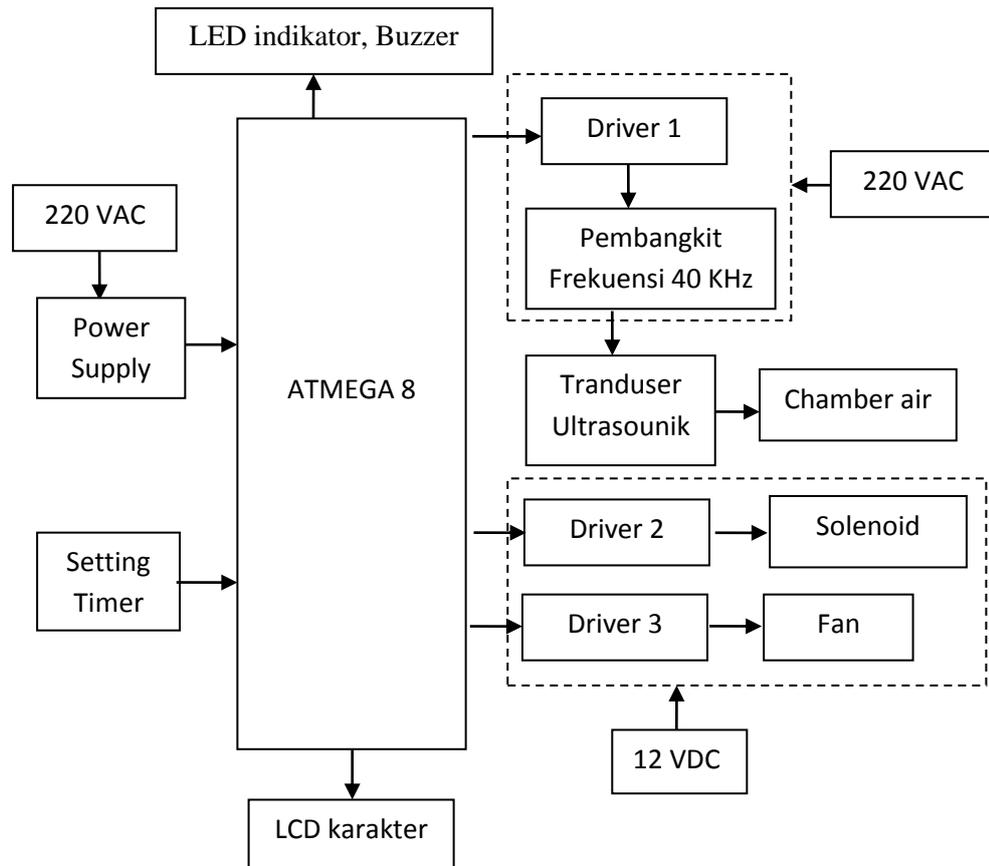


BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Blok Diagram



Gambar 3.1 Diagram Blok Alat *Ultrasonic Cleaner*

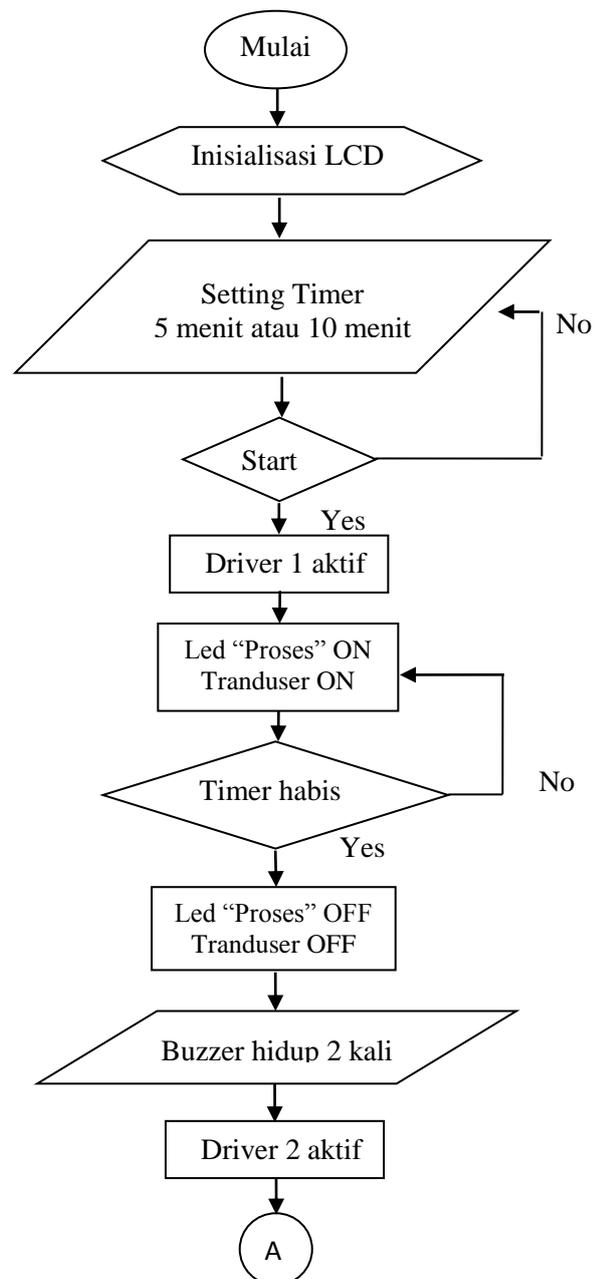
Cara kerja diagram blok pada gambar 3.1 adalah sebagai berikut: Blok power supply berfungsi untuk memberikan tegangan DC pada *microcontroller* sebesar 5 V dan driver sebesar 12 V. *Microcontroller* menggunakan IC ATmega 8 yang berfungsi untuk menjalankan sistem

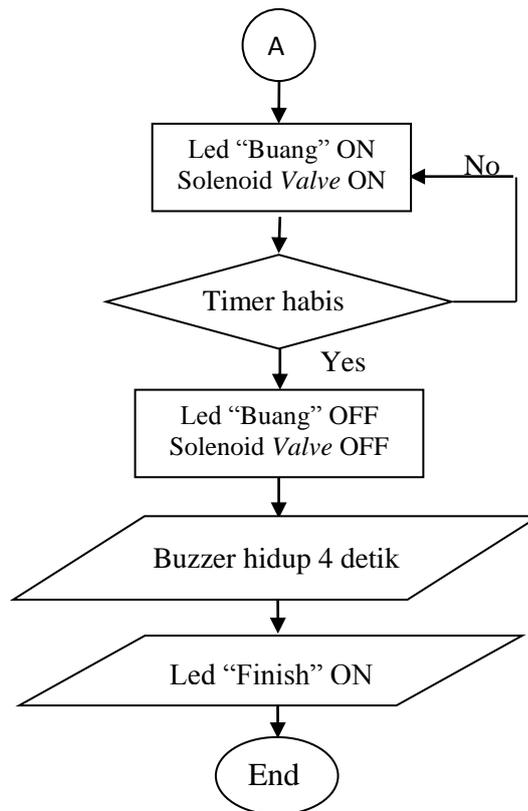
kerja sesuai settingan awal timer. Driver berfungsi sebagai saklar otomatis yang dikendalikan oleh *microcontroller*. Fungsi lain dari rangkaian driver adalah memberikan inputan tegangan pada pembangkit frekuensi dengan tegangan AC 220 V, solenoid *valve* dengan tegangan DC 12 V, dan fan dengan tegangan DC 12 V sesuai kebutuhannya masing - masing. Pembangkit frekuensi berfungsi untuk menghasilkan frekuensi tinggi 40 KHz. Frekuensi tinggi inilah yang nantinya akan menghidupkan transduser ultrasonik yang berfungsi sebagai penghantar gelombang ultrasonik berkekuatan 40 KHz ke chamber air. Proses ini diatur oleh timer sesuai settingan awal. Setelah timer tercapai driver 2 akan menghidupkan solenoid *valve* untuk mengeluarkan air sisa proses pencucian (proses otomatis). *Buzzer* dan led indikator berfungsi sebagai indikator alarm.

3.2 Diagram Alir

Cara kerja diagram alir yaitu pada saat mulai atau power ON *microcontroller* akan melakukan proses inialisasi LCD dan menampilkan pilihan timer yang akan digunakan. Ada dua pemilihan timer yaitu 5 dan 10 menit. Saat tombol start ditekan, maka led "Proses" dan driver 1 aktif untuk menghidupkan rangkaian pembangkit frekuensi tinggi. Output dari rangkaian ini adalah frekuensi tinggi 40 KHz yang digunakan untuk menghidupkan transduser ultrasonik. Proses ini berlangsung sampai timer habis. Saat waktu kerja timer sudah tercapai, maka transduser OFF dan buzzer berbunyi selama 2 kali. Setelah itu led "Buang" dan driver 2 akan aktif untuk menghidupkan solenoid *valve* yang

berfungsi untuk mengosongkan air yang ada didalam chamber. Proses ini berlangsung selama 3 menit. Setelah waktu kerja timer tercapai solenoid *valve* akan OFF dan buzzer akan menyala selama 5 detik diikuti dengan led "*Finish*". Hal ini menandakan proses pembersihan selesai. Diagram alir sistem adalah seperti gambar 3.2 dibawah ini:

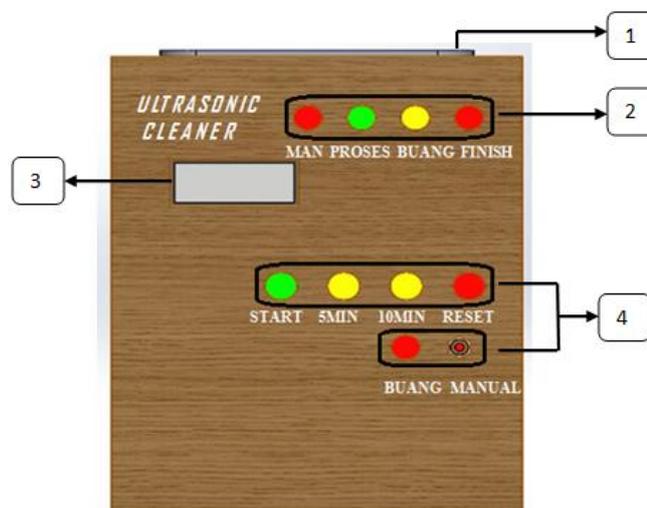




Gambar 3.2 Flow Chart

3.3 Diagram Mekanis

Diagram mekanis merupakan diagram yang menggambarkan bentuk fisik dari alat yang akan dibuat. Gambar diagram mekanis seperti berikut:



Gambar 3.3 Diagram Mekanis Alat Tampak Depan

Dari gambar 3.3 penulis menggambarkan bentuk fisik alat tampak depan. Ada beberapa tombol dan led indikator serta LCD penampil. Penjelasan dari gambar 3.3 adalah sebagai berikut:

1. Chamber air

Berfungsi sebagai tempat menampung air dan penghantar gelombang ultrasonik yang dikeluarkan oleh transduser ultrasonik

2. Led indikator

Berfungsi untuk menunjukkan proses mana yang sedang berjalan, terdapat 4 buah led indikator yaitu:

- a. Led “Manual”, berwarna merah berfungsi sebagai indikator proses pembuangan air secara manual.
- b. Led “Proses”, berwarna hijau berfungsi sebagai indikator proses pembersihan sedang berlangsung. Led ini hidup sesuai dengan setting timer yang dipilih.
- c. Led “Buang”, berwarna kuning berfungsi sebagai indikator proses pembuangan otomatis sedang berlangsung. Led “Buang” hidup selama 3 menit.
- d. Led “*Finish*”, berwarna hijau berfungsi sebagai indikator keseluruhan proses sistem kerja telah selesai.

3. LCD penampil

Berfungsi sebagai penampil waktu kerja timer. Menggunakan LCD karakter 2 x 16.

4. Tombol pengaturan

Berfungsi untuk memberikan perintah kepada *microcontroller* agar dapat menjalankan sistem sesuai dengan kebutuhan *user/pengguna*. terdapat beberapa tombol yang digunakan yaitu seperti berikut ini:

a. Tombol “*Start*”

Berfungsi untuk memulai sistem dari awal sesuai dengan setting pilihan waktu. Terdapat 2 setting timer untuk pembersihan yaitu 5 menit dan 10 menit

b. Tombol “5 menit”

Berfungsi untuk memilih waktu kerja timer pembersihan selama 5 menit

c. Tombol “10 menit”

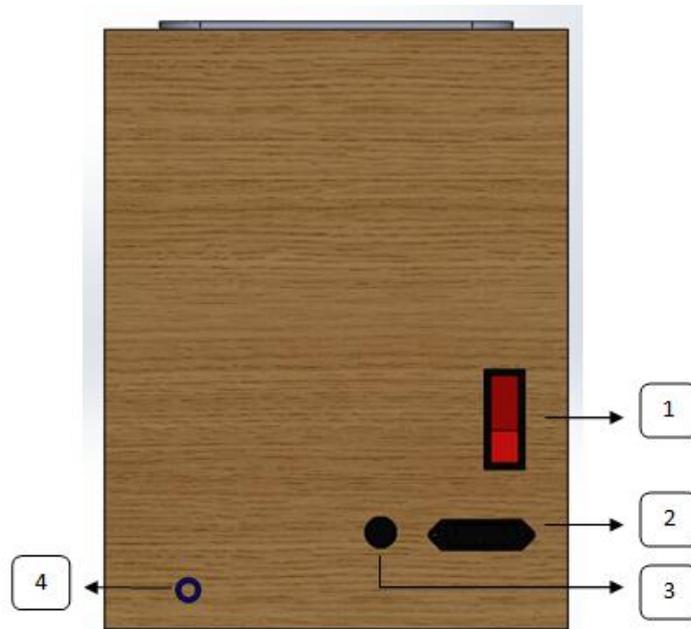
Berfungsi untuk memilih waktu kerja timer pembersihan selama 10 menit

d. Tombol “*Reset*”

Berfungsi untuk mereset sistem kembali seperti keadaan semula. Tombol ini digunakan setelah seluruh sistem selesai.

Selain gambar diagram mekanis yang tampak dari depan seperti pada gambar 3.3 diatas. Dalam penelitian ini penulis juga memberikan gambaran diagram mekanis alat yang tampak dari belakang. Dibagian belakang ini terdapat beberapa komponen seperti konektor tegangan AC

220 V, tempat pembuangan air dan yang lainnya. Gambaran yang dibuat penulis adalah seperti berikut ini:



Gambar 3.4 Diagram Mekanis Alat Tampak Belakang.

Berdasarkan gambar 3.4 diatas terdapat 4 komponen yang terpasang dibagian belakang alat yang penulis buat. Berikut adalah keterangan dari gambar 3.4 diatas:

1. Saklar power

Berfungsi untuk memutuskan dan menghubungkan tegangan listrik 220 V

2. Konektor 3 pin AC

Berfungsi sebagai media penghubung kabel dari stopkontak ke inputan tegangan alat.

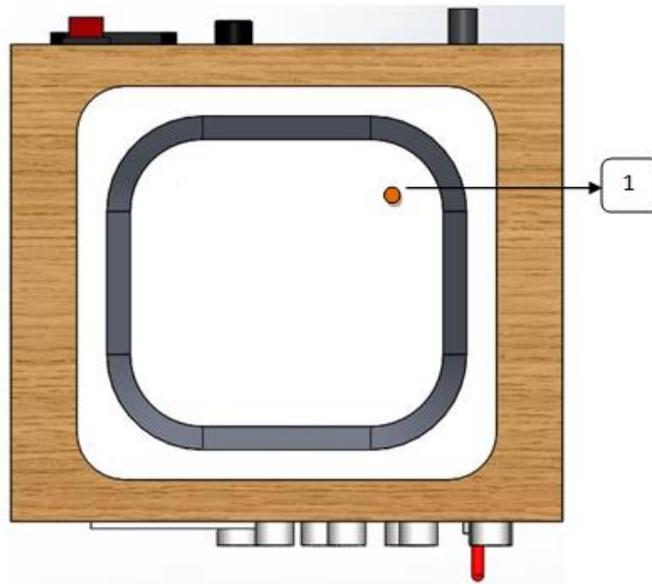
3. Tempat fuse

Berfungsi untuk menempatkan fuse yang berfungsi sebagai pembatas arus maksimal yang masuk ke alat. Penulis menggunakan fuse 2 A.

4. Pipa pembuangan air

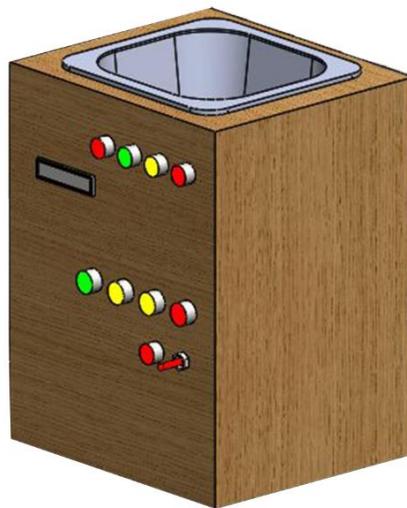
Berfungsi untuk melewatkan air sisa pembersihan yang akan dibuang. Dalam penggunaannya dibutuhkan selang ukuran 6 mm agar pembuangannya lebih maksimal.

Dalam penelitian ini penulis menggunakan chamber air untuk menampung air sekaligus sebagai media penghantar gelombang ultrasonik yang dikeluarkan oleh transduser ultrasonik. Berikut adalah gambaran diagram mekanis dari chamber air yang penulis gunakan.



Gambar 3.5 Diagram Mekanis Alat Tampak Atas

Dari gambar 3.5 dapat dilihat gambaran chamber air yang digunakan. Didalam chamber tersebut terdapat lubang pembuangan air berupa selang ukuran 6mm. Selang ini terhubung oleh solenoid sebagai kran otomatisnya. Dari ketiga gambar diagram mekanis diatas berikut adalah gambar digram mekanis alat tampak 3D.



Gambar 3.6 Digram Mekanis Alat Tampak 3D

3.4 Alur Penelitian

Penulis akan menggambarkan secara garis besar bagaimana penelitian ini dilakukan. Dalam alur penelitian ini terdapat beberapa kegiatan yang dilakukan oleh penulis. Urutan kegiatan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari teori – teori dan mencari referensi yang berhubungan dengan masalah yang penulis bahas
2. Membuat blok diagram sesuai dengan prinsip kerja yang diinginkan

3. Mempelajari teknis pembuatan alat *Ultrasonic Cleaner* serta menentukan parameter yang akan digunakan
4. Membuat jadwal kegiatan untuk mengatur waktu pembuatan alat.
5. Menyiapkan peralatan kerja dan bahan berupa komponen yang dibutuhkan dalam pembuatan alat.
6. Merancang dan menggabungkan seluruh sistem agar dapat berfungsi baik.
7. Melakukan pengujian dan pengambilan data
8. Menganalisis hasil pengujian untuk mendapatkan kesimpulan.

3.5 Pembuatan Rangkaian *Power Supply*

Rangkaian catu daya atau *power supply* berfungsi untuk mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Dalam penelitian ini penulis membutuhkan tegangan DC 5 V, 12 V dan *ground* untuk memberikan tegangan ke seluruh rangkaian yang ada. Berikut adalah uraian penjelasan pembuatan rangkaian *power supply*

3.5.1 Alat

Dalam pembuatan rangkaian *power supply* ini dibutuhkan beberapa peralatan yang digunakan untuk melakukan perancangan dan perangkaian. Berikut adalah daftar dari alat yang penulis gunakan:

1. Laptop, berfungsi untuk membuat skematik dan *layout* rangkaian.
2. Multimeter analog, berfungsi untuk mengecek komponen dan jalur pada *layout printed circuit board* (PCB)
3. Solder, berfungsi untuk merangkai komponen di papan PCB

4. Atraktor, berfungsi untuk mengambil tinol di papan PCB
5. Bor dan Mata Bor, berfungsi untuk membuat lubang di papan PCB sesuai dengan besar kecilnya komponen yang digunakan.
6. Papan PCB, berfungsi sebagai tempat pembuatan rangkaian
7. *Ferichlorit*, berfungsi sebagai pelarut tembaga pada papan PCB

3.5.2 Bahan

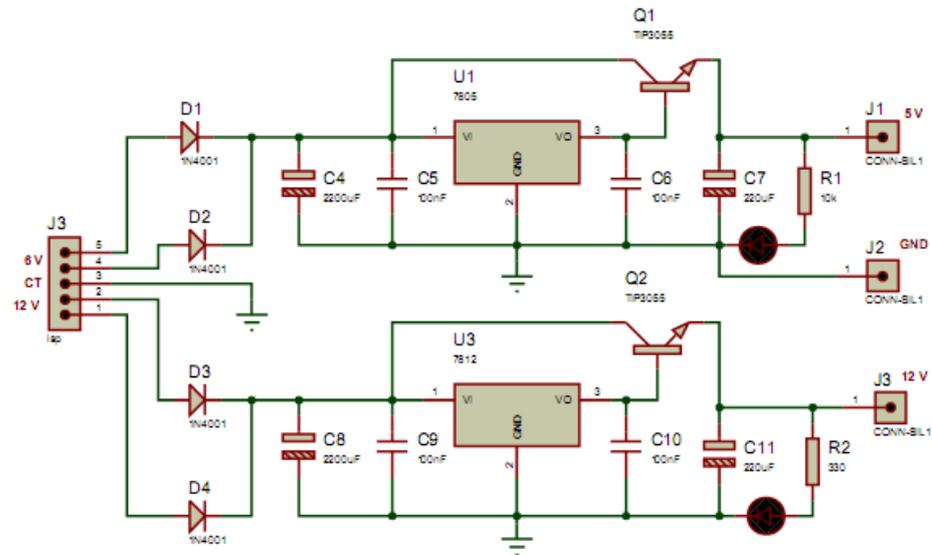
Penulis juga membutuhkan bahan berupa komponen – komponen elektronik untuk membuat rangkaian *power supply*. Berikut adalah daftar komponen yang dibutuhkan:

1. Trafo 2 A
2. IC *Regulator* 7805 dan 7812
3. Dioda 2 A
4. Transistor TIP 3055
5. Kapasitor *Elcho* dengan nilai 2200 μF dan 220 μF
6. Kapasitor Milar dengan nilai 100 nF
7. Resistor dengan nilai 330 Ω
8. Lampu led hijau 5 mm
9. T-Block 2 pin

3.5.3 Langkah Pembuatan

Langkah pembuatan rangkaian *power supply* ada 2 yaitu perancangan dan perangkaian. Berikut adalah langkah – langkah pembuatan rangkaian *power supply*:

1. Membuat skematik rangkaian *power supply* dengan menggunakan aplikasi pada laptop, dalam penelitian ini penulis menggunakan aplikasi *proteus*. Skematik rangkaian *power supply* dapat dilihat pada gambar 3.4 sebagai berikut:



Gambar 3.7 Skematik Rangkaian *Power Supply*.

Tegangan AC yang keluar dari trafo disearahkan oleh dioda diubah menjadi tegangan DC 6 V dan 12 V. Kemudian noise tegangan dihaluskan dengan kapasitor 2200 μF dan 100 nF sehingga menjadi tegangan DC sempurna. Kemudian tegangan dari output kapasitor dibatasi oleh IC 7805 untuk tegangan input 6 V dan IC 7812 untuk tegangan input 12 V. Selanjutnya, transistor TIP 3055 dikuatkan arusnya sehingga besar arus output sama dengan besar arus yang dikeluarkan oleh trafo yaitu 2 A. Kemudian keluaran dari transistor dihaluskan lagi dengan kapasitor 220 μF dan 100 nF agar keluaran tegangan tetap stabil.

2. Setelah skematik rangkaian *power supply* jadi, tahap selanjutnya adalah membuat *lay out* nya dan ditempel ke papan PCB dengan cara disablon.
3. Memasang dan merangkai komponen yang telah disiapkan sesuai dengan tata letak *layout* yang telah ada menggunakan solder dan timah tinol.

3.6 Pembuatan Rangkaian *Driver Relay*

Driver berfungsi sebagai saklar otomatis untuk meneruskan tegangan input sesuai dengan kebutuhan. Rangkaian *driver* ini dikendalikan oleh *microcontroller*. Dalam penelitian ini penulis menggunakan 4 buah driver relay yaitu:

1. *Driver* Pembangkit Frekuensi

Driver ini berfungsi untuk meneruskan tegangan AC 220 V ke rangkaian pembangkit frekuensi

2. *Driver Fan*

Driver ini berfungsi untuk meneruskan tegangan DC 12 V ke *fan* karena inputan tegangan *fan* adalah DC 12 V.

3. *Driver solenoid*

Driver ini berfungsi untuk meneruskan tegangan DC 12 V ke solenoid karena tegangan input solenoid adalah DC 12 V. Ada 2 rangkaian *driver* relay untuk menghidupkan solenoid *valve* yaitu *driver* relay otomatis (dikendalikan *microcontroller*) dan *driver* relay manual.

3.6.1 Alat

Dalam pembuatan rangkaian *driver* relay ini dibutuhkan beberapa peralatan yang digunakan untuk melakukan perancangan dan perangkaian. Berikut adalah daftar dari alat yang penulis gunakan:

1. Laptop
2. Multimeter analog
3. Solder
4. Atraktor
5. Bor dan Mata Bor
6. Papan PCB
7. *fericlorit*

3.5.2 Bahan

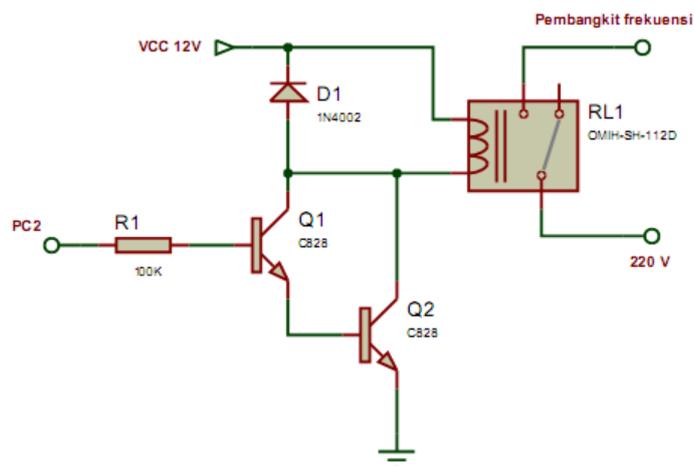
Penulis juga membutuhkan bahan berupa komponen – komponen elektronik untuk membuat rangkaian *driver* relay. Berikut adalah daftar komponen yang dibutuhkan:

1. Relay 5 pin, DC 5 V dan 12 V.
2. Transistor NPN C828
3. Dioda 2 A
4. Resistor 100 K Ω
5. Pin sisir
6. T-Block

3.6.3 Langkah Pembuatan

Langkah pembuatan rangkaian *driver* relay ada 2 yaitu perancangan dan perangkaian. Berikut adalah langkah – langkah pembuatan rangkaian *driver* relay:

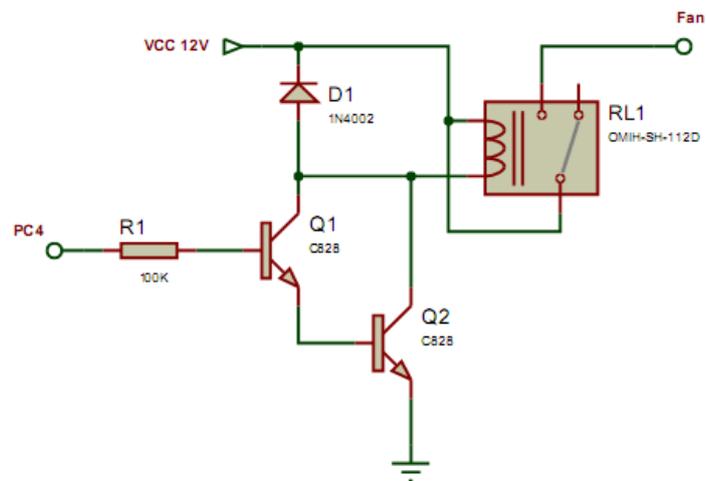
1. Membuat skematik rangkaian *driver* relay dengan menggunakan aplikasi pada laptop, dalam penelitian ini penulis menggunakan aplikasi *proteus*. Skematik rangkaian *driver* relay dapat dilihat pada gambar 3.5 sebagai berikut:



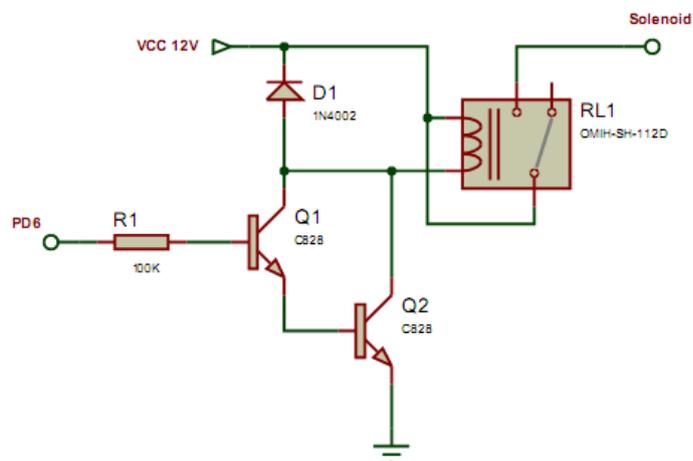
Gambar 3.8 Rangkaian *Driver* Pembangkit Frekuensi

Gambar 3.8 diatas adalah rangkaian untuk driver pembangkit frekuensi. Komponen transistor merupakan 2 buah transistor jenis NPN yang disusun secara Darlington. Transistor ini berfungsi sebagai saklar elektronik yang akan mengalirkan arus jika terdapat arus bias pada kaki basisnya, dan akan menyumbat arus jika tidak terdapat arus bias pada kaki basisnya. Relay yang dapat digunakan untuk rangkaian diatas ini adalah relay yang memiliki tegangan input DC antara 5 V

sampai 12 V. Kontak COM pada relay mendapat tegangan AC 220 V. Sedangkan untuk driver *fan* dan solenoid membutuhkan tegangan input DC 12 V. Berikut adalah skema rangkaian driver relay untuk *fan* dan solenoid:



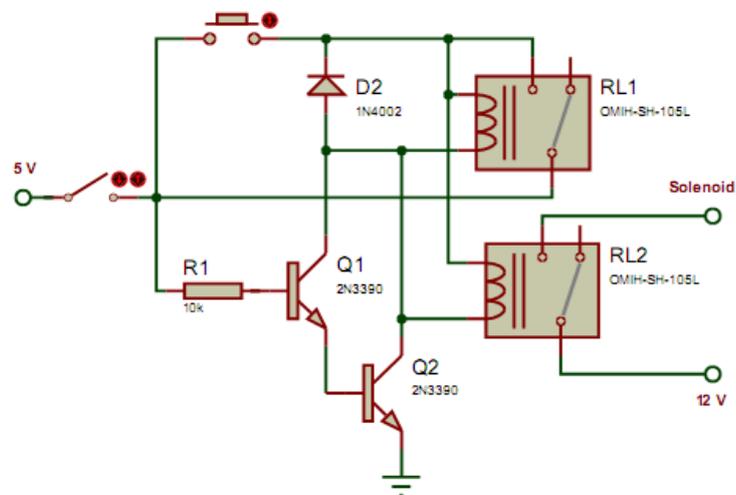
Gambar 3.9 Skematik Rangkaian *Driver Fan*



Gambar 3.10 Skematik Rangkaian *Driver Solenoid Valve*

Gambar 3.10 diatas adalah skematik dari rangkaian *driver* otomatis solenoid yang dikendalikan oleh *microcontroller*. Rangkaian *driver* ini akan aktif apabila PD6 memberikan sinyal berupa tegangan

dari *microcontroller*. PD6 akan berlogika *HIGH*(1) apabila timer pembersihan tercapai. Waktu kerja *driver* otomatis ini dibatasi dengan timer selama 3 menit. Dalam penelitian ini penulis juga melengkapi fitur pembuangan manual. Adapun rangkaian *driver* manual solenoid adalah seperti gambar 3.11 dibawah ini:

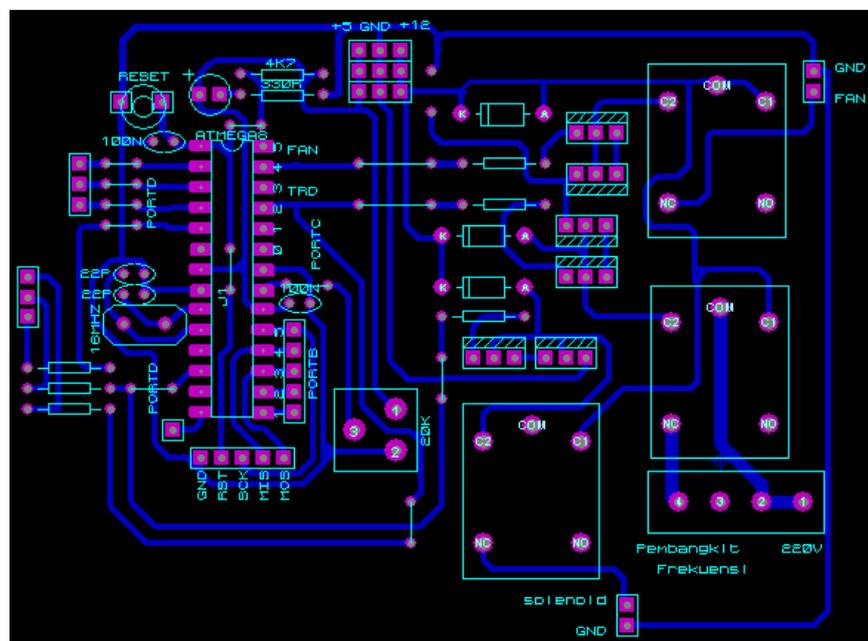


Gambar 3.11 Skematik Rangkaian *Driver* Manual Solenoid Valve

Dari gambar 3.11 diatas dapat dilihat bahwa penulis memanfaatkan rangkaian saklar pengunci untuk menghidupkan rangkaian *driver* manual solenoid. Pada saat posisi saklar ON maka kaki basis transistor akan mendapat tegangan, dengan adanya tegangan di kaki basis maka transistor berfungsi sebagai saklar dengan cara meloloskan *ground* dari kaki kolektor menuju emitor. Pada saat tombol buang ditekan maka koil relay akan mendapatkan tegangan DC 5 V sehingga relay 1 akan aktif. Pada saat relay aktif maka posisi kontak relay berada pada posisi *normally open* (NO). COM relay

mendapatkan tegangan setelah saklar dan NO akan terhubung dengan koil satu relay 1. Disinilah akan terjadi *looping* tegangan pada koil satu relay 1. Rangkaian ini yang disebut rangkaian saklar pengunci. Pin NO relay 1 terhubung juga ke koil satu relay 2 dan koil 2 relay terhubung ke kaki emitor dari transistor. Oleh karena itu apabila relay 1 ON maka relay 2 akan aktif. NO relay 2 terhubung ke solenoid dan COM relay 2 mendapat tegangan DC 12 V karena input tegangan solenoid adalah DC 12V.

- Setelah skematik rangkaian *driver* relay jadi, tahap selanjutnya adalah membuat *layout* nya dan ditempel ke papan PCB dengan cara disablun. Untuk *layout* penulis membuat sistem *one board*. Gambar *layout driver* relay dapat dilihat pada gambar 3.12 berikut:



Gambar 3.12 *Layout One Board* Minimum Sistem dan *Driver*

3. Memasang dan merangkai komponen yang telah disiapkan sesuai dengan gambar 3.12 menggunakan solder dan timah tinol.

3.7 Pembuatan Rangkaian LCD 2 x 16 Karakter

Implementasi dari rangkaian penampil monitoring timer proses pembersihan menggunakan LCD 2 x 16 karakter. Modul LCD berukuran 2x16 karakter dengan fasilitas backlighting memiliki 16 pin yang terdiri dari 8 jalur data, 3 jalur kontrol dan jalur-jalur catu daya, dengan fasilitas pin yang tersedia maka LCD karakter 2 x 16 dapat digunakan secara maksimal untuk menampilkan data yang dikeluarkan oleh *microcontroller*.

3.7.1 Alat

Dalam pembuatan rangkaian LCD 2 x 16 karakter ini dibutuhkan beberapa peralatan yang digunakan untuk melakukan perancangan dan perangkaian. Berikut adalah daftar dari alat yang penulis gunakan:

1. Laptop
2. Multimeter analog
3. Solder
4. Atraktor
5. Bor dan Mata Bor
6. Papan PCB
7. *Ferichlorit*

3.7.2 Bahan

Penulis juga membutuhkan bahan berupa komponen – komponen elektronik untuk membuat rangkaian LCD 2 x 16 karakter. Komponen

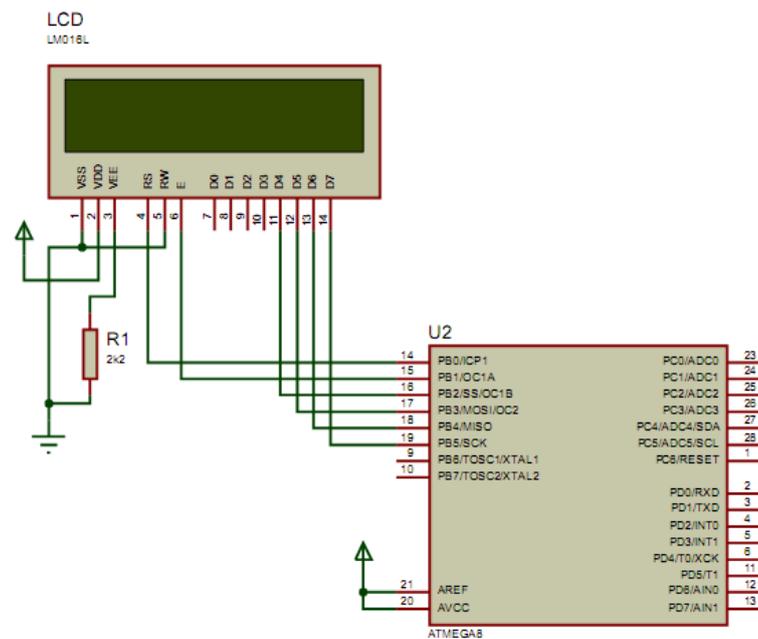
utama dari rangkaian ini adalah modul LCD 2 x 16 karakter. Berikut adalah daftar komponen yang dibutuhkan:

1. Modul LCD 2 x 16 karakter
2. Resistor 2200 Ω
3. Pin sisir

3.7.3 Langkah Pembuatan

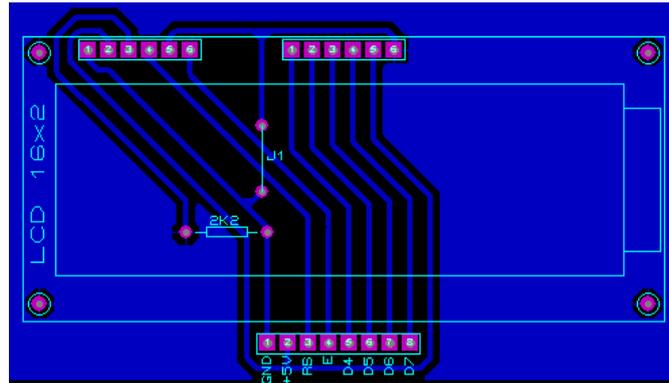
Langkah pembuatan rangkaian LCD 2 x 16 karakter ada 2 yaitu perancangan dan perangkaian. Berikut adalah langkah – langkah pembuatan rangkaian LCD karakter 2 x 16:

1. Membuat skematik rangkaian LCD 2 x 16 karakter dengan menggunakan aplikasi pada laptop, dalam penelitian ini penulis menggunakan aplikasi *proteus*. Skematik rangkaian LCD 2 x 16 karakter dapat dilihat pada gambar 3.13 sebagai berikut:



Gambar 3.13 Skematik Rangkaian LCD 2 x 16 Karakter

2. Setelah skematik rangkaian LCD 2 x 16 karakter selesai, tahap selanjutnya adalah membuat *layout* nya dan ditempel ke papan PCB dengan cara disablon. Gambar *layout* LCD 2 x 16 karakter dapat dilihat pada gambar 3.14 berikut:



Gambar 3.14 *Layout* Rangkaian Modul LCD 2 x 16 Karakter

3. Memasang dan merangkai konponen yang telah disiapkan sesuai dengan gambar 3.13 menggunakan solder dan timah tinol.

3.8 Pembuatan Rangkaian Tombol, Led Indikator, dan *Buzzer*

Tombol berfungsi untuk memberikan tegangan ke microcontroller yang nantinya akan diproses dan dijalankan sesuai dengan sistem yang telah penulis buat. Led indikator berfungsi sebagai tanda proses apa yang sedang berlangsung. *Buzzer* berfungsi sebagai tanda perpindahan proses yang sedang berlangsung dan sebagai tanda suatu proses telah berakhir.

3.8.1 Alat

Dalam pembuatan rangkaian LCD 2 x 16 karakter ini dibutuhkan beberapa peralatan yang digunakan untuk melakukan perancangan dan perangkaian. Daftar alat yang penulis gunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Laptop
2. Multimeter analog
3. Solder
4. Atraktor
5. Bor dan Mata Bor
6. Papan PCB
7. *Ferichlorit*

3.8.2 Bahan

Penulis juga membutuhkan bahan berupa komponen – komponen elektronik untuk membuat rangkaian LCD 2 x 16 karakter. Berikut adalah daftar komponen yang dibutuhkan:

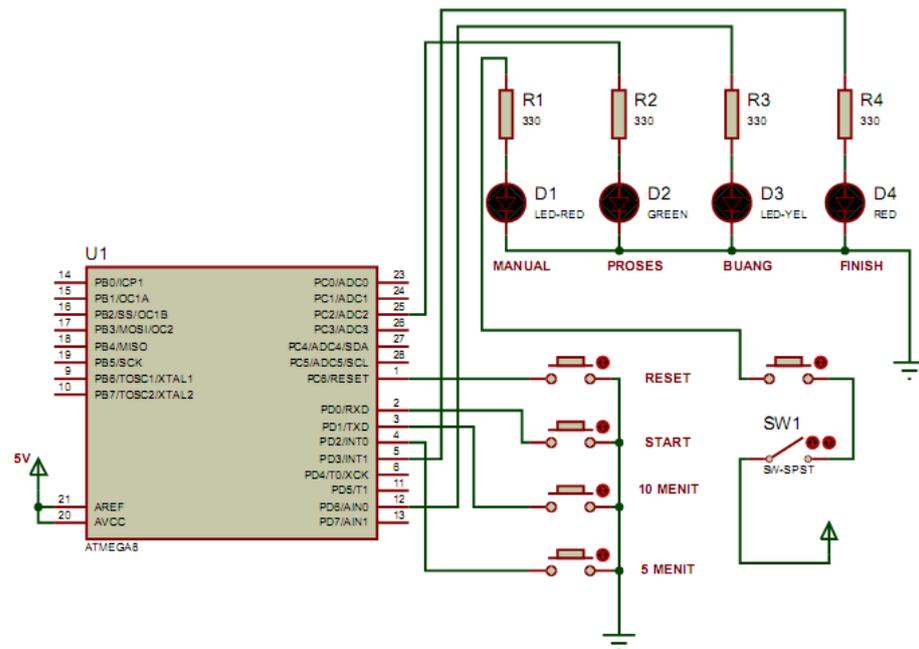
1. Tombol push ON
2. Led indikator 5 mm
3. Resistor 330 Ω
4. Saklar ON-OFF
5. *Buzzer*
6. Pin sisir

3.8.3 Langkah Pembuatan

Langkah pembuatan rangkaian tombol, led, dan *buzzer* ada 2 yaitu perancangan dan perangkaian. Berikut adalah langkah – langkah pembuatan rangkaian tombol, led, dan buzzer:

1. Membuat skematik rangkaian tombol, led, dan buzzer dengan menggunakan aplikasi pada laptop, dalam penelitian ini penulis

menggunakan aplikasi *proteus*. Skematik rangkaian tombol, led, dan buzzer dapat dilihat pada gambar 3.14 sebagai berikut:



Gambar 3.15 Skematik Rangkaian Tombol, Led, dan Buzzer

Dalam penelitian ini penulis menggunakan 5 tombol push ON. Salah satu kaki dari 4 buah tombol push ON sudah terhubung ke *ground*, yaitu tombol “Start”, “5 menit”, 10 menit”, dan tombol “Reset”. Tombol “Manual” terhubung ke switch dengan tegangan DC 5 V Tombol ini terhubung ke driver manual untuk solenoid. Tombol ini digunakan apabila masih ada air yang tersisa dari proses pembuangan otomatis. Pada posisi switch ON dan tombol “Manual” ditekan maka driver manual solenoid akan aktif dan menghidupkan solenoid. Tombol “5 menit” dan “10 menit” berfungsi untuk memilih setting timer. Pada saat tombol “Start” ditekan maka PD0 akan mendapat tegangan dan sistem akan berjalan dari awal sesuai perintah

dari *microcontroller*. Untuk tombol “Reset” terhubung ke pin PC6. Pada saat tombol “Reset” ditekan maka pin PC6 akan mendapat tegangan. Sesuai dengan konfigurasi pin ATmega 8 yaitu pin PC6 berfungsi untuk mereset sistem dari awal.

Sedangkan untuk led indikator penulis menggunakan 4 led berukuran 5 mm. Led “Man” terhubung ke *switch* dengan tegangan DC 5 V. Pada saat *switch* ON maka led “Man” akan menyala sebagai indikator alat menggunakan mode manual untuk pembuangan air. Led “Proses” terhubung ke pin PC2, pin ini terhubung juga ke driver *operating transducer* yang berfungsi untuk menghidupkan transducer ultrasonik. Apabila pin PC2 berlogika *HIGH*(1) maka led “Proses” akan menyala hijau sekaligus menandakan transducer ultrasonik bekerja. Pin ini akan berlogika *HIGH*(1) pada saat tombol “Start” ditekan dan akan berlogika *LOW*(0) pada saat timer sudah tercapai. Kerja timer sesuai dengan setting timer yang telah dipilih diawal. Led “Buang” terhubung ke pin PD6, pin ini terhubung juga ke driver solenoid yang berfungsi untuk menghidupkan solenoid. Apabila pin PD6 berlogika *HIGH*(1) maka led “Buang” akan menyala orange sekaligus menandakan solenoid *valve* bekerja. Pin ini akan berlogika *HIGH*(1) pada saat timer proses pembersihan sudah tercapai. Waktu kerja solenoid adalah sekitar 3 menit. Led “Finish” terhubung ke pin PD3. Apabila pin PD3 berlogika *HIGH*(1) maka led “Finish” akan

menyala hijau kedap kedip. Pin ini berlogika *HIGH*(1) pada saat timer pembuangan air telah berakhir.

3.9 Teknik Analisi Data

Dalam mewujudkan kebenaran hasil pengukuran dari *Ultrasonic Cleaner* ini, dilakukan beberapa teknik analisis data untuk mengetahui nilai kesalahan/simpangan dari parameter yang ada. Dengan adanya data nilai simpangan dan persentase *error* maka dapat diketahui seberapa besar nilai kesalahan dari parameter modul yang diukur. Dari hasil persentase *error* ini dapat disimpulkan kelayakan pakai alat dengan melihat ambang batas toleransi dari parameter yang diukur. Hasil data yang didapatkan pada alat ini dianalisis menggunakan perhitungan rata – rata, simpangan dan eror dengan rumus berikut:

1. Rata – rata

Rata – rata adalah nilai pembagian dari jumlah data yang diambil atau diukur dengan banyaknya pengambilan data atau banyaknya pengukuran. Rata – rata dirumuskan seperti berikut:

$$\text{Rata – rata } (\bar{X}) = \frac{\sum Xi}{n} \quad (3-1)$$

Keterangan:

\bar{X} = Rata – rata

$\sum Xi$ = Jumlah nilai data

n = Banyak data (1,2,3,.....,n)

2. Simpangan

Simpangan adalah selisih dari rata – rata nilai harga yang dikehendaki dengan nilai yang diukur. Rumus dari simpangan adalah sebagai berikut:

$$\text{Simpangan} = x_n - \bar{x} \quad (3-2)$$

Keterangan:

Simpangan = nilai eror

x_n = Rata – rata data yang dikehendaki

\bar{x} = Rata – rata data yang diukur

3. Persentase eror (%)

Adalah prosentase penyimpangan variabel (besaran) yang diukur dari harga sebenarnya. Dirumuskan sebagai berikut:

$$\% \text{ Error} = \frac{x_n - \bar{x}}{x_n} \times 100\% \quad (3-3)$$

4. Standart Deviasi(SD)

Standart Deviasi (SD) adalah suatu nilai yang menunjukkan tingkat (derajat) variasi kelompok data atau ukuran *Standart* penyimpangan dari rata – ratanya. Rumus *Standart Deviasi* (SD) adalah:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad (3-4)$$

Keterangan:

SD = *Standart Deviasi*

x = Data x

\bar{x} = Rata – rata

n = Banyak data

3.10 Variabel Penelitian

Variable dalam penelitian ini yaitu sampel yang diuji, lama waktu pengujian dan sistem kontrol dari *microcontroller*