

**LAPORAN PENELITIAN****Alat Pelarut PCB Berbasis Mikrokontroler ATmega8**

**Oleh:**  
**Slamet, MPd**  
**Muhammad Munir, MPd**

---

DIBIYAI OLEH DANA DIPA BLU UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
TAHUN 2010 SESUAI DENGAN SURAT PERJANJIAN PENELITIAN DOSEN  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA TAHUN 2010  
NOMOR KONTRAK : 1411.13/H34.15/PL/2010

**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**  
**TAHUN 2010**

	<p style="text-align: center;"><b>DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL</b>  <b>UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA</b>  <b>FAKULTAS TEKNIK</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Alamat: Karangmalang Yogyakarta 55281,  Telp. (0274) 540715 (Dekan), 586168 pes. 292, 276,  Telp &amp; Fax: (0274) 586734</i></p>	
---	--	---

### HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN

1. Alat Pelarut PCB Berbasis Mikrokontroler Atmega8
  
2. Ketua Pelaksana Penelitian :
  - a. Nama : Slamet, MPd.
  - b. NIP : 19510303 197803 1 004
  - c. Pangkat/Golongan : Penata/IIIc
  - d. Jabatan : Lektor
  - e. Pengalaman di Bidang Penelitian: Ya
  - f. Fakultas/Jurusan : FT/Jur PT Elektronika
  - g. Universitas : Universitas Negeri Yogyakarta
  
3. Jenis Penelitian : Kelompok
4. Jumlah Tim Peneliti : Dosen 1 org - Mhs 1 orang
5. Jangka Waktu Penelitian : 4 bulan
6. Bidang Ilmu : Pendidikan Teknik
7. Lokasi Penelitian : FT UNY
8. Kerjasama:
  - a. Nama Instansi (bila ada) : ---
  - b. Alamat : ---
9. Biaya Yang Diperlukan :
  - a. Sumber dari Fakultas : Rp 5.000.000,00.
  - b. Sumber lain : ----
  - Jumlah : Rp 5.000.000,00.(lima juta rupiah).

Mengetahui,  
Dekan

BPP Jurusan,

Ketua  
Peneliti,

Wardan Suyanto, Ed.D    Herman Dwi Suryono, Ph.D  
NIP. 19540810 197803 1 001    NIP.19640205 198803 1 001

Slamet, MPd  
NIP. 19510303 197803 1 004

## Alat Pelarut PCB Berbasis Mikrokontroler ATmega8

Oleh:  
**Slamet, MPd**  
**Muhammad Munir, MPd**

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk :mmbuat alat pelarut PCB berbasis mikrokontroler ATmega8 dan mengetahui unjuk kerja dari alat pelarut PCB berbasis mikrokontroler ATmega8.

Program pada alat pelarut PCB berbasis mikrokontroler ATmega8 ini dibuat dengan bahasa C dan menggunakan perangkat lunak CodeVision AVR. Untuk menyelesaikan program digunakan beberapa fasilitas yang terdapat dalam mikrokontroler ATmega8 diantaranya yaitu *Timer*, ADC dan LCD. Susunan program yaitu berisi dari program pengaturan menu, pemutaran servo, pengontrolan nilai ADC, dan perhitungan *timer*. Pemrograman alat ini mengacu pada beberapa sumber yaitu dari buku Pemrograman Mikrokontroller ATmega16 menggunakan Code Vision AVR.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah alat pelarut PCB dengan Seri SAMPCB-P01T10 dengan menggunakan sistem minimum mikrokontroler ATmega8 dengan beberapa instrumen pendukung berupa mekanik, motor servo dan *display* LCD. Alat pelarut PCB dapat bekerja untuk melarutkan PCB *single layer* dari bahan pertinak dan bahan fiber. Ukuran maksimum PCB yang dapat dilarutkan adalah 22 cm x 30 cm.

## BAB I PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Masalah

*Printed Circuit Board* (PCB) merupakan papan yang digunakan untuk membuat jalur suatu rangkaian elektronik. Dalam proses pembuatan PCB diperlukan beberapa tahap antara lain dari mulai proses perancangan *layout* PCB, penggambaran *layout*, penyablonan *layout* pada PCB dan pelarutan PCB.

Untuk mendapatkan hasil yang baik maka proses pelarutan PCB harus dilakukan secara cepat namun jalur tidak terkikis habis oleh larutan *Feri Chloride*. Selama ini proses pelarutan PCB masih menggunakan tangan manusia sebagai alat untuk menggerakkan bejana yang dipakai sebagai tempat pelarutan. Proses pelarutan PCB rata – rata memerlukan waktu antara 10 – 20 menit dan tergantung juga oleh jenis tembaga yang digunakan oleh PCB tersebut. Semakin bagus kualitas tembaga maka akan semakin lama proses pelarutan PCBnya. Jika proses pelarutan tersebut masih menggunakan cara tradisional maka akan membuat manusia yang melakukan proses pelarutan akan merasa lelah dan proses pelarutan tidak berlangsung secara terus – menerus. Jika proses pelarutan PCB tersebut dilakukan tidak kontinyu maka jalur yang terdapat dalam PCB akan terkikis oleh larutan *Feri Chloride*. Oleh karena itu proses pelarutan PCB harus dilakukan secara kontinyu atau terus - menerus sehingga PCB yang tidak dipakai akan cepat habis dan jalur yang dilapisi *layout* akan utuh.

Dari latar belakang itulah penulis ingin membuat penelitian yang berjudul “Alat Pelarut PCB Berbasis Mikrokontroler ATmega8”. Alat ini terdiri dari perangkat kendali berupa mikrokontroler ATmega8 dan mekanik yang terpasang dengan motor servo sebagai penggerak

papan dan satu buah LCD *display* sebagai pengatur waktu pelarutan. Dengan alat ini diharapkan dapat membantu seseorang yang akan melakukan proses pelarutan PCB sehingga dapat menghasilkan kualitas PCB yang baik dan menghemat waktu serta tenaga manusia.

## **B. Identifikasi Masalah**

Dari uraian latar belakang masalah diatas maka dapat diidentifikasi beberapa masalah yaitu :

1. Belum ditemukannya alat untuk membantu proses pelarutan PCB sebagai pengganti manusia.
2. Dibutuhkannya alat yang dapat membuat *layout* PCB dengan baik.
3. Belum ditemukannya cara untuk menghemat waktu dalam proses pembuatan PCB.
4. Belum diketahui mikrokontroler yang sesuai untuk mengendalikan alat bantu proses pelarutan PCB.
5. Belum diketahui motor yang tepat sebagai kendali alat bantu proses pelarutan PCB.
6. Belum ditemukannya alat bantu proses pelarutan PCB yang dapat bekerja secara otomatis.
7. Belum diketahuinya unjuk kerja dari alat pelarut PCB berbasis mikrokontroler ATmega8.

## **C. Batasan Masalah**

Dari banyak permasalahan yang ditemukan, maka penulis membatasi ruang lingkup pembahasan dalam penelitian ini hanya pada perancangan, pembuatan alat dan unjuk kerja Alat Pelarut PCB Berbasis Mikrokontroler ATmega8.

## **D. Rumusan Masalah**

Dari berbagai uraian identifikasi masalah dan pembatasan masalah maka dapat dirumuskan beberapa masalah yaitu :

1. Bagaimana cara membuat alat pelarut PCB berbasis mikrokontroler ATmega8?
2. Bagaimana unjuk kerja dari alat pelarut PCB berbasis mikrokontroler ATmega8?

#### **E. Tujuan**

Pembuatan penelitian ini bertujuan untuk :

1. Pembuatan alat pelarut PCB berbasis mikrokontroler ATmega8.
2. Pengaturan timer pada saat proses pelarutan PCB dengan menggunakan mikrokontroler ATmega8.
3. Mengetahui unjuk kerja dari alat pelarut PCB berbasis mikrokontroler ATmega8.

#### **F. Manfaat**

Dari penelitian ini penulis mengharapkan dapat memberikan manfaat bagi dosen, lembaga pendidikan, dan masyarakat pengguna. Berbagai manfaat yang diharapkan adalah :

1. Bagi Dosen :  
Sebagai pengembangan ilmu pengetahuan bidang elektronika.
2. Bagi Lembaga Pendidikan:  
Sebagai aplikasi nyata pengembangan teknologi elektronika yang berhubungan pada sistem kendali.
3. Bagi Masyarakat:  
Dapat dimanfaatkan sebagai alat untuk membantu dalam proses pelarutan PCB.

## BAB II LANDASAN TEORI

### A. Mikrokontroler AVR ( *Alf and Vegaard's Risc Processor* )

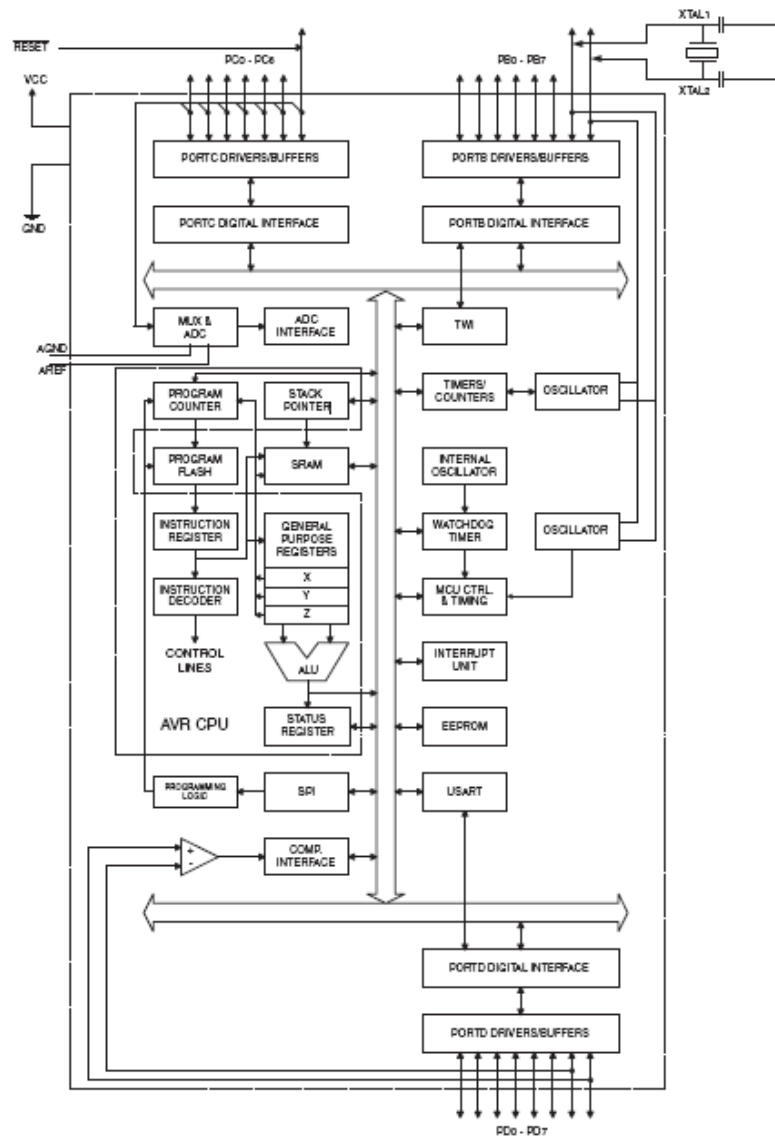
Mikrokontroler jenis AVR adalah prosesor yang sekarang ini paling banyak digunakan dalam membuat aplikasi sistem kendali bidang instrumentasi, dibandingkan dengan mikrokontroler keluarga MCS51 seperti AT 89C51/52.

Mikrokontroler seri AVR pertama kali diperkenalkan ke pasaran sekitar tahun 1997 oleh perusahaan Atmel, yaitu sebuah perusahaan yang sangat terkenal dengan produk mikrokontroler seri AT89S51/52-nya yang sampai sekarang masih banyak digunakan di lapangan. Keterbatasan pada mikrokontroler tersebut (resolusi, memori, dan kecepatan) menyebabkan banyak orang beralih ke mikrokontroler AVR. Hal ini karena ada beberapa kelebihan dari tipe AVR ini yaitu diantaranya ADC, DAC, *Counter*, *Timer*, I2C, USART, dan sebagainya.

Mikrokontroler AVR standar memiliki arsitektur 8 bit, dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16 bit dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam satu situs *clock*, berbeda dengan instruksi MCS51 yang membutuhkan 12 situs *clock* (Widodo Budiharto dan Gamayel Rizal, 2007:28). Hal ini karena kedua jenis mikrokontroler tersebut memiliki arsitektur yang berbeda. AVR berteknologi RISC (*Reduce Instruction Set Computing*), sedangkan seri MCS51 berteknologi CISC (*Complex Instruction Set Computing*). AVR dapat dikelompokkan menjadi empat kelas yaitu keluarga ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega, dan AT86RFFxx. Perbedaan dari masing - masing keluarga AVR tersebut adalah memori, peripheral, dan fungsinya.

(<http://iwan@elektro.ft.undip.ac.id>).

## B. Arsitektur Mikrokontroler ATmega8



Gambar 1. Blok diagram fungsional ATmega 8

## C. Fitur ATmega8

Fitur – fitur yang terdapat pada mikrokontroler ATmega8 antara lain adalah sebagai berikut :

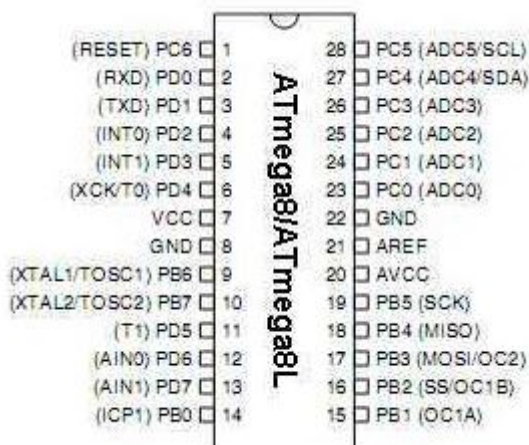
1. *High-Performance, Low-Power AVR 8-bit RISC microcontroller*
2. *Advanced RISC Architecture*



- a. *130 Powerful Instructions – Most Single-clock Execution*
  - b. *32 x 8 General Purpose Working Registers*
  - c. *Fully Static Operation*
  - d. *Up to 16 MIPS Throughput at 16MHz*
  - e. *On-chip 2-cycle Multiplier*
3. *High-Endurance Non-Volatile Memory segments*
- a. *8K Bytes In-System Self-programmable Flash Program Memory*
  - b. *512 Bytes EEPROM*
  - c. *1K Bytes of Internal SRAM*
  - d. *Write/Erase Cycles: 10,000 Flash / 100,000 EEPROM*
  - e. *Data Retention: 20 years at 85°C / 100 years at 25°C*
  - f. *Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits*
  - g. *In-System Programming by On-chip Boot Program*
  - h. *True Read-While-Write Operation*
  - i. *Programming Lock for Software Security*
4. *Peripheral features*
- a. *Two 8-bit Timers/Counters with Separate Prescaler, one Compare Mode*
  - b. *One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode*
  - c. *Real Time Counter with Separate Oscillator*
  - d. *Three PWM Channels*
  - e. *6-channel ADC with 10-bit Accuracy*
  - f. *Byte-oriented Two-wire Serial Interface*
  - g. *Programmable Serial USART*
  - h. *Master/Slave SPI Serial Interface*
  - i. *Programmable Watchdog Timer with Separate On-Chip Oscillator*
  - j. *On-Chip Analog Comparator*

5. *Special Microcontroller features*
  - a. *Power-On Reset and Programmable Brown-out Detection*
  - b. *Internal Calibrated RC Oscillator*
  - c. *External and Internal Interrupt Sources*
  - d. *Five Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, and Standby*
6. *I/O and Packages*
  - a. *23 Programmable I/O Lines*
  - b. *28-lead PDIP, 32-lead TQFP, and 32-pad QFN/MLF*
7. *Operating Voltages*
  - a. *2.7 – 5.5V (ATmega8L)*
  - b. *4.5 – 5.5V (ATmega8)*
8. *Speed Grades*
  - a. *0 – 8MHz (ATmega8L), 0 – 16MHz (ATmega8)*
9. *Power Consumption at 4MHz, 3V, 25`C*
  - a. *Active: 3.6 mA*
  - b. *Idle Mode: 1.0 mA*
  - c. *Power-Down Mode: 0.5 uA*

#### D. Konfigurasi Pin ATmega8



Gambar 2. Susunan pin ATmega8

Berikut ini adalah susunan pin/kaki dari ATmega8.

1. VCC adalah merupakan pin masukan positif catu daya.
2. GND sebagai pin Ground.
3. PORT B (B.0-B.5) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus yaitu *Timer/Counter*, dan SPI.
4. PORT C (C.0-C.6) merupakan pin I/O dua arah dan dapat diprogram sebagai pin ADC.
5. PORT D (D.0-D.4) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus yaitu interupsi eksternal dan komunikasi serial.
6. Reset merupakan pin yang digunakan untuk me-reset mikrokontroler.
7. XTAL1 dan XTAL2 sebagai pin masukan *clock* eksternal. Suatu mikrokontroler membutuhkan sumber detak(*clock*) agar dapat mengeksekusi instruksi yang ada di memori. Semakin tinggi kristalnya, semakin cepat kerja mikrokontroler tersebut.
8. AVCC sebagai pin supply tegangan untuk ADC.
9. AREF sebagai pin masukan tegangan referensi untuk ADC.

### E. Status Register

Status register adalah register berisi status yang dihasilkan pada setiap operasi yang dilakukan ketika suatu instruksi dieksekusi. SREG merupakan bagian dari inti CPU mikrokontroler. Berikut ini adalah status register dari ATmega8 beserta penjelasannya.

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

Gambar 3. Status register ATmega8

### 1. Bit 7 (I)

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

### 2. BIT 6 (T)

Merupakan bit *Copy Storage*. Instruksi bit *Copy Instructions* BLD (Bit Load) dan BST (Bit Store) menggunakan bit ini sebagai asal atau tujuan untuk bit yang telah dioperasikan. Sebuah bit dari sebuah register dalam *Register File* dapat disalin ke dalam bit ini dengan menggunakan instruksi BST, dan sebuah bit di dalam bit ini dapat disalin ke dalam sebuah bit di dalam register pada *Register File* dengan menggunakan perintah BLD.

### 3. BIT 5 (H)

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

### 4. BIT 4 (S)

Merupakan *Sign* bit. Bit ini selalu merupakan sebuah eksklusif diantara *Negative Flag (N)* dan *Two's Complement Overflow Flag(V)*.

#### 5. BIT 3 (V)

Merupakan bit *Two's Complement Overflow Flag*. Bit ini menyediakan fungsi – fungsi aritmatika dua komplemen.

#### 6. BIT 2 (N)

Merupakan bit *Negative Flag*. Bit ini mengindikasikan sebuah hasil negatif di dalam sebuah fungsi logika atau aritmatika.

#### 7. BIT 1 (Z)

Merupakan bit *Zero Flag*. Bit ini mengindikasikan sebuah hasil nol “0” dalam sebuah fungsi arimatika atau logika.

#### 8. BIT 0 (C)

Merupakan bit *Carry Flag*. Bit ini mengindikasikan sebuah *cary* atau sisa dalam sebuah fungsi aritmatika atau logika.

### F. Bahasa C

Dikembangkan pertama kali oleh Dennis Ritchie dan Ken Thomson pada tahun 1972, Bahasa C merupakan salah satu bahasa pemrograman yang paling populer untuk pengembangan program-program aplikasi yang berjalan pada sistem mikroprosesor (komputer). Karena kepopulerannya, vendor-vendor perangkat lunak kemudian mengembangkan *compiler* C sehingga menjadi beberapa varian berikut: Turbo C, Borland C, Microsoft C, Power C, Zortech C dan lain sebagainya. Untuk menjaga portabilitas, *compiler-compiler* C tersebut menerapkan ANSI C (ANSI: *American National Standards Institute*) sebagai standar bakunya. Perbedaan antara *compiler-compiler* tersebut umumnya hanya terletak pada pengembangan

fungsi-fungsi pustaka serta fasilitas IDE (*Integrated Development Environment*)–nya saja.

Relatif dibandingkan dengan bahasa aras tinggi lain, bahasa C merupakan bahasa pemrograman yang sangat fleksibel dan tidak terlalu terikat dengan berbagai aturan yang sifatnya kaku. Satu-satunya hal yang membatasi penggunaan bahasa C dalam sebuah aplikasi adalah semata-mata kemampuan imajinasi programmer-nya saja. Sebagai ilustrasi, dalam program C kita dapat saja secara bebas menjumlahkan karakter huruf (misal 'A') dengan sebuah bilangan bulat (misal '2'), dimana hal yang sama tidak mungkin dapat dilakukan dengan menggunakan bahasa aras tinggi lainnya. Karena sifatnya ini, seringkali bahasa C dikategorikan sebagai bahasa aras menengah (*mid level language*).

Dalam kaitannya dengan pemrograman mikrokontroler, bahasa C sekarang mulai menggeser bahasa yang lebih dulu digunakan untuk pemrograman mikrokontroler yaitu bahasa assembler. Penggunaan bahasa C akan sangat efisien terutama untuk program mikrokontroler yang berukuran relatif besar. Dibandingkan dengan bahasa assembler, penggunaan bahasa C dalam pemrograman memiliki beberapa kelebihan berikut: Mempercepat waktu pengembangan, bersifat modular dan terstruktur, sedangkan kelemahannya adalah kode program hasil kompilasi akan relatif lebih besar dan sebagai konsekuensinya hal ini terkadang akan mengurangi kecepatan eksekusi.

Khusus pada mikrokontroler AVR, untuk mereduksi konsekuensi negatif diatas, Perusahaan Atmel merancang sedemikian sehingga arsitektur AVR ini efisien dalam mendekode serta mengeksekusi instruksi-instruksi yang umum dibangkitkan oleh *compiler* C (Dalam kenyataannya, pengembangan arsitektur AVR ini tidak dilakukan sendiri oleh perusahaan Atmel tetapi ada kerja sama

dengan salah satu vendor pemasok *compiler* C untuk mikrokontroler tersebut, yaitu IAR C).

Tabel 1. Beberapa *compiler* C untuk mikrokontroler AVR

Compiler C	Platform	Keterangan
IAR C	-DOS -Windows	Komersil
CodeVisionAVR	-Windows	Komersil
ImageCraft's C	-DOS -Windows -Linux	Komersil
AVR-GCC	-DOS -Windows	General Public Licence
C-AVR	-Windows	Komersil
Small C for AVR	-DOS	Komersil
GNU C for AVR	-Linux	General Public Licence
LCC-AVR	-Linux, -Windows	Free
Dunfields AVR	-Windows	Komersil

Struktur penulisan bahasa C secara umum terdiri atas empat blok, yaitu :

- a. Header.
- b. Deklarasi konstanta global atau variabel.
- c. Fungsi atau prosedur.
- d. Program utama.

### G. Perangkat Lunak CodeVisionAVR (CVAVR)

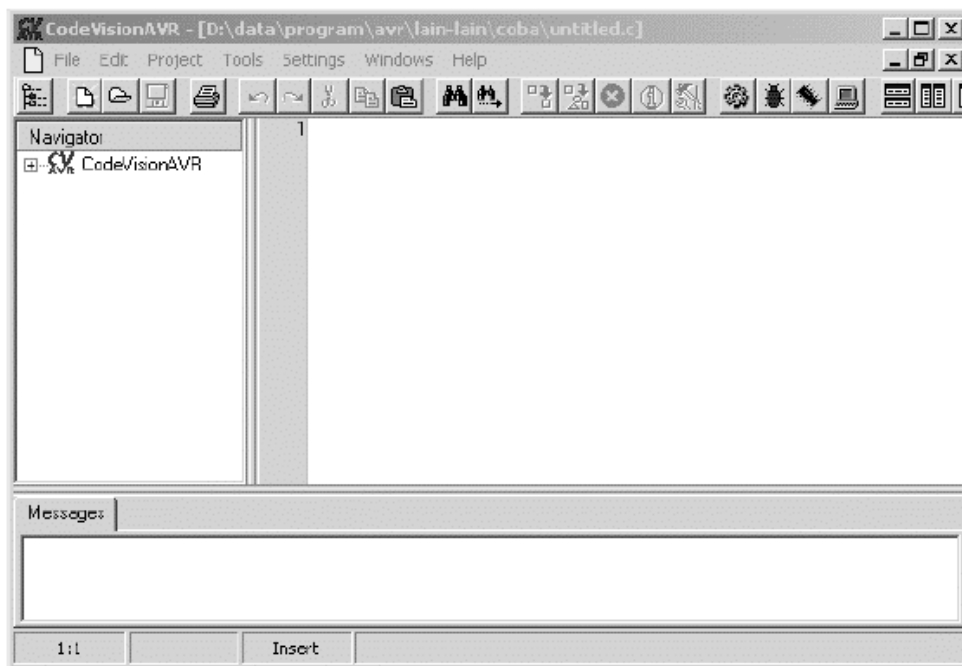
CodeVisionAVR pada dasarnya merupakan perangkat lunak pemrograman mikrokontroler keluarga AVR berbasis bahasa C. Ada tiga komponen penting yang telah diintegrasikan dalam perangkat lunak ini: *compiler* C, IDE dan Program generator.

Berdasarkan spesifikasi yang dikeluarkan oleh perusahaan pengembangnya, *compiler* C yang digunakan hampir mengimplementasikan semua komponen standar yang ada pada bahasa C standar ANSI (seperti struktur program, jenis tipe data, jenis

operator, dan pustaka fungsi standar-berikut penamaannya). Tetapi walaupun demikian, dibandingkan bahasa C untuk aplikasi komputer, *compiler C* untuk mikrokontroler ini memiliki sedikit perbedaan yang disesuaikan dengan arsitektur AVR tempat program C tersebut ditanamkan (*embedded*).

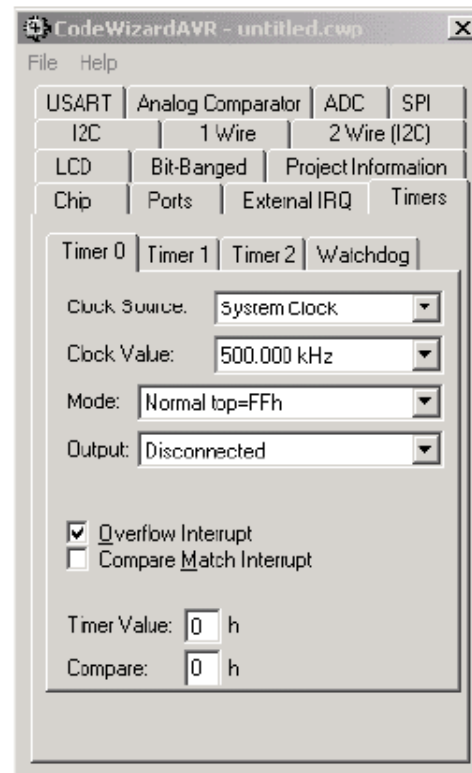
Khusus untuk pustaka fungsi, disamping pustaka standar (seperti fungsi-fungsi matematik, manipulasi *string*, pengaksesan memori dan sebagainya), CodeVisionAVR juga menyediakan fungsi-fungsi tambahan yang sangat bermanfaat dalam pemrograman antarmuka AVR dengan perangkat luar yang umum digunakan dalam aplikasi kontrol. Beberapa fungsi pustaka yang penting diantaranya adalah fungsi-fungsi untuk pengaksesan LCD, komunikasi I<sup>2</sup>C, IC RTC (*Real time Clock*), sensor suhu LM35, SPI (*Serial Peripheral Interface*) dan lain sebagainya. Untuk memudahkan pengembangan program aplikasi, CodeVisionAVR juga dilengkapi IDE yang sangat *user friendly* (lihat gambar 4). Selain menu-menu pilihan yang umum dijumpai pada setiap perangkat lunak berbasis Windows, CodeVisionAVR ini telah mengintegrasikan perangkat lunak *downloader (in system programmer)* yang dapat digunakan untuk mentransfer kode mesin hasil kompilasi kedalam sistem memori mikrokontroler AVR yang sedang diprogram.





Gambar 4. IDE perangkat lunak CodeVisionAVR

Selain itu, CodeVisionAVR juga menyediakan sebuah *tool* yang dinamakan dengan *Code Generator* atau *CodeWizardAVR*. Secara praktis, *tool* ini sangat bermanfaat membentuk sebuah kerangka program (*template*), dan juga memberi kemudahan bagi programmer dalam peng-inisialisasian register-register yang terdapat pada mikrokontroler AVR yang sedang diprogram. Dinamakan kode generator, karena perangkat lunak CodeVision ini akan membangkitkan kode-kode program secara otomatis setelah fase inisialisasi pada jendela *CodeWizardAVR* selesai dilakukan. Secara teknis, penggunaan *tool* ini pada dasarnya hampir sama dengan *application wizard* pada bahasa-bahasa pemrograman visual untuk komputer (seperti Visual C, Borland Delphi, dan sebagainya).

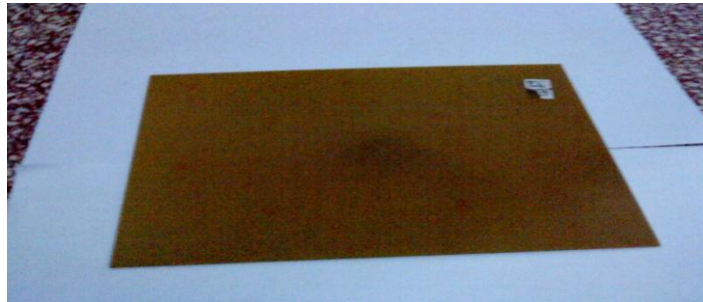


Gambar 5. Kode generator yang dapat digunakan untuk menginisialisasi register-register pada mikrokontroler AVR.

#### H. PCB (*Printed Circuit Board*)

Adalah papan berlapis tembaga yang digunakan untuk membuat jalur rangkaian elektronik. PCB ada beberapa jenis yaitu tergolong dari bahan yang digunakan untuk membuat PCB. Jenis PCB ada yang berbentuk *double layer* dan *single layer*. PCB berjenis *double layer* memiliki dua lapisan tembaga dan yang berjenis *single layer* hanya memiliki satu lapisan tembaga. PCB yang digunakan pada umumnya adalah yang terbuat dari bahan pertinak dan berjenis *single layer*. PCB dengan jenis bahan pertinak ini rata – rata memiliki ketebalan tembaga 0,035 mm- 0,06 mm. Sedangkan PCB dengan jenis lain yaitu terbuat dari bahan fiber dengan ketebalan tembaga

lebih dari 0,06 mm. Ketebalan tembaga ini mempengaruhi kualitas jalur rangkaian dan proses pelarutan PCB.



Gambar 6. PCB dengan jenis bahan pertinak



Gambar 7. PCB dengan jenis bahan fiber

## I. Motor Servo

Untuk menggerakkan bak pelarut maka dibutuhkan satu buah motor servo. Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem *closed feedback* di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor, serangkaian gear, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari

putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Untuk menggerakkan motor servo kita hanya mengirimkan pulsa PWM (*Pulse Width Modulation*). Bila diberikan pulsa dengan besar 1.5 ms mencapai gerakan 90 derajat, maka bila kita berikan data kurang dari 1.5 ms maka posisi mendekati 0 derajat dan bila kita berikan data lebih dari 1.5 ms maka posisi mendekati 180 derajat. Motor servo biasanya hanya bergerak mencapai sudut tertentu saja dan tidak kontinyu seperti motor DC maupun motor stepper. Walau demikian, untuk beberapa keperluan tertentu, motor servo dapat dimodifikasi agar bergerak kontinyu. Pada robot, motor ini sering digunakan untuk bagian kaki, lengan atau bagian-bagian lain yang mempunyai gerakan terbatas dan membutuhkan torsi cukup besar.

Motor servo mampu bekerja dua arah (CW dan CCW) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan hanya dengan memberikan pengaturan *duty cycle* sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya.

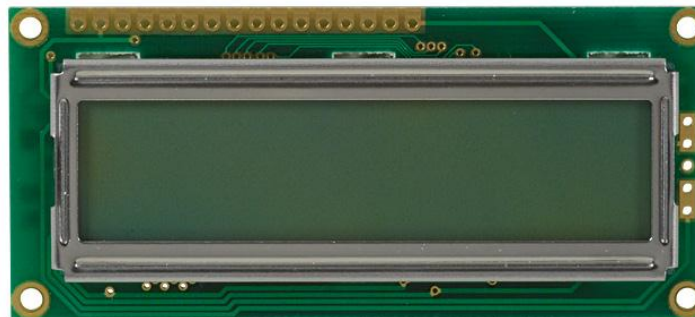
Salah satu servo yang sering digunakan adalah servo standar tipe HS 322-HD. Servo ini keluaran dari Hitec dengan kemampuan rotasi putaran dari 0 derajat sampai 180 derajat.



Gambar 8. Motor servo standar jenis HS 322-HD

#### J. LCD *Display* 16x2 M1632

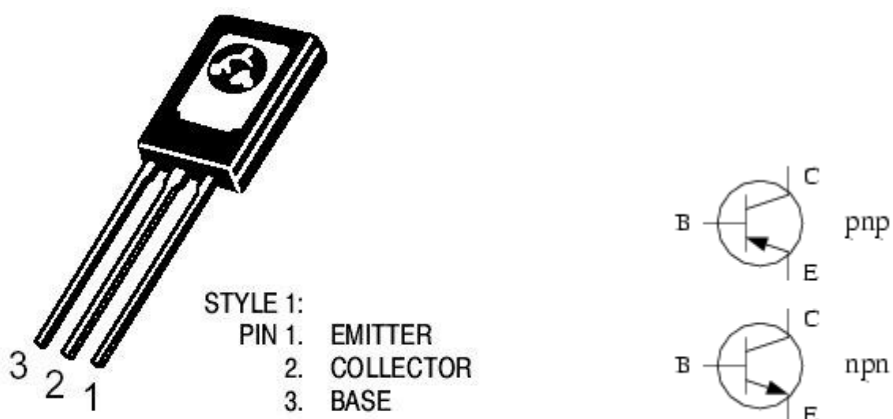
M1632 adalah merupakan modul LCD dengan tampilan 16 x 2 baris dengan konsumsi daya yang rendah. Modul ini dilengkapi dengan mikrokontroler yang didisain khusus untuk mengendalikan LCD. mikrokontroler HD44780 buatan Hitachi yang berfungsi sebagai pengendali LCD ini mempunyai CGROM (*Character Generator Read Only Memory*), CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*) dan DDRAM (*Display Data Random Access Memory*).



Gambar 10. LCD M1632

## K. Transistor

Transistor adalah salah satu komponen elektronika yang terdiri dari tiga buah kaki, yaitu: emitor (E), basis (B), dan kolektor(C). Transistor sendiri terdiri dari dua buah jenis yaitu transistor tipe NPN dan transistor tipe PNP. Pada alat ini digunakan transistor jenis NPN yang berfungsi sebagai saklar untuk mengendalikan relay. Kontak poin relay difungsikan untuk menghubungkan sumber tegangan AC ke pemanas (*heater*). Transistor yang digunakan adalah berjenis BD 139.



(a) Susunan pin transistor BD139

(b) Simbol transistor

Gambar 11. Susunan kaki transistor BD139 dan simbol transistor

## L. Relay

Relay adalah saklar elektronik yang dapat membuka atau menutup rangkaian dengan menggunakan kontrol dari rangkaian elektronik lain. Sebuah relay tersusun atas kumparan, pegas, saklar (terhubung pada pegas) dan 2 kontak elektronik (*normally close dan normally open*).

- a. *Normally close (NC)* : saklar terhubung dengan kontak ini saat relay tidak aktif atau dapat dikatakan saklar dalam kondisi terbuka.
- b. *Normally open (NO)* : saklar terhubung dengan kontak ini saat relay aktif atau dapat dikatakan saklar dalam kondisi tertutup.

Berdasarkan pada prinsip dasar cara kerjanya, relay dapat bekerja karena adanya medan magnet yang digunakan untuk menggerakkan saklar. Saat kumparan diberikan tegangan sebesar tegangan kerja relay maka akan timbul medan magnet pada kumparan karena adanya arus yang mengalir pada lilitan kawat. Kumparan yang bersifat sebagai elektromagnet ini kemudian akan menarik saklar dari kontak NC ke kontak NO. Jika tegangan pada kumparan dimatikan maka medan magnet pada kumparan akan hilang sehingga pegas akan menarik saklar ke kontak NC.

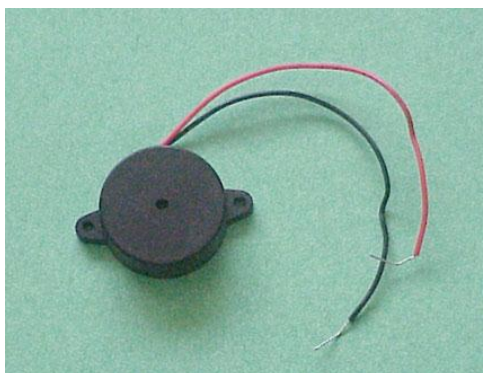
Relay yang digunakan pada rangkaian ini memiliki spesifikasi SRU 12 VDC-SL-C. Jumlah pin pada relay ada 5 dan bertegangan kerja 12 VDC. Kemampuan arus yang dapat dilewatkan kontaktor adalah 10A pada tegangan 250VAC, 15A pada tegangan 120VAC, dan 10A pada tegangan 30VDC



Gambar 12. Bentuk fisik relay SRU-12VDC-SL-C

### M. *Buzzer*

Untuk penanda waktu pelarutan PCB telah selesai maka rangkaian ini dilengkapi dengan *buzzer*. *Buzzer* adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja *buzzer* hampir sama dengan *loud speaker*, jadi *buzzer* juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara.



Gambar 13. Bentuk fisik *buzzer*

### N. Resistor

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  $\Omega$ .



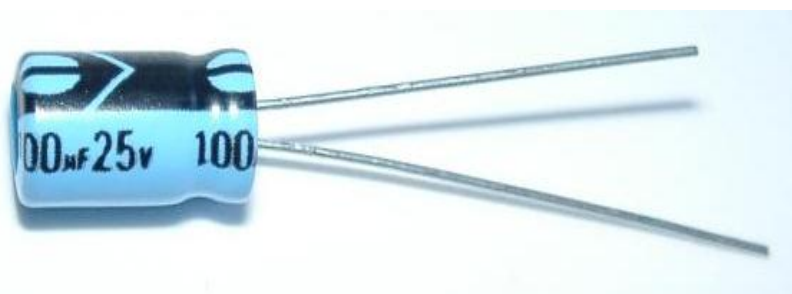
Tipe resistor yang umum adalah berbentuk tabung dengan dua kaki tembaga di kiri dan kanan. Pada badannya terdapat lingkaran membentuk gelang kode warna untuk memudahkan pemakai mengenali besar resistansi tanpa mengukur besarnya dengan Ohmmeter. Kode warna tersebut adalah standar manufaktur yang dikeluarkan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

Tabel 2. Nilai-nilai gelang warna resistor

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%

## O. Kapasitor

Kapasitor adalah komponen elektronika yang dapat menyimpan muatan listrik. Struktur sebuah kapasitor terbuat dari 2 buah plat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik. Bahan-bahan dielektrik yang umum dikenal misalnya udara vakum, keramik, gelas dan lain-lain. Jika kedua ujung plat metal diberi tegangan listrik, maka muatan-muatan positif akan mengumpul pada salah satu kaki (elektroda) metalnya dan pada saat yang sama muatan-muatan negatif terkumpul pada ujung metal yang satu lagi. Muatan positif tidak dapat mengalir menuju ujung kutub negatif dan sebaliknya muatan negatif tidak bisa menuju ke ujung kutub positif, karena terpisah oleh bahan dielektrik yang non-konduktif. Muatan elektrik ini "tersimpan" selama tidak ada konduksi pada ujung-ujung kakinya. Di alam bebas, fenomena kapasitor ini terjadi pada saat terkumpulnya muatan-muatan positif dan negatif di awan.



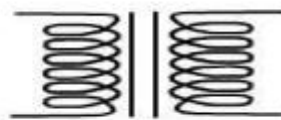
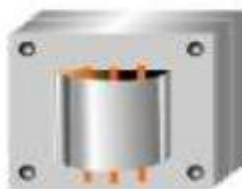
Gambar 15. Bentuk fisik kapasitor

## P. Transformator

Transformator (trafo) adalah alat yang digunakan untuk menaikkan atau menurunkan tegangan bolak-balik (AC). Transformator terdiri dari 3 komponen pokok yaitu: kumparan pertama (primer) yang bertindak sebagai input, kumparan kedua (sekunder)

yang bertindak sebagai output, dan inti besi yang berfungsi untuk memperkuat medan magnet yang dihasilkan.

Prinsip kerja dari sebuah transformator adalah sebagai berikut. Ketika kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, perubahan arus listrik pada kumparan primer menimbulkan medan magnet yang berubah. Medan magnet yang berubah diperkuat oleh adanya inti besi dan dihantarkan inti besi ke kumparan sekunder, sehingga pada ujung-ujung kumparan sekunder akan timbul ggl induksi. Efek ini dinamakan induktansi timbal-balik (*mutual inductance*).



(a) Bentuk fisik transformator

(b) Simbol transformator

Gambar 16. Bentuk fisik dan simbol transformator

### Q. Dioda

Dioda adalah komponen elektronika yang terdiri dari 2 buah bahan semi konduktor yang berlainan jenis yaitu tipe P dan tipe N. Susunan kaki dioda yaitu Anoda (kutub +) dan Katoda (kutub -). Dioda ada 2 jenis berdasarkan bahan semi konduktornya yaitu tipe germanium dan silikon. Dioda hanya dapat mengalirkan arus listrik dalam satu arah saja. Maka dioda sering dipakai sebagai rangkaian penyearah arus AC. Untuk dapat mengalirkan arus pada dioda maka harus diberi bias maju (*forward*) yaitu kaki anoda mendapat tegangan positif dan katoda mendapat negatif.



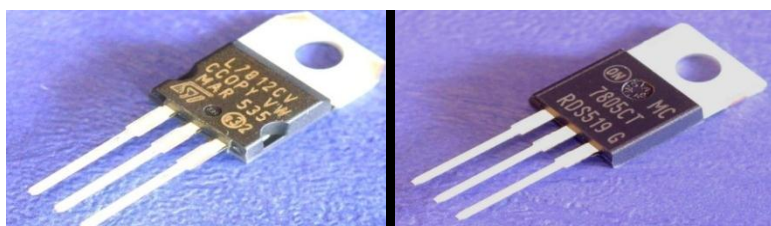
(a) Bentuk fisik dioda

(b) Simbol dioda

Gambar 17. Bentuk fisik dan simbol dioda

## R. IC Regulator

Untuk menstabilkan tegangan DC (+) dan tegangan DC (-) dari catu daya utama sebelum mensupply rangkaian maka perlu digunakan regulator dengan memasang IC regulator tipe 78xx dan 79xx agar tegangan outputnya sesuai dengan kebutuhan rangkaian.



Gambar 18. Bentuk IC regulator

IC regulator memiliki berbagai macam jenis yang tergantung dari besar output keluarannya. Tidak semua nilai tegangan dapat diwujudkan dengan menggunakan IC regulator. Produsen IC regulator sudah menetapkan berbagai jenis IC regulator berdasarkan outputnya yang sampai sekarang ini banyak digunakan dalam rangkaian elektronik. Berbagai tipe IC regulator beserta hasil keluaran outputnya dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Tipe IC Regulator

No	Tipe	Output	Tipe	Output
1	L7805C	5V	L7905C	-5V
2	L7852C	5.2V	L7952C	-5.2V
3	L7806C	6V	L7906C	-6V
4	L7808C	8V	L7908C	-8V
5	L7809C	9V	L7909C	-9V
6	L7812C	12V	L7912C	-12V
7	L7815C	15V	L7915C	-15V
8	L7818C	18V	L7918C	-18V
9	L7820C	20V	L7920C	-20V
10	L7822C	22V	L7922C	-22V
11	L7824C	24V	L7924C	-24V

### S. Heater

*Heater* adalah pemanas yang prinsip kerjanya memanfaatkan panas yang terjadi pada elemen penghantar yang diberi sumber tegangan AC 220 V. *Heater* bekerja dengan cara menghubungkan singkat sumber tegangan AC melalui elemen di dalam *heater* yang memiliki hambatan rendah. Panas terjadi karena elemen penghantar diberi tegangan yang tinggi.

Gambar 19. *Heater*

### **BAB III**

## **PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT**

Perancangan alat pelarut PCB berbasis mikrokontroler ATmega8 menggunakan metode rancang bangun. Secara urut metode tersebut adalah identifikasi kebutuhan yang diperlukan. Kemudian kebutuhan tersebut dianalisis untuk mendapatkan komponen secara spesifik. Selanjutnya dilakukan perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, pembuatan serta pengujian.

#### **A. Identifikasi Kebutuhan**

Dalam penelitian ini tinjauan lapangan dilakukan dengan melakukan percobaan pelarutan PCB secara manual didapat identifikasi kebutuhan sebagai berikut :

1. Kondisi cairan pelarut jika semakin lama digunakan maka suhu cairan akan turun, sehingga dibutuhkan tambahan alat pemanas suhu cairan pelarut.
2. Tidak berlangsungnya proses pelarutan secara kontinyu yang diakibatkan oleh faktor tenaga manusia yang mengakibatkan PCB tidak cepat larut.
3. Tidak adanya data tentang lama proses pelarutan PCB yang diukur dari luas PCB yang akan dilarutkan..

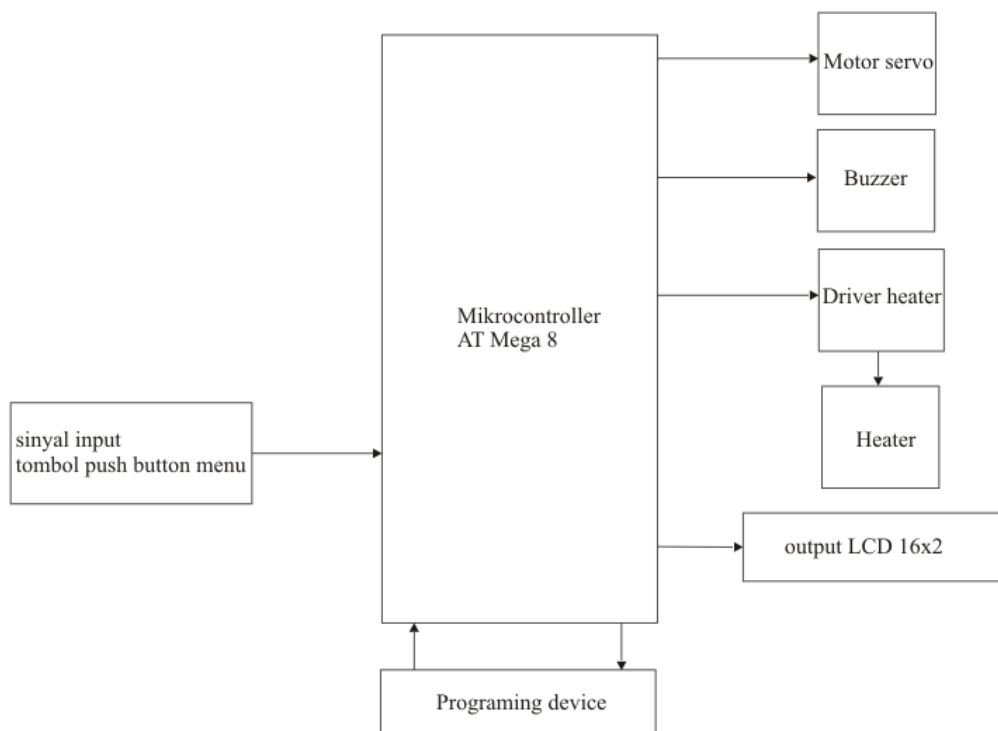
#### **B. Analisis Kebutuhan**

Dari beberapa identifikasi kebutuhan di atas maka diperoleh beberapa analisis kebutuhan terhadap pengembangan alat yang akan dibuat sebagai berikut:

1. Rangkaian catu daya DC 12V sebagai penyedia tegangan diambil dari sebuah transformator 1A.

2. Rangkaian sistem minimum menggunakan ATmega8, digunakan untuk mengontrol seluruh kerja dari alat pelarut PCB karena dinilai sangat praktis dan efisien dengan berbagai fasilitas yang telah ada.
3. Motor servo digunakan untuk menggerakkan bak pelarut karena mudah dalam pengendalian.
4. Penambahan alat pemanas air untuk memanaskan suhu cairan pelarut pada saat cairan pelarut dingin sebelum proses pelarutan berakhir.

### C. Blok Diagram Rangkaian

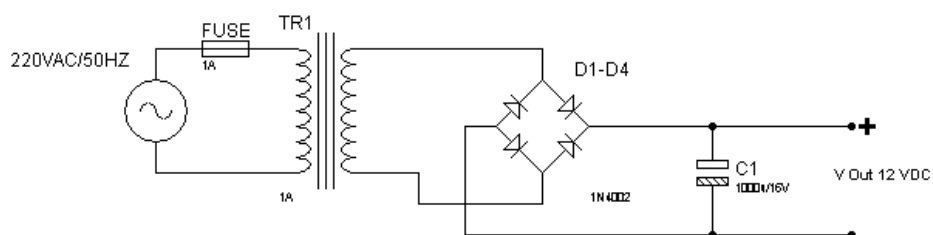


Gambar 20. Blok diagram rangkaian

### D. Perancangan Rangkaian

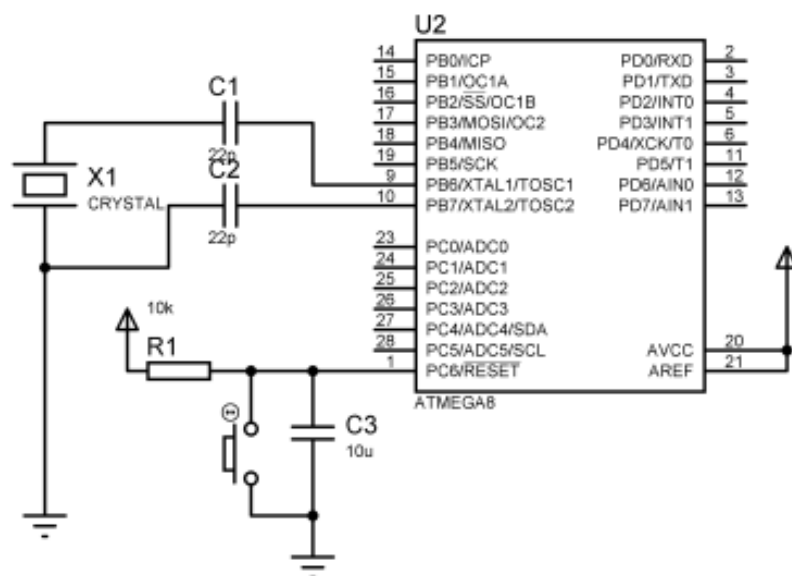
Pada alat ini terdapat dua buah blok rangkaian yaitu blok rangkaian catu daya dan blok rangkaian sistem minimum.

1. Rangkaian Catu Daya



Gambar 21. Rangkaian catu daya

## 2. Rangkaian Sistem Minimum



Gambar 22. Rangkaian sistem minimum ATmega8

## E. Langkah Pembuatan Alat

Langkah pembuatan alat pada penelitian ini terdiri dari pembuatan box rangkaian, pelarutan PCB, pemasangan komponen pada PCB.

### 1. Pembuatan box rangkaian

#### a. Perencanaan ukuran

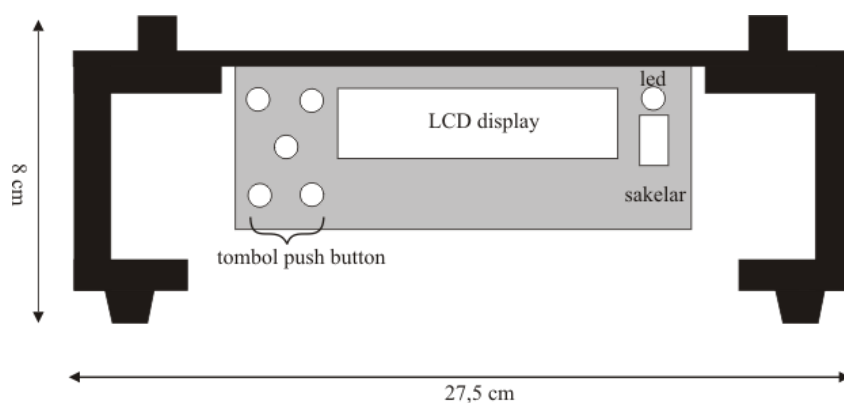
Panjang : 228cm



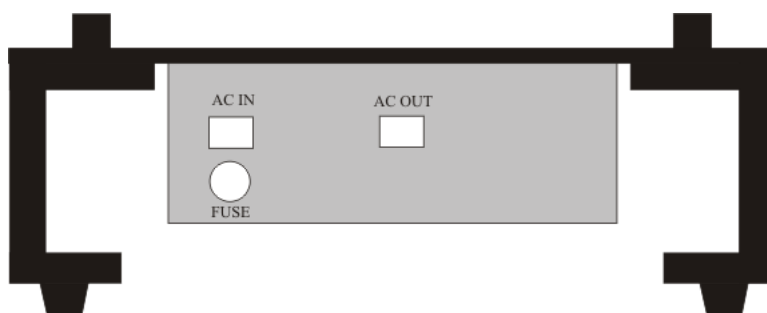
Lebar : 22 cm  
Tinggi : 10 cm

b. Pembuatan box

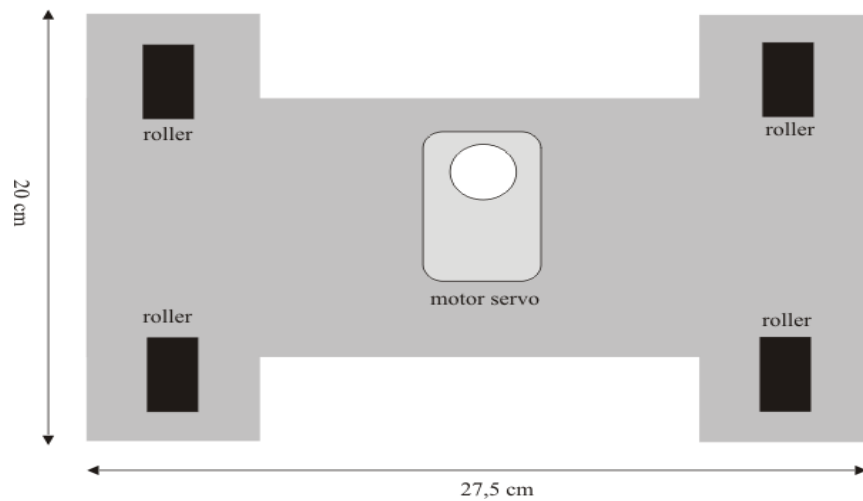
Proses pembuatan box dilakukan di bengkel dengan menggunakan peralatan yang ada. Box digunakan untuk memasang rangkaian dan tempat pemasangan bak pelarut berukuran 32 cm x 25 cm. Proses pembuatan box dilakukan mulai dari pemotongan alumunium, pelipatan, dan pengeboran. Dari perencanaan ukuran sebelumnya didapatkan hasil bentuk box seperti berikut.



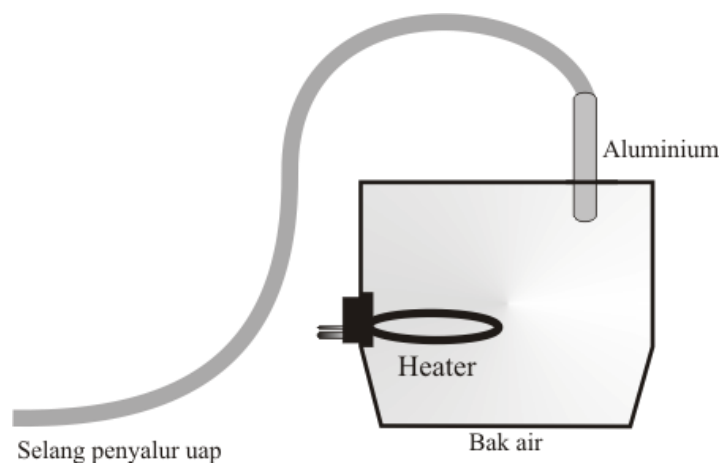
Gambar 23. Box tampak depan



Gambar 24. Box tampak belakang



Gambar 25. Box tampak atas



Gambar 26. Pemanas suhu

## 2. Pembuatan PCB

### a. Pembuatan lay out PCB

Langkah awal pembuatan PCB adalah menggambar *layout* rangkaian dengan perangkat lunak PCB Express. Hasil penggambaran *layout* PCB dapat dilihat pada lampiran 1.

### b. Penyablonan PCB

Setelah *layout* selesai dibuat maka langkah selanjutnya yaitu menyablonkan *layout* ke PCB polos.

Proses penyablonan dilakukan dengan cara :

- 1) Mencetak *layout* pada kertas glossi.
- 2) Desain *layout* yang sudah dicetak pada kertas glossi disablonkan ke PCB dengan cara disetrika selama kurang lebih 10 menit.
- 3) Setelah gambar *layout* menempel pada PCB maka hilangkan kertas yang menempel pada PCB dengan air sampai bersih.

c. Pelarutan dan pengeboran PCB

Langkah selanjutnya yaitu melarutkan PCB dengan cairan *Feri Chloride* sampai jalur rangkaian terbuat. Kemudian setelah jalur terbuat mengangkat PCB dari cairan *Feri Chloride* dan membersihkannya dengan air. Setelah bersih PCB dibor sesuai dengan titik – titik yang telah ditentukan.

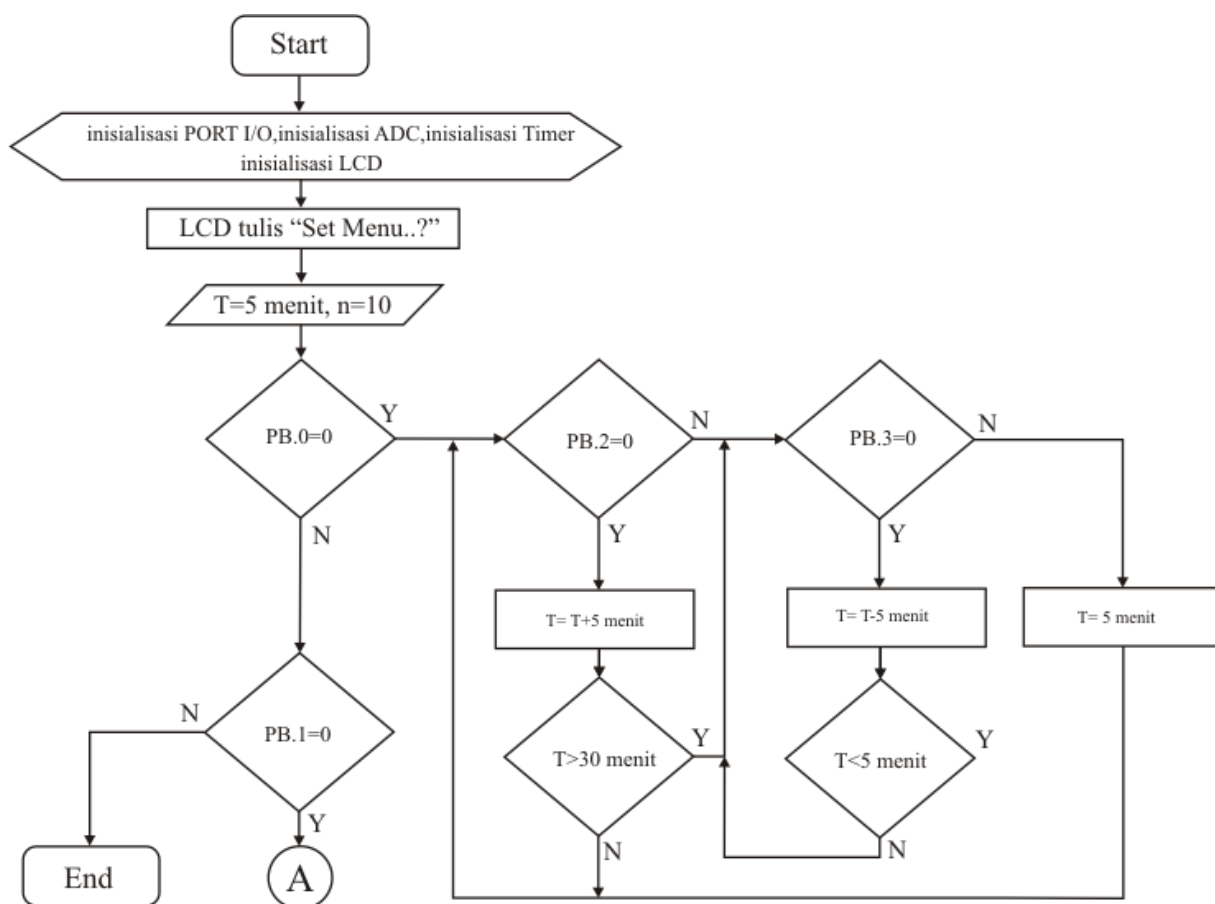
d. Pemasangan komponen

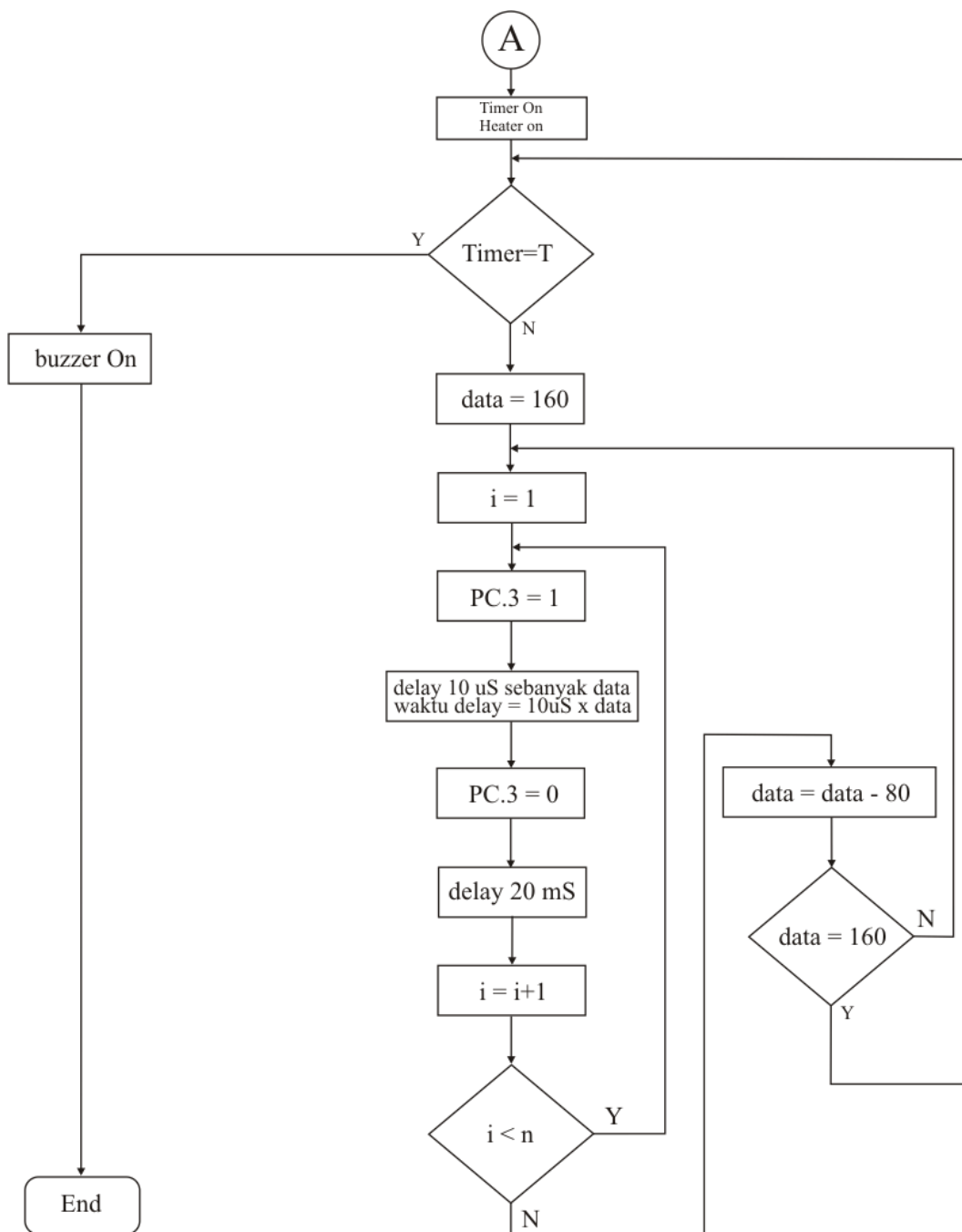
Langkah terakhir yaitu memasang seluruh komponen yang terdapat pada rangkaian dengan urutan :

- a. Menyiapkan komponen yang dibutuhkan.
- b. Memasang komponen dari ukuran paling kecil terlebih dahulu.
- c. Menyolder kaki komponen sampai semua komponen terpasang.
- d. Menguji rangkaian apakah sudah dapat bekerja dengan baik atau belum.

## F. Diagram Alir/Flowchart Program

Alur pemrograman pada alat pelarut PCB berbasis mikrokontroler ATmega8 ini dimulai dari start yang berarti dimulainya program. Setelah program berjalan maka mikrokontroler akan melakukan proses inialisasi pada fasilitas – fasilitas yang terdapat pada mikrokontroler ATmega8 baik yang digunakan ataupun yang tidak digunakan. Alur program secara lengkap dapat dilihat pada gambar 27.





Gambar 27. *Flowchart* Program

## G. Perancangan Program

Program pada alat pelarut PCB berbasis mikrokontroler ATmega8 ini dibuat dengan bahasa C dan menggunakan perangkat lunak CodeVision AVR. Untuk menyelesaikan program digunakan beberapa fasilitas yang terdapat dalam mikrokontroler ATmega8 diantaranya yaitu *Timer*, ADC dan LCD. Susunan program yaitu berisi dari program pengaturan menu, pemutaran servo, pengontrolan nilai ADC, dan perhitungan *timer*. Pemrograman alat ini mengacu pada beberapa sumber yaitu dari buku Pemrograman Mikrokontroler ATmega16 menggunakan Code Vision AVR (Heri Andrianto: 2008), Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler ATmega8535 (M. Ary Heryanto dan Wisnu Adi P: 2008). Penulis juga mengambil artikel dari internet dengan judul Mengaktifkan Motor Servo Dengan Bascom. ([http://rif\\_cool@yahoo.com](http://rif_cool@yahoo.com))

## BAB IV

### PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

#### A. Pengujian

Pengujian alat ini dilakukan dengan melakukan proses pelarutan PCB dengan menggunakan dua jenis PCB yaitu bahan pertinak dan bahan fiber yang masing-masing memiliki kualitas yang berbeda. Pengujian ini dilakukan untuk memperoleh data perbandingan lama pelarutan dari masing-masing jenis PCB berdasarkan persentase lapisan tembaga yang dilarutkan. Hasil proses pelarutan diperoleh data seperti pada tabel 4 dan tabel 5.

Tabel 4. Hasil pelarutan PCB dari bahan pertinak

No	Persentase tembaga yang dilarutkan	Waktu pelarutan	
		Percobaan 1	Percobaan 2
1	10%	10 menit	11 menit
2	15%	10 menit	11 menit
3	20%	11 menit	11 menit
4	25%	11 menit	11 menit

Tabel 5. Hasil pelarutan PCB dari bahan fiber

No	Persentase tembaga yang dilarutkan	Waktu pelarutan	
		Percobaan 1	Percobaan 2
1	10%	12 menit	12 menit
2	15%	12 menit	12 menit
3	20%	12 menit	12 menit
4	25%	12 menit	12 menit

## B. Pembahasan

Berdasarkan data pengujian alat terhadap pelarutan PCB diperoleh rata-rata waktu pelarutan dari masing-masing percobaan bahan PCB dan persentase tembaga yang dilarutkan. Jumlah waktu rata-rata pelarutan adalah seperti tabel 6.

Tabel 6. Waktu rata-rata pelarutan PCB dari bahan pertinak

No	Persentase tembaga	Waktu rata-rata
1	10%	10,5 menit
2	15%	10,5 menit
3	20%	11 menit
4	25%	11 menit

Waktu pelarutan PCB bahan pertinak untuk persentasi 10% dan 15% ternyata memerlukan waktu yang sama yakni 10,5 menit. Sedangkan untuk persentasi 20% dan 25% ternyata juga memerlukan waktu yang sama yakni 11 menit.

Tabel 7. Waktu rata-rata pelarutan PCB dari bahan fiber

No	Persentase tembaga	Waktu rata-rata
1	10%	12 menit
2	15%	12 menit
3	20%	12 menit
4	25%	12 menit

Waktu pelarutan PCB bahan fiber untuk persentasi 10%, 15%, 20% dan ternyata secara keseluruhan memerlukan waktu yang sama yakni 12 menit.



Dari perhitungan waktu rata-rata hasil pelarutan diperoleh data bahwa waktu pelarutan PCB dengan bahan pertinak sedikit lebih cepat daripada PCB dari bahan fiber, dengan perbedaan waktu antara 1 sampai dengan 1,5 menit.

### C. Spesifikasi Alat

Pada penelitian ini telah diwujudkan sebuah unit alat pelarut PCB yang diberi nama SAMPCB-P01T10 dengan spesifikasi seperti tercantum pada tabel 8.

Tabel 8. Spesifikasi alat Pelarut PCB Seri SAMPCB-P01T10

<b>Spesifikasi</b>	<b>Ukuran</b>
Dimensi	28cmx22cmx15cm
Tegangan input	220 VAC
Daya Output	6 Watt
Luas bak	32cmx25cm
Berat	2,4 Kg

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

1. Alat pelarut PCB dengan Seri SAMPCB-P01T10 dengan menggunakan sistem minimum mikrokontroler ATmega8 dengan beberapa instrumen pendukung berupa mekanik, motor servo dan *display* LCD.
2. Alat pelarut PCB dapat bekerja untuk melarutkan PCB *single layer* dari bahan pertinak dan bahan fiber. Ukuran maksimum PCB yang dapat dilarutkan adalah 22 cm x 30 cm.

#### **B. Keterbatasan Alat**

Alat pelarut PCB ini memiliki beberapa kelemahan diantaranya :

1. Motor yang digunakan pada penggerak bak pelarut akan panas jika digunakan terlalu lama.
2. Suhu maksimum larutan pelarut yang dapat dihasilkan pemanas maksimum 60 derajat celcius.

#### **C. Saran**

Dalam penelitian ini masih terdapat kekurangan, sehingga diperlukan pengembangan guna menyempurnakan penelitian ini. Oleh karena itu disarankan sebaiknya Motor servo yang digunakan diganti dengan motor yang memiliki kecepatan lebih tinggi, sehingga mempercepat proses pelarutan dan perlu diperluas ukuran bak pelarut sehingga dapat menampung PCB dalam jumlah banyak atau yang lebih besar.

## DAFTAR PUSTAKA

Annur Solichin. (2009). *Pengembangan Lengan Robot (Robotic Arm) pada Remote Operating Vehicle (ROV) dengan Pengendalian Secara Manual*, <http://ilmukelautan.com>, 14 Oktober 2009.

Heri Andrianto. (2008). *Pemrograman Mikrokontroller AT Mega 16 menggunakan Code Vision AVR*. Bandung: Informatika.

Iwan Setiawan. (2006). *Tutorial Mikrokontroler AVR*,  
<http://iwan@elektro.ft.undip.ac.id>, 3 Januari 2010.

M. Ary Heryanto dan Wisnu Adi P. (2008). *Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler AT Mega 8535*. Yogyakarta: Andi.

Rif Cool, (2009). *Mengaktifkan Motor Servo Dengan Bascom*,  
[http://rif\\_cool@yahoo.com](http://rif_cool@yahoo.com), 14 Oktober 2009.

Widodo Budiharto dan Gamayel Rizal. (2007). *12 Proyek Mikrokontroler untuk Pemula*. Jakarta: Elek Media Komputindo.