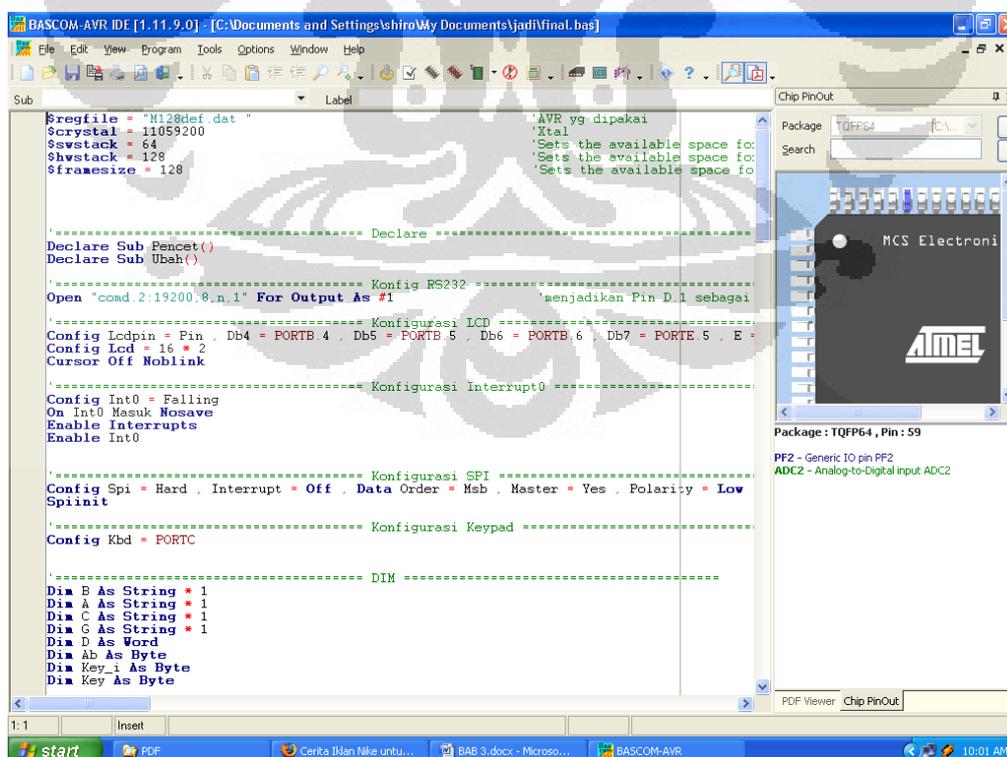
Keberadaan perangkat lunak (software) tidak dapat dipisahkan dari teknologi mikrokontroler. Perangkat lunak merupakan program yang berisi instruksi-instruksi yang akan mengendalikan kerja mikrokontroler tersebut. Perangkat lunak dapat ditulis dengan bahasa tingkat tinggi seperti Basic, Delphi, Turbo Pascal, C atau juga dapat ditulis dengan bahasa tingkat rendah seperti assembly.

Untuk dapat bekerja dalam mikrokontroler, program yang telah ditulis dengan bahasa pemrograman tersebut selanjutnya *dicompile* dengan *compiler* agar diperoleh bentuk hexadesimal dengan bentuk file \*.hex, bentuk object dengan bentuk file \*.obj atau bentuk biner dengan bentuk file \*.bin. Selanjutnya, file HEX didownload ke dalam mikrokontroler dengan downloader.

### 3.8.1 BASCOM-AVR

BASCOM-AVR adalah program basic compiler berbasis windows untuk mikrokontroler keluarga AVR seperti Atmega128 dan yang lainnya. BASCOM AVR merupakan pemrograman dengan bahasa tingkat tinggi “BASIC” yang dikembangkan dan diproduksi oleh MCS Electronics sehingga dapat dengan mudah dimengerti/diterjemahkan oleh manusia.

Dalam program BASCOM-AVR terdapat beberapa kemudahan untuk memprogram Atmega128, seperti program simulasi yang sangat berguna untuk melihat hasil program yang telah kita buat. BASCOM-AVR ini didesain untuk berjalan di Windows 95/98/NT/2000, XP dan VISTA. Tampilan muka halaman editor perangkat lunak BASCOM-AVR ditunjukkan pada gambar 3.12.



Gambar 3.12 Halaman editor BASCOM-AVR

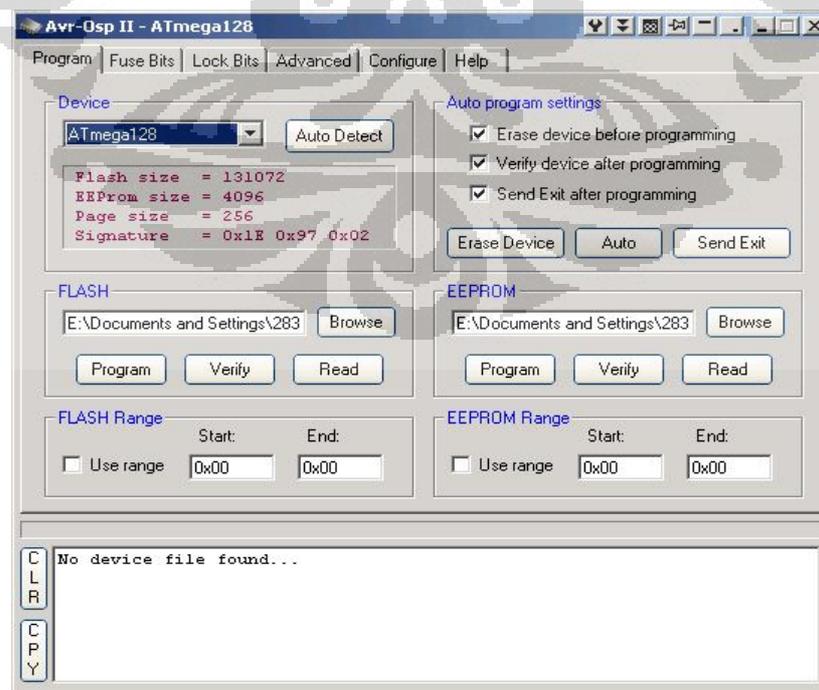
### 3.8.2 USB AVR ISP Downloader

USB AVR ISP downloader adalah perangkat keras yang digunakan untuk mentransfer program yang telah dihasilkan BASCOM AVR ke dalam mikrokontroler dengan bantuan perangkat lunak Avr-Osp II Version .547 dan sebagai sarana komunikasi dengan komputer secara serial.



**Gambar 3.13** USB AVR ISP Downloader

Perangkat lunak Avr-Osp II Version .547 merupakan perangkat lunak yang mudah digunakan. Untuk memulai kerja dengan perangkat lunak ini, pengguna cukup melakukan konfigurasi port dan baud rate pada tab configure. Setelah melakukan setting, maka Avr-Osp II siap digunakan untuk melakukan aktivitas yang dikehendaki misalnya untuk membaca memori flash dan memori data, menghapus memori flash dan memori data, men-download program dan melakukan simulasi. Tampilan halaman muka Avr-Osp II Version .547 ditunjukkan pada Gambar 3.14.



**Gambar 3.14** Halaman muka Avr-Osp II



**Gambar 15.** Tampilan pin downloader pada alat

### 3.9 Prinsip Kerja Rancangan Secara Umum

Prinsip kerja rancangan alat ini secara umum adalah sebagai berikut, pada saat saklar dihidupkan, LCD 16x2 akan memberikan tampilan 'Arus = ' yang berarti alat ini siap untuk diberi perintah. Namun keypad 4x4 tidak akan bereaksi apa-apa walaupun telah ditekan. Hal ini karena mikrokontroler ATmega128 akan me-loop saja program tampilan LCD tersebut. Pada saat tombol interupsi ditekan, barulah mikrokontroler akan bereaksi dengan mulai membaca input masukan pada keypad. Input yang dimasukkan dibatasi hanya sampai 3 digit saja dan akan menunjukkan besaran miliampere.

Ketika ketiga digit input sudah diberikan, maka mikrokontroler akan mencocokkannya pada program syntax yang ada dan akan mengarahkannya pada posisi tap wiper dari digital potensiometer MAX5400 terdekat. Perubahan dari posisi tap wiper digital potensiometer akan mengubah besaran masukan bagi operasional amplifier presisi MAX4165 kira-kira sebesar 11,72 mV setiap penambahan bit, jadi range dari masukan bagi op-amp max 4165 adalah 11.72 mV sampai 2.98 V pada 8 bit atau 255 langkah yang akan dibandingkan dengan tegangan dari vcc yang digunakan sebagai acuan. Tegangan yang keluar akan menjadi masukan bagi mosfet IRF9530 yang akan merubahnya menjadi arus yang berhubungan langsung dengan beban yang digunakan.

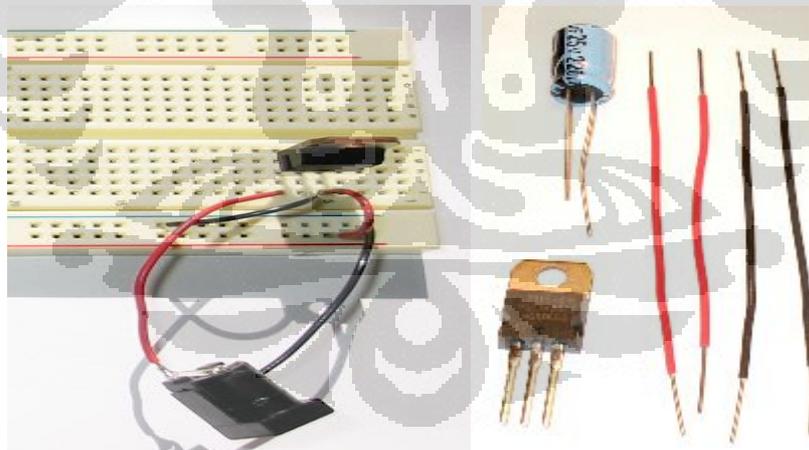
## BAB 4

### PENGUJIAN SISTEM DAN ANALISA

Pada bab ini akan membahas tentang pengujian dan menganalisa system yang telah dibuat. Rangkaian pengujian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja dari system yang telah dibuat, apakah telah sesuai dengan harapan atau belum dan menganalisa apabila telah terjadi kesalahan.

#### 4.1 Pengujian Catu Daya

Bagian pertama yang hendak penulis uji adalah rangkaian catu daya. Maksud dari dilakukannya uji pada catu daya sebagai bagian yang harus pertama kali di uji adalah karena rangkaian catu daya merupakan rangkaian pertama yang harus berfungsi dengan baik. Hal ini dikarenakan catu daya digunakan untuk mensuply tegangan bagi rangkaian lainnya, seperti tegangan sumber bagi mikrokontroler, LCD, op-amp, dan digital potensiometer yang digunakan. Tegangan catu daya yang digunakan oleh penulis adalah sebesar 5 V. Telah digunakan oleh penulis ic L7805CV sebagai regulator tegangan, input yang digunakan sebelum diregulasi oleh ic L7805CV berasal dari sebuah adaptor DC 12 V.



**Gambar 4.1** 7805 dan komponen pendukung catu daya

Pengujian dilakukan dengan cara mengukur hasil tegangan keluaran yang dihasilkan oleh rangkaian catu daya tersebut. Adapun alat pengujian hasil keluaran catu daya menggunakan multimeter digital dan osiloskop yang terdapat di lab Elektronika jurusan Fisika. Sebelum digunakan, osiloskop telah dikalibrasi ulang, sedangkan untuk multimeter digital tidak perlu dilakukan perlakuan khusus terhadapnya.

Hasil keluaran dari catu daya ditampilkan dalam bentuk table seperti dibawah ini:

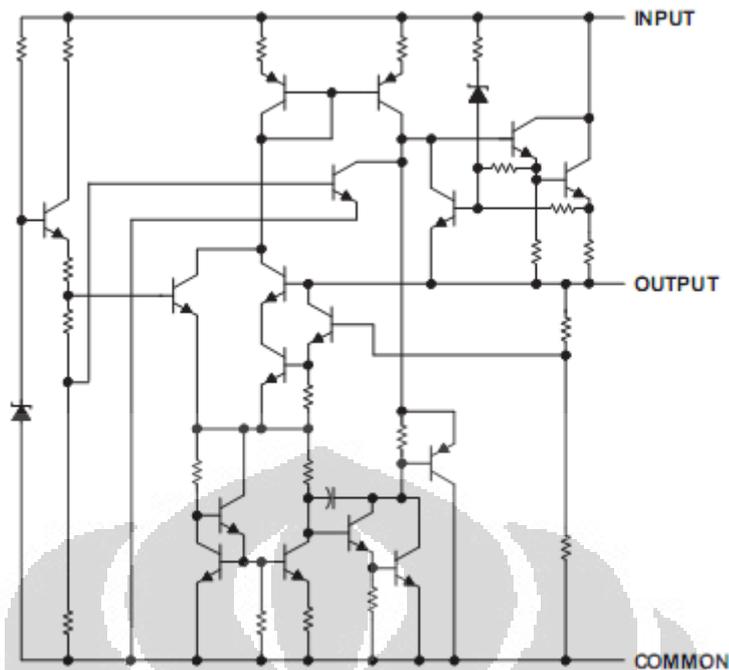
**Tabel 4.1** Hasil Pengukuran Catu Daya

	Vout L7805CV
Multimeter Digital	$\pm 5,03V$
Osiloskop	$\pm 5,00V$

Perlu diingat bahwa sebagai fungsi dari regulator adalah mengatur keluaran agar tepat seperti apa yang kita inginkan pada besaran keluaran dengan cara memotong sumber yang dimasukkan padanya, sehingga besar sekali disipasi daya yang terjadi pada ic L7805CV. Hal ini akan mengakibatkan ic tersebut menjadi cepat panas. Oleh karena itu ic tersebut biasanya dipasang menempel pada sebuah atau beberapa heatsink agar kalor menjadi cepat terlepas. Semakin besar dan cepat pelepasan kalor maka akan semakin baik kinerja dari ic L7805CV tersebut. Kinerja heatsink yang kurang baik akan membuat ic L7805CV menjadi cepat panas dan pada akhirnya akan mengurangi daya kerja dari ic itu sendiri yang berakibat dari kurang baiknya tegangan keluaran pada tegangan hasil regulasi. Adapun hasil pembacaan keluaran dengan menggunakan osiloskop didapatkan gambar seperti dibawah ini:



Gambar 4.2 Tegangan output L7805CV pada 2V/div



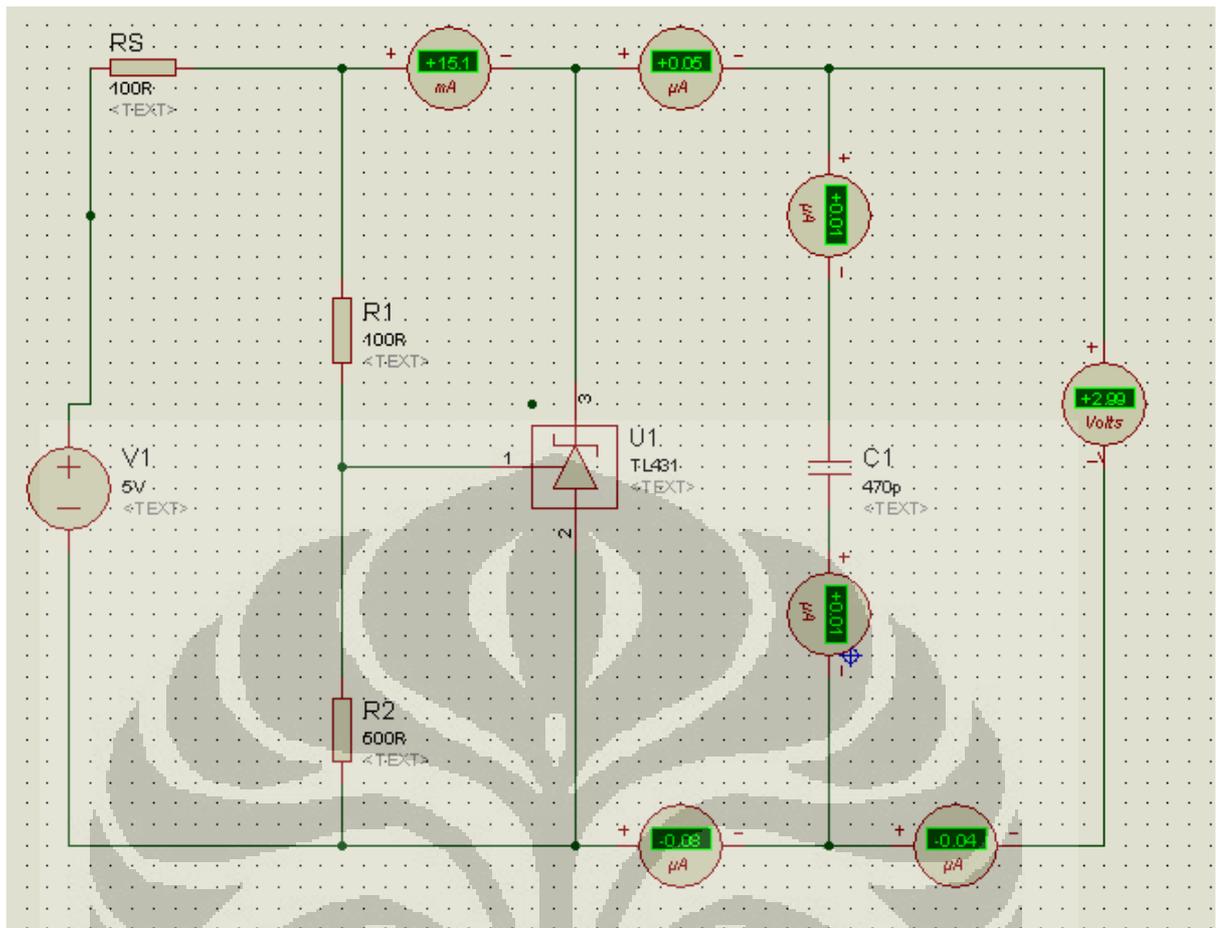
Gambar 4.3 Skematik dasar ic regulator L7805CV

*www.ti.com*

Dari hasil pengujian, dapat dipastikan bahwa catu daya ini dapat digunakan dan sesuai dengan kebutuhan dari system yang akan dibuat.

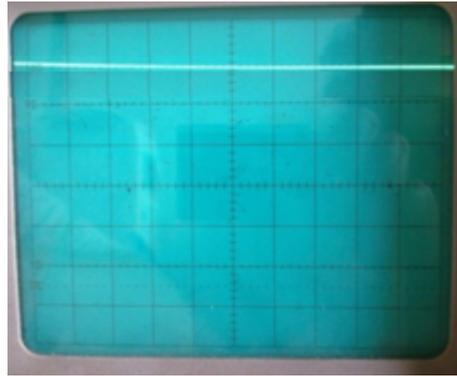
#### 4.2 Analisis Tegangan Referensi Shunt

Didalam rangkaian modul sumber arus ini, terdapat sebuah ic yang berfungsi sebagai shunt regulator untuk tegangan referensi yang konstan. Kebutuhan yang lebih terhadap tegangan referensi yang konstan bukan hanya terdapat pada catu daya yang digunakan, namun juga untuk tegangan referensi. Hal ini dikarenakan sebagai tegangan referensi yang selain dipakai oleh digital potensiometer dipakai juga oleh transistor sumber arus, akan mempengaruhi tingkat kehalusan pada arus keluaran nanti. Untuk ic shunt regulator yang dipakai oleh penulis, sengaja dipilih dari keluarga TL431.



**Gambar 4.4** Rangkaian dasar tegangan referensi digital potensio

Pada rangkaian ini, zener bekerja pada daerah *breakdown*, sehingga menghasilkan tegangan output yang sama dengan tegangan zener atau  $V_{out} = V_z$ . Salah satu ciri khas dari jenis regulator shunt ini adalah komponen regulator yang paralel dengan beban. Ciri lain dari shunt regulator adalah, sangat rentan terhadap *short-circuit* hubungan arus singkat). Dengan menggunakan rangkaian yang sederhana sebagai pengetes dan osiloskop sebagai alat pengukur. Didapatkan tegangan referensi shunt yang diinginkan sebesar 2.99 - 3 V yang sesuai untuk tegangan referensi bagi digital potensio yaitu sebesar 2.7 sampai 5.5 volt.



**Gambar 4.5** Tegangan referensi shunt 3 V, 1v/div

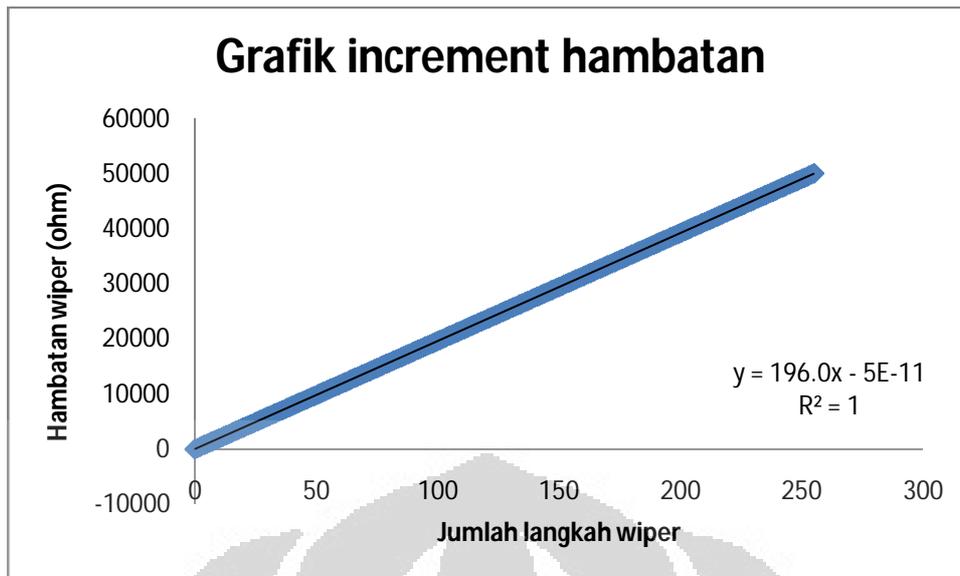
### 4.3 Analisis Terhadap Digital Potensiometer dan Sumber Arus

Didalam system sumber arus ini, digital potensiometer memegang peranan yang sangat penting. Hal ini dikarenakan digital potensiometer akan langsung mengubah besarnya arus yang akan dikeluarkan oleh system. Digital potensiometer yang penulis gunakan dalam system mengambil dari seri MAX5400 dengan spesifikasi 256 posisi tap atau 8 bit. Maksudnya adalah langkah yang bisa diambil sebagai variasi dari tahanan yang akan digunakan berjumlah 256 langkah tahanan. Terdapat dua jenis nilai yang tersedia dalam seri MAX540x ini, yaitu 50k $\Omega$  untuk MAX5400 dan 100k $\Omega$  untuk MAX5401. Dalam system sumber arus ini, penulis menggunakan seri MAX5400 dengan 50k $\Omega$ .



**Gambar 4.6.** Tampilan seluruh alat.

Dengan memplot masing-masing bit dengan jangkauan hambatan maksimal, maka akan didapat tingkat presisi setiap bit yang akan didapat yaitu dapat dilihat di gambar dibawah ini:



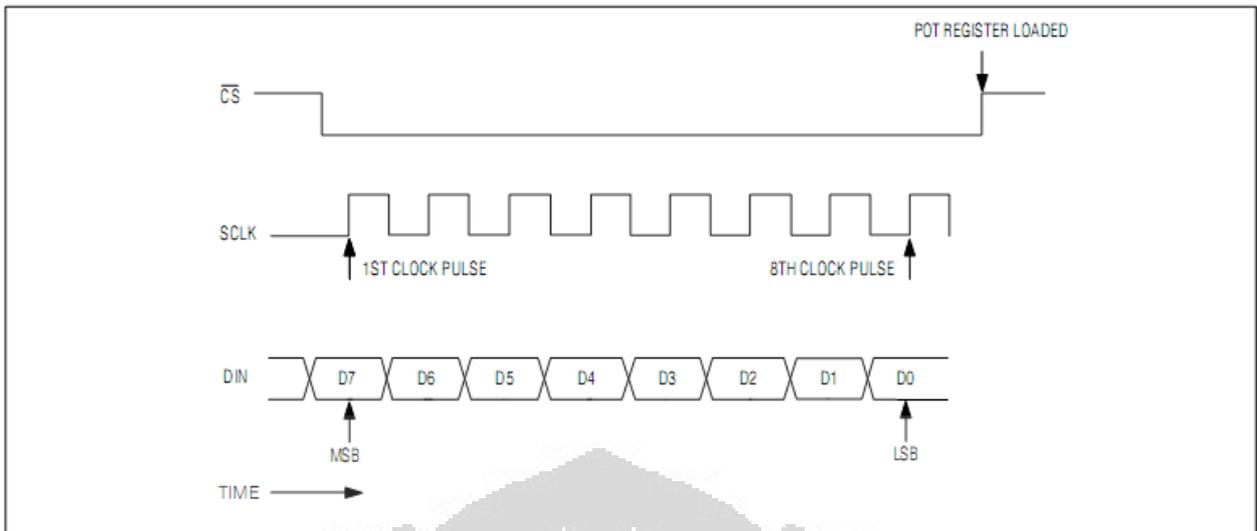
**Gambar 4.7** Grafik linier langkah vs hambatan

Dari least square, maka didapat

$$Y=196.0x+2E-11,$$

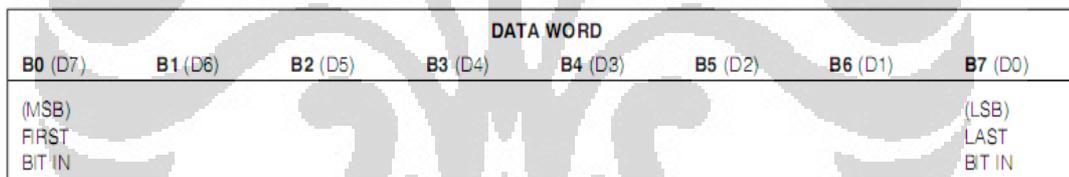
Yaitu dapat diambil kesimpulan bahwa besarnya presisi hambatan sebesar 196.0  $\Omega$  setiap bit atau setiap langkah dari wiper pada digital potensiometranya. Terlihat juga bahwa grafik yang didapat memiliki besaran gradient sebesar 1, maka hal ini membuktikan bahwa digital potensio yang digunakan bekerja secara linier, bukan secara logarithmik. Walaupun dalam penggunaan tertentu misalnya dalam rangkaian audio, dengan sedikit modifikasi digital potensio dapat bekerja secara logarithmic. MAX5400 ini mempunyai fitur power-on reset, yang memungkinkan setiap kali digital potensiometer ini mulai aktif, tap wiper hambatan akan berada di tengah-tengah skala maksimal yaitu berada pada posisi 128 bit.

MAX 5400 mengandung 255 resistor yang dipasang seri diantara pin H dan L. wiper potensiometer (pin W) dapat diprogram untuk mengakses satu diantara 256 titik tap potensiometer pada barisan resistor. Dari gambar 4.9, terlihat bahwa MAX5400 menggunakan 3-kawat data serial interface untuk mengontrol posisi dari tap wiper. Interface hanya-tulis ini mengandung 3 input, yaitu Chip-Select ( $\overline{CS}$ ), Data In (DIN), dan Data Clock (SCLK). Saat  $\overline{CS}$  low, data dari pi DIN secara sinkron dimasukkan kedalam 8 bit register serial geser pada sisi naik dari masing-masing pulsa SCLK. Angka penting (MSB) yang digeser pertama kali, seperti terlihat gambar dibawah.



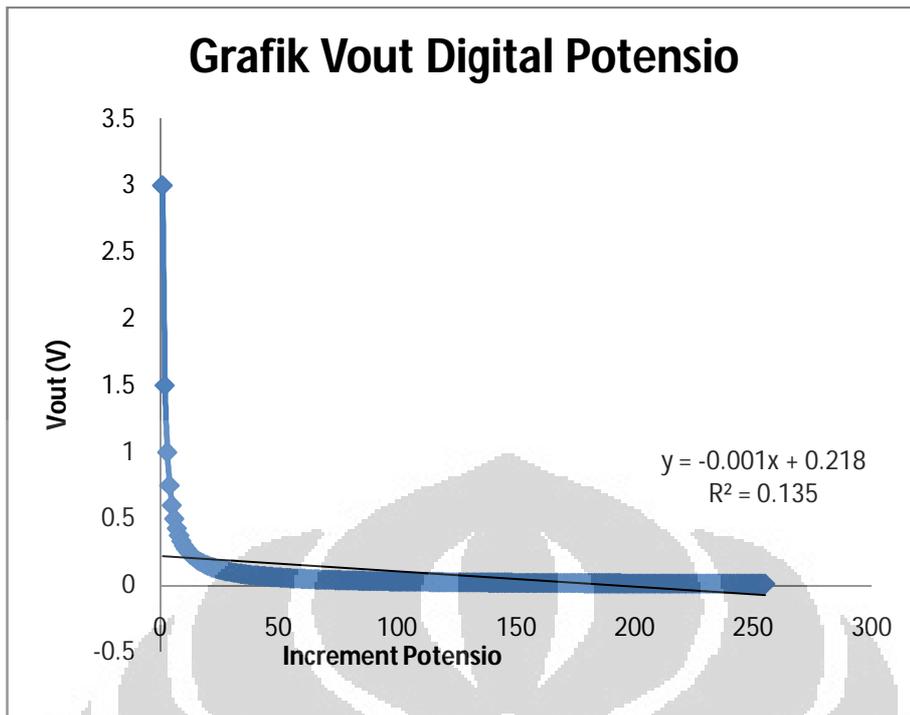
**Gambar 4.8** Timing diagram

Perlu diingat bahwa apabila  $\overline{CS}$  tidak dijaga tetap low selama proses pengiriman data, maka data akan korup dan alat butuh dimasukkan data ulang. Setelah 8 bit data sudah dimasukkan kedalam register geser, mereka akan dikunci didalam decoder saat  $\overline{CS}$  high. Decoder akan menggeser tap wiper keposisi yang ditunjukkan oleh data masukan 8 bit.



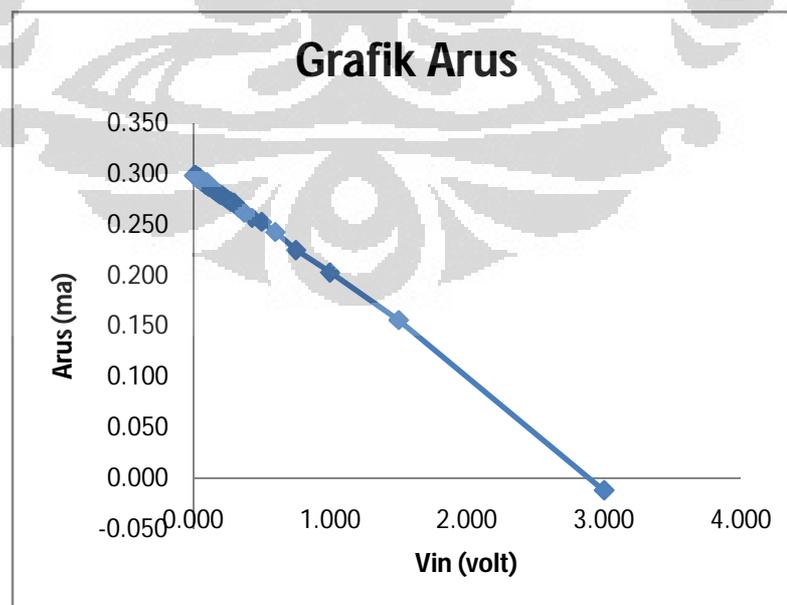
**Gambar 4.9** Format data serial

Hasil keluaran dari digital potensiometer akan berupa tegangan yang menjadi masukan dari op-amp yang dipasang sebagai differensial amplifier. Hal ini bertujuan agar keluaran dari digital potensio akan dibandingkan dengan tegangan dari  $V_{cc}$  sebesar 5 volt. Didapatkan grafik



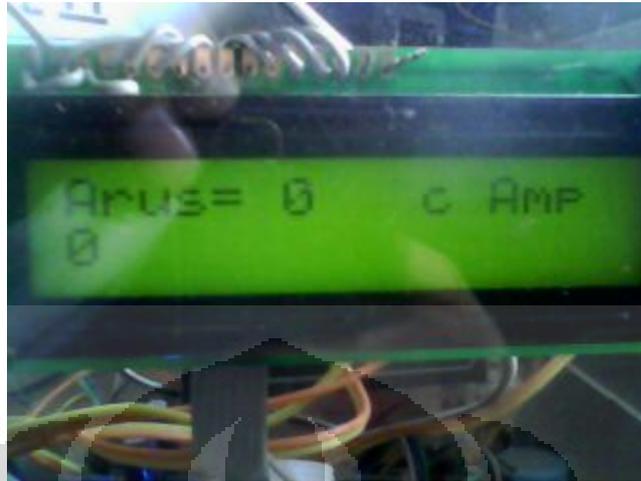
**Gambar 4.10** Grafik Vout Digital Potensio

Dengan  $V_{out}$  yang dapat diatur dengan mudah, maka besarnya tegangan yang dapat dikeluarkan oleh amplifier akan meregulasi arus yang akan melewati transistor sedangkan digital potensio akan mengatur arus yang melalui hambatan  $R_{sense}$ . Yang untuk selanjutnya akan menjadi arus pada beban. Tegangan yang berada di  $R_{sense}$  akan menentukan arus yang melalui transistor pass ( $I_{set}$ ). Untuk  $R_{sense}$  sebesar 1 ohm, didapatkan grafik :

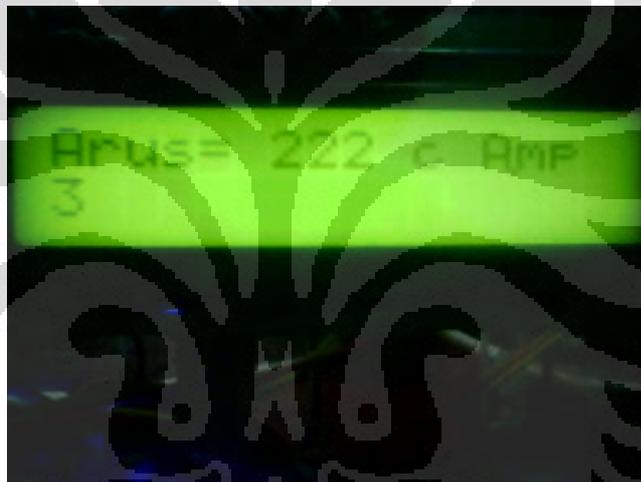


**Gambar 4.11** Grafik I

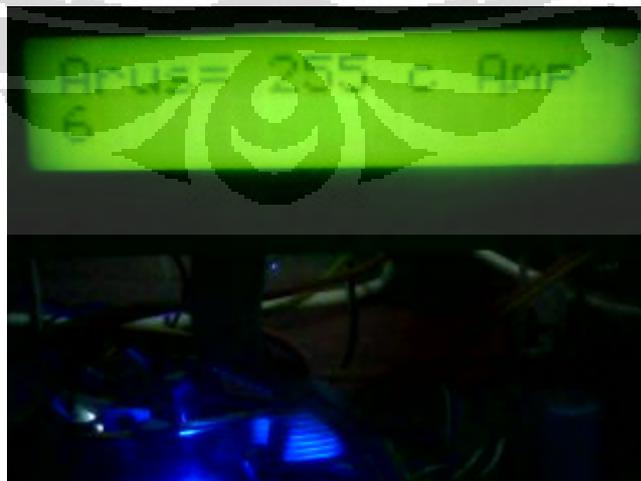
Hasil pengetesan alat guna memasukkan nilai input arus yang didapat sesuai grafik diatas didapat :



**Gambar 4.12.** Inisialisasi sebelum interrupt



**Gambar 4.13.** Input masukan 222 mA



**Gambar 4.14.** Input masukan 255 mA



**Gambar 4.15.** Input Masukan 298 mA

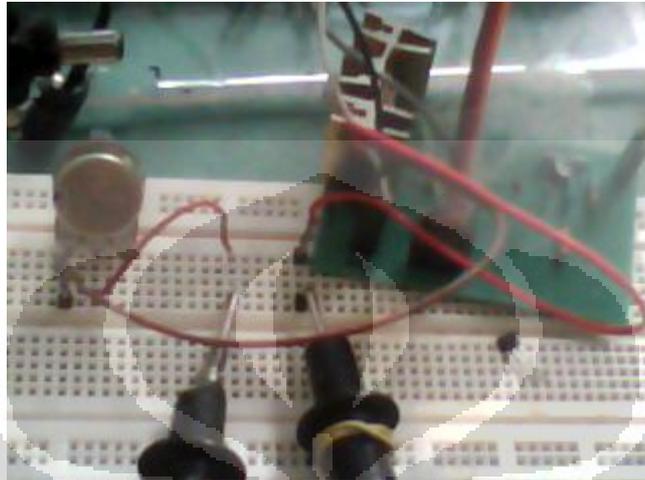


**Gambar 4.16.** Input over range

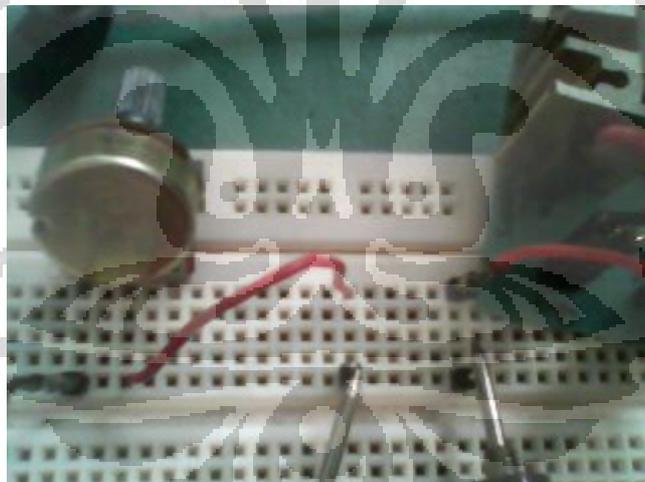
Hasil input yang dimasukkan melalui keypad akan diolah oleh mikroprosesor sebagai perintah spi pada digital potensio. Digital potensio akan berubah posisi wipernya tergantung dari perintah keypad pada mikroprosesor. Kemudian sebagai pengatur tegangan akan memberikan input op-amp yang akan mengubahnya sebagai keluaran arus pada mosfet. Masukan input keypad yang diterima akan dipilih / dicocokkan dengan data syntax pada *software* bascom. Kemudian data tersebut akan memberikan perintah digital potensio untuk merubah posisi wipernya diambil yang terdekat dari bawah. Penjelasan pengambilan data dapat dilihat pada lampiran table 1. Adapun apabila masukan input keypad tidak tersedia pada data arus dari digital potensio, maka lcd akan memberikan tampilan 'salah', dan meminta untuk memasukan data lagi yang baru seperti terlihat pada gambar 4.16.

#### 4.4 Uji Kestabilan Terhadap Variasi Beban

Uji kestabilan alat terhadap variasi beban bertujuan agar tingkat kekonstanan alat ini dapat diketahui. Adapun besarnya hambatan yang diuji bervariasi dari sekitar 0 ohm sampai 10000 ohm dalam bentuk hambatan geser / potensiometer mekanik biasa. System pengujian tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah.



**Gambar 4.17.** Skema pengujian beban rangkaian



**Gambar 4.18.** system pengujian secara dekat

Beban potensiometer divariasikan dengan besaran tertentu, lalu arus dari sumber arus akan melewatinya terlebih dahulu sebelum masuk keamperemeter yang diset pada skala yang tepat agar pembacaan pada amperemeter digital tersebut lebih mudah dibaca. Hasil dari uji tersebut dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 4.2** Arus 156 mA

ohm	Arus (mA)
2	156
1008	154
2011	150
3001	149
4006	144
5006	140
6001	140
7010	130
8002	122
9003	106
10001	77

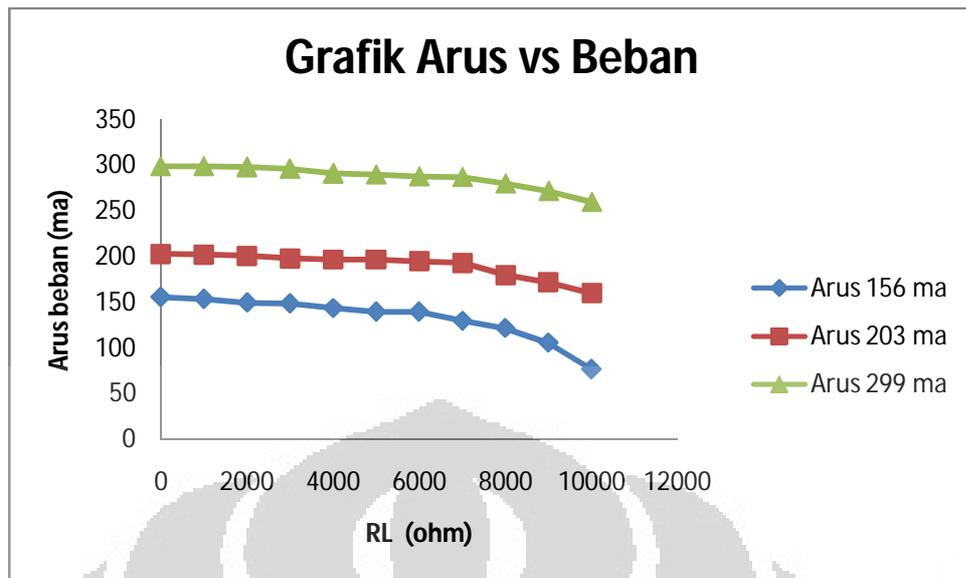
**Tabel 4.3.** Arus 203 mA

ohm	Arus (mA)
1	203
1002	202
2001	201
3005	198
4001	197
4998	197
6001	195
7006	193
8005	180
9001	172
10010	160

**Tabel 4.4.** Arus 299 mA

ohm	Arus (mA)
1	299
1002	299
2003	298
2998	296
4006	291
5001	290
6002	288
7004	287
8001	280
9002	272
10002	260

Apabila diplot terhadap grafik akan didapatkan grafik sebagai berikut :



**Gambar 4.19.** Gambar grafik uji arus

Terlihat bahwa apabila arus yang digunakan bertambah besar, maka penurunan grafiknya pada sisi akhirnya pun agak lebih sedikit drop / penurunannya. Hal ini berarti tingkat kestabilan dan konstannitas dari alat akan semakin meningkat dengan bertambahnya arus yang digunakan pada besar beban yang sama.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 KESIMPULAN**

1. Sistem yang dibuat dapat mengeluarkan arus yang cukup mendekati kebutuhan.
2. Digital potensiometer dapat digunakan untuk penggunaan sumber arus yang cukup baik dengan tingkat presisi tergantung pada kemampuan dan besar bit yang digunakan.
3. Arus keluaran yang dapat dicapai berorde 0 sampai 299 miliampere.
4. Tingkat kestabilan dari keluaran arus sangat dipengaruhi oleh tegangan regulator yang digunakan, penggunaan transistor, dan penggunaan op-amp presisi yang lebih baik.
5. Semakin rendah arus yang dikeluarkan akan semakin tidak konstan keluarannya.

#### **5.2 SARAN**

1. Menggunakan system ini hanya pada berbagai macam alat yang membutuhkan sumber arus kecil dan beban yang rendah.
2. Membuat rangkaian yang dapat mengurangi fungsi drift akibat adanya penambahan beban pada terminal beban.
3. Menggunakan digital potensiometer yang memiliki bit lebih besar agar arus yang dikeluarkannya lebih halus perubahannya (penambahan / penurunan arus yang diperlukan).
4. Menggunakan op-amp presisi yang lebih baik, tegangan shunt regulator yang lebih stabil, dan pass transistor yang lebih linier agar arus pada keluaran lebih baik lagi.
5. Agar lebih besar arus yang dikeluarkan bisa menggunakan rangkaian tambahan semacam cascade transistor atau booster current.

## DAFTAR REFERENSI

Atmel. (2007). 8-bit AVR Microcontroller 32K bytes In-System Programable Flash ATmega32. Atmel Corporation

Atmel. (2008). 8-Bit AVR Microcontroller. *Atmel*.

Digital\_potentiometer wiki.htm

Google, Bascom and AVR, Using an LCD

Hikam, Muhammad, Djonaedi Saleh dan Pamulih B Prasetyo. (2004). Buku Pedoman Praktikum Fisika Dasar Ed 2004. Depok:Laboratorium Fisika Dasar, Universitas Indonesia.

Malvino, Albert Paul. (2004). Electronic Priciples. *Macmillan/McGraw-Hill*.

Maxim, Aplication Note 3464. 2005

Maxim, Max4169 Precision Op-amp Datasheet.

Na Peng Bo. (2001). Fisika Modern. Depok : Jurusan Fisika, Universitas Indonesia

Sri Handayani, fisika SMU kelas x Jakarta :Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2009

Wardhana, Lingga. (2006). Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega8535 Simulasi, Hardware, dan Aplikasi. Yogyakarta: ANDI

<http://www.scribd.com/doc/32066872/Tugas-5-MOSFET>

<http://kambing.ui.ac.id/onnopurbo/orari-diklat/pemula/teknik/komponen-elektronik.pdf>

[http://p\\_musa.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/files/8048/Komponen.pdf](http://p_musa.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/files/8048/Komponen.pdf)

[http://www.ehow.com/how\\_4843366\\_use-shunt-resistors.html](http://www.ehow.com/how_4843366_use-shunt-resistors.html)

[http://www.st-andrews.ac.uk/~www\\_pa/Scots\\_Guide/audio/part1/page3.html](http://www.st-andrews.ac.uk/~www_pa/Scots_Guide/audio/part1/page3.html)

<http://www.wikipedia.com/currentsource.html>

## Lampiran 1

Tabel 1

No	Vin	I	Tap
1			
2	3.000	-0.012	1
3	1.500	0.156	2
4	1.000	0.203	3
5	0.750	0.225	4
6	0.600	0.243	5
7	0.500	0.253	6
8	0.429	0.257	7
9	0.375	0.262	8
10	0.333	0.267	9
11	0.300	0.272	10
12	0.273	0.273	11
13	0.250	0.275	12
14	0.231	0.277	13
15	0.214	0.279	14
16	0.200	0.280	15
17	0.188	0.281	16
18	0.176	0.282	17
19	0.167	0.283	18
20	0.158	0.284	19
21	0.150	0.285	20
22	0.143	0.286	21
23	0.136	0.286	
24	0.130	0.287	23
25	0.125	0.287	
26	0.120	0.288	25
27	0.115	0.288	
28	0.111	0.288	
29	0.107	0.289	28
30	0.103	0.289	
31	0.100	0.292	30
32	0.097	0.290	
33	0.094	0.290	
34	0.091	0.290	
35	0.088	0.291	34
36	0.086	0.291	
37	0.083	0.292	36
38	0.081	0.292	
39	0.079	0.293	
40	0.077	0.292	
41	0.075	0.293	
42	0.073	0.293	
43	0.071	0.293	
44	0.070	0.294	43
45	0.068	0.293	
46	0.067	0.293	
47	0.065	0.293	

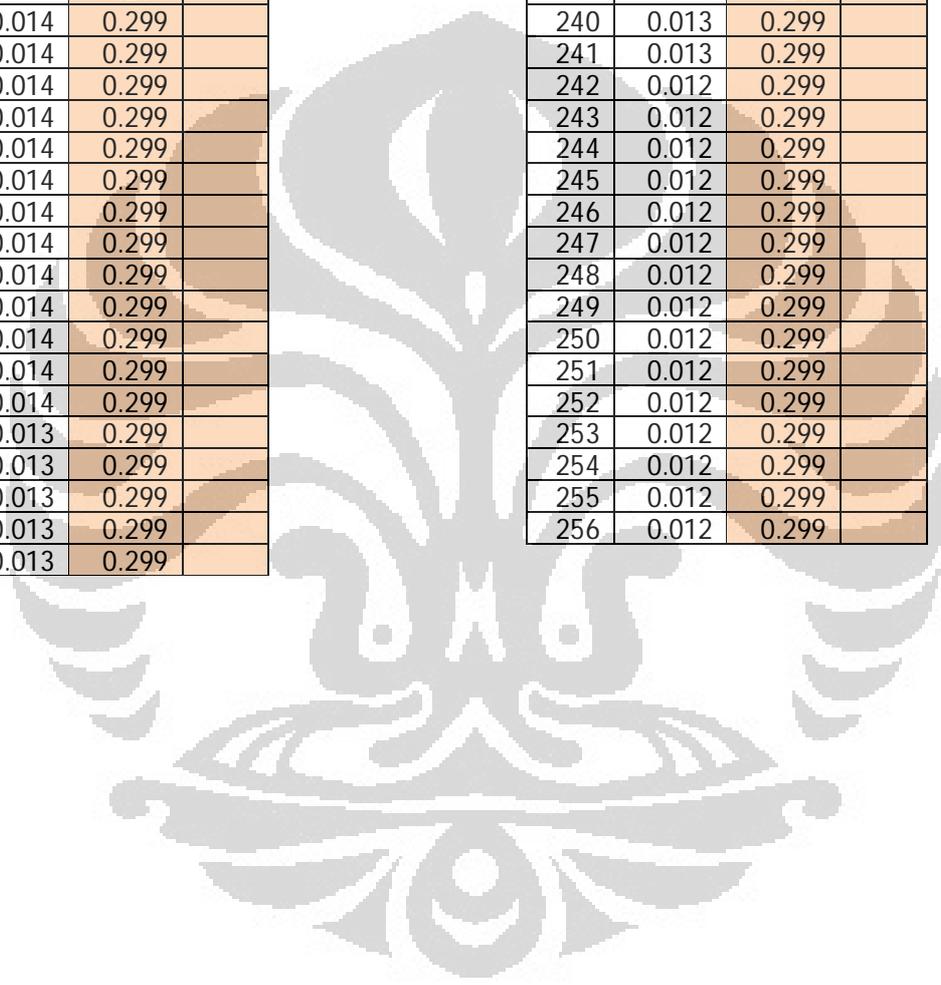
48	0.064	0.294	
49	0.063	0.294	
50	0.061	0.293	
51	0.060	0.294	50
52	0.059	0.294	
53	0.058	0.294	
54	0.057	0.294	
55	0.056	0.294	
56	0.055	0.294	
57	0.054	0.295	
58	0.053	0.295	
59	0.052	0.295	
60	0.051	0.295	
61	0.050	0.296	60
62	0.049	0.296	
63	0.048	0.296	
64	0.048	0.296	
65	0.047	0.296	
66	0.046	0.295	
67	0.045	0.295	
68	0.045	0.295	
69	0.044	0.296	
70	0.043	0.296	
71	0.043	0.296	
72	0.042	0.296	
73	0.042	0.296	
74	0.041	0.296	
75	0.041	0.296	
76	0.040	0.296	
77	0.039	0.296	
78	0.039	0.296	
79	0.038	0.296	
80	0.038	0.296	
81	0.038	0.296	
82	0.037	0.296	
83	0.037	0.296	
84	0.036	0.296	
85	0.036	0.296	
86	0.035	0.296	
87	0.035	0.296	
88	0.034	0.296	
89	0.034	0.296	
90	0.034	0.297	89
91	0.033	0.297	
92	0.033	0.297	
93	0.033	0.297	
94	0.032	0.297	
95	0.032	0.297	

96	0.032	0.297	
97	0.031	0.297	
98	0.031	0.297	
99	0.031	0.297	
100	0.030	0.297	
101	0.030	0.297	
102	0.030	0.297	
103	0.029	0.297	
104	0.029	0.297	
105	0.029	0.297	
106	0.029	0.297	
107	0.028	0.297	
108	0.028	0.297	
109	0.028	0.297	
110	0.028	0.297	
111	0.027	0.297	
112	0.027	0.297	
113	0.027	0.297	
114	0.027	0.297	
115	0.026	0.297	
116	0.026	0.297	
117	0.026	0.297	
118	0.026	0.297	
119	0.025	0.297	
120	0.025	0.297	
121	0.025	0.298	120
122	0.025	0.298	
123	0.025	0.298	
124	0.024	0.298	
125	0.024	0.298	
126	0.024	0.298	
127	0.024	0.298	
128	0.024	0.298	
129	0.023	0.298	
130	0.023	0.298	
131	0.023	0.298	
132	0.023	0.298	
133	0.023	0.298	
134	0.023	0.298	
135	0.022	0.298	
136	0.022	0.298	
137	0.022	0.298	
138	0.022	0.298	
139	0.022	0.298	
140	0.022	0.298	
141	0.021	0.298	
142	0.021	0.298	
143	0.021	0.298	
144	0.021	0.298	
145	0.021	0.298	
146	0.021	0.298	
147	0.021	0.298	

148	0.020	0.298	
149	0.020	0.298	
150	0.020	0.298	
151	0.020	0.298	
152	0.020	0.298	
153	0.020	0.298	
154	0.020	0.298	
155	0.019	0.298	
156	0.019	0.298	
157	0.019	0.298	
158	0.019	0.298	
159	0.019	0.298	
160	0.019	0.298	
161	0.019	0.298	
162	0.019	0.298	
163	0.019	0.298	
164	0.018	0.298	
165	0.018	0.298	
166	0.018	0.298	
167	0.018	0.298	
168	0.018	0.298	
169	0.018	0.298	
170	0.018	0.298	
171	0.018	0.298	
172	0.018	0.298	
173	0.017	0.298	
174	0.017	0.298	
175	0.017	0.298	
176	0.017	0.298	
177	0.017	0.298	
178	0.017	0.298	
179	0.017	0.298	
180	0.017	0.298	
181	0.017	0.298	
182	0.017	0.298	
183	0.016	0.298	
184	0.016	0.298	
185	0.016	0.298	
186	0.016	0.298	
187	0.016	0.298	
188	0.016	0.298	
189	0.016	0.298	
190	0.016	0.298	
191	0.016	0.298	
192	0.016	0.298	
193	0.016	0.298	
194	0.016	0.298	
195	0.015	0.298	
196	0.015	0.298	
197	0.015	0.298	
198	0.015	0.298	
199	0.015	0.298	

200	0.015	0.298	
201	0.015	0.299	200
202	0.015	0.299	
203	0.015	0.299	
204	0.015	0.299	
205	0.015	0.299	
206	0.015	0.299	
207	0.015	0.299	
208	0.014	0.299	
209	0.014	0.299	
210	0.014	0.299	
211	0.014	0.299	
212	0.014	0.299	
213	0.014	0.299	
214	0.014	0.299	
215	0.014	0.299	
216	0.014	0.299	
217	0.014	0.299	
218	0.014	0.299	
219	0.014	0.299	
220	0.014	0.299	
221	0.014	0.299	
222	0.014	0.299	
223	0.014	0.299	
224	0.013	0.299	
225	0.013	0.299	
226	0.013	0.299	
227	0.013	0.299	
228	0.013	0.299	

229	0.013	0.299	
230	0.013	0.299	
231	0.013	0.299	
232	0.013	0.299	
233	0.013	0.299	
234	0.013	0.299	
235	0.013	0.299	
236	0.013	0.299	
237	0.013	0.299	
238	0.013	0.299	
239	0.013	0.299	
240	0.013	0.299	
241	0.013	0.299	
242	0.012	0.299	
243	0.012	0.299	
244	0.012	0.299	
245	0.012	0.299	
246	0.012	0.299	
247	0.012	0.299	
248	0.012	0.299	
249	0.012	0.299	
250	0.012	0.299	
251	0.012	0.299	
252	0.012	0.299	
253	0.012	0.299	
254	0.012	0.299	
255	0.012	0.299	
256	0.012	0.299	





```

'Arus =
Elseif D >= 157 And D < 203 Then
Ab = 2
Elseif D >= 203 And D < 225 Then
Ab = 3
Elseif D >= 225 And D < 243 Then
Ab = 4
Elseif D >= 243 And D < 253 Then
Ab = 5
Elseif D >= 253 And D < 257 Then
Ab = 6
Elseif D >= 257 And D < 262 Then
Ab = 7
Elseif D >= 262 And D < 267 Then
Ab = 8
Elseif D >= 267 And D < 272 Then
Ab = 9
Elseif D >= 272 And D < 273 Then
Ab = 10
Elseif D >= 273 And D < 275 Then
Ab = 11
Elseif D >= 275 And D < 277 Then
Ab = 12
Elseif D >= 277 And D < 279 Then
Ab = 13
Elseif D >= 279 And D < 280 Then
Ab = 14
Elseif D >= 280 And D < 281 Then
Ab = 15
Elseif D >= 281 And D < 282 Then
Ab = 16
Elseif D >= 282 And D < 283 Then
Ab = 17
Elseif D >= 283 And D < 284 Then
Ab = 18
Elseif D >= 284 And D < 285 Then
Ab = 19
Elseif D >= 285 And D < 286 Then
Ab = 20
Elseif D >= 286 And D < 287 Then
Ab = 21
Elseif D >= 287 And D < 288 Then
Ab = 23
Elseif D >= 288 And D < 289 Then
Ab = 25
Elseif D >= 289 And D < 290 Then
Ab = 28
Elseif D >= 290 And D < 291 Then
Ab = 30
Elseif D >= 291 And D < 292 Then
Ab = 34
Elseif D >= 292 And D < 293 Then
Ab = 36
Elseif D >= 293 And D < 294 Then
Ab = 43
Elseif D >= 294 And D < 295 Then
Ab = 50
Elseif D >= 296 And D < 297 Then
Ab = 60
Elseif D >= 297 And D < 298 Then
Ab = 89
Elseif D >= 298 And D < 299 Then
Ab = 120
Elseif D >= 299 And D < 300 Then
Ab = 200
Else
Cls

```

```

Locate 2 , 1
Lcd "salah"
Wait 5
Goto Masuk
End If

'Ab = D
Wait 1
Reset Portb.1
Spiout Ab , 1
Waitms 1
Set Portb.1
Cls
Locate 1 , 1
Lcd "Arus= " ; D ; " mili Amp"
Locate 2 , 1
Lcd Ab
Wait 5
Return

Sub Pencet()
Key_i = 16
Do
    Key = Key_i
    Waitms 100
    Key_i = Getkbd()
    'Print #1 , Key_i
    'If Key_i = 12 Then
    'Call Tanggal
    'End If

Loop Until Key_i = 16 And Key <> 16
B = Lookupstr(key , Terjemah )

```

```

End Sub Pencet

Sub Ubah()
    Call Pencet
    A = B
    Print #1 , A
    Lcd A
    Call Pencet
    C = B
    Print #1 , C
    Lcd C
    Call Pencet
    G = B
    Print #1 , G
    Lcd G
    A = A + C + G
    D = Val(a)
End Sub Ubah

```

Terjemah:  
Data "D", "#", "0", "\*", "C", "9", "8", "7", "B", "6", "5",  
"4", "A", "3", "2", "1"