

### III. PERENCANAAN

Pada bab ini akan membahas tentang perencanaan alat, yaitu perencanaan terhadap pemilihan rangkaian yang digunakan sebagai penunjang dalam sistem kontrol ini. Dimana pemilihan rangkaian ini disesuaikan dengan kebutuhan serta kemampuan untuk dapat menghasilkan frekuensi kerja serta panas untuk sistem pencairannya agar dapat berjalan seperti yang diinginkan.

#### 1. MENENTUKAN FREKUENSI KERJA

Untuk menentukan frekuensi kerja dari peralatan ini dapat digunakan rumus yang telah diberikan pada pembahasan sebelumnya, yaitu :

$$F_{opt} = \frac{5 \times 10^5}{\delta^2} \text{ c/s} \quad , \quad \delta = \text{ketebalan dari benda kerja (dalam mm).}$$
$$= \frac{500000}{4^2} = \frac{500000}{16} = 31250 \text{ c/s} = 31,25 \text{ Khz.}$$

#### 2. MENENTUKAN INDUKTOR

Setelah menentukan frekuensi kerjanya, maka langkah berikutnya adalah menentukan induktor yang akan digunakan, yaitu diameter induktor yang akan digunakan adalah :

$$d = \frac{67}{\sqrt{f}} = \frac{67}{\sqrt{31250}} = 0,37 \text{ mm}$$

Dipilih induktor dengan diameter 0,4 mm.

Menentukan induktansi :

Diketahui  $V=25V$ ,  $I= 1A$ , didapatkan  $Z= 25\Omega$ .

$$Z^2 = R_L^2 + X_L^2 \Rightarrow R_L = 15,9\Omega.$$

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R_L^2}$$

$$X_L = \sqrt{25^2 - 15,9^2} = \sqrt{372,19} = 19.29\Omega.$$

Jadi ditentukan harga tahanan murni induktansinya sebesar  $20\Omega$ .

$$X_L = \omega L = 2 \pi f L$$

$$20 = 2 \times 3,14 \times 31250 \times L$$

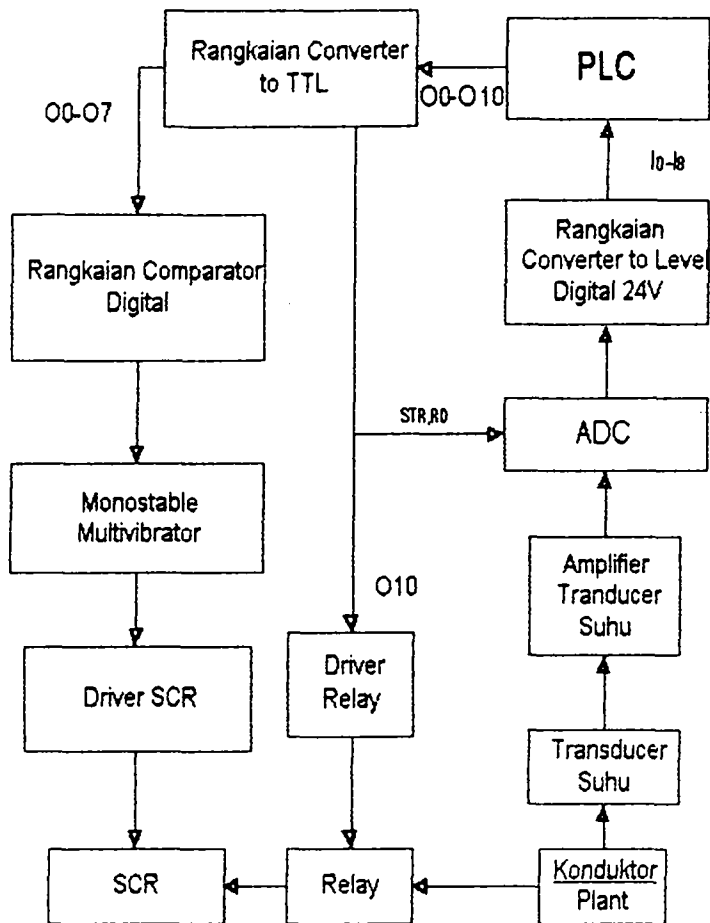
$$L = \frac{20}{196250} = 0,1019 \text{ mH}$$

Karena bentuk dari benda kerja yang tidak berbentuk silinder maka rumus yang ada untuk menentukan jumlah lilitannya tidak berlaku, oleh karena itu disesuaikan dengan besarnya tahananannya didapatkan banyaknya lilitan adalah 214 lilitan.

### 3. SISTEM KERJA DAN RANGKAIAN

Untuk dapat menghasilkan hasil yang maksimal maka pertama-tama kita harus mengetahui dahulu cara kerja dari rangkaian dari sistem ini. Dan salah satu cara yang banyak digunakan adalah dengan blok diagram.

Blok diagram cara kerja sistem ini terdapat banyak rangkaian penunjang yang saling berkaitan satu dengan yang lainnya.



Gambar 3.1

### Blok Diagram Rangkaian Variabel Sistem Induction Heating

**Cara kerja dari blok diagram dapat dijelaskan sebagai berikut :**

- PLC berfungsi sebagai penggerak utama alat ini. Rangkaian variabel dikontrol melalui O0-O10 dengan rincian sebagai berikut : O0-O7 digunakan untuk mengatur frekuensi kerja sedangkan O8 dan O9 masing-masing digunakan untuk mengaktifkan (STR) dan membaca (RD) hasil

pengukuran ADC. O10 digunakan untuk mengaktifkan relay yang dipakai untuk menghubungkan antara beban dengan rangkaian SCR. Karena level tegangan yang dipakai oleh PLC berbeda dengan level TTL yaitu : 24V untuk logika 1 dan 0V untuk logika 0 maka output dari PLC (O0-O10) harus disesuaikan levelnya dulu oleh rangkaian converter ke level TTL.

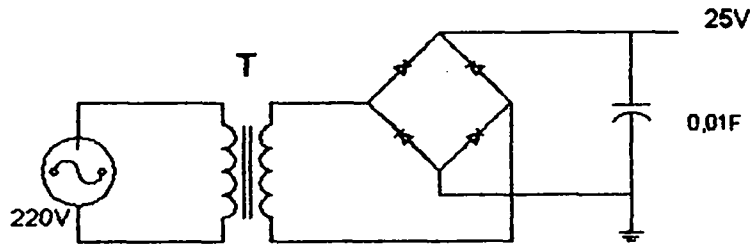
- Output dari rangkaian converter TTL (O0-O7) digunakan untuk memberikan nilai yang dibandingkan dengan output counter pada rangkaian comparator digital. Apabila nilai yang dikirimkan oleh PLC sama dengan nilai counter maka comparator akan membangkitkan signal dengan logika aktif low yang mentrigger rangkaian JK Flip Flop dan Reset Counter.
- JK Flip Flop difungsikan pada mode toggle sehingga setiap signal trigger yang masuk menyebabkan outputnya berubah dari low menjadi high atau sebaliknya. Hal ini berarti kita mendapat signal persegi dengan duty cycle = 50 %.
- Output dari JK Flip Flop dihubungkan ke rangkaian monostable multivibrator yang digunakan untuk memberikan trigger penyalaan SCR secara singkat dan mematikan SCR. Untuk penyalaan SCR maka output dari Monostable Multivibrator dihubungkan dengan driver SCR, oleh karena SCR dibias oleh tegangan DC maka perlu rangkaian lain yang berfungsi untuk mematikan SCR melalui output monostable multivibrator yang dihubungkan ke rangkaian reset SCR. Jadi dalam satu periode signal persegi terjadi dua keadaan yaitu: SCR ditrigger pada awal periode signal dan pada setengah periode berikutnya akan dimatikan oleh rangkain reset SCR.

Melalui kedua rangkaian tersebut diatas SCR bekerja dan frekuensi kerja dari SCR menentukan panas yang dihasilkan.

- Sebelum SCR dihubungkan ke beban, maka terdapat rangkaian relay yang berfungsi untuk memutuskan atau menghubungkan beban ke rangkaian SCR. Pada saat nilai panas yang diukur oleh ADC diluar batas setting maka driver relay mengaktifkan relay sehingga beban terhubung ke rangkaian driver SCR dan bila panas yang diukur didalam atau melebihi setting maka relay akan dinonaktifkan oleh PLC sehingga beban tidak lagi terhubung ke SCR.
- Suhu yang dihasilkan oleh rangkaian SCR diukur oleh transducer dengan penguatan oleh rangkaian amplifier. Output dari rangkaian amplifier dihubungkan ke rangkaian ADC yang digunakan untuk mengubah besaran tegangan hasil penguatan amplifier suhu menjadi besaran digital yang dimengerti oleh PLC. Oleh karena level tegangan yang digunakan oleh PLC berbeda dengan level TTL maka output dari ADC harus dikonversikan ke level tegangan PLC (I0-I7). Output dari ADC yang perlu dideteksi oleh PLC yaitu : EOC harus juga dikonversikan ke level tegangan PLC (I8).

### **3.1 Rangkaian Penyearah**

Rangkaian penyearah disini menggunakan trafo yang mengubah tegangan supply 220V menjadi tegangan 25V dengan rangkaian bridge diode.



Gambar 3.2

## Rangkaian Penyearah Tegangan

## 3.2 Rangkaian Pembangkit Signal

## 3.2.1 Rangkaian comparator digital

Persamaan logika untuk rangkaian comparator digital dapat dijelaskan menurut persamaan sbb :

$$\text{Output comparator (CP)} = \overline{(\overline{O0C0} + O0C0)} \text{ ----- } \overline{(\overline{O7C7} + O7C7)}$$

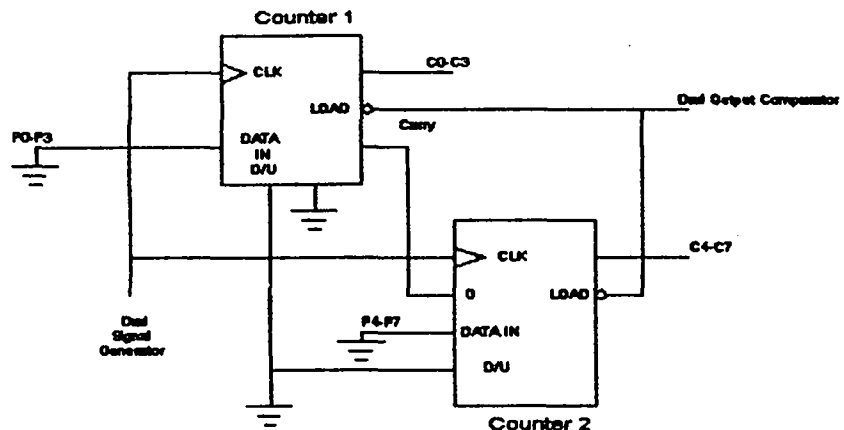
dimana :

O0 - O7 adalah output yang diberikan oleh PLC sebagai variabel pengali C0  
- C7 adalah output dari counter.

Dari persamaan diatas tampak bahwa, bila kondisi logika On dan Cn tidak sama maka output dari comparator akan high dan sebaliknya bila On bersesuaian kondisi logikanya dengan Cn maka output comparator menjadi low. Hal ini berarti bahwa comparator yang digunakan adalah aktif low.

### 3.2.2 Binary counter 8 bit

Rangkaian counter yang digunakan menggunakan IC 74LS191 yaitu rangkaian counter 4 bit. Untuk memperoleh rangkaian counter 8 bit maka harus dilakukan pemasangan seri dari rangkaian counter 4 bit.



Gambar 3.3

#### Blok Binary Counter 8 bit

Dari blok diatas dapat dijelaskan bahwa counter 1 selalu aktif, karena pin enable (G) dihubungkan ke ground signal yang dihasilkan. Signal generator akan menyebabkan counter akan menghitung naik (perhatikan bahwa pin  $D/\bar{U}$  mendapat logika nol).

Apabila hitungan counter overflow maka akan dibangkitkan signal carry yang dihubungkan dengan pin enable (G) dari counter 2, sehingga counter 2 akan menghitung naik 1 hitungan karena pin CLK dari counter 2 dan counter 1 terhubung paralel (jenis counter yang di seri ini disebut synchronous counter), demikian proses diatas diulang sampai data yang dihasilkan dari counter sama dengan data yang dikirim oleh PLC.

Ketika data yang dibandingkan sama maka output comparator yang aktif low dan dihubungkan dengan dengan pin LOAD dari counter 1 dan counter 2 menyebabkan kedua counter tersebut masuk kedalam proses load data yang tersedia pada pin P0-P3 untuk counter 1 dan pin P4-P7 untuk counter 2. Karena P0-P7 dihubungkan dengan ground maka output dari counter 1 dan counter 2 yaitu C0-C7 menjadi low, hal ini menyebabkan output comparator berubah menjadi high dan proses load berhenti dan dengan adanya signal clock maka kedua counter tersebut akan menghitung naik serta proses diatas akan terulang kembali.

### 3.2.3 Rangkaian pembangkit signal persegi

Rangkaian pembangkit signal persegi digunakan untuk menghasilkan time base bagi rangkaian variabel counter. Untuk pembahasan detail rangkaian dijelaskan pada bagian lain penjelasan ini. Dari rangkaian pembangkit signal persegi secara global, frekuensi yang dihasilkan dapat dinyatakan menurut persamaan dibawah ini :

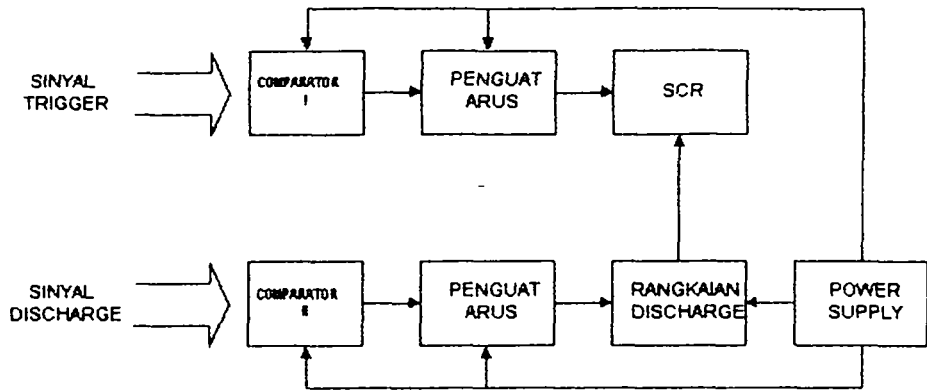
$$F_{out} = \frac{F_b}{2(O7.2^7 + O6.2^6 + O5.2^5 + O4.2^4 + O3.2^3 + O2.2^2 + O1.2^1 + O0.2^0)}$$

dimana : Fb = frekuensi time base dari signal generator.

O0-O7 = data yang dihasilkan oleh PLC sebagai nilai yang dibandingkan terhadap output counter. Faktor pembagi 2 disebabkan karena output dari comparator dihubungkan ke CLK dari JK Flip Flop yang dikonfigurasi pada mode toggle, sehingga 1 periode signal yang dihasilkan terdiri dari 2 periode signal yang dihasilkan oleh comparator.

### 3.3 Rangkaian Resonansi

Rangkaian driver SCR untuk supply DC diperlihatkan menurut blok diagram di bawah ini :



Gambar 3.3

#### Blok Diagram Driver SCR

Cara Kerja dari blok diagram dapat dijelaskan sbb :

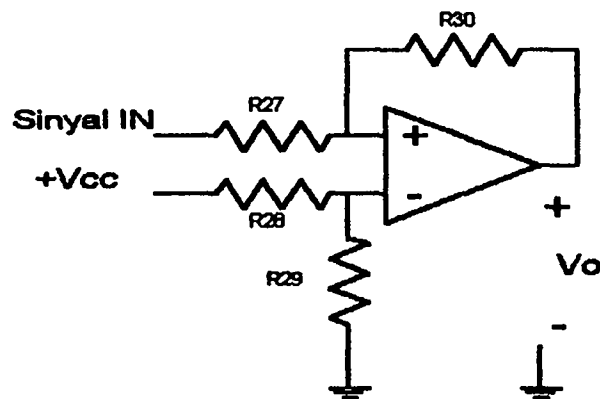
- Sinyal trigger dari output pembangkit sinyal persegi diproses oleh rangkaian comparator I yang berfungsi merubah level TTL menjadi  $\pm V_{sat}$ .
- Output dari rangkaian comparator I digunakan untuk mendriver rangkaian penguat arus yang digunakan untuk mendriver dari SCR.
- Ketika SCR di driver dan menjadi ON maka segera disusul dengan signal discharge yang berfungsi mematikan SCR. Blok diagram rangkaian discharge terdiri dari komparator II yang fungsinya sama dengan diatas, rangkaian penguat arus. Rangkaian discharge yang

disupply oleh power supply DC dengan polaritas kebalikan dari tegangan supply.

- o Rangkaian penguat arus digunakan untuk mendriver rangkaian discharge yang berfungsi menarik arus yang dibebankan ke SCR ketegangan supply negatif sehingga SCR dapat menjadi off.

Rangkaian dari blok diagram diatas dapat dijelaskan sbb:

a) Rangkaian komparator



Gambar 3.5

Rangkaian Komparator

Cara kerja dari rangkaian diatas adalah sbb:

- o Jika tegangan signal IN lebih positif dari tegangan  $V_{UT}$  maka output dari comparator adalah  $+V_{sat}$ .
- o Jika tegangan signal IN lebih negatif dari tegangan  $V_{LT}$  maka output dari comparator adalah  $-V_{sat}$ .

Tegangan  $V_{UT}$  dapat dinyatakan menurut persamaan sbb:

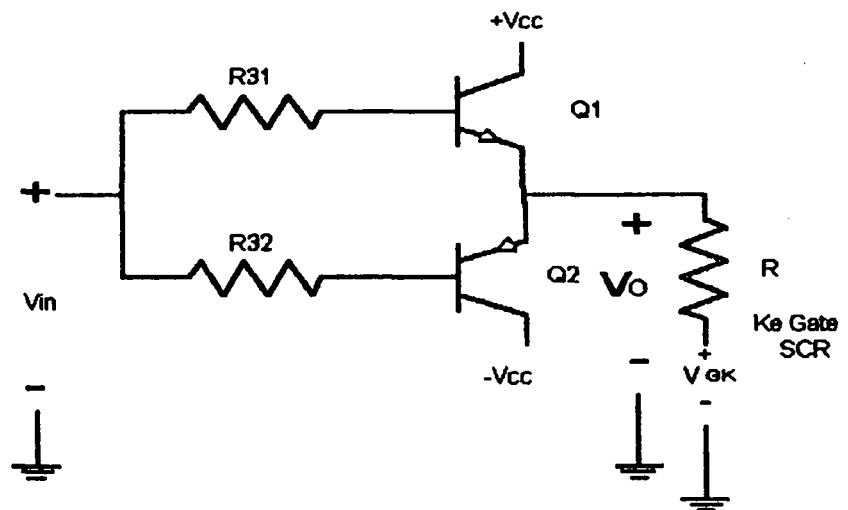
$$V_{UT} = \left(1 + \frac{1}{n}\right)V_{ref} + \frac{V_{sat}}{n}$$

Tegangan  $V_{LT}$  dapat dinyatakan menurut persamaan sbb:

$$V_{LT} = \left(1 + \frac{1}{n}\right)V_{ref} - \frac{V_{sat}}{n}$$

Dimana :  $n = \frac{R_{30}}{R_{27}}$

b) Rangkaian penguat arus



Gambar 3.6

Rangkaian Penguat arus

Cara kerja rangkaian diatas adalah sbb :

- o Jika tegangan  $V_{in} = + V_{sat}$  maka transistor  $Q_1$  menjadi ON sehingga mengalir arus dari  $V_{cc}$  melalui  $Q_1$  sedangkan  $Q_2$  menjadi OFF.
- o Jika tegangan  $V_{in} = - V_{sat}$  maka transistor  $Q_2$  menjadi ON sehingga mengalir arus menuju  $- V_{cc}$  melalui  $Q_2$  sedangkan  $Q_1$  menjadi OFF.

Dengan memperhatikan beban yang di drive yaitu SCR sehingga berlaku :

$$V_o = V_R + V_{GK}$$

Arus yang dihasilkan ketika  $V_{in} = +V_{sat}$  adalah sbb :

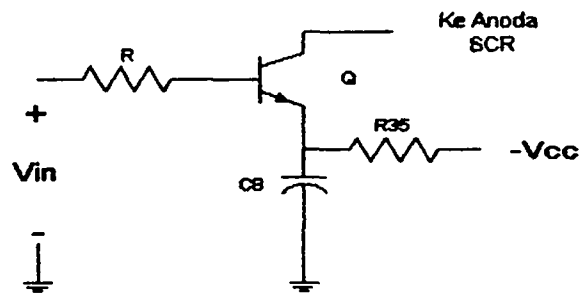
$$I_+ = \frac{V_{CC} - V_{CE(Q1)} - V_{GK}}{R}$$

Arus yang dihasilkan ketika  $V_{in} = -V_{sat}$  adalah sbb:

$$I_- = \frac{V_{CC} - V_{EC(Q2)} - V_{GK}}{R}$$

Ketika arus  $I_+$  mengalir maka SCR akan menjadi ON dan ketika arus  $I_-$  mengalir SCR dibias Reverse.

### c) Rangkaian Discharge



Gambar 3.7

### Rangkaian Discharge

Cara kerja dari rangkaian diatas adalah sbb :

- o Jika tegangan  $V_{in} = +V_{sat}$  maka transistor Q menjadi aktif sehingga mengalir arus dari anode SCR melewati transistor Q,  $R_{35}$  menuju supply tegangan negatif ( $-V_{cc}$ ). Arus yang dilewatkan harus cukup besar sehingga mampu membuat SCR menjadi OFF.
- o Jika tegangan  $V_{in} = -V_{sat}$  maka transistor Q menjadi CUT OFF sehingga tidak ada arus yang mengalir, SCR dikontrol oleh rangkaian trigger.

**Perencanaan :**

- Rangkaian Comparator :

Ditentukan : 1. Tegangan hysteresis =  $V_H = 0.2 \text{ V}$

2. Tegangan referensi =  $V_{ref} = 1.2 \text{ V}$

Diperoleh :

$$V_H = V_{UT} - V_{LT} = \frac{2V_{sat}}{n} \text{ dimana } V_{sat} = 11\text{V.}$$

$$n = \frac{2V_{sat}}{V_H} = \frac{2 * 11}{0.2} = 110$$

$$\begin{aligned} V_{UT} &= \left(1 + \frac{1}{n}\right)V_{ref} + \frac{V_{sat}}{n} \\ &= \left(1 + \frac{1}{110}\right) 1.2 + \frac{11}{110} = 1.3109\text{V} \end{aligned}$$

$$V_{LT} = V_{UT} - V_H = 1.322 - 0.2 = 1.11\text{V}$$

$$n = \frac{R_{30}}{R_{27}} \text{ ditentukan } R_{30} = 100\text{K} \text{ sehingga diperoleh :}$$

$$R_{27} = \frac{R_{30}}{n} = \frac{100 \cdot 10^3}{110} = 909.09 \Omega$$

Ditentukan :  $R_{27} = 1\text{K}$

$$V_{ref} = \frac{R_{29}}{R_{28} + R_{29}} V_{CC}$$

Ditentukan :  $R_{28} = 10\text{K}$ , sehingga diperoleh :

$$1.2 (R_{28} + R_{29}) = 12 * R_{29}$$

$$R_{29} = \frac{1.2 * 10 \cdot 10^3}{11} = 1.091\text{K}\Omega$$

Ditentukan  $R_{29} = 1.2\text{K}\Omega$

- Rangkaian Penguat Arus :

Dari data untuk SCR

\* Arus trigger SCR = 100 mA ;  $V_{GK} = 0.7 \text{ V}$

Berdasarkan persamaan :

$$I = \frac{V_{CC} - V_{CE} - V_{GK}}{R}$$

Direncanakan  $V_{CE} = 5 \text{ V}$  sehingga diperoleh :

$$R = \frac{V_{CC} - V_{CE} - V_{GK}}{I} = \frac{12 - 5 - 0.7}{50 \cdot 10^{-3}} = 126\Omega$$

Ditentukan  $R = 100\Omega$

Nilai  $R_{31}$  dan  $R_{32}$  diperoleh berdasarkan persamaan :

$$V_o = I.R + V_{GK} = 50 \cdot 10^{-3} * 100 + 0.7 = 5.7\text{V}$$

$$R_{31} = \frac{V_{sat} - V_{BE} - V_o}{I_B}$$

$$\text{Jika } \beta=25, \text{ maka : } I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{50 \cdot 10^{-3}}{25} = 2\text{mA}$$

$$R_{31} = \frac{11 - 0.6 - 5.7}{2 \cdot 10^{-3}} = 2350\Omega$$

Ditentukan :  $R_{31}=R_{32}=2\text{K}2\Omega$

- Rangkaian Discharge

Dari data diperoleh :  $\beta=25$

$$R = \frac{V_{in} - V_{BE} + V_{CC}}{I_B} \text{ dengan asumsi } R_{35} \approx 0$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta}, \text{ ditentukan arus discharge} = 2 I_L, \text{ dimana } I_L = 2.5\text{A.}$$

$$I_B = \frac{2 * 2.5}{25} = 0.2A$$

$$R = \frac{11 - 0.6 + 12}{0.2} = 112 \Omega$$

Ditentukan  $R=100\Omega$

Nilai  $R_{35}$  diperoleh dari persamaan dibawah ini :

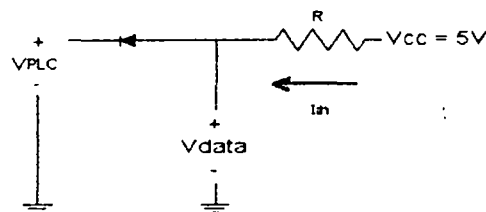
$$- V_{AK} + V_{CE(Q)} + V_R - V_{CC} = 0$$

$$V_R = V_{CC} + V_{AK} - V_{CE(Q)}$$

$$R_{35} = \frac{V_{CC} + V_{AK} - V_{CE(Q)}}{2 \cdot I_L} = \frac{12 + 1 - 1}{2 * 2.5} = 2.4 \Omega$$

### 3.4 Rangkaian Penunjang

#### 3.4.1 Interface Dari Level 24V ke TTL



Gambar 3.4

Rangkaian interface dari 24V ke TTL

Cara kerjanya dapat dijelaskan sebagai berikut :

Jika PLC dalam kondisi low maka,  $V_{PLC} = 0V$  sehingga  $V_{data} = V_{diode} = 0,7V$ .

Jika PLC dalam kondisi high maka  $V_{PLC} = 24V$  sehingga diode dibias terbalik dan dapat dianggap tahanannya besar, sehingga tahanan  $R$  merupakan pull up untuk rangkaian yang di driver. Besarnya nilai  $R$  diperoleh sbb:

$$V_{data} = V_{OH} \text{ dan } I = I_{IH}$$

$$R = \frac{V_{cc} - V_{data}}{I} = \frac{V_{cc} - V_{oh}}{I_{ih}}$$

Dari persamaan diatas tampak bahwa nilai R ditentukan oleh  $V_{OH}$  dan  $I_{IH}$  dari rangkaian yang di drivernya.

**Perencanaan :**

Untuk  $V_{PLC} = 0$  maka berlaku :

$$R = \frac{V_{cc} - V_{diode}}{I_{diode}}$$

Bila  $V_{diode} = 0.7V$  dan  $I_{diode} = 10mA$  maka:

$$R = \frac{5 - 0.7}{10 \cdot 10^{-3}} = 430 \Omega$$

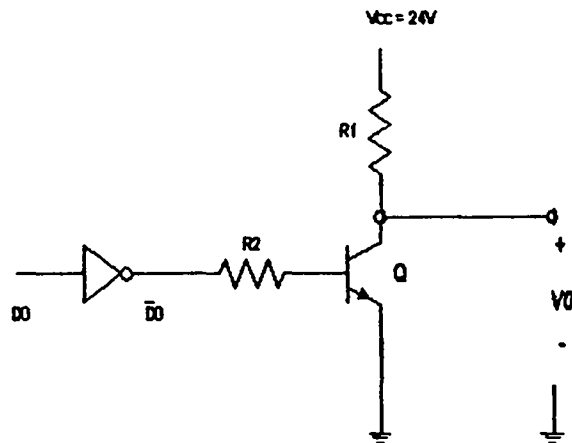
Untuk  $V_{PLC} = 24V$  maka berlaku :

$$R = \frac{V_{cc} - V_{oh}}{I_{ih}} \text{ dimana } V_{OH} = 2.5 V \text{ dan } I_{IH} = 10mA$$

$$R = \frac{5 - 2.5}{10 \cdot 10^{-6}} = 250 K \Omega$$

Diperoleh  $430 \Omega < R < 250 K \Omega$  dan ditentukan  $R = 4.7 K \Omega$ .

### 3.4.2 Interface Dari TTL ke 24V



Gambar 3.9

Rangkaian interface dari TTL ke 24V

Cara kerjanya dapat dijelaskan sbb:

Melalui inverting data,  $D_0$  diinverting sehingga diperoleh data dengan logika yang terbalik. Bila  $D_0$  berlogika 1 maka output dari inverting yaitu  $\bar{D}_0$  berlogika 0.

Berdasarkan sifat tersebut maka perlu ditambahkan rangkaian inverting lagi 1 tingkat yang terdiri dari Q, R1 dan R2 yang merupakan rangkaian open collector sehingga tegangan yang dipasang pada tahanan R1 tidak mempengaruhi rangkaian sebelumnya.

Ketika  $\bar{D}_0$  dalam keadaan low maka Q menjadi cut off dan tegangan  $V_0 = V_{cc} = 24V$ . Ketika  $\bar{D}_0$  dalam keadaan high maka Q menjadi saturasi dan tegangan  $V_0 = V_{ce(sat)}$ .

Ketika transistor cut off berlaku :

$$R1 = \frac{V_{CC} - V_{OH(PLC)}}{I_{OH(PLC)}}$$

$$R2 = \frac{V_{BE(Sat)} - V_{OL}}{I} \text{ dimana arus pengosongan basis.}$$

Ketika transistor saturasi berlaku :

$$R1 = \frac{V_{CC} - V_{CE(Sat)}}{I_{OC}}$$

$$R2 = \frac{V_{OH} - V_{BE(Sat)}}{I_{OH}}$$

Dari 2 pasang persamaan di atas kita dapat memperoleh batasan nilai untuk

R1 dan R2.

**Perencanaan :**

Ketika transistor cut off

$$R1 = \frac{V_{CC} - V_{OH(PLC)}}{I_{OH}} \text{ dimana } V_{CC} = 24V, V_{OH} = 21V, I_{OH} = 10 \mu A.$$

$$= \frac{24 - 21}{10 \cdot 10^{-6}} = 300K \Omega$$

$$R2 = \frac{V_{BE(SAT)} - V_{OL}}{I} \text{ dimana } V_{BE(SAT)} = 0.7, V_{OL} = 0.5, I = 10 \mu A$$

$$= \frac{0.7 - 0.5}{10 \cdot 10^{-6}} = 20 K \Omega.$$

ketika transistor saturasi.

$$R1 = \frac{V_{CC} - V_{CE(SAT)}}{I_{OC}} = \frac{24 - 0.2}{10 \cdot 10^{-3}} = 2380 \Omega$$

$$R_2 = \frac{V_{OH} - V_{BE(SAT)}}{I_{OH}} \text{ dimana } V_{OH} = 2.5V, I_{OH} = I_{B(SAT)} = 1mA$$

$$= \frac{2.5 - 0.7}{10^{-3}} = 1.8 K$$

Dari hasil diatas diperoleh :

$2380 < R_1 < 300 K\Omega$  dan ditentukan  $R_1 = 10 K\Omega$ .

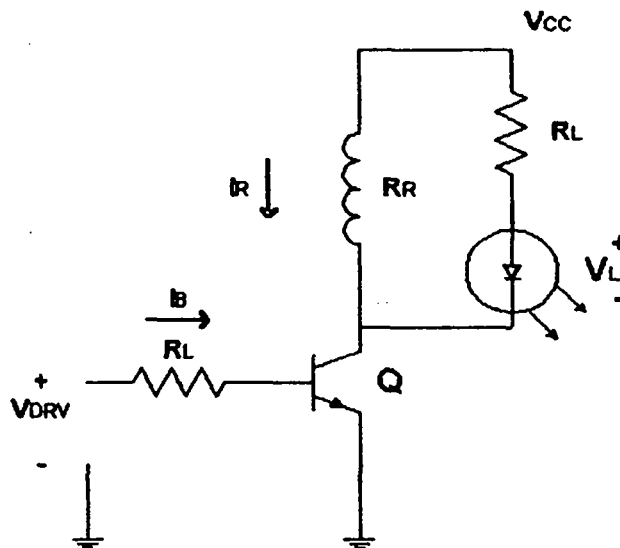
$1.8 K < R_2 < 20 K\Omega$  dan ditentukan  $R_2 = 10 K\Omega$ .

Untuk  $R_1$  dilakukan peninjauan daya (watt) yang dipakai yaitu :

$$P = \frac{V_R^2}{R} = \frac{(V_{CC} - V_{CE(SAT)})^2}{R_1} = \frac{(24 - 0.2)^2}{10 \cdot 10^3} = 0.056 W$$

sehingga dipilih  $R_1 = 10 K\Omega \frac{1}{4} W$ .

### 3.4.3 Rangkaian Driver Relay



Gambar 3.10

Rangkaian Driver Relay

**Rangkaian diatas dapat dijelaskan sbb :**

Jika  $V_{DRV}$  dalam keadaan low maka transistor Q dalam keadaan cut off sehingga relay tidak bekerja dan lampu indikator LED tidak menyala

Jika  $V_{DRV}$  dalam keadaan high maka transistor Q dalam keadaan aktif jika memenuhi syarat sebagai berikut :

$$I_B > I_{B \text{ aktif}} \quad (1)$$

$$I_B = \frac{V_{DRV} - V_{BE \text{ aktif}}}{R_L}$$

(1a)

$$I_C = I_R + I_L \quad (2)$$

Karena transistor dalam keadaan aktif maka berlaku  $I_C = \beta I_B$  sehingga

persamaan (2) menjadi :  $\beta \cdot I_B = I_R + I_L$

$$I_B = \frac{I_R + I_L}{\beta} \quad (3)$$

Substitusi pers (3) ke pers (1a) diperoleh :

$$\frac{I_R + I_L}{\beta} = \frac{V_{DRV} - V_{BE \text{ aktif}}}{R_L} \quad \text{atau}$$

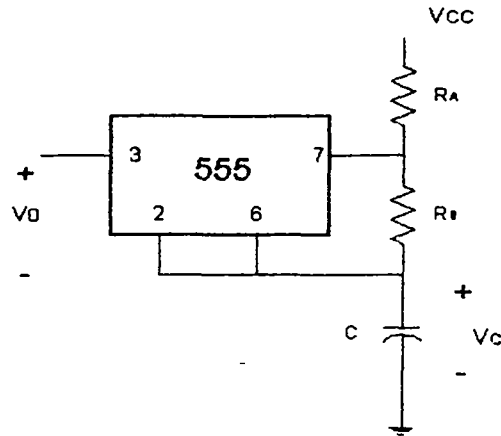
$$R_L = \frac{(V_{DRV} - V_{BE \text{ aktif}}) \cdot \beta}{I_R + I_L} \quad (4)$$

Berdasarkan pers (4) kita memperoleh batas bawah untuk  $R_L$  apabila dipilih

$I_R$  dan  $I_L$  maks dan batas atas apabila  $I_R$  dan  $I_L$  yang dipilih adalah yang

paling kecil.

### 3.4.4 Rangkaian Astabel Multivibrator



Gambar 3.7

#### Rangkaian Astable Multivibrator

Rangkaian di atas mempunyai 2 macam kondisi, yaitu :

- a. Kondisi pengisian kapasitor.
- b. Kondisi pengosongan kapasitor.

**Cara kerja rangkaianannya dapat dijelaskan sebagai berikut :**

Pada kondisi dimana astable multivibrator sudah steady state maka tegangan kapasitor berkisar antara  $\frac{1}{3} V_{cc}$  sampai dengan  $\frac{2}{3} V_{cc}$ .

Apabila tegangan kapasitor  $V_c = \frac{1}{3} V_{cc}$  maka kapasitor akan mengisi melalui  $R_A$  dan  $R_B$  sampai tegangan kapasitor mencapai  $\frac{2}{3} V_{cc}$ .

Persamaan ekponensial yang memenuhi dapat dinyatakan secara umum sebagai berikut :

$$V_c(t) = V_c(0^+) e^{-t/\tau} + (1 - e^{-t/\tau}) \cdot V_c(\infty) \quad (1)$$

Untuk kondisi pengisian berlaku :

$$V_c(0^+) = \frac{V_{cc}}{3}; V_c(\infty) = V_{cc} \text{ dan } t = t_c \rightarrow V_c(t_c) = \frac{2 V_{cc}}{3}$$

dan disubstitusikan ke pers. (1) diperoleh :

$$\frac{2 V_{cc}}{3} = \frac{1}{3} V_{cc} e^{-t/\tau} + (1 - e^{-t/\tau}) V_{cc}$$

$$2 = e^{-t/\tau} + (1 - e^{-t/\tau}) 3$$

$$-1 = -2 \cdot e^{-t/\tau} \Rightarrow e^{-t/\tau} = \frac{1}{2}$$

$$\ln e^{-t/\tau} = \ln \frac{1}{2}$$

$$-\frac{t_c}{\tau} = -\ln 2$$

$$t_c = \tau c (0.693)$$

$$\text{dimana : } \tau c = (R_A + R_B) C \rightarrow t_c = 0.693 (R_A + R_B) C \quad (2)$$

Pada saat pengisian kapasitor output  $V_o$  dalam kondisi high.

Apabila tegangan kapasitor  $V_c = \frac{2}{3} V_{cc}$ , maka kapasitor akan dikosongkan

melalui  $R_B$  ( pin 7 berfungsi sebagai jalur pengosongan kapasitor ). Kondisi-

kondisi yang bersesuaian adalah sebagai berikut :

$$V_c(0^+) = \frac{2}{3} V_{cc}; V_c(\infty) = 0. \text{ Untuk } t = t_d \rightarrow V_c(t_d) = \frac{1}{3} V_{cc}.$$

substitusi kondisi di atas ke pers.(1) dan diperoleh :

$$\frac{1}{3} V_{cc} = \frac{2}{3} V_{cc} \cdot e^{-t_d/\tau}$$

$$1 = 2 e^{-t_d/\tau}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-td/\tau}$$

$$\ln \frac{1}{2} = \ln e^{-td/\tau}$$

$$-\ln 2 = -\frac{td}{\tau}$$

$$td = \tau \ln 2 = 0.693 (R_B \cdot C) \quad (3)$$

Pada saat pengosongan kapasitor maka output  $V_0$  dalam kondisi low.

Periode yang diperoleh :  $\tau = td + tc$

$$= 0.693 R_B \cdot C + 0.693 (R_A + R_B) C$$

$$= 0.693 (R_A + 2 R_B) C \quad (4)$$

$$\text{Duty cycle : } D = \frac{T_{\text{low}}}{T} = \frac{0.693 R_B \cdot C}{0.693 (R_A + 2 R_B) C}$$

$$= \frac{R_B}{R_A + 2 R_B} \quad (5)$$

### Design Rangkaian Astable Multivibrator.

$$\tau = 0.693 (R_A + 2 R_B) C$$

$$\text{Ditentukan : } C = 1 \text{ nF, } f = 250 \text{ Khz, } T = \frac{1}{f} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ s}$$

$$4 \cdot 10^{-6} = 0.693 (R_A + 2 R_B) 10^{-9}$$

$$R_A + 2 R_B = 5772$$

$$R_A = 5772 - 2 R_B \quad (1)$$

Ditentukan duty cycle  $D = 0.3$  sehingga :

$$\frac{R_B}{R_A + 2 R_B} = 0.3$$

$$0.3 R_A = 0.4 R_B$$

$$R_A = 1.33 R_B \quad (2)$$

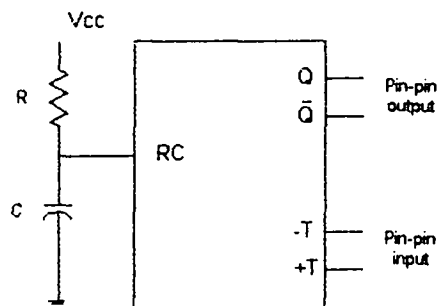
Substitusi pers.(1) ke pers.(2) maka diperoleh :

$$1.33 R_B = 5772 - 2 R_B$$

$$R_B = 1.73 \text{ K}\Omega \quad \text{dan ditetapkan } R_B = 2 \text{ K}\Omega$$

$$R_A = 1.33 \times 1.73 \cdot 10^3 = 2.3 \text{ K}\Omega \quad \text{dan ditetapkan } R_A = 2 \text{ K}\Omega$$

### 3.4.5 Rangkaian Monostable Multivibrator



Gambar 3.8

#### Rangkaian Monostable Multivibrator

**Cara kerjanya dapat dijelaskan sebagai berikut :**

Jika monostable digunakan untuk mengatur perubahan sinyal input dari low ke high maka sinyal input harus dipasang pada pin +T sedangkan pin -T harus dihubungkan ke Vcc untuk mendisable input masukannya, demikian pula sebaliknya bila perubahan sinyal input dari high ke low yang diatur maka sinyal harus dipasang pada pin -T sedangkan pin +T harus dihubungkan ke ground.

Apabila ada perubahan pada inputnya maka pin RC akan open sehingga kapasitor akan diisi melalui R dari  $V_{cc}$  sampai pada level tegangan tertentu mengikuti persamaan :

$$V_c(0^+) = 0 ; V_c(\infty) = V_{cc}$$

$$V_c(t) = V_c(0^+) e^{-t/\tau} + V_c(\infty) e^{-t/\tau} = V_{cc} e^{-t/\tau}$$

dimana  $\tau = RC$

Dari persamaan diatas tampak bahwa lebar pulsa yang dihasilkan adalah :

$$t = RC$$

Perencanaan :

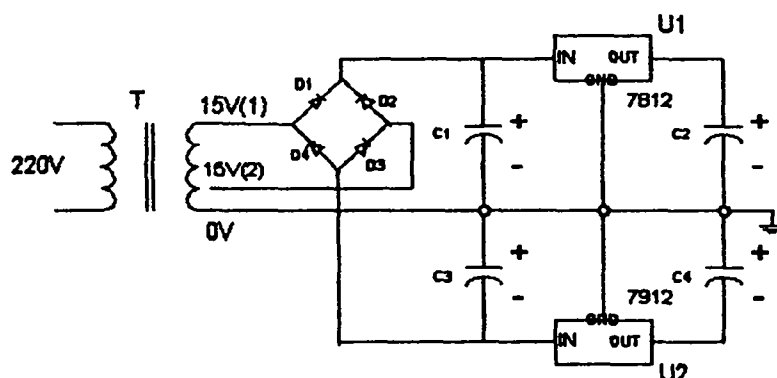
Lebar pulsa yang direncanakan ( $t$ ) =  $10 \mu s$

Ditentukan  $C = 1 nF$

Berdasarkan rumusan di atas maka :  $t = RC$

$$R = \frac{t}{C} = \frac{10 \cdot 10^{-6}}{1 \cdot 10^{-9}} = 10 K\Omega$$

### 3.4.6 Rangkaian Power Supply



Gambar 3.13

Rangkaian Power Supply

**Cara kerja dari rangkaian di atas dapat dijelaskan sbb :**

Transformator T digunakan untuk menurunkan tegangan jala-jala listrik menjadi 15 Vrms.

Tegangan yang telah diturunkan tersebut disearahkan oleh rangkaian bridge diode. Prosesnya adalah sbb :

Pada  $\frac{1}{2}$  periode pertama diode  $D_1$  ON sehingga mengalir arus dari 15Vrms(1) mengisi  $C_1$  menuju ke ground bersamaan pula  $D_3$  ON sehingga mengalir arus mengisi kapasitor  $C_3$  dari ground menuju tap 15Vrms(2).

Pada  $\frac{1}{2}$  periode kedua diode  $D_2$  ON sehingga mengalir arus dari 15Vrms(2) mengisi  $C_1$  menuju ke ground dan  $D_4$  ON mengisi  $C_3$  dari ground menuju tap 15Vrms(1).

Antara tap 15Vrms(1) dan tap 15Vrms(2) untuk transformator CT terjadi pembalikan fase output.

Tegangan yang disimpan oleh kapasitor  $C_1$  dan  $C_3$  masing-masing digunakan untuk mensupply rangkaian regulator  $U_1$  (7812) dan  $U_2$  (7912). Hasil output  $U_1$  adalah +12V dan  $U_2$  adalah -12V.

**Perencanaan :**

Kapasitor  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  dan  $C_4$  ditentukan sebesar 2200  $\mu$ F.

Tegangan breakdown untuk  $C_1$  dan  $C_3$  harus lebih besar dari :

$$V_c = \sqrt{2} V_{in} = \sqrt{2} \cdot 15 = 21.21 \text{ V}$$

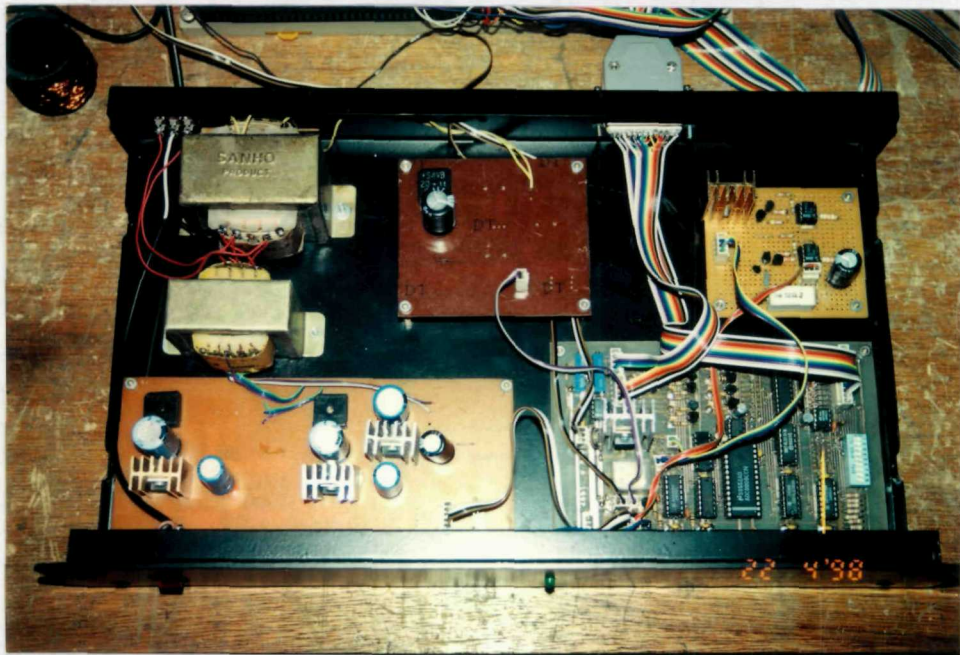
Tegangan breakdown untuk  $C_2$  dan  $C_4$  > 12V, beresuaian dengan output power supply.

Dari hasil di atas diperoleh :

$C_1$  dan  $C_3$  dipilih =  $2200 \mu F / 25V$

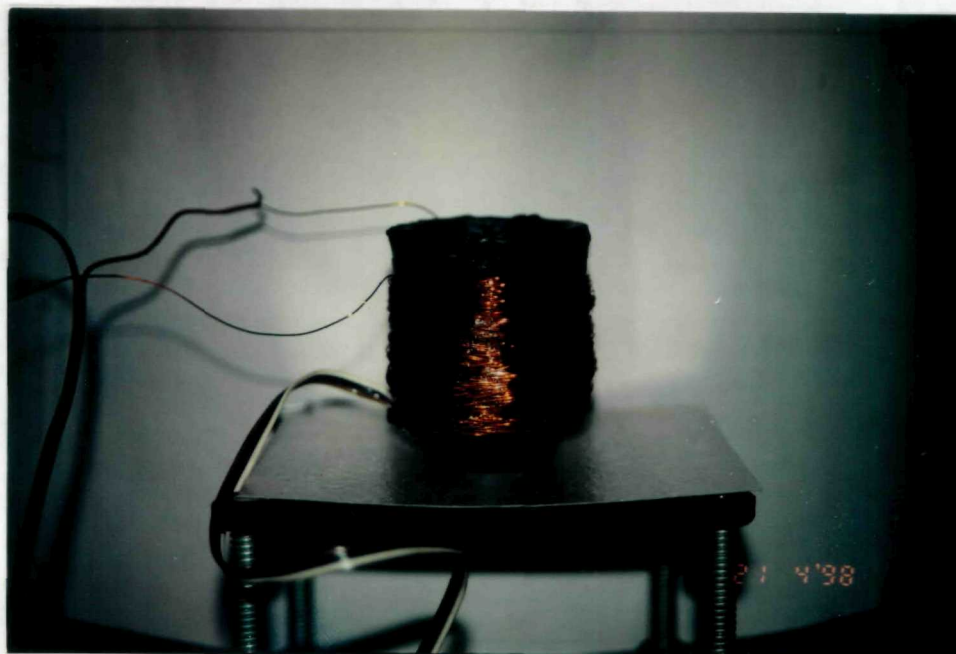
$C_2$  dan  $C_4$  dipilih =  $2200 \mu F / 16V$

Penentuan nilai kapasitor yang besar untuk memperoleh tegangan yang lebih stabil dan bebas dari ripple.



Gambar 3.14

Alat Pencair Logam Timah



Gambar 3.15

### Penampang Pencairan Timah

### 3.5 Sysmac C40H Programmable Controller

Sysmac C40H ini adalah merupakan PLC jenis kecil. Banyak PLC jenis lain yang juga merupakan satu seri dari C40H diantaranya C20H dan C28H. Dimana perbezaan dari ketiga jenis ini terletak pada banyaknya jumlah titik input / outputnya.

Adapun perbandingan jumlah titik input / outputnya adalah sbb :

- PLC tipe C20H mempunyai : 12 titik input dan 8 titik output.
- PLC tipe C28H mempunyai : 16 titik input dan 12 titik output.
- PLC tipe C40H mempunyai : 24 titik input dan 16 titik output.

Unit input ini mempunyai rangkaian dalam untuk pengkondisi sinyal, yaitu untuk input dengan tegangan DC :

**Karakteristik :**

- ◆ Catu tegangan : 24 Vdc  $\pm$  10 %
- ◆ Impedansi input : 3 k $\Omega$
- ◆ Arus input : 7 mA
- ◆ Tegangan ON : 15 Vdc max
- ◆ Tegangan OFF : 5 Vdc min
- ◆ Waktu tunda ON : 2.5 ms max  
( untuk input 0000 dan 0001 : 0.15 ms )
- ◆ Waktu tunda OFF : 2.5 ms max  
( untuk input 0000 dan 0001 : 0.15 ms )

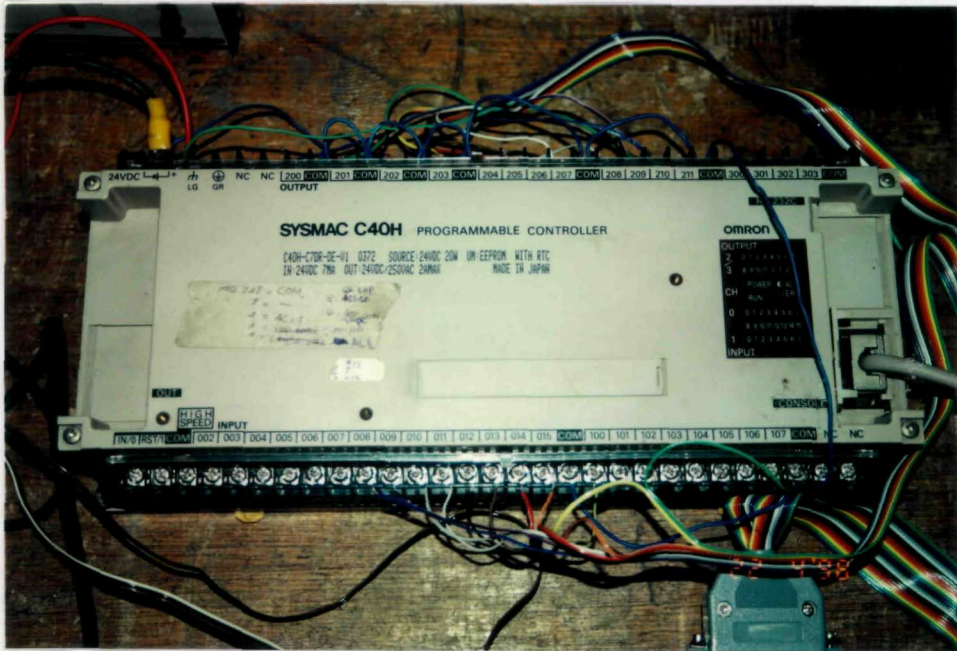
Sedangkan pada unit outpunya berupa relay ( kontak ) :

**Karakteristik :**

- ◆ Waktu tunda ON : 15 ms max
- ◆ Waktu tunda OFF : 15 ms max
- ◆ Kapasitas maksimum yang dapat dihubungkan : 2 A, 24 Vdc
- ◆ Kapasitas minimum yang dapat dihubungkan : 10 mA, 5 Vdc

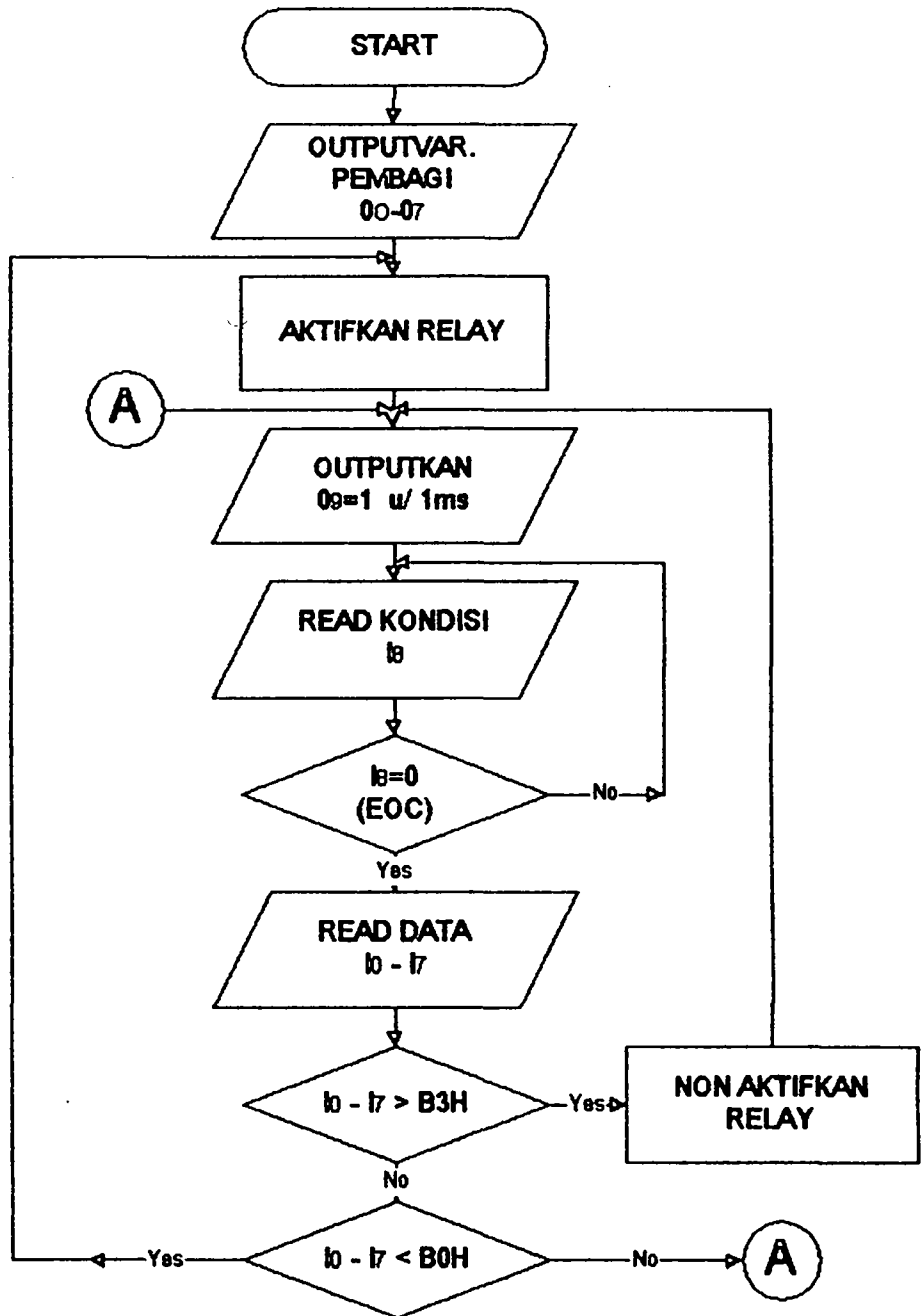
Unit output ini dapat juga langsung dihubungkan dengan beban dengan syarat kapasitas beban tersebut masih di dalam kapasitas maksimumnya atau bila ada kejadian dimana kapasitas beban tersebut diluar kapasitas maksimumnya maka jalan yang dapat diambil adalah dengan dipakainya

suatu relay untuk mengatasinya. Dan pemberian relay ini harus sesuai dengan kapasitas beban dari peralatan elektronik yang hendak dikontrol.



Gambar 3.16

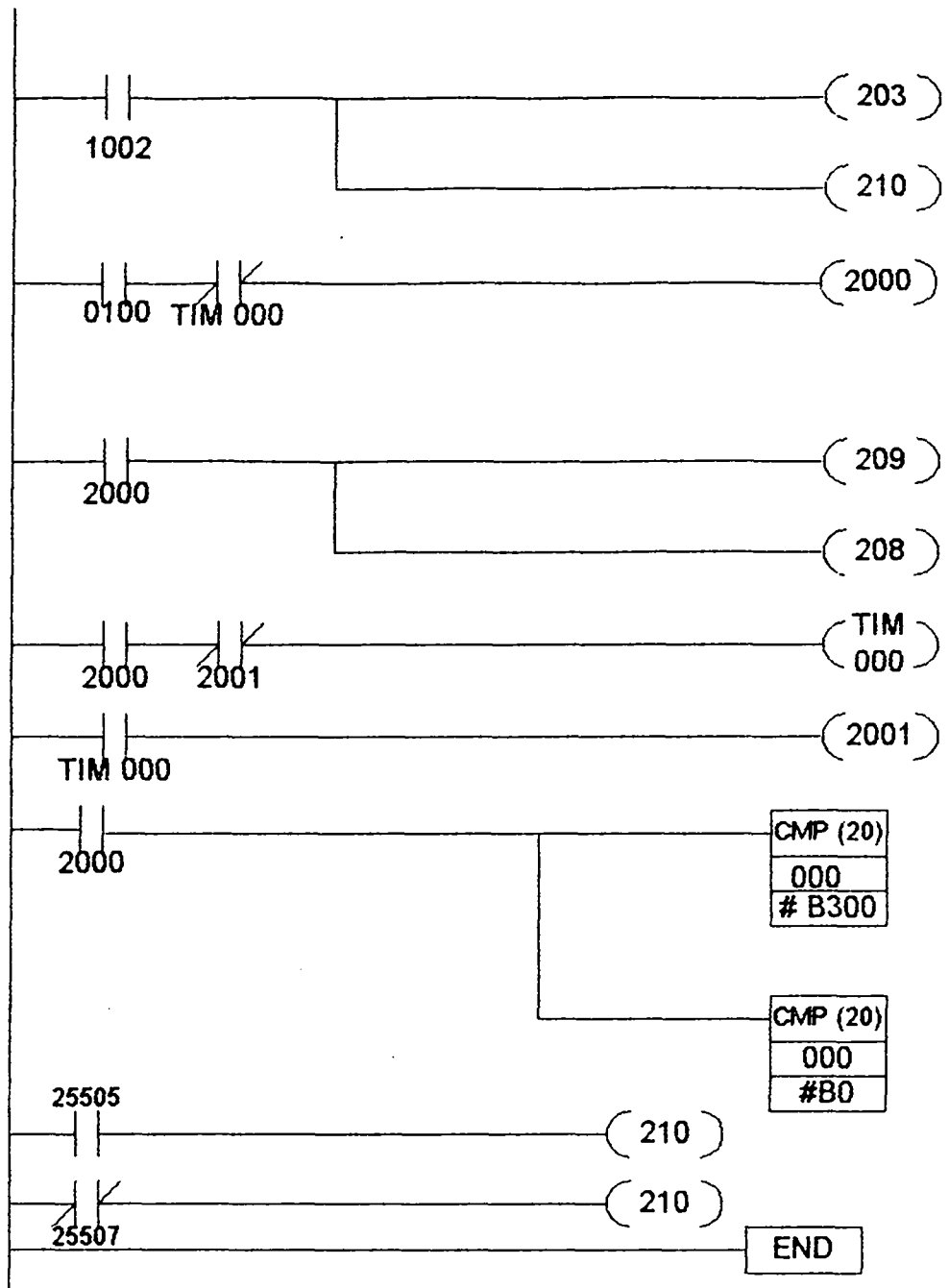
Sysmac C40H PLC



Gambar 3.17

Diagram alur Pada PLC

## LADDER DIAGRAM PLC



Keterangan :

OUTPUT

200 ---- 207 : DATA FREKUENSI  
 208 : OE / RD ADC  
 209 : START ADC  
 210 : RELAY

INPUT

008 ---- 015 : DATA ADC  
 100 : EOC  
  
 1000, 1001, 1002 : INTERNAL RELAY  
 BATAS NILAI ATAS :  $3,5V = 153_{10} = B3H = 10111011$   
 BATAS NILAI BAWAH :  $3.45V = 151_{10} = B0H = 10110000$