

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Aldyusandi Agristiano, Mahasiswa Jurusan Teknik Fisika Universitas Telkom, dengan judul penelitian “Rancang Bangun Alat Fototerapi Untuk Penanganan *Neonatal Jaundice* Berbasis *LED* Daya Tinggi”. Pada alat yang dibuat oleh penulis, telah dilakukan penelitian *led* yang digunakan untuk alat fototerapi yaitu dengan Panjang gelombang 460-490 nm, maka Panjang gelombang yang dihasilkan *led* telah memenuhi syarat digunakan pada terapi sinar untuk bayi kuning. Pada pengujian *led*, dapat berkerja pada kondisi kipas dan *heatsink* terpasang agar tidak terjadi *overheating* pada *led* saat dioperasikan. Pada penelitian ini terdapat kekurangan yaitu belum dilengkapi dengan *setting timer* untuk pemberian waktu terapi dan belum dilengkapi dengan sensor *skin* untuk memantau suhu tubuh bayi selama terapi, kelebihan pada penelitian ini adalah telah menggunakan *led* berdaya tinggi untuk fototerapi [5].

Penelitian yang dilakukan oleh Bayu Setyawan (2016), mahasiswa dari Program Studi Teknik Elektromedik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, telah membuat sebuah alat “*Simulator Double Surface Phototherapy*”. Prinsip kerja alat ini adalah alat dapat melakukan penyinaran seluruh tubuh bayi, dengan menggunakan dua lampu yang diletakan pada bagian atas dan bawah bayi, maka tubuh bayi tidak perlu dibolak-balik karena saat terapi seluruh tubuh bayi akan terkena sinar cahaya biru. Pada penelitian ini penulis menyarankan untuk mengganti lampu *TL (Tubular Lamp)* dengan menggunakan *LED* dan

menambahkan sensor suhu untuk memantau suhu tubuh bayi selama proses terapi berlangsung. Kelebihan pada penelitian ini adalah menggunakan 2 lampu yang diletakkan pada bagian atas dan bawah, maka pada saat dilakukan fototerapi tubuh bayi tidak perlu dibolak-balik lagi.

Dari penelitian pertama yaitu alat fototerapi berbasis *led* berdaya tinggi, penelitian tersebut mengukur Panjang gelombang yang dipancarkan *led* berdaya tinggi, hasil pengukuran Panjang gelombang pada *led* yaitu 460-490 nm. Hasil pengukuran tersebut Panjang gelombang *led* masuk dalam spesifikasi lampu *bluelight* yang digunakan untuk fototerapi. Kekurangan penelitian pertama yaitu belum dilengkapi pemberian waktu terapi atau *timer* dan belum dilengkapi juga dengan sensor suhu yang berfungsi untuk memantau suhu tubuh bayi selama terapi. Dari penelitian kedua yaitu alat fototerapi menggunakan dua penyinaran yaitu atas dan bawah, sehingga selama penyinaran bagian atas dan bawah tubuh bayi akan terkena cahaya fototerapi. Penelitian ini alat fototerapi masih menggunakan lampu *TL (Tubular Lamp)* dan belum dilengkapi oleh sensor suhu. Dari penelitian diatas penulis ingin mengganti lampu *TL (Tubular Lamp)* dengan lampu *HPL (High Power Led)*, serta menggunakan sensor suhu untuk memantau suhu tubuh bayi selama dilakukan terapi. Pada penelitian ini juga penulis mengembangkan fototerapi dengan menambahkan sistem *infant warmer*. Hal ini bertujuan untuk memudahkan *user* dalam menggunakan sistem fototerapi yang berfungsi untuk melakukan terapi bayi kuning dan sistem *infant warmer* yang berfungsi untuk melakukan penghangatan pada bayi yang mengalami suhu tubuh rendah secara bersamaan.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Bayi Kuning

Bayi kuning adalah dimana kondisi bayi ditandai dengan menguningnya kulit serta selaput mata pada bayi baru lahir ataupun bayi lahir prematur. Hal ini terjadi karena tingginya kadar *bilirubin* dalam darah pada bayi. Kadar *bilirubin* merupakan salah satu senyawa yang terjadi karena hasil pemecahan dari sel darah merah yang kemudian dikeluarkan melalui *plasenta* yang ada didalam tubuh. Bayi yang lebih beresiko mengalami kadar *bilirubin* ialah bayi baru lahir dan bayi lahir secara prematur. Hal ini disebabkan karena bayi baru lahir dan bayi prematur fungsi organ tubuhnya belum dapat bekerja dengan baik [6].

Bayi kuning yang mengalami *hyperbilirubin* dapat digolongkan menjadi 2 jenis yaitu :

1. Bayi kuning fisiologis

Penyebab bayi kuning fisiologis karena masih belum sempurnanya fungsi hati pada bayi sehingga, tidak dapat memproses *bilirubin* didalam hati secara optimal.

2. Bayi kuning patologis

Penyebabnya bayi kuning patologis karena adanya serangan bakteri atau virus yang bersifat *pathogen* atau merugikan, biasanya disebabkan karena infeksi virus.

Kadar *bilirubin* yang tinggi (*hyperbilirubin*) pada bayi dapat berbahaya karena *bilirubin* dapat masuk dan menembus sawar otak sehingga bisa mengalami kegagalan fungsi otak dan dapat menyebabkan kelumpuhan pada bayi karena saraf

yang tidak berfungsi pada tubuh bayi. Oleh sebab itu, bayi kuning (*ikterus neonatus*) harus tetap diperhatikan dan diwaspadai, terutama bayi lahir secara prematur ataupun bayi baru lahir yang masih dalam 24 jam pertama hidup bayi [6].

2.2.2 Gejala *Hyperbilirubinemia* pada Bayi Baru Lahir

Tanda – tanda bayi kuning biasanya muncul antara hari kedua dan keempat setelah lahir, serta dilakukan pengecekan kadar *bilirubin* dalam darah pada bayi. Ketika kadar *bilirubin* meningkat dalam darah maka warna kuning pada bayi akan di mulai dari kepala lalu turun ke lengan, badan, dan kaki. Jika kadar *bilirubin* sudah cukup tinggi maka bayi akan terlihat kuning dari kepala hingga ke kaki serta telapak tangan seperti pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Derajat Ikterus Menurut Kramer [7].

Derajat <i>Ikterus</i>	Daerah <i>Ikterus</i>	Perkiraan Kadar <i>Bilirubin</i>
I	Kepala dan leher	5,0 mg/dL
II	Sampai badan atas (diatas umbilikus)	9,0 mg/dL
III	Sampai badan bawah (bibawah umbilikus) hingga tungkai atas (diatas lutut)	11,4 mg/dL
IV	Sampai lengan, tungkai bawah lutut	12,4 mg/dL
V	Sampai telapak tangan dan kaki	16,0 mg/dL

Pada anak yang lebih tua dan orang dewasa warna kuning pada kulit timbul jika jumlah kadar *bilirubin* pada darah diatas 2 mg/dL, sedangkan pada bayi yang baru lahir akan kelihatan kuning jika jumlah kadar *bilirubin* lebih dari 5 mg/dL (kadar *bilirubin* normal untuk bayi baru lahir dikatakan normal 5 mg/dL). Jadi, hal ini penting untuk mengenali dan menanggapi bayi kuning pada bayi lahir secara

prematurnya ataupun pun bayi baru lahir, karena kadar *bilirubin* yang tinggi akan menyebabkan kerusakan secara permanen pada otak [7].

2.2.3 Penanganan Bayi Kuning

Bayi baru lahir atau lahir secara prematur setelah tiga sampai 4 hari mengalami kelebihan kadar *bilirubin* yang masih terus meningkat, maka harus segera dilakukan penanganan terapi. Bentuk penanganan terapi ini bermacam-macam disesuaikan dengan tinggi kadar *bilirubin*-nya. Berikut penanganan terapi untuk bayi kuning :

1. Terapi Sinar (Fototerapi)

Terapi sinar dilakukan selama 24 jam atau setidaknya sampai kadar *bilirubin* dalam darah kembali ke batas normal. Terapi sinar dilakukan pada bayi yang kadar *bilirubin*-nya >25 mg/dL. Dengan fototerapi kadar *bilirubin* dalam tubuh bayi akan dipecahkan dan akan menjadi mudah larut dalam air tanpa harus diubah dulu oleh organ hati. Pemberian terapi sinar juga untuk menjaga kadar *bilirubin* agar tidak terus meningkat, yang dapat menimbulkan resiko yang lebih fatal.

Sinar yang digunakan pada fototerapi yaitu sinar biru dengan panjang gelombang sekitar 425-490 nm. Sinar pada lampu tersebut diarahkan pada tubuh bayi. Seluruh pakaian dilepas, kecuali mata bayi harus ditutup dengan kain hitam agar cahaya tidak mengenai mata bayi dan alat kelamin juga ditutup menggunakan kain kasa. Pada saat dilakukan terapi sinar posisi tubuh bayi akan diubah – ubah telentang lalu telungkup agar penyinaran dapat merata. Dengan terapi sinar bayi kuning akan cepat efektif sembuh atau kadar

bilirubin akan cepat turun normal, tetapi tetap waspada terhadap dampak fototerapi, karena bisa membuat bayi cenderung mengalami dehidrasi.

2. Terapi *Transfusi*

Jika setelah menjalani fototerapi tidak ada penurunan kadar *bilirubin*, tetapi kadar *bilirubin* terus meningkat hingga mencapai 20 mg/dL atau lebih, maka perlu tindakan yaitu dilakukan terapi tranfusi darah. Terapi *tranfusi* darah dimana darah bayi yang sudah teracuni akan dibuang dan ditukar dengan darah lain. Proses tukar darah akan dilakukan dengan bertahap. Bila dengan sekali terapi *tranfusi* darah dan kadar *bilirubin* sudah mengalami penurunan atau sudah kembali ke batas normal, maka terapi tranfusi bisa dihentikan. Efek samping dari terapi *tranfusi* yang bisa muncul adalah masuknya kuman penyakit yang bersumber dari darah yang dimasukkan kedalam tubuh bayi. Terapi *tranfusi* terbilang efektif untuk menurunkan kadar *bilirubin* yang tinggi.

3. Terapi Obat-obatan

Terapi dengan obat-obatan dilakukan untuk meningkatkan pengikatan *bilirubin* di sel-sel hati sehingga *bilirubin* yang sifatnya *indirect* akan berubah menjadi *direct*. Biasanya terapi ini dilakukan bersamaan dengan fototerapi. Jika sudah tampak penurunan kadar *bilirubin* maka terapi obat-obatan dapat dikurangi bahkan dihentikan.

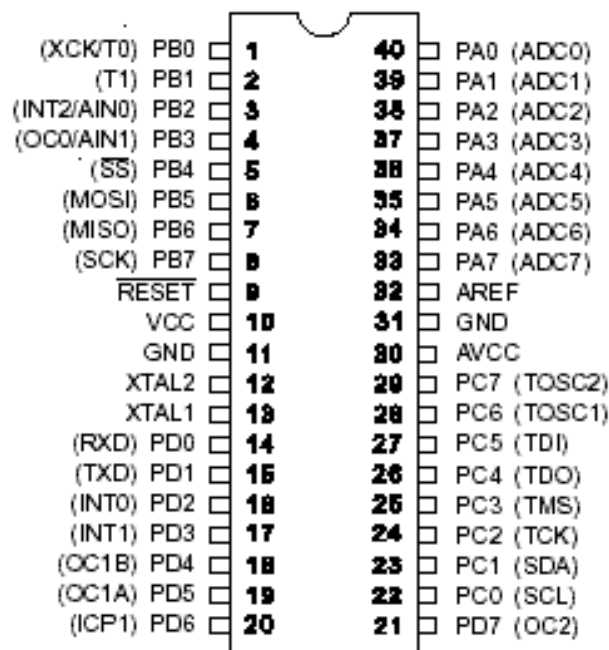
4. Menyusui Bayi dengan ASI

Bayi kuning harus mendapatkan cukup ASI, karena dengan bayi banyak mendapatkan ASI *bilirubin* juga dapat pecah jika bayi banyak mengeluarkan

fases dan urin. ASI memiliki zat-zat terbaik bagi bayi yang dapat memperlancar buang air besar dan kecilnya. Akan tetapi, dengan pemberian ASI juga harus dibawah pengawasan dokter karena pada beberapa kasus, ASI justru bisa meningkatkan kadar *bilirubin* bayi [8].

2.2.4 Microcontroller Atmega16

Microcontroller adalah sebuah sistem komputer lengkap dalam satu *chip*. *Microcontroller* lebih dari sekedar sebuah mikroprosesor karena sudah terdapat atau berisikan *ROM (Read-Only Memory)*, *RAM (Read-Write Memory)*, beberapa *port* masukan keluaran, dan beberapa peripheral seperti pencacah/pewaktu, *ADC (Analog to Digital Converter)*, *DAC (Digital to Analog Converter)* dan serial komunikasi. Salah satu *microcontroller* yang banyak digunakan saat ini yaitu *microcontroller AVR* seperti pada gambar 2.1. *AVR* adalah *microcontroller RISC (Reduce Instruction Set Compute)* 8 bit berdasarkan arsitektur *Harvard*.



Gambar 2.1 ATmega 16 [9].

Microcontroller ATmega16 ini menggunakan arsitektur *Harvard* yang memisahkan memori program dari memori data, baik bus alamat maupun bus data, sehingga pengaksesan program dan data dapat dilakukan secara bersamaan (*Concurrent*), adapun blog diagram arsitektur *ATmega16*. Secara garis besar *microcontroller ATmega16* terdiri dari :

1. Arsitektur *RISC* dengan *throughput* mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16 Mhz.
2. Memiliki kapasitas *Flash* memori 16 Kbyte, *EEPROM* 512 Byte, dan *SRAM* 1 Kbyte.
3. Saluran I/O 32 buah, yaitu *Port A*, *Port B*, *Port C*, *Port D*.
4. *CPU* yang terdiri dari 32 buah *register*.
5. *User* interupsi *internal* dan *eksternal*.
6. *Port* antarmuka *SPI* dan *Port USART* sebagai komunikasi serial.

Dalam hal ini yang digunakan adalah *microcontroller AVR* tipe *ATmega16* standar. Perbedaannya dengan *AVR* tipe *ATmega16L* terletak pada besarnya tegangan kerja yang dibutuhkan. Untuk *ATmega16L* tegangan kerjanya antara 2,7V - 5,5V sedangkan untuk *ATmega16* hanya dapat bekerja pada tegangan 4,5V - 5,5V. Deskripsi *micrkontroller ATmega16* sebagai berikut :

1. *VCC* (*Power Supply*) dan *GND* (*Ground*)
2. *Port A* (PA0 – PA7) berfungsi sebagai pin *I/O* dan pin masukan *ADC*.
3. *Port B* (PB0 – PB7) berfungsi sebagai pin *I/O* dan pin yang mempunyai fungsi khusus yaitu *Timer/Counter*.

4. *Port C* (PC0 – PC7) berfungsi sebagai pin *I/O* dan pin yang mempunyai fungsi khusus, yaitu *komparator analog* dan *timer oscillator*.
5. *Port D* (PD0 – PD7) berfungsi sebagai pin *I/O* dan pin yang mempunyai fungsi khusus yaitu *komparator analog* dan *interrupt external* serta komunikasi serial.
6. *RESET* berfungsi sebagai pin untuk mengatur ulang *microcontroller*.
7. *XTAL1* dan *XTAL2* merupakan pin masukan *clock external*.
8. *AVCC* merupakan pin masukan untuk tegangan *ADC*.
9. *AREF* merupakan pin masukan tegangan referensi untuk *ADC*.

ATmega16 merupakan *microcontroller AVR 8 bit* berkemampuan tinggi dengan daya yang rendah, dan memiliki 32 x 8 *general purpose working register*. Kecepatan 4 eksekusi program yang dimiliki *ATmega16* lebih cepat karena sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 *clock* dengan arsitektur *RISC* hampir mencapai 16 *MIPS* pada frekuensi 16 *MHz*. Memori data dan program yang tidak mudah hilang (*Nonvolatile Program and Data Memories*) dengan Pemrograman *flash* memiliki kapasitas 8K *Bytes*, dan memiliki daya tahan 10000 siklus tulis/hapus program. Fasilitas *timer/counter* yang ada pada *microcontroller* ini terdiri dari dua buah *Timer/Counter 8 bit* dan satu buah *Timer/Counter 16 bit*. Fitur-fitur tersebut adalah fitur-fitur yang digunakan dalam proyek akhir ini. Fitur-fitur lainnya yang disediakan *ATmega16* adalah adanya 4 kanal *PWM*, 6 kanal *ADC 10 bit*, pemrograman *serial USART*, *On-chip Analog Comparator*, dan *interrupt* [10].

2.2.5 Light Emitting Diode (LED)

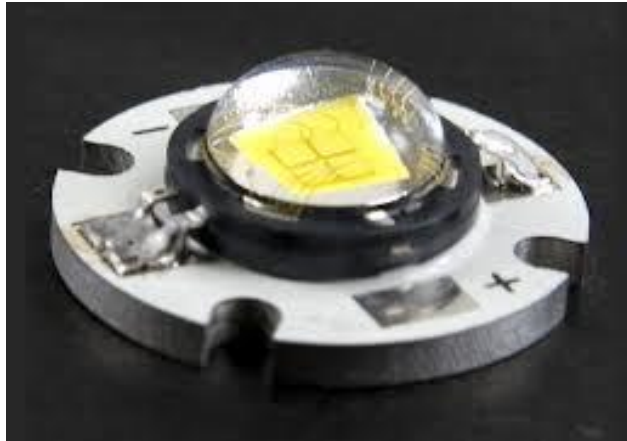
Light Emitting Diode (LED) adalah perangkat semi konduktor yang merubah

energi listrik menjadi energi cahaya. *Led* dibuat dari senyawa semi konduktor *exotic* seperti *Gallium Arsenide* (GaAs), *Gallium Phosphide* (GaP), *Gallium Arsenide Phosphide* (GaAsP), *Silicon Carbide* (SiC) dan *Gallium Indium Nitride* (GaInN) semuanya dicampur bersama pada rasio yang berbeda untuk menghasilkan panjang gelombang warna yang berbeda. Senyawa *led* yang berbeda memancarkan cahaya di daerah tertentu dari spektrum cahaya tampak, oleh karena itu menghasilkan tingkat intensitas yang berbeda. Karakteristik *led* seperti pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Karakteristik LED (Light Emitting Diode)

Karakteristik LED (<i>Light Emitting Diode</i>)			
Bahan Semikonduktor	Panjang Gelombang	Warna	Tegangan
GaAs	850-940 nm	Infra Red	1,2 V
GaAsP	630-660 nm	Merah	1,8 V
GaAsP	605-620 nm	Amber	2.0 V
GaAsP:N	585-595 nm	Kuning	2.2 V
AlGap	550-570 nm	Hijau	3.5 V
Sic	430-505 nm	Biru	3.6 V
GaInN	450 nm	Putih	4.0 V

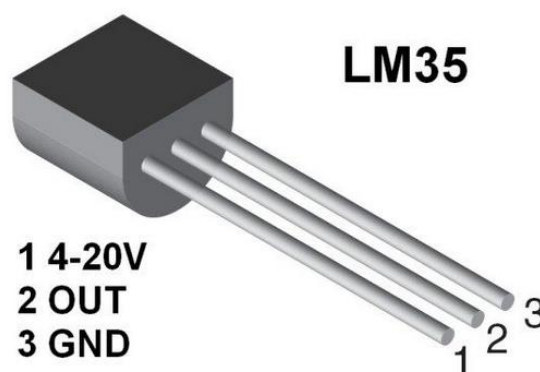
HPL (High Power Led) adalah *led* berdaya tinggi yang mempunyai daya 1 watt sampai 100 watt, dengan tegangan *input* rata-rata 3,5Vdc dan arus 0,3A. *Led* berdaya tinggi memproduksi intensitas cahaya lampu yang lebih kuat dan lebih besar daripada lampu *fluorescent* atau *incandescent* serta lebih tahan lama. Pemasangan *HPL* sebaiknya dilengkapi oleh bahan penyerap panas yaitu *Heatsink* seperti pada gambar 2.2. Hal ini bertujuan untuk menghindari *led* menjadi *over heating* yang bisa membuat *led* menjadi cepat rusak[11].



Gambar 2.2 Led *HPL* (*High Power Led*)[11]

2.2.6 Sensor LM35

Sensor suhu LM35 adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk nilai tegangan. Sensor suhu LM35 memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain. Tegangan *input* pada sensor suhu LM35 yang diberikan sebesar 5V. Sensor suhu LM35 seperti pada gambar 2.3, mempunyai kemampuan menghasilkan panas (*self-heating*) dari sensor dapat menyebabkan kesalahan dalam pembacaan yang rendah yaitu kurang dari 0,5°C pada suhu 25°C [12].



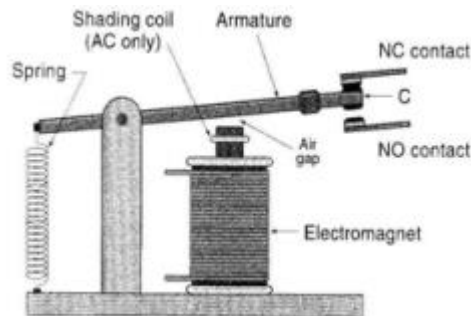
Gambar 2.3 Sensor Suhu LM35 [12].

Karakteristik Sensor suhu LM35 :

1. Memiliki sensitivitas suhu, dengan faktor skala linier antara tegangan dan suhu $10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$, sehingga dapat dikalibrasi langsung dalam *celcius*.
2. Memiliki ketepatan atau akurasi kalibrasi yaitu $0,5^{\circ}\text{C}$ pada suhu 25°C .
3. Memiliki jangkauan maksimal operasi suhu antara -55°C sampai $+150^{\circ}\text{C}$.
4. Bekerja pada tegangan 4 sampai 30 volt.
5. Memiliki arus rendah yaitu kurang dari 60 uA.
6. Memiliki ketidaklinieran hanya sekitar kurang lebih $\frac{1}{4}^{\circ}\text{C}$

2.2.7 Relay

Relay adalah komponen elektronika yang bekerja berdasarkan elektromagnetik untuk menggerakkan sejumlah kontaktor yang tersusun menjadi sebuah saklar elektronis yang dapat dikendalikan dari rangkaian elektronik lainnya dengan memanfaatkan tegangan *input* sebagai sumber energinya. Kontaktor akan tertutup(menyala) atau terbuka (mati) karena efek induksi magnet yang dihasilkan kumparan (induktor) ketika dialiri arus listrik. Berbeda dengan saklar pada biasanya, pergerakan *on* atau *off* dilakukan manual tanpa perlu arus listrik. Sebagai komponen elektronika *relay* seperti pada gambar 2.4. Mempunyai peran penting dalam sebuah sistem rangkaian elektronika dan rangkaian listrik untuk menggerakkan sebuah perangkat yang memerlukan arus besar tanpa terhubung langsung dengan perangkat pengendali yang mempunyai arus kecil [13].



Gambar 2.4 Prinsip Kerja *Relay* [13].

Karakteristik *relay* terdiri dari 3 bagian utama, yaitu :

1. *Common*, merupakan bagian yang tersambung dengan *Normally Close* (dalam keadaan normal).
2. Koil (kumparan), merupakan komponen utama *relay* yang digunakan untuk menciptakan medan magnet.
3. Kontak, yang terdiri dari *Normally Close* dan *Normally Open*.

Cara Kerja relay sebagai berikut :

1. Saat koil mendapatkan tegangan *input* akan menimbulkan gaya elektromagnetik.
2. Gaya magnet yang ditimbulkan akan menarik plat/lengan kontak berpegas (bersifat berlawanan), sehingga menghubungkan 2 titik kontak.

2.2.8 *Buzzer*

Buzzer adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah energi getaran listrik menjadi energi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja *buzzer* hampir sama dengan *loud speaker*, jadi *buzzer* terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari

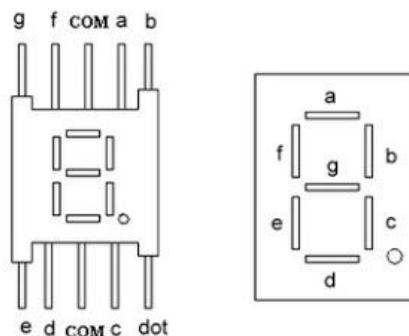
arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara seperti pada gambar 2.5. *Buzzer* biasanya digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi suatu kesalahan pada sebuah sistem alat (*alarm*) [14].



Gambar 2.5 *Buzzer* [14].

2.2.9 *Seven Segment*

Seven Segment adalah suatu segmen-segmen yang digunakan untuk menampilkan angka / bilangan desimal. *Seven Segment* ini terdiri dari 7 batang *led* yang disusun membentuk angka 8 dengan menggunakan huruf a-f yang disebut *DOT MATRIKS* seperti pada gambar 2.6. Setiap *segment* ini terdiri dari 1 atau 2 *LED (Light Emitting Diode)*.



Gambar 2.6 *Seven Segment Display*

Seven Segment dapat menampilkan angka-angka desimal dan beberapa karakter tertentu melalui kombinasi aktif atau tidaknya *led* penyusunan dalam *Seven Segment*. Untuk mempermudah pengguna *Seven Segment*, umumnya digunakan sebuah *decoder* atau sebuah *Seven Segment driver* yang akan mengatur aktif atau tidaknya *led-led* dalam *Seven Segment* sesuai dengan *input-an* biner yang diberikan.

Piranti tampilan *modern* disusun sebagai pola 7 segmen atau *dot matriks*. Jenis 7 segmen sebagaimana namanya, menggunakan pola tujuh batang *led* yang disusun membentuk angka 8 seperti yang ditunjukkan pada gambar di atas. Huruf-huruf yang diperlihatkan dalam gambar tersebut ditetapkan untuk menandai segmen-segmen tersebut. Dengan menyalakan beberapa segmen yang sesuai, akan dapat diperagakan digit-digit dari 0 sampai 9, dan juga bentuk huruf A sampai F (dimodifikasi).

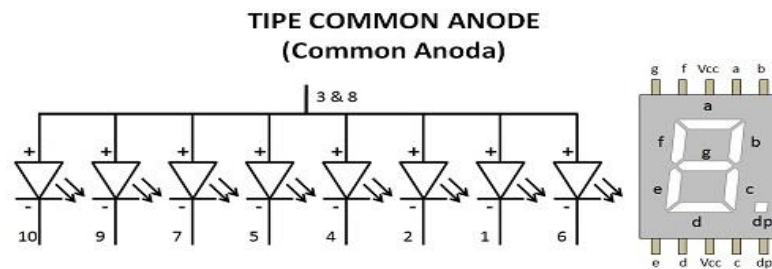
Sinyal *input* dari *switches* tidak dapat langsung dikirimkan ke peraga 7 segmen, sehingga harus menggunakan *decoder BCD (Binary Code Decimal)* ke 7 segmen sebagai antar muka. *Decoder* ini terdiri dari gerbang-gerbang logika yang masukannya berupa digit *BCD* dan keluarannya berupa saluran-saluran untuk mengemudikan tampilan *7 segment*.

Prinsip kerja dari *Seven Segment* ini adalah *input-an* bilangan biner pada *switch* dikonversi masuk kedalam *decoder*, baru kemudian *decoder* mengkonversi bilangan biner tersebut ke dalam bilangan desimal, yang mana bilangan desimal ini akan ditampilkan pada layar *seven segment*. Fungsi dari *decoder* sendiri adalah sebagai pengkonversi bilangan biner ke dalam bilangan desimal [15].

Seven Segment ada 2 jenis, yaitu *Common Anode* dan *Common Cathode* :

a. *Common Anode*

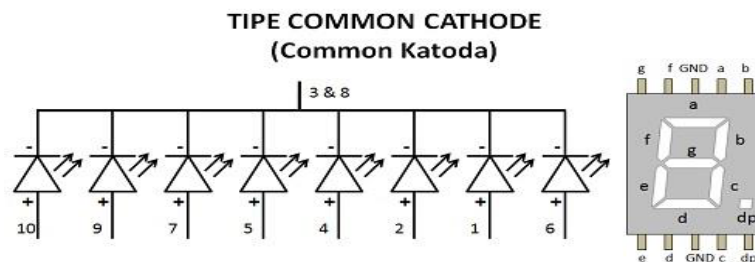
Common Anode merupakan pin yang terhubung dengan semua kaki *anoda led* dalam *seven segment*. *Common anode* diberi tegangan *VCC* dan *Seven Segment* dengan *common anode* akan aktif pada saat diberi logika rendah (0) atau sering disebut aktif *low* seperti pada gambar 2.7. Kaki katoda dengan label a sampai h sebagai pin aktifasi yang menentukan nyala *led*.



Gambar 2.7 *Seven Segment Common Anoda* [15].

b. *Common Cathode*

Common Cathode merupakan pin yang terhubung dengan semua kaki katoda *led* dalam *Seven Segment* dengan *common katoda* akan aktif apabila diberi logika tinggi (1) atau disebut aktif *high* seperti pada gambar 2.8. Kaki *anoda* dengan label a sampai h sebagai pin aktifasi yang menentukan nyala *led*.



Gambar 2.8 *Seven Segment Common Cathode* [15].

2.3 Teknik Analisis Data

a. Rata - rata

Rata-rata adalah nilai atau hasil pembagian dari jumlah data yang diambil atau diukur dengan banyaknya pengambilan data atau banyaknya pengukuran dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Rata-rata } (\bar{X}) = \frac{\sum X_n}{n} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

$\sum X_n$ = Jumlah nilai data.

n = Banyaknya data.

b. Simpangan

Persen *error* adalah selisih dari rata-rata nilai harga yang dikehendaki dengan nilai yang diukur. Rumus simpangan adalah:

$$\text{Simpangan} = X_n - \bar{X} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

X_n = Rata – rata data kalibrator

\bar{X} = Rata – rata data modul

c. Error (%)

Persen *error* adalah nilai persen dari simpangan (*error*) terhadap nilai yang dikehendaki. Rumus % *error* adalah:

$$\text{Error } (\%) = \frac{X_n - (\bar{X})}{X_n} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

X_n = Rata – rata data kalibrator

\bar{X} = Rata – rata data modul