

BAB IV

PERANCANGAN SISTEM

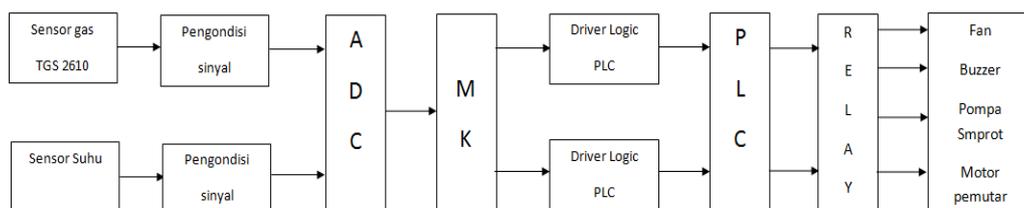
4.1 Tinjauan Umum

Bab ini menjelaskan mengenai spesifikasi alat, perancangan perangkat keras dari alat pengendalian dini kebocoran gas, yang meliputi diagram blok sistem, cara kerja sistem, *flowchart* atau diagram alir kerja sistem, gambar rancangan alat, dan tabel *input* dan *output* PLC. Selain perancangan perangkat keras akan dijelaskan juga mengenai perancangan perangkat lunak.

Perancangan sistem otomasi pengendalian dini kebocoran gas dan penanggulangannya dalam miniatur ruangan dirancang dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. Dimensi miniatur ruangan tertutup 60cm x 35cm x 45cm yang terbuat dari plastik formika sebagai bahan utama dengan ketebalan 2mm.
2. Menjaga suhu di dalam miniatur ruangan tertutup pada *set point* dibawah 40°C.
3. Menjaga kadar gas LPG di dalam miniatur ruangan tertutup pada *set point* dibawah 1800 ppm.
4. Menggunakan PLC OMRON CQM1 sebagai pengontrol utama.
5. Menggunakan mikrokontroler AT89S51 untuk menampilkan data pada LCD.
6. Menggunakan LCD tipe M1632 (16 kolom x 2 baris).
7. Menggunakan ADC 0808 sebagai konverter masukan sinyal analog dari pengkondisi sinyal menjadi sinyal digital sehingga dapat dibaca oleh mikrokontroler dan PLC.
8. Menggunakan *konverter* yang terdiri dari rangkaian transistor sebagai saklar.
9. Menggunakan penguat *differensial* sebagai pengkondisi sinyal.
10. Menggunakan sensor suhu LM35 dan sensor gas TGS 2610.
11. Aktuator berupa *fan* 12V DC, motor pemutar regulator tabung gas LPG dan jendela yang digerakkan menggunakan motor 12V DC sehingga dapat terbuka dan tertutup.

Perancangan blok diagram sistem ditunjukkan dalam Gambar 4.1 :



Gamb

ar 4.1 Blok Diagram Sistem

Sumber: Perancangan

4.2 Perancangan Sistem Kerja

Untuk lebih memudahkan dalam perencanaan, maka perlu dijabarkan deskripsi kerja sistem secara keseluruhan.

Sensor suhu dan sensor gas yang diletakkan di dalam miniatur ruangan akan membaca kondisi suhu dan kadar gas LPG pada miniatur ruangan tertutup dan akan memberikan sinyal yang diproses oleh rangkaian pengkondisi sinyal sebagai masukan pada ADC. ADC akan memberikan data *bit logic* sebagai masukan pada PLC. Namun sebelumnya harus di-*drive* oleh converter yang berfungsi sebagai saklar transistor untuk menyesuaikan dengan kebutuhan tegangan *input* PLC.

Suhu di dalam miniatur ruangan dikondisikan untuk mencapai *set point* pada suhu di bawah 40°C dengan memanfaatkan pemancar air sebagai aktuatornya. Pemancar air dikondisikan untuk mengalirkan air dingin yang dihasilkan dari tempat penampungan air menuju ke dalam miniatur ruangan tertutup. Saat suhu ruangan => 40°C maka pemancar air akan aktif / *ON* dan *buzzer* akan menyala. Sedangkan saat suhu < 40°C maka pemancar air akan mati / *OFF* dan *buzzer* akan mati/*OFF*.

Kadar gas LPG di dalam miniatur ruangan dikondisikan untuk mencapai *set point* pada kadar gas LPG dibawah 1800 ppm dengan memanfaatkan *fan*, motor pemutar katup gas sebagai aktuatornya. Motor pemutar katup digunakan untuk menghentikan aliran gas agar kebocoran gas tidak semakin membesar. *Fan* dikondisikan untuk mengeluarkan gas LPG dari dalam miniatur ruangan tertutup menuju keluar. Apabila kadar gas LPG pada miniatur ruangan => 1800 ppm maka *fan* akan aktif / *ON*, *buzzer* akan aktif/ *ON* dan jendela *fan* akan terbuka sampai kadar gas LPG menjadi <1800 ppm kembali. Setelah kadar gas LPG menjadi < 1800 ppm maka *fan* akan mati / *OFF* dan jendela *fan* akan tertutup.

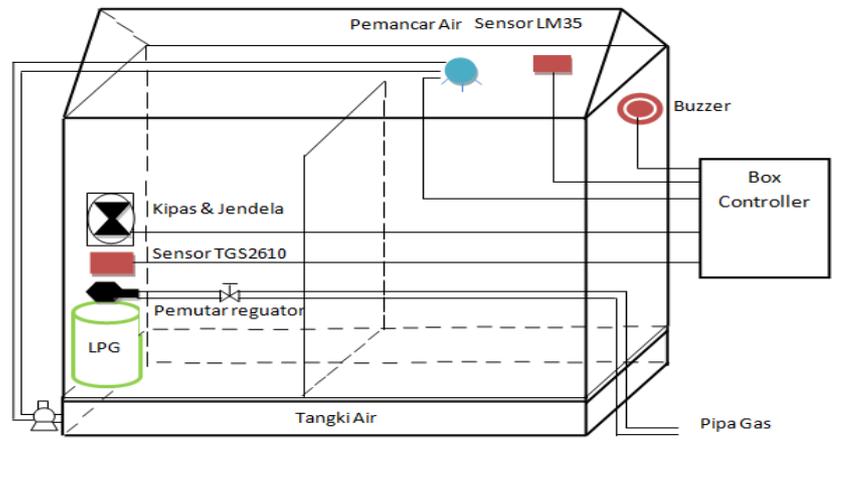
4.3 Miniatur Ruangan Tertutup

Miniatur ruangan tertutup yang digunakan sebagai tempat pengujian sistem pengendalian dini kebocoran gas LPG mempunyai ukuran : panjang 60cm x lebar 35cm x tinggi 45cm, yang terbuat dari bahan tembus pandang yaitu plastik formika dengan ketebalan 2mm.

Di dalam miniatur ruangan tersebut terdapat jendela dan fan yang berfungsi untuk mengeluarkan gas LPG yang bocor dari dalam ruangan menuju keluar, pada dasar miniatur ruangan terdapat tandon yang digunakan untuk manampung air untuk disemprotkan ke dalam miniatur ruangan apabila terjadi peningkatan suhu dalam ruangan sebagai indikator telah terjadi kebakaran. Sedangkan pada katup regulator penghubung antara gas LPG dan selang gas disambungkan dengan motor pemutar yang aktif apabila terjadi kebocoran gas dan peningkatan suhu, agar gas yang ada dalam tabung tidak keluar lagi. *Buzzer* diletakkan pada dinding untuk menginformasikan melalui suara sebagai peringatan telah terjadi kebocoran gas dan kebakaran di dalam ruangan. Keseluruhan aktuator tersebut di kontrol secara otomatis menggunakan PLC.

Sementara sensor suhu dan sensor gas diletakkan di tempat yang berbeda sesuai dengan sifat gas masing – masing yang disensor, untuk sensor gas diletakkan di samping pemutar katup regulator karena gas LPG saat bercampur dengan udara akan cenderung turun, sedangkan sensor suhu diletakkan di tengah bagian atas miniatur ruangan. Penempatan sensor disesuaikan dengan minimnya jumlah sensor yang digunakan pada miniatur ruangan dengan dimensi 60cm x 35cm x 45cm sehingga pembacaan suhu udara dan kadar gas LPG oleh kedua jenis sensor diharapkan memiliki keakurasian yang tinggi.

Bentuk dari miniatur ruangan tertutup dapat digambarkan seperti dalam Gambar 4.2.

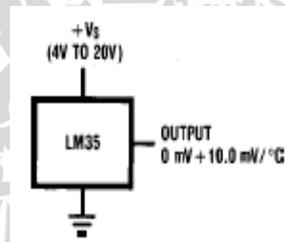


Gambar 4.2 Model Miniatur Ruang Tertutup

Sumber: Perancangan

4.4 Sensor Suhu LM35

Rangkaian ini bagian utamanya terdiri dari IC LM 35, IC LM 358 sebagai rangkaian pengali tegangan dan IC komparator LM 324 sebagai rangkaian pembanding, IC LM35 seperti terlihat dalam Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Rangkaian Sensor Suhu LM35

Sumber: Perancangan

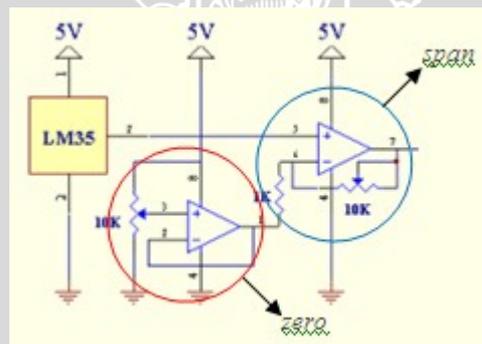
IC LM 35 mengubah besaran temperatur menjadi besaran tegangan, dimana untuk setiap kenaikan 1°C tegangan yang dikeluarkan sebesar 10 mV. Keluaran dari LM35 masuk ke pin no 2 dan pin no 6 dari LM 35. Sesuai dengan prinsip kerja komparator non *inverting* jika tegangan pada masukan non *inverting* (+) V_{IN} lebih besar dari tegangan pada inverting (-) V_{REF} maka pada *output* op-amp akan sama dengan V_{cc} . Dan sebaliknya jika tegangan pada *inverting* (-) V_{REF} lebih besar dari pada tegangan di non *inverting* (+) V_{IN} maka *output* op-amp sama dengan *ground*.

Karena keluaran IC LM35 cukup kecil maka diperlukan penguat tegangan agar bila ada *noise* tidak terpengaruh. Penguatan tegangan sebesar \pm sebesar 6 kali. Penguat

tegangan yang digunakan adalah penguat non *inverting* (+). Dalam perancangan ini nilai *set point* suhu di dalam miniatur ruangan ditetapkan dibawah 40°C.

4.5 Pengkondisi Sinyal Untuk LM35

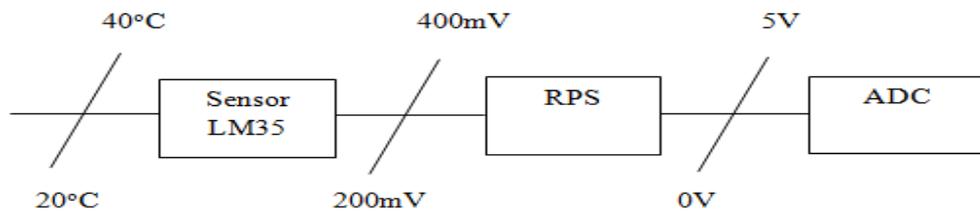
Rangkaian pengkondisi sinyal untuk sensor suhu LM35 yang dirancang pada sistem ini terbagi menjadi dua macam rangkaian op-amp, yang kemudian digunakan istilah sebagai rangkaian *zero* dan *span*. Rangkaian *zero* berfungsi sebagai *virtual input* bagi penguat *differensial*, dimana nilai tegangan keluaran pada rangkaian *zero* tersebut diatur sehingga sama dengan nilai tegangan untuk menyatakan batas bawah kondisi suhu pada *range* kerja untuk pengendalian suhu. Rangkaian *span* merupakan rangkaian penguat selisih tegangan (penguat *differensial*) yang berfungsi untuk menguatkan sinyal-sinyal tegangan yang nilainya kecil. Rangkaian pengkondisi sinyal untuk sensor suhu LM35 ditunjukkan dalam Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Rangkaian Pengkondisi Sinyal LM35

Sumber: Perancangan

Pengendalian suhu pada sistem ini telah ditentukan untuk bekerja pada *range* suhu 20°C – 40°C. Agar perubahan tegangan keluaran pada sensor LM35 yang memiliki resolusi 10 mV/°C dapat dibaca oleh ADC yang memiliki *range* tegangan masukan antara 0 – 5V serta resolusi 19,6 mV/bit, maka tegangan keluaran sensor LM35 pada *range* kerja tersebut akan dikuatkan oleh pengkondisi sinyal agar tegangannya dapat dibaca oleh ADC seperti ditunjukkan ilustrasi dalam Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Skema Kerja Rangkaian Pengondisi Sinyal Untuk LM35

Sumber: Perancangan

Penguatan yang dibutuhkan adalah :

Dengan $A_v=25$ maka diperoleh keluaran ADC pada :

Suhu $20^{\circ}\text{C} \rightarrow$

Suhu $21^{\circ}\text{C} \rightarrow$

Jadi dapat disimpulkan untuk tiap kenaikan 1°C memiliki *range* sebesar A_H , dimana 1_H sama dengan 1-bit LSB ($19,6\text{mV}$). Selanjutnya dengan menggunakan persamaan (2-8) maka dapat pula diketahui nilai R_f pada rangkaian *span*, yaitu sebagai berikut :

$$\rightarrow R_f = 1 \text{ k}\Omega$$

4.6 Sensor Gas TGS 2610

Rangkaian sensor gas TGS 2610 dapat mendeteksi kadar gas LPG yang terkandung pada udara. Setiap perubahan kadar gas LPG di udara dapat mempengaruhi besar kecilnya nilai resistansi sensor. Semakin tinggi kadar gas LPG yang terdeteksi oleh sensor gas tersebut maka nilai resistansi sensor akan semakin kecil nilainya.

Dikarenakan belum terdapatnya alat yang dapat digunakan untuk mengukur kadar gas LPG di udara secara langsung, maka untuk penetapan nilai yang terukur pada sensor terhadap kadar gas LPG tertentu dilakukan dengan cara pembacaan data pada grafik karakteristik sensor gas TGS 2610 yang dapat dilihat dalam datasheet dan kemudian melakukan perhitungan dengan persamaan:

atau

Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

- Mencari nilai V_{out} pada saat sensor gas TGS 2610 mendeteksi kandungan gas LPG pada udara sebesar 1800 ppm. Sensor gas dihubungkan dengan catu daya untuk
- memberi tegangan masukan (V_c) sebesar +5V DC dan menggunakan resistor 10k Ω sebagai resistansi pembebanan (R_l) seperti yang terlihat dalam Gambar 4.6.

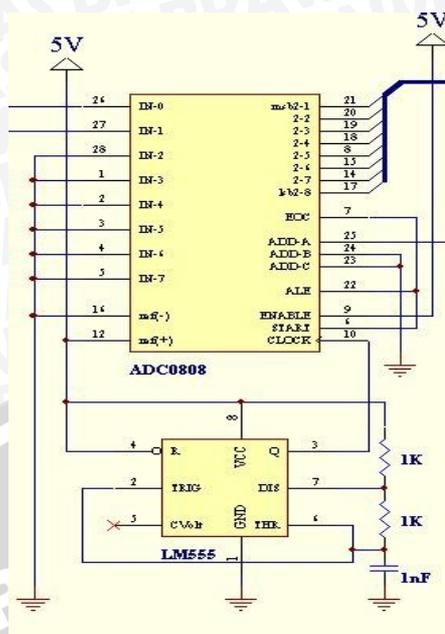
Gambar 4.6 Rangkaian Sensor Gas TGS 2610

Sumber: Perancangan

- Setelah V_{out} sensor pada langkah pertama telah diketahui maka kemudian mencari nilai resistansi sensor pada saat mendeteksi gas LPG sebesar 1800 ppm (R_o), dimana diketahui pada grafik karakteristik sensor TGS 2610 yang terdapat pada lampiran *data sheet* sensor TGS 2610 untuk kandungan gas LPG pada udara sebesar 1800 ppm. Maka dengan mensubstitusikan persamaan tersebut ke persamaan akan didapatkan persamaan baru yaitu :
- Setelah R_o diketahui maka nilai R_s dan V_{out} sensor untuk kadar gas LPG pada kisaran 300 – 10000 ppm dapat dicari dengan melakukan pembacaan data pada grafik karakteristik sensor TGS 2610 yang terdapat pada lampiran *data sheet* sensor TGS 2610 dan kemudian menggunakan persamaan atau untuk perhitungannya.

4.7 ADC 0808

Tegangan analog dari *output* rangkaian pendeteksi suhu dan gas LPG dirubah menjadi tegangan digital menggunakan satu rangkaian ADC (*Analog Digital Converter*) dan masuk menuju pin IN-(0 - 7) seperti terlihat dalam Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Blok Diagram ADC 0808

Sumber: Perancangan

ADC 0808 akan mengkonversi tegangan antara 0 sampai dengan 5 volt, sehingga tegangan referensi yang diberikan adalah :

$$V_{out} = V_{ref} (a_1 2^{-1} + a_2 2^{-2} + \dots + a_8 2^{-8})$$

$$5 \text{ V} = V_{ref} (1/2 + 1/4 + \dots + 1/256)$$

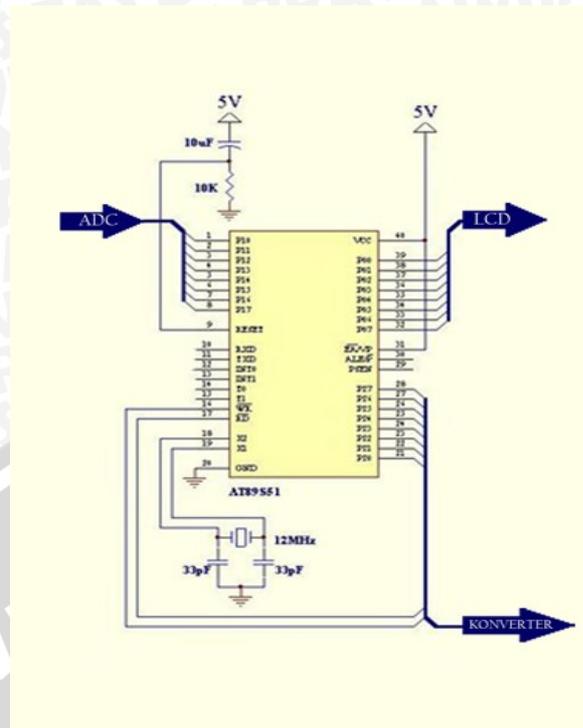
$$5 \text{ V} = V_{ref} (0,996)$$

$$V_{ref} = 5/0,996 = 5,020 \text{ V} \approx 5\text{V}$$

Besar kenaikan tegangan tiap step atau resolusi dari ADC ini adalah :

4.8 Mikrokontroler AT89S51

Pada perancangan ini, menggunakan mikrokontroler AT89S51 sebagai pengatur aliran data dari ADC menuju LCD dan *converter*. Dalam gambar 4.8 ditunjukkan pin-pin mikrokontroler AT89S51 yang terhubung ke ADC, LCD, dan pengkondisi sinyal untuk PLC (*converter*)



Gambar 4.8 Rangkaian AT89S51

Sumber: Perancangan

Agar sebuah mikrokontroler dapat bekerja sebagai pengontrol, kaki-kaki/*port* mikrokontroler dihubungkan dalam rangkaian-rangkaian eksternal. Dalam perancangan ini, *port* yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Port 0
P0.0-0.7 digunakan digunakan sebagai keluaran untuk mengirimkan alamat ke *bus* data LCD D0-D7
2. Port 1
P1.0-1.7 digunakan sebagai saluran input ADC 0808
3. Port 2
P2.0-2.7 digunakan sebagai keluaran untuk mengirimkan data ke *converter*
4. Port 3
Port (*Write*), (*Read*) disambungkan ke *converter*
5. XTAL1 dan XTAL2

Digunakan sebagai *input* dari rangkaian *osilator* kristal. Rangkaian *osilator* kristal terdiri dari kristal *osilator* 12 MHz, kapasitor C1 dan C2 yang masing-masing bernilai 33 pF, akan membangkitkan pulsa *clock* yang menjadi penggerak bagi seluruh operasi internal mikrokontroler.

6. VCC

VCC dihubungkan dengan tegangan sebesar +5V sesuai dengan tegangan operasi *chip* tunggal yang diijinkan dalam *data sheet*.

7. GND

GND dihubungkan ke *ground* catu daya.

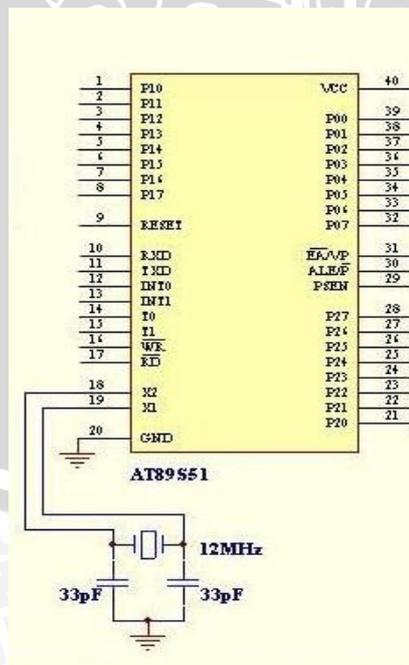
8. Reset

Digunakan untuk mereset program kontrol mikrokontroler, maka pin reset diberi logika tinggi selama sekurangnya dua siklus mesin (24 periode *osilator*). Untuk membangkitkan sinyal reset, kapasitor dihubungkan dengan VCC dan sebuah resistor yang dihubungkan ke *ground*.

4.8.1 Perencanaan Clock

Kecepatan proses yang dilakukan oleh mikrokontroler ditentukan oleh sumber *clock* yang mengendalikan mikrokontroler tersebut. Sistem yang dirancang ini menggunakan *osilator internal* yang telah tersedia dalam *chip* AT89S51. Untuk menentukan frekuensi *osilator* cukup dengan menghubungkan kristal dalam pin 19 (X₁) dan pin 18 (X₂) serta dua buah kapasitor ke *ground*.

Besarnya kapasitansinya disesuaikan dengan spesifikasi dalam lembar data AT89C51 yaitu 33 pF. Kristal yang digunakan adalah 12 MHz. Gambar 4.9 memperlihatkan rangkaian *clock* yang direncanakan.



Gambar 4.9 Rangkaian Clock

Sumber: Perancangan

4.8.2 Perencanaan Rangkaian *Reset*

Untuk me-*reset* mikrokontroler AT89S51, maka pin RST diberi logika tinggi selama sekurangnya dua siklus mesin (24 periode osilator). Untuk membangkitkan sinyal *reset* kapasitor dihubungkan dengan V_{CC} dan sebuah resistor yang dihubungkan ke *ground*.

Karena kristal yang digunakan mempunyai frekuensi sebesar 12 MHz, maka satu periode membutuhkan waktu sebesar :

$$= 8,33 \times 10^{-8} \text{ s}$$

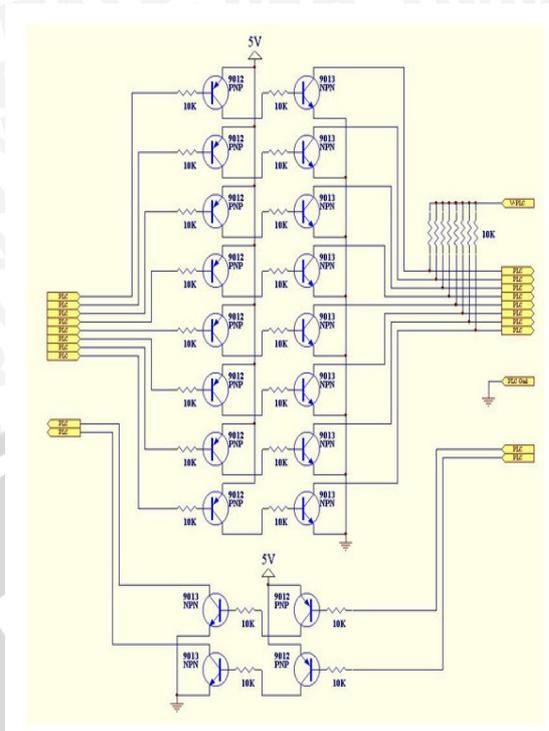
Sehingga waktu minimal logika tinggi yang dibutuhkan untuk *mereset* mikrokontroler adalah :

$$\begin{aligned} t_{\text{reset}(\text{min})} &= T \times \text{periode yang dibutuhkan} \\ &= 8,33 \times 10^{-8} \times 24 = 2 \mu\text{s} \end{aligned}$$

Jadi mikrokontroler membutuhkan waktu minimal 1 μs untuk me-*reset*.

4.9 Pengkondisi Sinyal Untuk PLC

Prinsip rangkaian konverter merupakan rangkaian transistor sebagai saklar. Rangkaian ini terdiri dari gabungan transistor tipe NPN dan PNP seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.10. Fungsinya adalah untuk mengubah level tegangan keluaran ADC yaitu 0V – 5V pada logika 0 dan 1 menjadi level tegangan yang sesuai dengan level tegangan input PLC yaitu sebesar 0V – 12V pada logika 0 dan 1.

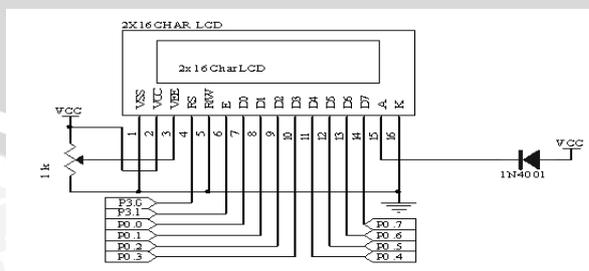


Gambar 4.10 Rangkaian Pengondisi sinyal Untuk PLC

Sumber: Perancangan

4.10 Rangkaian LCD

LCD yang digunakan adalah tipe M1632 (16 kolom x 2 baris). Bus data LCD (D0-D7) terhubung dengan port 0 mikrokontroler (P0.0-P0.7). Karena LCD dioperasikan hanya menerima data, maka pin R/W dihubungkan dengan *ground*. RS dihubungkan dengan pin 2.6 dari mikrokontroler. Sedangkan untuk mengaktifkan E (*Enable*) LCD dibutuhkan keluaran dari pin 3.1. Untuk mengatur tingkat kecerahan LCD digunakan resistor variabel 1 k Ω . Gambar LCD dan konfigurasi pinnya dapat dilihat dalam Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Skema Rangkaian LCD

Sumber: Perancangan

4.11 PLC (*Programmable Logic Controller*)

Langkah awal untuk pembuatan perangkat lunak (*software*) pada suatu sistem maka perlu disusun terlebih dahulu diagram alir dari sistem tersebut. Perancangan perangkat lunak pada PLC yang dalam hal ini berbentuk diagram tangga maka perlu untuk memperhatikan diagram alir dari proses kerja masing-masing sensor dan aktuator yang digunakan. Diagram alir ini dapat memudahkan pembuatan program diagram tangga pada PLC sehingga dapat tersusun secara baik, juga dapat mempermudah dalam penulisan.

a. Variabel suhu

Gambar 4.12 *Flowchart* Variabel Suhu

Sumber: Perancangan

b. Variabel gas LPG

Gambar 4.13 Diagram Alir Variabel Gas LPG

Sumber: Perancangan

Setelah merencanakan diagram alir sistem, maka sebelum direalisasikan ke dalam bentuk diagram tangga perlu ditentukan dahulu pengalamatan I/O pada PLC. Penentuan I/O pada PLC disesuaikan dengan perencanaan perangkat keras sistem. Pengalamatan I/O pada PLC dapat dilihat pada tabel 4.1 dan 4.2

Tabel 4.1 Tabel Pengalamatan *Input* PLC

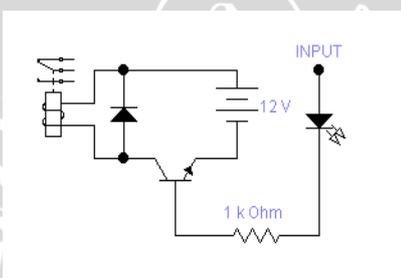
Alamat	Keterangan	Simbol
000.00	Data ADC bit 1	ADC1
000.01	Data ADC bit 2	ADC2
000.02	Data ADC bit 3	ADC3
000.03	Data ADC bit 4	ADC4
000.04	Data ADC bit 5	ADC5
000.05	Data ADC bit 6	ADC6
000.06	Data ADC bit 7	ADC7
000.07	Data ADC bit 8	ADC8

Tabel 4.2 Tabel Pengalamanatan *Output* PLC

Alamat	Keterangan	Simbol
100.00	Buzzer	BUZZER
100.01	Fan	FAN
100.02	Motor gas tutup	MG TUTUP
100.03	Motor gas buka	MG BUKA
100.04	Jendela tutup	J TUTUP
100.05	Jendela buka	J BUKA
100.06	Pompa Semprot	PUMP
100.07	<i>Request</i> data suhu/ LPG	AMBIL DATA

4.12 Relay

Karena keluaran dari masing-masing sensor (sensor suhu dan sensor gas) pada taraf tegangan 0 – 5 volt (logika high) sedangkan untuk PLC sendiri membutuhkan tegangan untuk masukan minimal 12 volt, maka dibutuhkan relay untuk mengaktifkan atau memberikan sinyal ke PLC untuk memberikan logika *high* maupun *low*.



Gambar 4.14 Rangkaian Relay

Sumber: Perancangan