

BAB IV

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

Pada bab ini akan dibahas perencanaan dan pembuatan Alat Pengukur Kadar Protein, Lemak dan Laktosa pada Susu. Perencanaan dan pembuatan alat ini meliputi sensor fotodiode, rangkaian pengkondisi sinyal, rangkaian ADC, rangkaian Mikrokontroler, dan LCD sebagai tampilan.

4.1 Spesifikasi Rangkaian

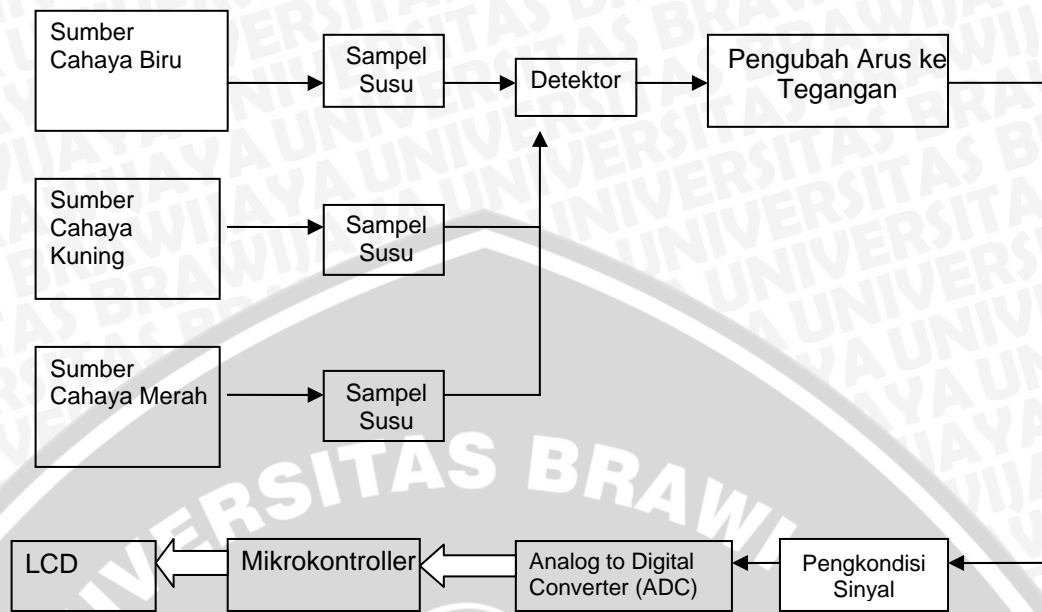
Spesifikasi rangkaian secara global ditetapkan terlebih dahulu sebagai acuan dalam perancangan selanjutnya. Spesifikasi sistem yang direncanakan adalah sebagai berikut :

- Pendeteksian kadar Protein, Lemak dan laktosa pada susu didasarkan pada intensitas cahaya setelah melewati sampel susu.
- Jangkauan pendeteksian adalah antara 0,5 % – 7 %.
- Kalibrasi alat ini dilakukan dengan cara membandingkan antara keluaran alat dengan hasil pengujian pada Laboratorium Lingkungan Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Muhammadiyah Malang.

4.2 Diagram Blok Rangkaian

Diagram blok rangkaian Alat Pengatur Kadar Protein, Lemak dan Laktosa pada Susu ditunjukkan dalam Gambar 4.1. Berdasarkan diagram blok rangkaian yang ditunjukkan dalam Gambar 4.1 maka peralatan yang dirancang dibagi dalam beberapa bagian yaitu :

- Rangkaian sensor yang terdiri dari rangkaian sumber cahaya dan rangkaian penerima.
- Rangkaian pengkondisi sinyal.
- Rangkaian ADC.
- Rangkaian Mikrokontroler.
- Rangkaian penampil LCD.



Gambar 4.1 Blok Diagram Sistem secara keseluruhan

4.3 Prinsip Kerja

- Sumber cahaya menghasilkan cahaya yang sesuai dengan spektrum warna Protein, Lemak dan laktosa yaitu warna biru dengan panjang gelombang 450 nm, warna kuning dengan panjang gelombang 600nm dan warna merah dengan panjang gelombang 660nm. Cahaya tersebut selanjutnya akan diteruskan oleh sampel yang berisi susu sehingga diterima oleh sensor fotodiode.
- Sensor fotodiode mengubah besaran cahaya menjadi arus. Oleh pengubah arus ke tegangan arus tersebut diubah menjadi tegangan. Tegangan tersebut selanjutnya dikuatkan serta disesuaikan oleh rangkaian pengkondisi sinyal agar sesuai dengan tegangan masukan ADC.
- ADC akan menghasilkan keluaran data digital yang selanjutnya akan diproses oleh Mikrokontroller.
- Keluaran Mikrokontroller berupa kadar Protein, Lemak dan laktosa selanjutnya ditampilkan ke LCD.

4.4 Rangkaian Sumber Cahaya

Rangkaian sumber cahaya menggunakan LED dengan warna yang sesuai dengan spektrum warna yang diinginkan. Agar tidak terjadi perubahan intensitas

cahaya akibat perubahan catu daya maka disusun rangkaian seperti Gambar 4.2. Dengan menggunakan dioda zener 1N746A maka tegangan yang masuk ke LED dijaga agar konstan pada tegangan 3,3 V. Sehingga nilai R_2 dan R_1 dapat dihitung sebagai berikut:

$$V_Z = V_{LED} + I_{LED} \cdot R_2$$

$$(4.1)$$

$$3,3 = 1,9 + 20 \cdot 10^{-3} \cdot R_2$$

$$R_2 = \frac{1,4}{20 \cdot 10^{-3}} = 70 \Omega$$

$$I_Z = \frac{P_Z}{V_Z} = \frac{0,5W}{3,3V} = 150 \text{ mA}$$

$$I_T = I_Z + I_{LED}$$

$$(4.2)$$

$$I_T = (150 + 20) \text{ mA}$$

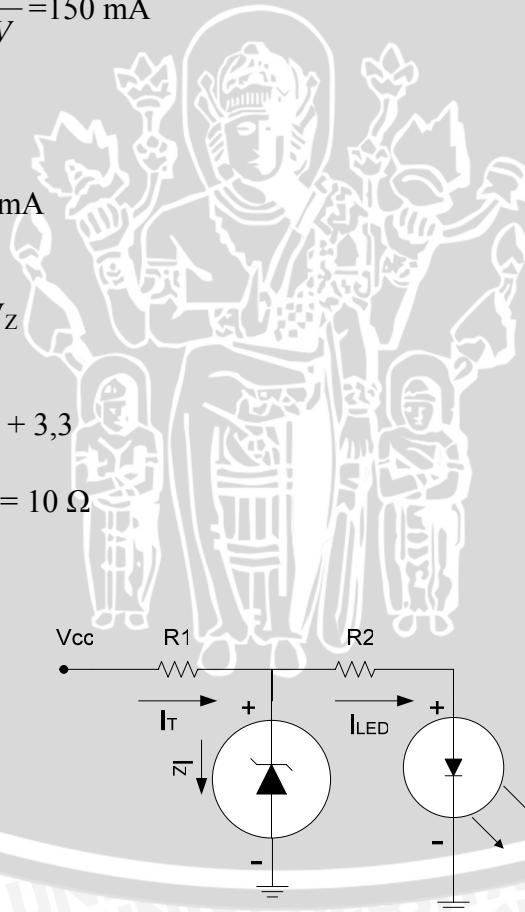
$$I_T = 170 \text{ mA}$$

$$V_{CC} = I_T \cdot R_1 + V_Z$$

$$(4.3)$$

$$5 = 170 \cdot 10^{-3} \cdot R_1 + 3,3$$

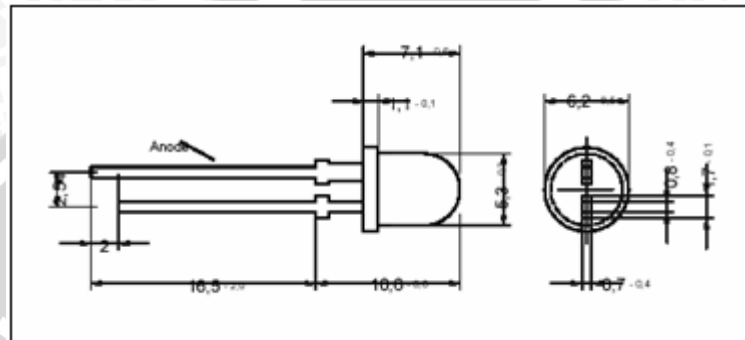
$$R_1 = \frac{1,7}{170 \cdot 10^{-3}} = 10 \Omega$$



Gambar 4.2 Rangkaian sumber cahaya

4.5 Rangkaian Penerima Cahaya

Sensor yang dipergunakan adalah fotodioda PD 032-01 yang akan menyerap cahaya pada panjang gelombang maksimal 900nm. Dalam Gambar 4.3 ditunjukkan ukuran sensor fotodioda.



Gambar 4.3. Dimensi sensor fotodioda

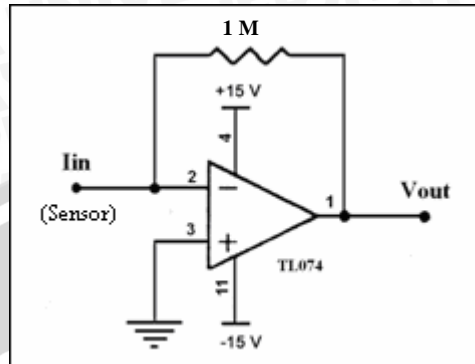
Sumber: *EPIGAP* Elektronik, 2005:1

4.6 Rangkaian Pengubah Arus ke Tegangan

Rangkaian Pengubah arus ke tegangan digunakan untuk mengubah sinyal yang masih berupa arus menjadi tegangan sekaligus berfungsi untuk menguatkan sinyal. Daya radiasi yang dipancarkan oleh LED (P_0) melewati jarak 1 cm ditangkap oleh sensor dengan *active area* sensor sebesar $2,15 \text{ mm}^2$ sehingga daya yang diterima oleh sensor sebesar $229 \mu\text{W}$. Dengan melakukan uji coba pada alat didapatkan bahwa arus input maksimal dan minimal untuk protein adalah sebesar $3,1 \mu\text{A}$ dan $1,4 \mu\text{A}$. Arus input maksimal dan minimal untuk lemak adalah sebesar $0,59 \mu\text{A}$ dan $0,10 \mu\text{A}$. Arus input maksimal dan minimal untuk laktosa adalah sebesar $5,2 \mu\text{A}$ dan $1,6 \mu\text{A}$. Agar didapatkan tegangan keluaran dengan orde volt maka digunakan nilai R_f sebesar $1 \text{ M}\Omega$ sehingga diperoleh nilai tegangan maksimal dan minimal sensor sebesar:

Protein :	$V_{\text{max}} = -3,1 \text{ V}$	$V_{\text{min}} = -1,4 \text{ V}$
Lemak :	$V_{\text{max}} = -0,59 \text{ V}$	$V_{\text{min}} = -0,10 \text{ V}$
Laktosa :	$V_{\text{max}} = -5,2 \text{ V}$	$V_{\text{min}} = -1,6 \text{ V}$

Rangkaian pengubah arus yang digunakan dalam perancangan ini ditunjukkan dalam Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Rangkaian Pengubah Arus ke Tegangan

4.7 Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Rangkaian pengkondisi sinyal digunakan untuk mengkonversi sinyal keluaran pengubah arus ke tegangan agar sesuai dengan jangkauan tegangan ADC sebesar 0 – 5 V sehingga dapat dikonversikan oleh ADC. Rangkaian pengkondisi sinyal ini terdiri dari pengikut tegangan dan penguat membalik. Keluaran dari pengikut tegangan yang besarnya sama dengan masukannya akan dikuatkan oleh penguat membalik. Pada pengukuran protein, agar tegangan -1,4 V bernilai 0 V dan tegangan -3,1 V bernilai 5 V maka tegangan referensi serta penguatan yang dibutuhkan untuk penguat pengurang adalah:

$$\frac{V_{out} - V_{ref}}{R_f} = \frac{V_{ref} - V_{in}}{R_i}$$

$$\frac{0 - V_{ref}}{R_f} = \frac{V_{ref} - (-1,4V)}{R_i}$$

$$\frac{R_f}{R_i} = \frac{-V_{ref}}{V_{ref} + 1,4V} \quad (4.4)$$

$$\frac{5 - V_{ref}}{R_f} = \frac{V_{ref} - (-3,1)}{R_i}$$

$$\frac{R_f}{R_i} = \frac{5 - V_{ref}}{V_{ref} + 3,1V} \quad (4.5)$$

Dari Persamaan (4.4) dan (4.5) didapatkan:

$$\frac{-V_{ref}}{V_{ref} + 1,4} = \frac{5 - V_{ref}}{V_{ref} + 3,1}$$

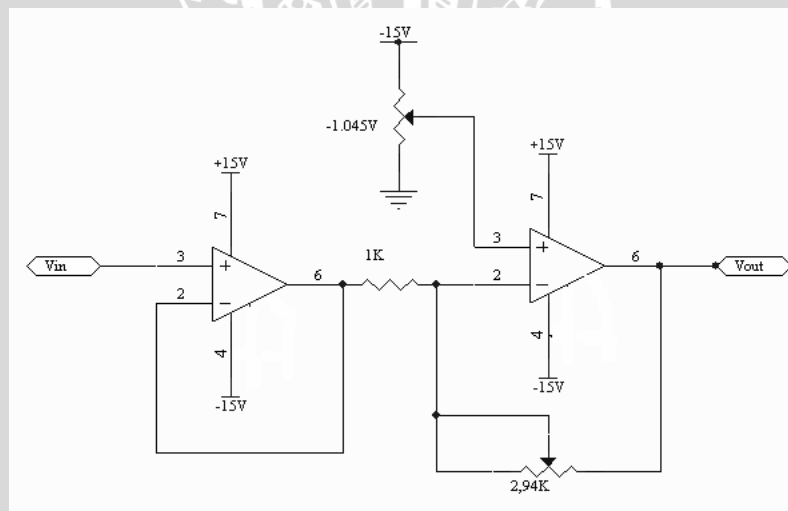
$$-V_{ref}^2 - 3,1V_{ref} = 5V_{ref} - V_{ref}^2 + 7 - 1,4V_{ref}$$

$$7 = V_{ref}(-3,1 - 5 + 1,4)$$

$$V_{ref} = \frac{7}{-6,7} = -1,045V$$

$$\frac{R_f}{R_i} = \frac{-V_{ref}}{V_{ref} + 1,4} = \frac{1,045}{0,355} = 2,94$$

Apabila ditetapkan $R_i = 1 \text{ k}\Omega$ maka nilai $R_f = 2,94 \text{ k}\Omega$. Sehingga rangkaian pengkondisi sinyal yang digunakan adalah penguat membalik yang mempunyai penguatan 2,94 kali dengan tegangan referensi terminal tak membalik sebesar $-1,045 \text{ V}$. Rangkaian pengkondisi sinyal ditunjukkan dalam Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Rangkaian Pengkondisi Sinyal pengukur Protein

Pada pengukuran lemak, agar tegangan $-0,10 \text{ V}$ bernilai 0 V dan tegangan $-0,59 \text{ V}$ bernilai 5 V maka tegangan referensi serta penguatan yang dibutuhkan untuk penguat pengurang adalah:

$$\frac{V_{out} - V_{ref}}{R_f} = \frac{V_{ref} - V_{in}}{R_i}$$

$$\frac{0 - V_{ref}}{R_f} = \frac{V_{ref} - (-0,10V)}{R_i}$$

$$\frac{R_f}{R_i} = \frac{-V_{ref}}{V_{ref} + 0,10V} \quad (4.6)$$

$$\frac{5 - V_{ref}}{R_f} = \frac{V_{ref} - (-0,59V)}{R_i}$$

$$\frac{R_f}{R_i} = \frac{5 - V_{ref}}{V_{ref} + 0,59V} \quad (4.7)$$

Dari Persamaan (4.6) dan (4.7) didapatkan:

$$\frac{-V_{ref}}{V_{ref} + 0,10} = \frac{5 - V_{ref}}{V_{ref} + 0,59}$$

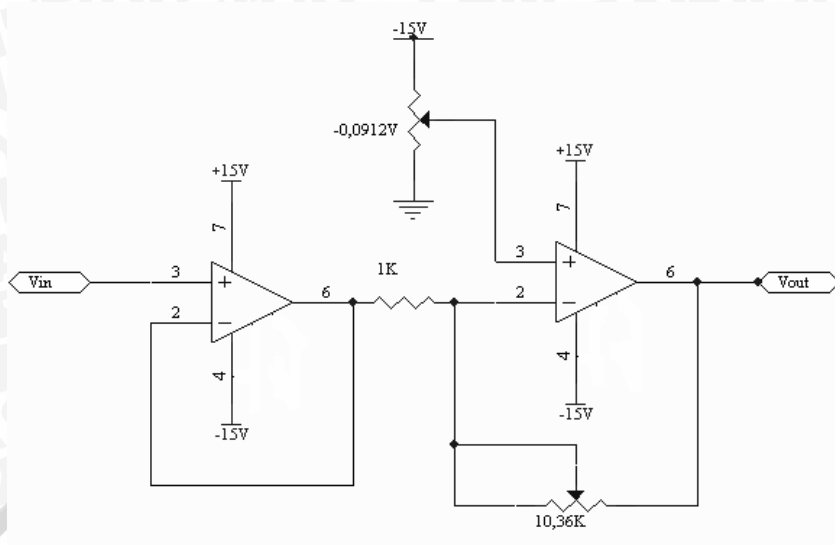
$$-V_{ref}^2 - 0,59V_{ref} = 5V_{ref} - V_{ref}^2 + 0,5 - 0,10V_{ref}$$

$$0,5 = V_{ref}(-0,59 - 5 + 0,1)$$

$$V_{ref} = \frac{0,5}{-5,49} = -0,0912V$$

$$\frac{R_f}{R_i} = \frac{-V_{ref}}{V_{ref} + 0,1} = \frac{0,0912}{0,0088} = 10,36$$

Apabila ditetapkan $R_i = 1 \text{ k}\Omega$ maka nilai $R_f = 10,36 \text{ k}\Omega$. Sehingga rangkaian pengkondisi sinyal yang digunakan adalah penguat membalik yang mempunyai penguatan 10,36 kali dengan tegangan referensi terminal tak membalik sebesar -0,0912 V. Rangkaian pengkondisi sinyal ditunjukkan dalam Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Rangkaian Pengkondisi Sinyal pengukur Lemak

Pada pengukuran laktosa, agar tegangan $-1,6\text{ V}$ bernilai 0 V dan tegangan $-5,2\text{ V}$ bernilai 5 V maka tegangan referensi serta penguatan yang dibutuhkan untuk penguat pengurang adalah:

$$\frac{V_{out} - V_{ref}}{R_f} = \frac{V_{ref} - V_{in}}{R_i}$$

$$\frac{0 - V_{ref}}{R_f} = \frac{V_{ref} - (-1,6V)}{R_i}$$

$$\frac{R_f}{R_i} = \frac{-V_{ref}}{V_{ref} + 1,6V} \tag{4.8}$$

$$\frac{5 - V_{ref}}{R_f} = \frac{V_{ref} - (-5,2V)}{R_i}$$

$$\frac{R_f}{R_i} = \frac{5 - V_{ref}}{V_{ref} + 5,2V} \tag{4.9}$$

Dari Persamaan (4.8) dan (4.9) didapatkan:

$$\frac{-V_{ref}}{V_{ref} + 1,6} = \frac{5 - V_{ref}}{V_{ref} + 5,2}$$

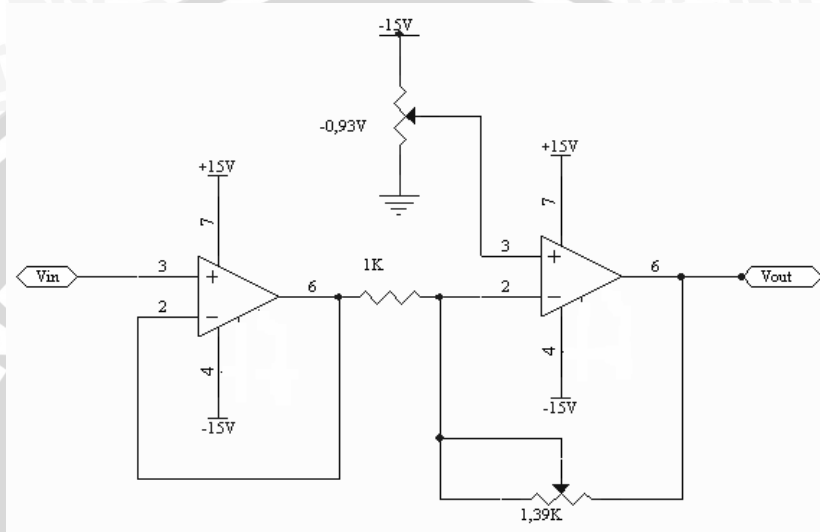
$$-V_{ref}^2 - 5,2V_{ref} = 5V_{ref} - V_{ref}^2 + 8 - 1,6V_{ref}$$

$$8 = V_{ref}(-5,2 - 5 + 1,6)$$

$$V_{ref} = \frac{8}{-8,6} = -0,93V$$

$$\frac{R_f}{R_i} = \frac{-V_{ref}}{V_{ref} + 1,6} = \frac{0,93}{0,67} = 1,39$$

Apabila ditetapkan $R_i = 1 \text{ k}\Omega$ maka nilai $R_f = 1,39 \text{ k}\Omega$. Sehingga rangkaian pengkondisi sinyal yang digunakan adalah penguat membalik yang mempunyai penguatan 1,39 kali dengan tegangan referensi terminal tak membalik sebesar $-0,93 \text{ V}$. Rangkaian pengkondisi sinyal ditunjukkan dalam Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Rangkaian Pengkondisi Sinyal pengukur Laktosa

Persamaan 2.3 menunjukkan besarnya konsentrasi larutan yang menyatakan hubungan transmitansi dengan konsentrasi larutan yang tidak linier. Hubungan antara transmitansi dan konsentrasi larutan:

$$c = \frac{-\log T}{\epsilon b} = \frac{-\log \frac{P}{P_0}}{\epsilon b} \tag{4.10}$$

Hubungan antara absorbansi dengan transmitansi larutan berdasarkan Persamaan 2.2 dan 2.3 adalah:

$$A = -\log T = -\log \frac{P}{P_0} = -(\log P - \log P_0)$$

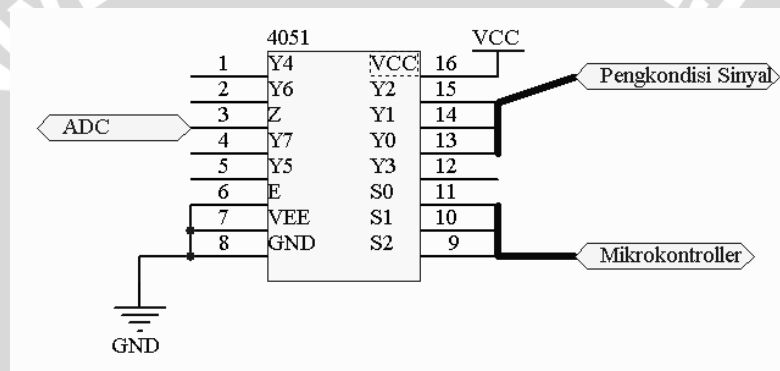
$$A = \log P_0 - \log P$$

Total daya radiasi yang dipancarkan LED (P_o) setelah melewati jarak 1 cm sebesar $229 \mu\text{W}$ dan daya yang diterima sensor sebesar $\log P$. Jika $\log (229 \cdot 10^{-6}) = -3,640$ maka

$$A = -3,640 - \log P \quad (4.11)$$

4.8 Multiplexer

Multiplexer digunakan untuk memilih sinyal analog dari sensor yang akan masuk ke ADC. Multiplexer yang digunakan adalah tipe 4051 yang mempunyai 8 masukan analog dengan 3 sinyal kontrol untuk memilih masukan. Rangkaian ADC ditunjukkan dalam Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Rangkaian Multiplexer

Kombinasi sinyal kontrol s_0 , s_1 dan s_2 untuk memilih jalur masukan dapat dilihat dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Kombinasi sinyal control Multiplexer

Input	S2	S1	S0	Channel ON
E				
L	L	L	L	Y0 to Z
L	L	L	H	Y1 to Z
L	L	H	L	Y2 to Z
L	L	H	H	Y3 to Z
L	H	L	L	Y4 to Z
L	H	L	H	Y5 to Z
L	H	H	L	Y6 to Z
L	H	H	H	Y7 to Z
H	X	X	X	-

4.8 Rangkaian ADC

ADC yang digunakan untuk mengkonversi sinyal analog dari rangkaian pengkondisi sinyal menjadi sinyal digital adalah ADC tipe 0804 yang mempunyai satu jalur masukan sinyal analog yaitu $V_{in}(+)$ untuk tegangan maksimal dan $V_{in}(-)$ untuk tegangan minimal ADC. Tegangan catu ADC adalah sebesar 5 V jadi untuk mendapatkan $V_{in}(+)$ maka pin tersebut dihubungkan dengan tegangan catu dan untuk $V_{in}(-)$ dihubungkan dengan ground. Untuk pin 9 ditentukan tegangan sebesar:

$$\frac{V_{ref}}{2} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ V}$$

Nilai resistor-resistor pembagi tegangan untuk $V_{ref}/2$ adalah masing-masing 10 k Ω . Sedangkan kenaikan tiap langkah untuk kenaikan keluaran biner diperoleh:

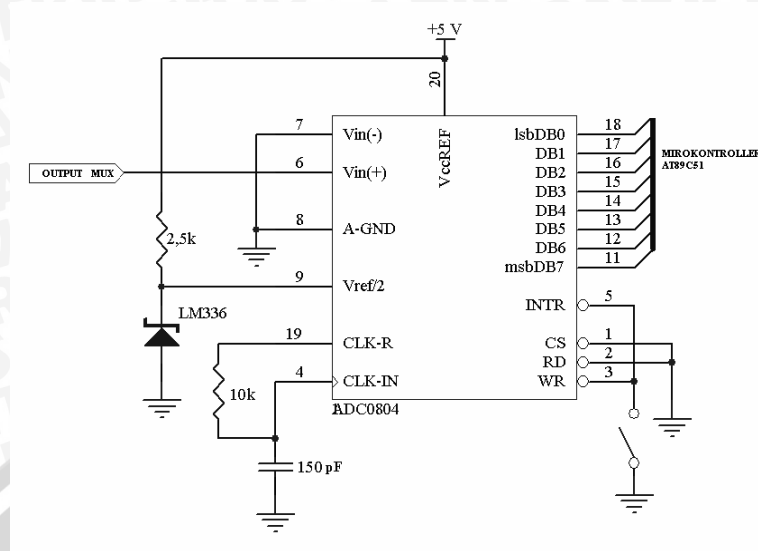
$$V_{step} = \frac{V_{cc}}{2^n - 1} = \frac{5}{256 - 1} = 19,6 \text{ mV}$$

Kelebihan dari ADC tipe 0804 adalah adanya pewaktu internal yang dapat dibangkitkan dengan menambahkan RC pada pin 4 dan 19. Dalam *datasheet* dijelaskan bahwa nilai R dan nilai C yang digunakan adalah sebesar 10 k dan 150 pF sehingga frekuensi yang dibangkitkan adalah:

$$f = \frac{1}{1,1RC} \quad (4.9)$$

$$f = \frac{1}{1,1 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 150 \cdot 10^{-12}} = 606,06 \text{ kHz}$$

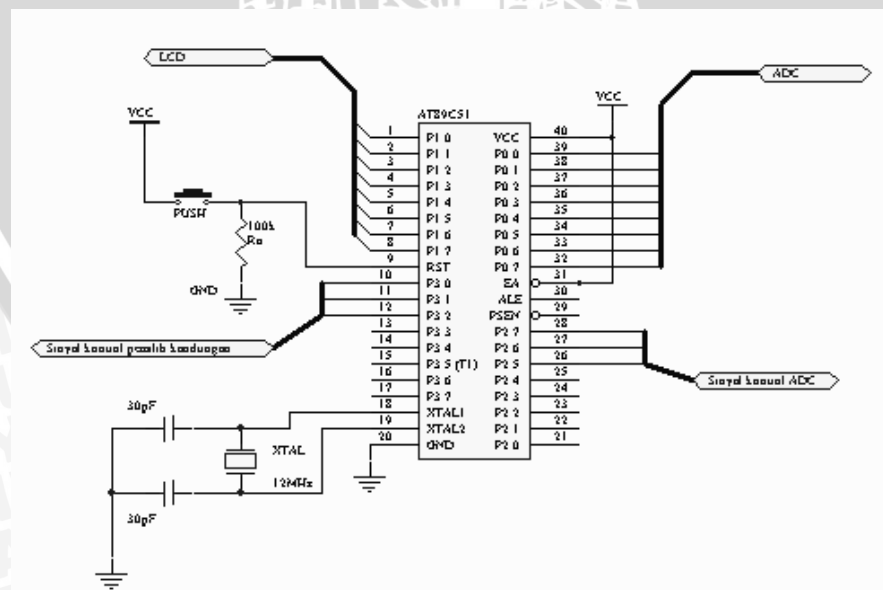
Agar dapat dioperasikan terus menerus maka pin CS dan RD dihubungkan dengan ground, sedangkan pin WR dan INTR saling dihubungkan. Rangkaian ADC ditunjukkan dalam Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Rangkaian ADC

4.9 Mikrokontroler AT89C51

Sistem mikrokontroler AT89C51 ini berfungsi sebagai pengatur aliran data dan sinyal-sinyal kontrol. Port-port mikrokontroler digunakan sebagai jalur data, jalur alamat dan sinyal-sinyal kontrol. Mikrokontroler ini menggunakan mode *single chip operation*, sehingga tidak memerlukan *external memory* untuk menyimpan perangkat lunak. Gambar 4.10 menunjukkan rangkaian mikrokontroler AT89C51 yang akan diantarmukakan ke rangkaian ADC dan LCD.



Gambar 4.10 Rangkaian AT89C51

Untuk membuat sistem mikrokontroler ini bekerja dibutuhkan sedikit komponen tambahan. Kristal dengan frekuensi 12 Mhz serta dua buah kapasitor 30 pF digunakan untuk menggerakkan osilator internal. Mikrokontroler menggunakan rangkaian *power-on reset*, yang me-reset mikrokontroler secara otomatis setiap kali catu daya dinyalakan. Dalam sistem mikrokontroler ini direncanakan penggunaan port yang tersedia sebagai berikut:

1. Port 0 sebagai jalur masukan dari ADC 0804.
2. Port 1 sebagai jalur keluaran untuk LCD.
3. Port 2.5, 2.6, 2.7 digunakan sebagai sinyal kontrol untuk memilih masukan ADC 0804.
4. Port 3.0, 3.1, 3.2 digunakan sebagai sinyal untuk memilih kandungan yang akan diukur

4.10 Rangkaian Display LCD

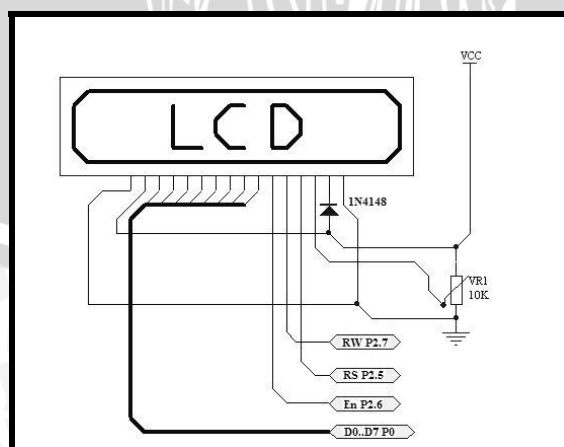
Di dalam antarmuka dengan LCD ada dua proses, yaitu proses penulisan data maupun instruksi. Aturan yang berlaku dalam operasi penulisan LCD dapat dilihat dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Operasi Penulisan LCD

RS	R/W	Operasi
0	0	Operasi menuliskan instruksi
1	0	Operasi menuliskan data

Sumber: Anonymous

LCD yang digunakan adalah LCD TMABC162. LCD ini dikontrol oleh mikrokontroler AT89C51. Adapun gambar rangkaian LCD TMABC162 dapat dilihat pada gambar 4.11 berikut:



Gambar 4.11 Rangkaian LCD

Sumber : perancangan

Gambar 4.10 menunjukkan antarmuka LCD dengan mikrokontroler. Pin RS dari LCD terhubung ke P2.5 pada mikrokontroler dan Pin *Enable* dari LCD terhubung ke *port* P2.6 dari mikrokontroler. Seperti dilihat dalam Tabel 4.1 saat RS = 0 berfungsi untuk menulis instruksi ke LCD dan saat RS = 1 berfungsi untuk menulis data/karakter ke LCD. Alamat untuk menuliskan data/karakter pada LCD 16 karakter X 2 baris dapat dilihat dalam Tabel 4.3

Tabel 4.3 Alamat LCD 16 Karakter X 2 Baris

80h	81h	82h	83h	84h	85h	86h	87h	88h	89h	8Ah	8Bh	8Ch	8Dh	8Eh	8Fh
C0h	C1h	C2h	C3h	C4h	C5h	C6h	C7h	C8h	C9h	CAh	CBh	CCh	CDh	CEh	CFh

Sumber : Annonymous

