

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Pustaka

Pada penelitian sebelumnya sudah dibuat alat monitoring BPM secara *portable* karya dari Fahmi Farisandi dengan judul “*PATIENT DIAGNOSTIC PORTABLE*”, dari jurusan Teknik Elektromedik Poltekkes Kemenkes Surabaya. Pada penelitian tugas akhir sebelumnya menggunakan sensor *finger tip* dengan sistem reflektan yang kurang akurat maka pada pembuatan modul ini penulis akan menggunakan *sensor finger tip* sistem depan-belakang. Kemudian keluaran dari *outputnya* berupa *LCD display 2x16* yang lebih banyak menampilkan efek visual yang detail daripada alat sebelumnya menggunakan tampilan *seven segmen* (Farisandi, 2014).

Modul yang penulis buat ini juga menggunakan catu daya *portable* sehingga bisa diisi ulang menggunakan *charger* kemudian tegangan yang diberikan akan lebih stabil. Sensor yang digunakan juga sesuai standar alat BPM dipasaran sehingga respon sinyal lebih efektif, akurat dan sensitif.

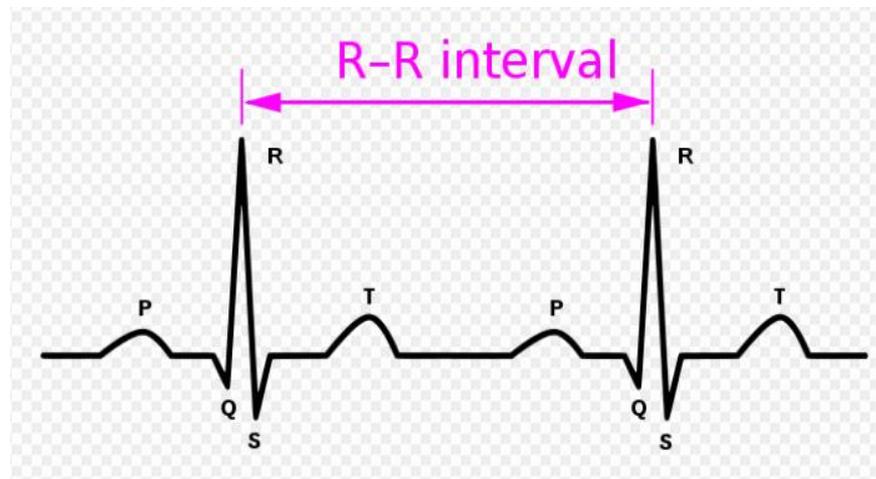
Alat diagnosa sederhana ini juga akan ditambahkan peringatan *alarm* berupa indikator LED warna merah sebagai indikasi tidak normal (abnormal) dan LED warna hijau untuk indikasi normal.

2.2. Jantung

2.2.1. Fungsi jantung

Jantung (dalam bahasa Yunani disebut *cardia*) adalah sebuah rongga, organ berotot yang memompa darah lewat pembuluh darah oleh kontraksi berirama yang berulang. Jantung adalah salah satu organ yang berperan dalam sistem peredaran darah. Secara *internal*, jantung dipisahkan oleh sebuah lapisan otot menjadi dua belah bagian, dari atas ke bawah kemudian menjadi 2 buah pompa. Kedua pompa ini tidak pernah menyatu sama lain. Dan belahan ini terdiri dari 2 buah rongga dan kedua rongga tersebut selalu dipisahkan oleh dinding jantung. Maka jantung memiliki 4 buah rongga yaitu 2 rongga serambi kanan dan serambi kiri kemudian 2 rongga bilik kanan dan bilik kiri.

Pada saat berdenyut setiap ruang jantung mengendur dan terisi darah yang dinamakan *diastole*. Selanjutnya jantung berkontraksi dan memompa darah keluar dari ruang jantung yang dinamakan *sistole*. Perubahan keadaan antara relaksasi dan kontraksi inilah yang dimanfaatkan untuk perhitungan jumlah BPM. Sinyal interval jantung normal dapat digambarkan seperti gambar dibawah ini:



Gambar 2.1. Sinyal interval jantung normal

(Sumber : *en.wikipedia.org*)

Interval antara R-R menandakan periode dari detak jantung yang dapat dikonversi menjadi *heart rate*.

2.2.2. Parameter *heart rate*

Untuk parameter *heart rate*, ada beberapa batasan yang diukur berdasarkan usia. Untuk lebih jelasnya penulis cantumkan referensi dari sumber lain, sebagai berikut:

Tabel 2.1. Batasan BPM setiap usia

Usia	Batasan <i>heart rate</i>
6	70-115 BPM
10	70-110 BPM
14	60-110 BPM
Dewasa	60-100 BPM

(Sumber: *Pulse diagnostic a clinical guide, 2007*)

Sehingga pada tugas akhir ini, penulis akan membahas batasan normal *heart rate* untuk orang dewasa adalah 60-100 BPM. Apabila *heart rate* kurang dari 60 BPM orang tersebut mengalami pernafasan *bradycardia*. *Bradycardia* adalah suatu kondisi dimana pernafasan

denyut jantung <60 BPM meskipun jarang gejala sampai dibawah 50 BPM ketika manusia beristirahat total. Atlet terlatih cenderung memiliki lambat detak jantung istirahat, dan beristirahatnya *bradycardia* pada atlet tidak boleh dianggap normal jika individu telah tidak ada gejala yang terkait denganya. Terkadang angka ini dapat bervariasi sebagai anak-anak dan orang dewasa kecil cenderung memiliki detak jantung yang lebih cepat daripada rata-rata orang dewasa.

Tachycardia adalah laju jantung istirahat lebih dari 100 denyut per menit. Angka ini dapat bervariasi sebagai organ-organ yang lebih kecil dan biasanya jantung pada anak-anak lebih cepat daripada orang rata-rata dewasa.

2.3. Suhu Badan

Perubahan suhu tubuh diluar rentang normal mempengaruhi *set point hipotalamus* sebagai kelenjar pengatur suhu tubuh. Perubahan ini dapat berhubungan dengan produksi panas yang berlebihan, pengeluaran panas yang berlebihan, produksi panas minimal, pengeluaran panas minimal atau setiap gabungan dari perubahan tersebut. Sifat perubahan ini akan mempengaruhi masalah klinis yang dialami pasien.

Perubahan suhu tubuh dapat juga berpengaruh pada jumlah denyut jantung seseorang *Harrison's Manual of Medicine* (Kasper, 1988). Suhu tubuh normal manusia berkisar antara 36°C-37.5°C. Suhu tubuh normal seseorang sesungguhnya bervariasi tergantung pada waktu pengukuran pagi,

siang, atau malam. Tempat pengukuran dalam rongga mulut, diketiak, atau dalam dubur. Faktor usia serta tingkat metabolisme sebelum atau sesudah makan, sebelum atau setelah melakukan aktifitas fisik. Suhu *normal* tubuh *normal* yang terukur pada pagi hari berkisar $\leq 37.2^{\circ}\text{C}$ dan $\geq 37.7^{\circ}\text{C}$ *Harrison's Manual of Medicine* (Kasper, 1988). Pengukuran suhu tubuh dilakukan pada bagian yang dekat dengan organ dalam tubuh. Karena semakin dekat dengan inti tubuh, maka suhu yang terbaca akan semakin valid *Physics of Human Body* (Herman, 2007). Sehingga pengukuran suhu dengan *thermometer* lewat rongga mulut atau dubur akan lebih tepat daripada lewat ketiak (Depkes, 2007). Akan tetapi, karena dalam batasan masalah penulis menggunakan *sensor* LM35 untuk *sensor* suhunya, maka pengukuran suhu tubuh tetap dilakukan diketiak, yang dianggap sebagai bagian terdekat dengan inti tubuh.

Suhu tubuh dapat diukur di tempat-tempat *berikut* dengan waktu minimal :

1. Ketiak/*axillae* : *thermometer* didiamkan selama 10-15 menit.
2. Anus/dubur/*rectal* : *thermometer* didiamkan selama 3-5 menit.
3. Mulut/Oral : *thermometer* didiamkan selama 2-3 menit.

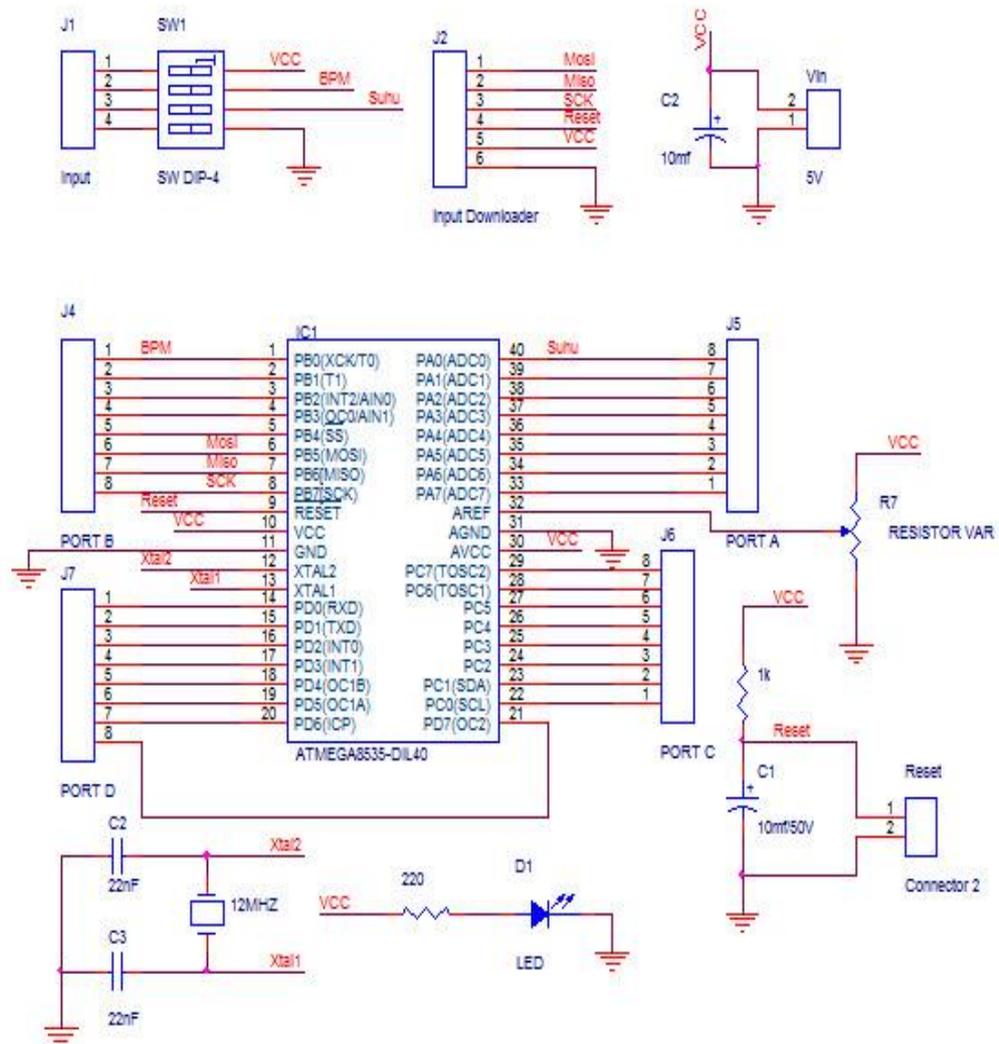
2.4. Komponen Pembuatan Alat

2.4.1. IC ATmega 16

ATmega 16 merupakan tipe AVR yang telah dilengkapi dengan 8 saluran ADC *internal* dengan fidelitas 10 *bit*. Dalam mode operasinya, ADC ATmega 16 dapat dikonfigurasi, baik secara *single ended input* maupun *differential input*. Selain itu, ADC ATmega 16

memiliki konfigurasi pewaktuan, tegangan referensi, *mode* operasi, dan kemampuan *filter* derau yang amat fleksibel, sehingga dengan mudah disesuaikan dengan kebutuhan ADC itu sendiri.

ATMega 16 memiliki 3 modul *timer* yang terdiri dari 2 buah *timer/counter* 8 bit dan 1 buah *timer/counter* 16 bit. Ketiga modul *timer/counter* ini dapat diatur dalam *mode* yang berbeda secara individu dan tidak saling mempengaruhi satu sama lain.



Gambar 2.2. Minimum sistem ATmega 16

Selain itu, semua *timer/counter* juga dapat difungsikan sebagai sumber interupsi. Masing-masing *timer/counter* ini memiliki *register* tertentu yang digunakan untuk mengatur *mode* dan cara kerjanya (Iswanto, 2014).

Konfigurasi *pin* ATmega 16 dengan kemasan 40 *pin* DIP (*Dual Inline Package*) fungsi dari masing-masing *pin* ATmega 16 sebagai berikut:

1. VCC merupakan *pin* yang berfungsi sebagai masukan catu daya.
2. GND merukan *pin* *Ground*.
3. *Port A* (*PORTA 0 – PORTA 7*) merupakan *pin input/output* dua arah dan *pin* masukan ADC.
4. *Port B* (*PORTB 0 – PORTB 7*) merupakan *pin input/output* dua arah dan *pin* fungsi khusus, seperti dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.2. Fungsi khusus *port B*

Port B	Fungsi Khusus
PB7	SCK (<i>SPI Bus Serial Clock</i>)
PB6	MISO (<i>SPI Bus Master Input/ Slave Output</i>)
PB5	MOSI (<i>SPI Bus Master Output/ Slave Input</i>)
PB4	SS (<i>SPI Slave Select Input</i>)
PB3	AIN1 (<i>Analog Comparator Negative Input</i>), OC0 (<i>Timer/Counter0 Output Compare Match Output</i>)
PB2	AIN0 (<i>Analog Comparator Positive Input</i>) INT2 (<i>External Interrupt 2 Input</i>)
PB1	T1 (<i>Timer/ Counter1 External Counter Input</i>)
PB0	T0 T1 (<i>Timer/Counter External Counter Input</i>) XCK (<i>USART External Clock Input/Output</i>)

5. *Port C (PORT C 0 – PORTC 7)* merupakan *pin input/output* dua arah dan *pin* fungsi khusus, seperti dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.3. Fungsi khusus *port C*

Port C	Fungsi khusus
PC7	TOSC2 (<i>Timer Oscillator Pin2</i>)
PC6	TOSC1 (<i>Timer Oscillator Pin1</i>)
PC5	<i>Input/Output</i>
PC4	<i>Input/Output</i>
PC3	<i>Input/Output</i>
PC2	<i>Input/Output</i>
PC1	SDA (<i>Two-wire Serial Bus Data Input/Output Line</i>)
PC0	SCL (<i>Two-wire Serial Bus Clock Line</i>)

6. *Port D (PORTD 0 – PORTD 7)* merupakan *pin input/output* dua arah dan *pin* fungsi khusus, seperti yang terlihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.4. Fungsi khusus *port D*

Port D	Fungsi khusus
PD7	OC2 (<i>Timer/Counter Output Compare Match Output</i>)
PD6	ICP (<i>Timer/Counter1 Input Capture Pin</i>)
PD5	OC1A (<i>Timer/Counter1 Output Compare A Match Output</i>)
PD4	OC1B (<i>Timer/Counter1 Output Compare B Match Output</i>)
PD3	INT1 (<i>External Interrupt 1 Input</i>)
PD2	INT0 (<i>External Interrupt 0 Input</i>)
PD1	TXD (<i>USART Output Pin</i>)
PD0	RXD (<i>USART Input Pin</i>)

7. *RESET* merupakan *pin* yang digunakan untuk *me-reset* mikrokontroler. XTAL1 dan XTAL2 merupakan *pin* masukan *clock* eksternal.

8. AVCC merupakan *pin* masukan tegangan untuk ADC.

tegangan DC +5 *volt*, sebagai *pin output* hasil penginderaan dalam bentuk perubahan tegangan DC pada *Vout* dan pin untuk *ground* (Hadiyoso, 2015).

Karakteristik *sensor* suhu IC LM35 adalah :

1. Memiliki sensitivitas suhu, dengan faktor skala linier antara tegangan dan suhu 10 *mVolt/°C*, sehingga dapat dikalibrasi langsung dalam *celcius*.
2. Memiliki ketepatan atau akurasi kalibrasi yaitu 0,5°C pada suhu 25°C.
3. Memiliki jangkauan maksimal operasi suhu antara -55°C sampai +150°C. Bekerja pada tegangan 4 sampai 30 *volt*. Memiliki arus rendah yaitu kurang dari 60 μ A.
4. Memiliki pemanasan sendiri yang rendah (*low-heating*) yaitu kurang dari 0,1 °C pada udara diam.
5. Memiliki impedansi keluaran yang rendah yaitu 0,1 watt untuk beban 1 mA.
6. Memiliki ketidaklinieran hanya sekitar $\pm \frac{1}{4}$ °C.

Sensor suhu IC LM35 memiliki keakuratan tinggi dan mudah dalam perancangan jika dibandingkan dengan *sensor* suhu yang lain, *sensor* suhu LM35 juga mempunyai keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi sehingga dapat dengan mudah dihubungkan dengan rangkaian kontrol khusus serta tidak memerlukan *setting* tambahan karena *output* dari *sensor* suhu LM35 memiliki karakter

yang linier dengan perubahan $10\text{mV}/^\circ\text{C}$. *Sensor* suhu LM35 memiliki jangkauan pengukuran -55°C hingga $+150^\circ\text{C}$ dengan akurasi $\pm 0.5^\circ\text{C}$ (Hadiyoso, 2015).

Tegangan *output sensor* suhu IC LM35 dapat diformulasikan sebagai berikut :

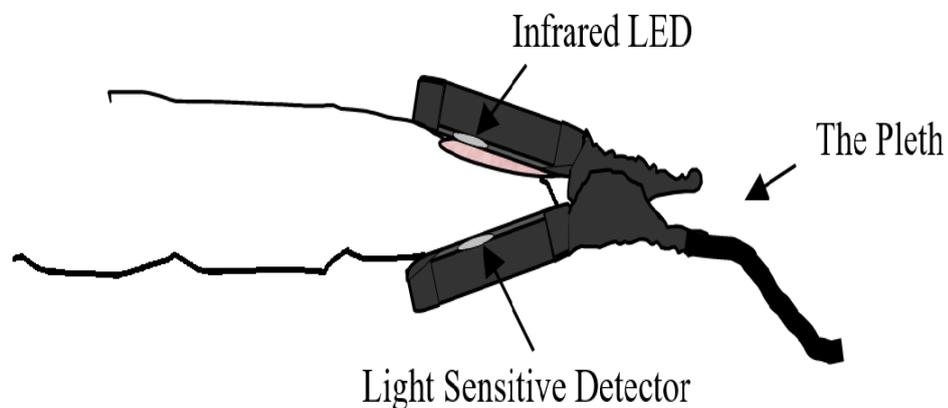
$$V_{out\ LM35} = \text{Temperature } C^\circ \times 10\text{ mV} \quad (2-1)$$

Kelebihan dari *sensor* suhu IC LM35 antara lain :

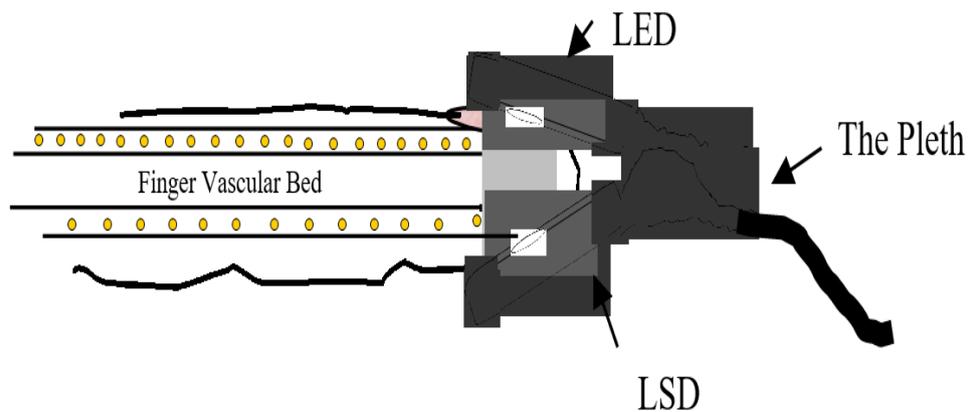
1. Rentang suhu yang jauh, antara -55 sampai $+150^\circ\text{C}$.
2. *Low self-heating*, sebesar 0.08°C .
3. Beroperasi pada tegangan 4 sampai 30V.
4. Rangkaian menjadi sederhana.
5. Tidak memerlukan pengkondisian sinyal.

2.4.3. *Finger sensor*

Infrared LED memancarkan cahaya melewati jari dan ditangkap oleh *photodiode*. Ilustrasi penempatan pada jari terlihat pada seperti gambar berikut:



Gambar 2.4. *Heart rate sensor*



Gambar 2.5. Letak jari pada *heart rate sensor*

Kontraksi pada jantung saat memompa darah menimbulkan denyutan yang dapat dirasakan pada pembuluh nadi di beberapa tempat, termasuk jari. Karena melewati darah yang berdenyut, cahaya yang ditangkap oleh *photodiode*/LSD akan membentuk sinyal. Intensitas cahaya yang dapat ditangkap oleh LSD tergantung dari *volume* darah pada jari. Jadi ketika jantung berkontraksi, akan merubah intensitas cahaya yang ditangkap oleh LSD. Pada saat jantung berkontraksi, *volume* darah akan bertambah sehingga darah menjadi lebih pekat. Hal ini akan memengaruhi resistansi LSD. Resistansi LSD akan bertambah besar, sehingga tegangan yang dilewatkan ke *Vout* semakin besar, begitupun sebaliknya (Mahruz, 2008).

Alur kerja *sensor* :

1. Saat terdapat denyut

Volume darah naik maka intensitas cahaya yang diterima LSD turun kemudian jika nilai hambatan LSD naik maka *output* tegangan *sensor* akan naik.

2. Saat tidak terdapat denyut

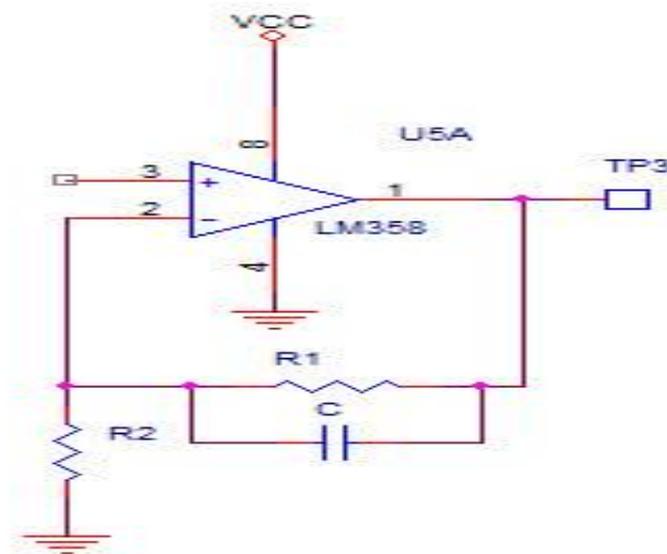
Volume darah turun maka intensitas cahaya yang diterima LSD naik kemudian jika nilai hambatan LSD turun maka *output* tegangan *sensor* turun.

2.4.4. *Non-inverting amplifier*

Rangkaian ini berfungsi menguatkan tegangan yang didapat dari pantulan cahaya *infra red* yang ditangkap oleh LSD. Untuk mendapatkan *gain* atau besar penguatannya dapat ditentukan dari besar R1 dan R2 (Clayton, 2005).

Rumus penguatan *non-inverting amplifier* :

$$\mathbf{Gain} = 1 + \frac{R1}{R2} \quad (2-2)$$



Gambar 2.6. Rangkaian non-inverting

Rumus frekuensi *filter* :

$$f_c \text{ filter} = \frac{1}{2\pi \times RC} \quad (2-3)$$

Keterangan :

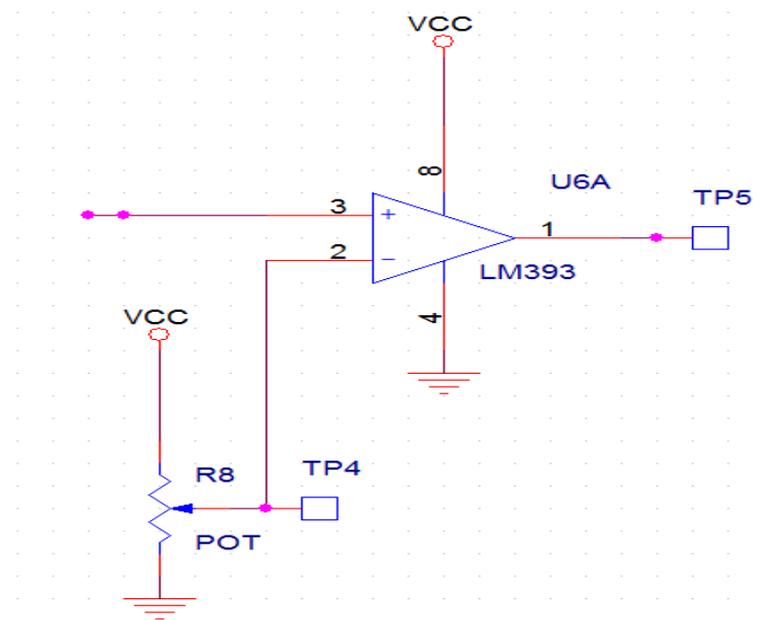
R = Resistansi

C = Kapasitor

2.4.5. Komparator

Komparator merupakan rangkaian yang digunakan untuk mengindera atau mendeteksi kondisi dimana sebuah sinyal yang berubah terhadap waktu telah mencapai nilai tegangan ambangnya (*threshold*). Komparator ini dapat digunakan untuk mengindera dan mendeteksi kondisi dari sebuah sinyal elektrik ketika mencapai atau melampaui level tegangan tertentu yang telah didefinisikan sebelumnya.

Rangkaian komparator memiliki sebuah penguat diferensial pada sisi masukannya. Adapun keluarannya merupakan sebuah tingkat penggerak untuk mencapai keadaan yang dapat beralih nilainya. Sebuah rangkaian komparator yang paling sederhana memiliki tegangan sinyal yang dikenakan langsung pada salah satu dari terminal masukannya, sementara diterminal masukan lainnya dikenakan tegangan referensi .



Gambar 2.7. Komparator

2.4.6. Rangkaian *monostable*

Rangkaian *monostable* ini berfungsi agar logika yang masuk ke mikrokontroller menjadi nilai *output* 5V dan 1V. Ketika *monostable* mendapatkan *input trigger*, maka akan menghasilkan tegangan 5V atau *high*, ketika tidak mendapatkan tegangan *trigger* maka akan menghasilkan tegangan *output* 1V atau *low*. Untuk menghitung lama frekuensi pada rangkaian *monostable* (Bishop, 2002).

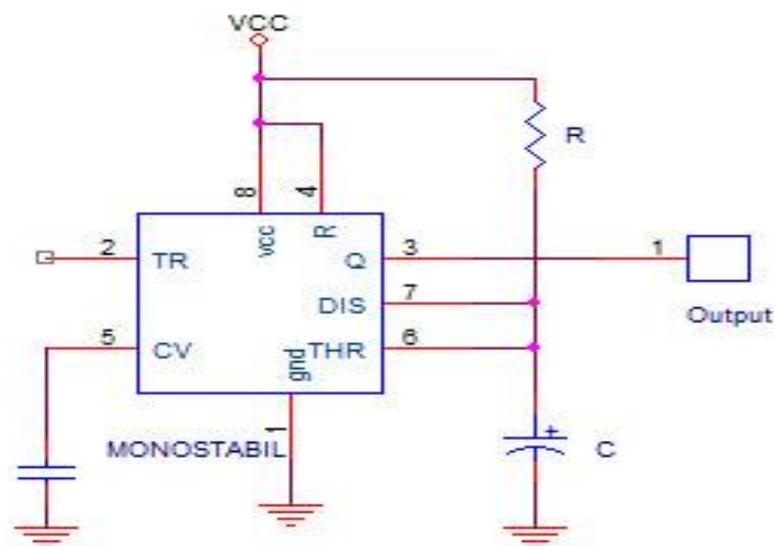
Rumus frekuensi *monostable* :

$$f = \frac{1}{1,1 \times RC} \quad (2-4)$$

keterangan :

R = resistansi

C = kapasitor



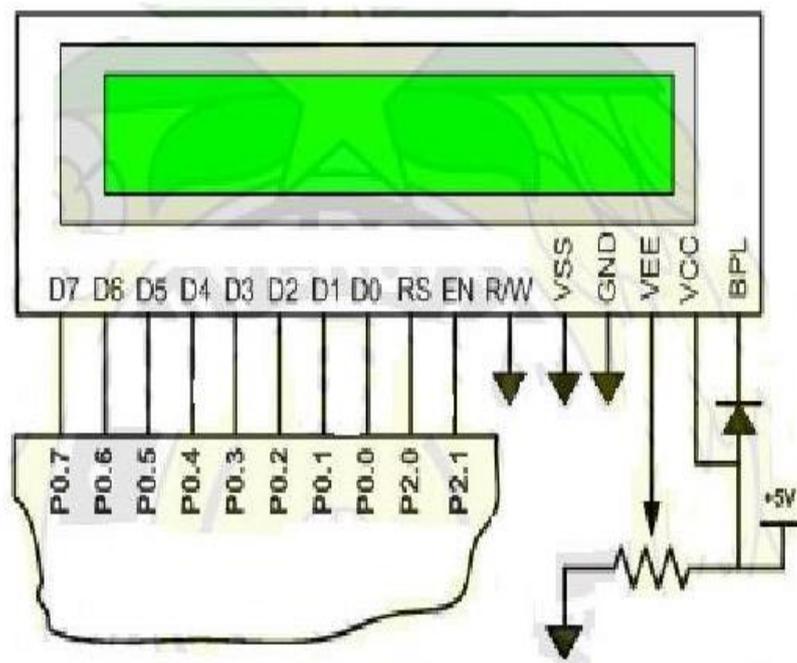
Gambar 2.8. Rangkaian monostable

2.4.7. LCD (*liquid crystal display*)

LCD adalah sebuah *display dot matrix* yang difungsikan untuk menampilkan sebuah tulisan berupa huruf atau angka. Penulis menggunakan LCD 2x16 sebagai *output* untuk *display* tugas akhir.

Penulis menggunakan LCD M1632 yang mana difungsikan untuk menampilkan hasil data pengukuran suhu tubuh sehingga dapat diketahui dalam keadaan normal atau tidak normal.

LCD ini memerlukan daya yang sangat kecil, yaitu +5 VDC. Panel TN *LCD* untuk pengaturan kekontrasan cahaya pada *display* dan CMOS *LCD drive* sudah ada didalamnya. Semua fungsi *display* dapat di kontrol dengan memberikan intruksi dan dapat dipisahkan oleh *MPU*. Ini akan membuat *LCD* berguna untuk *range* yang luas dari terminal *display* unit untuk mikrokontroller dan *display* unit *measuring gages* (Sumardi, 2013 dan Bejo, 2008).



Gambar 2.9. *LCD*

Cara kerja mengaktifkan *LCD* :

Langkah 1 : Inisialisasi *LCD*.

Langkah 2 : Arahkan pada alamat yang dikehendaki (lihat tabel).

Langkah 3 : Tuliskan data ke *LCD*, maka karakter akan tampil di layar

LCD.

Beberapa keterangan dari fungsi *pin* pada *LCD* karakter 2x16 antara

lain sebagai berikut :

Tabel 2.5. Keterangan *LCD*

No	Symbol	Level	Keterangan
1	Vss	-	Dihubungkan ke <i>ground</i>
2	Vcc	-	Dihubungkan dengan tegangan <i>supply</i> +5V dengan toleransi $\pm 10\%$.
3	Vcc	-	Digunakan untuk mengatur tingkat kontras <i>LCD</i> .
4	Rs	H/L	Bernilai logika '0' untuk <i>input</i> intruksi dan bernilai '1' untuk <i>input data</i> .
5	R/W	H/L	Bernilai logika '0' untuk proses ' <i>write</i> ' dan bernilai '1' untuk proses ' <i>read</i> '.
6	E	H	Merupakan sinyal <i>enable</i> . Sinyal ini akan aktif pada <i>falling edge</i> dari logika '1' ke logika '0'.
7	DB0	H/L	<i>Pin data 0</i>
8	DB1	H/L	<i>Pin data 1</i>
9	DB2	H/L	<i>Pin data 2</i>
10	DB3	H/L	<i>Pin data 3</i>
11	DB4	H/L	<i>Pin data 4</i>
12	DB5	H/L	<i>Pin data 5</i>
13	DB6	H/L	<i>Pin data 6</i>
14	DB7	H/L	<i>Pin data 7</i>
15	V+BL	-	<i>Backlight</i> pada <i>LCD</i> ini dihubungkan dengan tegangan sebesar 4 - 4,2 V dengan arus 50 – 100 mA.
16	V-BL	-	<i>Back light</i> pada <i>LCD</i> ini dihubungkan pada <i>ground</i> .