

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 TINJAUAN PUSTAKA**

Terdapat beberapa judul jurnal yang berhubungan dengan pelarutan PCB. Jurnal ini dapat digunakan sebagai referensi dan pembanding dalam penulisan.

Totok Sukardiyono (2007) membuat “*Metode Pemanasan Meningkatkan Efisiensi dan Kualitas Pembuatan PRT*”. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penelitian ini memiliki tujuan membuat metode baru dalam membuat PRT (Papan Rangkaian Tercetak). Metode yang baru ini diharapkan menghasilkan efisiensi dan kualitas hasil PRT yang lebih baik daripada metode sebelumnya. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Efisiensi dan kualitas PRT dengan menggunakan metode pemanasan yang dijadikan variabel eksperimen serta efisiensi dan kualitas dalam membuat PRT yang menggunakan metode sablon sebagai *variable control*. Merujuk pada data dan hasil penganalisisan diskriptif yang dilakukan dan memperoleh nilai rata-rata efisiensi untuk membuat PRT yang menggunakan metode pemanasan sebelum di etsa 100 dan setelah di etsa 98,41. Sedangkan yang menggunakan metode sablon sebelum dilakukan etsa 8,10 dan setelah dilakukan etsa 75,55. Hasil ini memperlihatkan bahwa dalam membuat PRT menggunakan metode pemanasan akan lebih efisien dan memiliki kualitas yang baik dibanding dengan menggunakan metode sablon.

Slamet (2010) membuat jurnal “*Alat Pelarut PCB Berbasis Mikrokontroler ATmega8*”. Dari jurnal tersebut didapatkan bahwa proses pelarutan PCB harus secara terus-menerus agar jalur yang terdapat pada PCB tidak cepat dikikis oleh *Ferric Chloride*. Didapatkan kesimpulan bahwa Alat pelarut PCB dapat melarutkan PCB *single layer* yang berbahan pertinak dan berbahan fiber. Ukuran maksimal PCB yang dapat dilarutkan adalah 22 cm x 30 cm. Dengan metode penggunaan program pada alat pelarut PCB berbasis mikrokontroler ATmega8 ini dibuat menggunakan *software* cvavr. 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.

Yang dan Zhang (2015) membuat “*Study on Etching Copper clad in FeCl<sub>3</sub> Solution by Ultrasonic Irradiation*”. Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa *ultrasonic irradiation* mempercepat proses pelarutan tembaga pada PCB dengan larutan FeCl<sub>3</sub>. Nilai maksimal *power* untuk *ultrasonic irradiation* pada proses *etching* mencapai 80 watt. Dibandingkan dengan *static etching* metode ini dapat mempercepat pelarutan PCB.

Adhi Susatyo (2016) membuat “*Perancangan Fasilitas Kerja yang Ergonomis pada Proses Pelarutan Printed Circuit Board (PCB) dengan Menggunakan Metode Quality Function Deployment*”. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa proses produksi pada *IK-Tech* masih menggunakan cara manual, yang terutama saat proses *etching* PCB. Proses pelarutan pada *IK-Tech* tumpah, waktu pengerjaan yang lama dan pemakaian yang tidak efektif disebabkan operator melakukan pekerjaan memakai alat yang kurang baik seperti nampan, mengakibatkan proses pelarutan menghasilkan banyak kelemahan seperti operator mendapatkan posisi yang tidak nyaman saat melarutkan. Pergerakan yang tidak efektif dan terlalu sering. Oleh sebab itu diperlukan peningkatan kualitas fasilitas saat proses *etching* berlangsung. Penelitian ini menggunakan metode pendekatan *Quality Function Deployment*. Cara ini memiliki tujuan mengakomodasi dalam merencanakan fasilitas kerja sesuai kebutuhan pemakai. Cara ergonomis juga dipakai dalam merancang fasilitas kerja dalam memperkecil beban kerja operator sehingga memberikan rasa nyaman dan aman bagi operator saat bekerja.

Danu Galang Pratama (2017) membuat “*Rancang Bangun Mesin Etching PCB Sistem Semprot dengan Pemanas*”. Dari penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa proses *etching* PCB masih banyak dilakukan secara manual. Proses tersebut memiliki beberapa kelemahan, antara lain: 1) Operator memiliki resiko yang besar terkena larutan kimia yang dapat menyebabkan iritasi pada kulit; dan 2) Waktu proses cukup lama, yaitu lebih dari 20 menit. Oleh sebab itu diperlukan sebuah mesin *Etching* PCB yang dapat menghindarkan operator dari resiko terkena larutan kimia dan mempercepat waktu proses. Metode perancangan yang digunakan pada

proyek akhir ini adalah metode perancangan VDI 2222. Proses etching PCB sampai ukuran 210 x 149 mm (A4) membutuhkan waktu rata-rata 5,25 menit. Jalur penghubung konduktor pada PCB hasil proses etching memiliki bentuk dan ukuran yang sama dengan layout master PCB.

Choi dkk (2017) membuat penelitian yang berjudul “*Etching Behaviors of Cu and Invar for Metal Core PCB Applications*”. Penelitiannya bertujuan untuk membandingkan pola kelarutan pada *metal core* PCB yang menggunakan  $\text{FeCl}_3$  dengan yang menggunakan  $\text{CuCl}_2$ . Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa  $\text{FeCl}_3$  memiliki proses pelarutan PCB yang lebih cepat dibandingkan dengan  $\text{CuCl}_2$  melalui metode *wet etching*.

Santos dkk (2018) membuat penelitian yang berjudul “*Development of an Automated Pre-Sensitized Printed Circuit Board Etching Machine*”. Penelitian ini menunjukkan bahwa pengembangan alat pelarut PCB otomatis yang diintegrasikan dengan CNC *Laser* akan memberikan kecepatan, keakuratan dan konsistensi untuk menghasilkan kualitas pelarutan PCB yang baik.

Agung Suprihatin (2019) membuat “*Pemanfaatan Sifat Kelarutan Hidroksida Logam Untuk Menurunkan Kadar Tembaga Pada Limbah Pelarutan PCB di PPPPTK Bidang Otomotif dan Elektronika Malang*”. Dari Penelitian ini dapat disimpulkan bahwa Di PPPPTK Bidang Otomotif dan Elektronika (BOE) Malang pembentukan jalur pada PCB menggunakan metode *etching*, dengan cara sebagian tembaga melalui proses kimia untuk dilepaskan dari papan lapis tembaga kosong. Tembaga sisa juga dengan alasnya yang akan membuat bentuk jalur pada PCB. Papan dengan lapisan tembaga biasa disebut *Copper Clade Board*. Dalam membuat papan berlapis tembaga dapat dengan melakukan proses laminasi yang merupakan menempelkan lembaran yang tipis pada tembaga yang memiliki ketebalan sebesar 0,0014 inch hingga 0,0042 inch di atas alas.

Tabel 2. 1 Hubungan Penelitian yang Sudah Ada dengan Penelitian Ini

No	Penulis	Judul	Sistem / Metode
1	Totok Sukardiyono (2007)	<i>Metode Pemanasan Meningkatkan Efisiensi dan Kualitas Pembuatan PRT</i>	Kualitas dan efisiensi pembuatan PRT dengan metode pemanasan sebagai variabel eksperimen dan kualitas dan efisiensi pembuatan PRT dengan metode sablon sebagai variabel kontrol. Dari data dan hasil analisis hasil tersebut menunjukkan bahwa pembuatan PRT dengan metode pemanasan lebih efisien dan berkualitas dibandingkan dengan metode sablon.
2	Slamet (2010)	<i>Alat Pelarut PCB Berbasis Mikrokontroler ATmega8</i>	alat pelarut PCB berbasis mikrokontroler ATmega8 ini dibuat dengan bahasa C dan menggunakan perangkat lunak CodeVision AVR. proses pelarutan PCB harus dilakukan secara kontinyu agar jalur yang terdapat pada PCB tidak cepat terkikis oleh <i>Feri Chloride</i> .
3	Yang dan Zhang (2015)	<i>Study on Etching Copper clad in FeCl3 Solution by Ultrasonic Irradiation</i>	<i>ultrasonic irradiation</i> mempercepat proses pelarutan tembaga pada PCB dengan larutan FeCl3. Nilai maksimal <i>power</i> untuk <i>ultrasonic irradiation</i> pada proses <i>etching</i> mencapai 80 watt. Dibandingkan dengan <i>static etching</i> metode ini dapat mempercepat pelarutan PCB.
4	Adhi Susatyo (2016)	<i>Perancangan Fasilitas Kerja yang Ergonomis pada Proses Pelarutan Printed Circuit Board (PCB) dengan Menggunakan Metode Quality Function Deployment</i>	Pada penelitian ini, dirancang fasilitas kerja dengan pendekatan <i>Quality Function Deployment</i> . Metode ini bertujuan mengakomodasi perancangan fasilitas kerja berdasarkan kebutuhan pengguna. Selain itu, pendekatan ergonomis pada perancangan fasilitas kerja untuk memperkecil beban kerja operator sehingga menciptakan rasa nyaman dan aman bagi operator dalam bekerja.

Tabel 2. 2 Hubungan Penelitian yang Sudah Ada dengan Penelitian Ini (Lanjutan)

No	Penulis	Judul	Sistem / Metode
5	Choi dkk (2017)	<i>Etching Behaviors of Cu and Invar for Metal Core PCB Applications</i>	membandingkan pola kelarutan pada <i>metal core</i> PCB yang menggunakan FeCl <sub>3</sub> dengan yang menggunakan CuCl <sub>2</sub> . Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa FeCl <sub>3</sub> memiliki proses pelarutan PCB yang lebih cepat dibandingkan dengan CuCl <sub>2</sub> melalui metode <i>wet etching</i> .
6	Danu Galang Pratama (2017)	<i>Perancangan Fasilitas Kerja yang Ergonomis pada Proses Pelarutan Printed Circuit Board (PCB) dengan Menggunakan Metode Quality Function Deployment</i>	Pada penelitian ini, dirancang fasilitas kerja dengan pendekatan <i>Quality Function Deployment</i> . Metode ini bertujuan mengakomodasi perancangan fasilitas kerja berdasarkan kebutuhan pengguna. Selain itu, pendekatan ergonomis pada perancangan fasilitas kerja untuk memperkecil beban kerja operator sehingga menciptakan rasa nyaman dan aman bagi operator dalam bekerja.
7	Santos dkk (2018)	<i>Development of an Automated Pre-Sensitized Printed Circuit Board Etching Machine</i>	pengembangan alat pelarut PCB otomatis yang diintegrasikan dengan <i>CNC Laser</i> akan memberikan kecepatan, keakuratan dan konsistensi untuk menghasilkan kualitas pelarutan PCB yang baik.

Tabel 2. 3 Hubungan Penelitian yang Sudah Ada dengan Penelitian Ini (Lanjutan)

8	Agung Suprihatin (2019)	<i>Pemanfaatan Sifat Kelarutan Hidroksida Logam Untuk Menurunkan Kadar Tembaga Pada Limbah Pelarutan PCB di PPPPTK Bidang Otomotif dan Elektronika Malang</i>	Pembentukan jalur PCB dilakukan dengan cara <i>etching</i> (pelarutan), dimana sebagian tembaga dilepaskan secara kimia dari suatu papan lapis tembaga kosong (blangko). Tembaga yang tersisa beserta alasnya itulah yang akan membentuk jalur pengawatan PCB. Papan berlapis tembaga disebut juga <i>Copper Clade Board</i> . Pembuatan papan berlapis tembaga dilakukan dengan cara laminasi yaitu melekatkan lembaran tipis tembaga dengan ketebalan 0,0014 inchi sampai dengan 0,0042 inchi di atas substrat atau alas. Substrat terbuat dari bahan Phenolik atau bahan serat gelas ( <i>fibre glass</i> )
9	Duanda Mahaputra (2019)	<i>Pearancangan Alat Pelarut PCB dengan Memanfaatkan Aliran Fluida Panas FeCl3 Berbasis Mikrokontroler</i>	Merancang alat pelarut PCB otomatis pada skala hobi. Dengan metode mengalirkan larutan <i>ferric chloride</i> sehingga membentuk arus yang menjadi terjadinya sebuah gesekan antara larutan dengan PCB.

## 2.2 DASAR TEORI

### 2.2.1 Etching PCB

*Etching* PCB adalah suatu proses melarutkan bagian tembaga yang tidak tertutupi lapisan/sablonan/tinta spidol yang dimana memakai sebuah cairan khusus untuk melarutkan PCB. Sebuah PCB yang berlapis tembaga saat dimasukkan ke dalam cairan  $FeCl_3$  pada waktu tertentu akan mengalami pengikisan permukaan. Pada dunia elektronika biasanya ini digunakan untuk membuat jalur circuit.

Pada umumnya proses pelarutan PCB paling banyak menggunakan cairan  $FeCl_3$  atau disebut *Ferric chloride* dengan ciri-ciri cairan yang berwarna kecoklat-coklatan dan saat mengenai pakaian akan susah untuk dibersihkan, namun ada

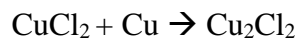
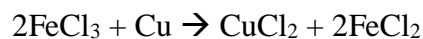
alternatif lain yang dapat dipakai untuk pengganti bahan tersebut, disamping bisa lebih hemat juga memiliki dampak ‘kotor’ lingkungan yang lebih kecil.

Pembentukan jalur PCB dilakukan dengan cara *etching* (pelarutan), dimana sebagian tembaga dilepaskan secara kimia dari suatu papan lapis tembaga kosong (blangko). Tembaga yang tersisa beserta alasnya itulah yang akan membentuk jalur pengawatan PCB berupa kombinasi *pad* dan *track*.

PCB dibuat dengan berbagai cara tergantung pada metode pembuatannya. Pembuatan PCB bagi para pemula memang menyulitkan terutama yang belum tahu prosesnya. Kelley (2000) menyatakan bahwa kualitas pembuatan PCB tergantung dari *film* dari gambar rangkaian yang digunakan, bahan yang digunakan, peralatan atau mesin, dan keahlian pembuat.

### 2.2.2 Pengaruh Suhu Panas terhadap Reaksi Kimia Pelarutan Tembaga

Menurut *PCB Handbook Sixth Edition* bahawa larutan *ferric chloride* ( $\text{FeCl}_3$ ) dapat digunakan sebagai bahan etsa/pelarut tembaga untuk menghasilkan jalur rangkaian yg diinginkan pada tembaga PCB dimana untuk menggunakan  $\text{FeCl}_3$  pada saat melarutkan PCB harus memiliki 30-40% larutan yang memiliki suhu sekitar  $40^\circ\text{C}$ . Adapun reaksi kimia yang digunakan untuk proses pelarutan tembaga adalah sebagai berikut :



Peran reaksi kedua bertambah penting ketika lebih banyak tembaga dilarutkan dalam larutan.

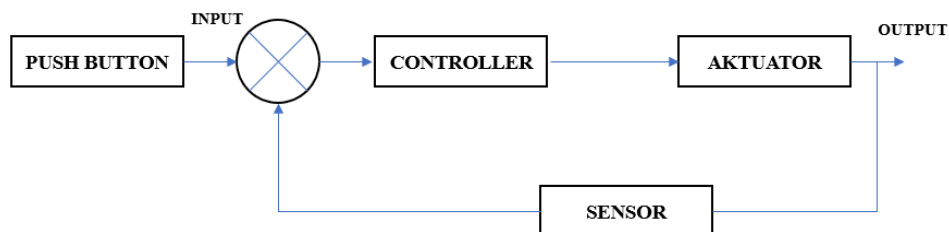
Menurut penelitian Pratama dkk (2017), dengan larutan *etchant* sekitar 300 gram/3,5 liter atau 85,7 gram/liter yang sudah di uji cobakan sebanyak 4 kali dengan cara menyemprotkan larutan *etchant* panas untuk melarutkan sebuah PCB dengan suhu  $42.2^\circ\text{C}$ ,  $48^\circ\text{C}$ ,  $48^\circ\text{C}$ ,  $48^\circ\text{C}$  didapatkan waktu pelarutan secara urut sesuai suhu yang sebelumnya disebutkan yaitu selama 5 menit, 5 menit, 5 menit dan 6 menit dengan hasil pada jalur PCB sesuai dengan yang *diprint* pada kertas.

### 2.2.3 Pengaruh Aliran Fluida *Ferric Chloride* terhadap Tembaga

Larutan *Ferric chloride* yang telah dipanaskan hingga suhu 40°C dapat digunakan untuk melarutkan tembaga PCB secara lebih maksimal dengan cara mengalirkan larutan tersebut terhadap PCB secara terus menerus sehingga tembaga PCB dapat larut lebih cepat dibanding dengan hanya mendiamkannya saja. Maka dapat diketahui bahwa kecepatan aliran dan tekanan parsial  $\text{FeCl}_3$  akan menyebabkan pelarutan terhadap bagian tembaga yang ingin dilarutkan menjadi lebih cepat.

### 2.2.4 Sistem Kontrol *Loop Tertutup (Close Loop)*

Sistem kontrol loop tertutup memiliki kelebihan dibandingkan dengan sistem kontrol loop terbuka. Sistem kontrol loop tertutup merupakan sebuah sistem yang nilai keluarannya memiliki pengaruh terhadap aksi pengendalian yang dilakukan. Pada rangkaian loop tertutup terdapat sinyal error yang merupakan selisih antara sinyal masukan dengan sinyal umpan balik. Umpan balik ini dilakukan untuk memperbaiki nilai keluaran (output) sistem agar semakin mendekati nilai yang diinginkan. Keuntungan dari pemanfaatan nilai umpan balik, dapat membuat respon sistem kurang peka terhadap gangguan eksternal dan perubahan internal pada parameter sistem. Ilustrasi mengenai sistem kontrol loop tertutup dan beberapa elemennya dapat dilihat pada Gambar 2.1.



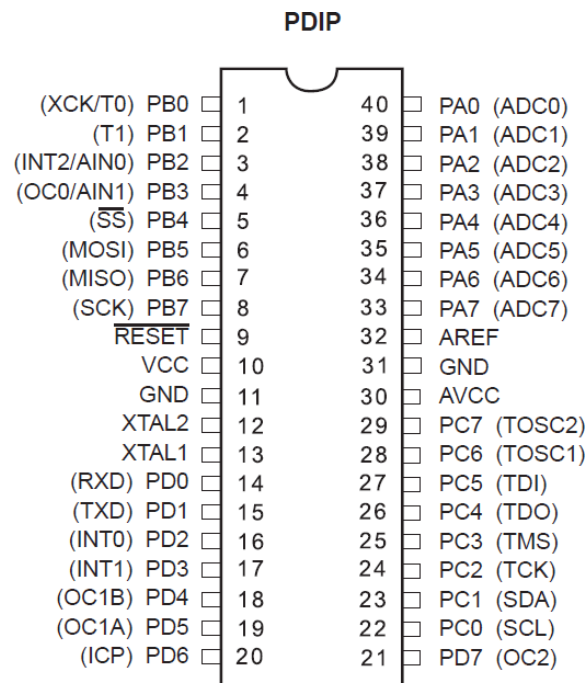
Gambar 2. 1 Sistem *Close Loop*

### 2.2.5 Mikrokontroler AVR Atmega 32

Mikrokontroler AVR Atmega32 merupakan *low power* CMOS Mikrokontroler 8-bit yang dikembangkan oleh Atmel dengan arsitektur RISC



(*Reduced Instruction Set Computer*) sehingga dapat mencapai *throughput* eksekusi instruksi 1 MIPS (*Million Instruction Per Second*). Dalam hal ini yang digunakan adalah mikrokontroler AVR tipe Atmega32 standar. Perbedaannya dengan AVR tipe Atmega32L terletak pada besarnya tegangan kerja yang dibutuhkan. Untuk Atmega32L tegangan kerjanya antara 2,7V – 5,5V sedangkan untuk Atmega32 hanya dapat bekerja pada tegangan 4,5V – 5,5V.



Gambar 2. 2 Skematik Atmega32

### 2.2.6 *Software CodeVisonAVR (CVAVR)*

Cvavr adalah sebuah perangkat lunak yang menyediakan keperluan *programmer* untuk menulis sebuah program. Pada dasarnya CodeVisionAVR merupakan sebuah *software* pemrograman mikrokontroler yang menjadi bagian AVR berbasis bahasa C. Terdapat tiga komponen penting yang telah diintegrasikan dalam perangkat lunak ini: *compiler C*, IDE dan Program generator.

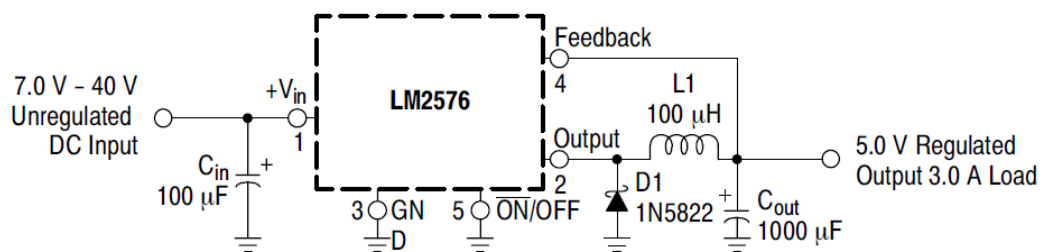
Berdasarkan spesifikasi yang diterbitkan oleh perusahaan pengembangnya, *compiler C* yang dipakai hampir mengimplementasikan banyak komponen standar yang ada pada bahasa C standar ANSI (seperti struktur program, jenis tipe data, jenis operator, dan pustaka fungsi standar-berikut penamaannya). Tetapi walaupun



6. *Low cost due to wafer-level trimming*
7. *Operates from 4 to 30 volts*
8. *Less than 60  $\mu\text{A}$  current drain*
9. *Low self-heating, 0.08°C in still air*
10. *Nonlinearity only  $\pm 1/4^\circ\text{C}$  typical*
11. *Low impedance output, 0.1 W for 1 mA load*

### 2.2.8 IC Regulator LM2576

LM2576 adalah sebuah IC regulator yang berfungsi sebagai *step-down switching* regulator. IC ini dapat membuat beban 3A bergerak dengan batasan yang sangat baik. Regulator ini memiliki dua jenis tipe tegangan keluaran yaitu *fixed* dan *adjustable*. Tipe *fixed* beberapa diantaranya adalah 3.3V, 5V, 12V, dan 15V. IC ini memerlukan komponen external, untuk tipe *fixed* komponen yang dibutuhkan adalah 2 kapasitor polar, satu induktor, dan satu dioda *schottky*. sedangkan untuk tipe *adjustable* selain komponen diatas juga diperlukan 2 buah resistor sebagai pembagi tegangan. IC ini memiliki kompensasi frekuensi internal dan sebuah osilator frekuensi tetap. Berikut gambar skematik regulator LM2576 ditunjukkan pada gambar 2.4.



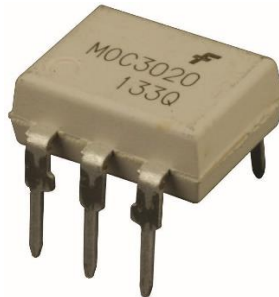
Gambar 2. 4 Skematik Regulator

Sumber: [www.onsemi.com/pub/Collateral/LM2576-D.PDF](http://www.onsemi.com/pub/Collateral/LM2576-D.PDF)

### 2.2.9 Optocoupler

*Optocouler* adalah suatu piranti yang terdiri dari dua bagian yaitu *transmitter* bagian cahaya dengan deteksi sumber cahaya terpisah. Biasanya *optocoupler* digunakan sebagai saklar elektrik, yang berkerja secara otomatis, *optocoupler* merupakan komponen penggandeng (*coupling*) antara rangkaian *input*

dengan menggunakan media cahaya (*opto*) sebagai penghubung. Dengan kata lain, tidak ada bagian yang konduktif antara kedua rangkaian tersebut. Berikut wujud fisik *optocoupler* ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 *Optocoupler*

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

### 2.2.10 *Triac*

*Triac* merupakan salah satu dari keluarga *thyristor*, yang terdiri dari terminal A1, terminal A2 dan *Gate* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6.



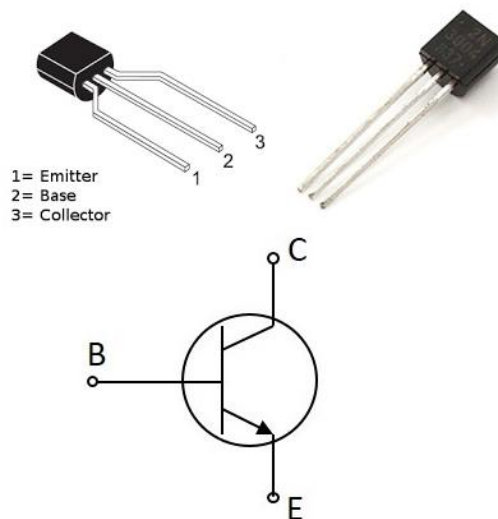
Gambar 2.6 *Triac*

*Triac* banyak digunakan pada rangkaian pengendali, pensaklaran dan pemacu atau *trigger*. Penggunaan *triac* mampu diaplikasikan pada tegangan 100-800 V dengan arus beban 0,5-40 A. Struktur *triac* dengan komponen semikonduktor tersusun atas dioda 4 lapis berstruktur p-n-p-n dengan 3 p-n *junction*. *Triac* memiliki 3 buah kaki yaitu *gate*, A1 A2. Struktur *triac* dengan rangkaian dasar pemakaian *triac* terlihat pada kaki A1 Dan A2 yang merupakan saklar untuk mengatur aliran arus beban yang berasal dari sumber tegangan bolak balik atau AC.

Dalam keadaan normal kaki A1 dan A2 tidak terhubung sehingga tidak ada arus beban yang mengalir. Saat ada arus *gate* mengalir, A1 akan terhubung ke A2 dan mengalir arus beban.

### 2.2.11 Transistor

Transistor merupakan komponen elektronika semikonduktor yang memiliki 3 kaki elektroda, yaitu Basis (Dasar), Kolektor (Pengumpul) dan Emitor (Pemancar). Komponen ini berfungsi sebagai penguat, pemutus dan penyambung (switching), stabilitasi tegangan, modulasi sinyal dan masih banyak lagi fungsi lainnya. Selain itu, transistor juga dapat digunakan sebagai kran listrik sehingga dapat mengalirkan listrik dengan sangat akurat dan sumber listriknya. Gambar 2.7 menunjukkan wujud fisik transistor dan skema dari transistor.



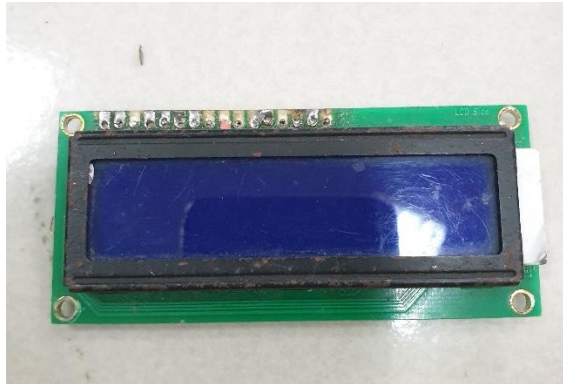
Gambar 2. 7 Transistor

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

### 2.2.12 LCD 16X2 M1632

M1632 adalah sebuah modul LCD dengan tampilan 16 x 2 baris yang memiliki konsumsi daya yang rendah. Modul ini yang didalamnya dilengkapi dengan mikrokontroler yang sudah didesain untuk mengendalikan LCD. Mikrokontroler HD44780 buatan Hitachi yang memiliki fungsi sebagai pengendali LCD ini memiliki CGROM (*Character Generator Read Only Memory*), CGRAM

(*Character Generator Random Access Memory*) dan DDRAM (*Display Data Random Access Memory*). Berikut wujud fisik dari LCD 16x2 ditunjukkan pada gambar 2.8.



Gambar 2. 8 LCD 16x2

### **2.2.13 PCB**

PCB merupakan papan yang berlapis tembaga digunakan untuk membuat jalur rangkaian elektronik. PCB dibagi menjadi beberapa jenis menurut dari bahan yang digunakan dalam pembuatan PCB. Jenis PCB ada yang memiliki bentuk double layer dan single layer. PCB berbentuk double layer mempunyai dua lapisan tembaga dan yang berbentuk single layer hanya mempunyai satu lapisan tembaga. PCB yang digunakan biasanya adalah yang dibuat dari bahan pertinak dan berbentuk single layer. PCB yang berjenis bahan pertinak ini rata – rata mempunyai ketebalan tembaga 0,035 mm- 0,06 mm. Sedangkan PCB yang berjenis lain seperti yang dibuat dari bahan fiber yang memiliki ketebalan tembaga lebih dari 0,06 mm. Kualitas pada jalur rangkaian dan proses pelarutan PCB biasanya dipengaruhi oleh ketebalan tembaga. Berikut wujud fisik PCB 10x20 ditunjukkan pada gambar 2.9.



Gambar 2. 9 PCB

#### 2.2.14 *Heater*

*Heater* merupakan salah satu jenis dari *Heat Exchanger* yang berfungsi untuk memanaskan. *Heater* adalah suatu objek yang memancarkan atau menyebabkan suatu bagian badan yang lain menerima temperatur yang lebih tinggi. Di kehidupan sehari-hari atau rumah tangga dan domestik, heater biasanya digunakan untuk menghasilkan panas. Berikut wujud fisik dari *heater* ditunjukkan pada gambar 2.10.

Heater yang dipakai pada alat ini adalah elemen teko listrik plastik yang memiliki spesifikasi sebagai berikut :

1. Material *stainless steel*.
2. Daya 150 watt.
3. Voltase 220 V.



Gambar 2. 10 *Heater*

### 2.2.15 Motor (Water Pump DC12V)

Motor DC (*Direct Current*) adalah peralatan elektromekanik dasar yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik. Motor DC merupakan jenis motor yang menggunakan tegangan searah sebagai sumber tenaganya. Dengan memberikan beda tegangan pada kedua terminal tersebut, motor akan berputar pada satu arah, dan bila polaritas dari tegangan tersebut dibalik maka arah putaran motor akan terbalik pula.

Motor yang dipakai pada alat ini adalah water pump DC12V dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. *Input Voltage: DC 12V*
2. *Current:  $\leq 0.4A$*
3. *Power: 4.8W*
4. *Flow Rate:  $1.8 \pm 0.1L/min$*
5. *Hmax.:  $5M \pm 5\%$*
6. *Maximum continuous working time: 120H*
7. *Working environment: Temperature:  $5^{\circ}C-40^{\circ}C$*
8. *Fluid temperature:  $5^{\circ}C-45^{\circ}C$*
9. *Input pressure: 0.3Mpa*
10. *Diameter: Approx. 45mm/28mm*
11. *Total length: Approx. 93mm/3.66inch*
12. *In / out hole : for 7.5mm hose*



Gambar 2. 11 Water Pump DC12V