

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Wahyu Artha Bayu Murthi dan Haryanto mahasiswa dari STMIK AUB Surakarta merancang alat dengan judul “Rancang Bangun Alat Ukur Detak Jantung dan Suhu Tubuh Manusia Berbasis Mikrokontroler ATmega16”. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa alat ukur yang dirancang telah dapat berkerja dengan baik. Alat menggunakan stetoskop sebagai alat yang menangkap sinyal detak yang ditimbulkan oleh gerakan jantung. Sinyal dari detak jantung tersebut masih kecil, selanjutnya sinyal tersebut harus dikuatkan menggunakan sensor LM324. LM324 digunakan untuk menguatkan tegangan *output* dari *microphone* agar dihasilkan *output* yang dapat menggerakkan rangkaian selanjutnya. LM311 digunakan untuk mendeteksi jika ada getaran suara yang diterima. Pengukuran suhu tubuh digunakan sensor LM35. Atmega16 dan LCD digunakan untuk memproses data detak jantung dan suhu tubuh, kemudian hasil data tersebut akan ditampilkan di LCD 16x2 [3]. Berdasarkan hasil pengujian alat terdapat perbedaan antara hasil pengukuran modul dengan pengujian secara manual, hal ini bisa disebabkan pada perbedaan kondisi, aktifitas dan penempatan sensor yang tidak tepat. Alat yang dibuat sangat sensitif dengan pergerakan dan suara.

Khairuska Gusfazli mahasiswa dari Jurusan Teknik Elektromedik, Program Vokasi, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta merancang alat ukur tanda vital dengan judul “Alat Ukur *Heart Rate* dan *Respiration Rate* Berbasis ATMega16”. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa alat ukur yang dirancang telah dapat berkerja dengan baik. Berdasarkan pengukuran dan pengujian alat diperoleh hasil rata-rata *error heart rate* adalah 0.5%, dengan rata-rata simpangan sebesar 0.38 bpm dan hasil rata-rata *error respiration rate* adalah 2.5% dengan nilai rata-rata simpangan yang didapat sebesar 0.53 bpm [6]. Kekurangan dari alat ini yaitu sensor *respiration rate* masih menggunakan masker oksigen dan alat sangat sensitif adanya suara. Selain itu alat tidak dilengkapi dengan penyimpanan data untuk memudahkan melihat hasil pengukuran sebelumnya dan pengukuran dilakukan secara bergantian.

Gusti Arya Dinata mahasiswa dari Jurusan Teknik Elektromedik, Program Vokasi, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta merancang alat pengukur suhu tubuh dengan judul “Rancang Bangun Alat Pengukur Suhu Tubuh Manusia dengan *Non-Contact Thermometer*”. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa alat ukur yang dirancang telah dapat berkerja dengan baik. Bagian utama dari alat ini yaitu menggunakan sensor *thermopile* MLX90614 untuk pengukuran suhu tubuh, Arduino nano V3 untuk memproses data dan hasil pengukuran akan di tampilkan di LCD OLED 128x64. Dari hasil pengujian alat pengukur suhu tubuh tanpa kontak fisik menggunakan infra merah ini, dapat disimpulkan yaitu dalam pengujian

suhu tubuh manusia dengan jarak dari 1 - 4 cm diperoleh nilai presisi yang paling tinggi pada jarak 2 cm yakni 98,45% dan presisi yang rendah terlihat pada jarak 3 cm yakni 96.09%. Nilai akurasi yang paling tinggi pada jarak 2 cm yakni 98,24% dan akurasi yang paling rendah pada jarak 4 cm yakni 95.67%. Nilai *error* yang paling tinggi pada jarak 4 cm yakni 2,81% dan *error* yang rendah pada jarak 1 cm yakni 0,17% [7]. Hasil pengukuran suhu akan disimpan pada memori internal (EEPROM) arduino nano dengan kapasitas kecil, sehingga data yang disimpan hanya 2 atau 3 saja.

Ruri Hartika Zain dan Silvia Afrilla mahasiswa dari Fakultas Ilmu Komputer Universitas Putra Indonesia “YPTK” Padang merancang alat dengan judul “Rancang Bangun Alat Pengukuran Tekanan Darah dan Suhu Tubuh Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535 di Dukung Bahasa Pemograman C dan Delphi”. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa alat ukur yang dirancang telah dapat bekerja dengan baik dan dapat melakukan pengukuran dengan cepat dan tepat. Alat ini terdiri dari beberapa bagian utama seperti mikrokontroler Atmega8535 sebagai sistem pendengali data, sensor MPX5050DP untuk mengukur tekanan darah, sensor suhu LM35DZ untuk pengukuran suhu tubuh. *Datasheet* LM35DZ diketahui bahwa sensor ini mendeteksi temperatur dengan *range* 0 – 100 °C [8]. Jika semua data telah ditampilkan maka *buzzer* akan berbunyi. Pada alat ini tidak dilengkapi penyimpanan data untuk memudahkan melihat data sebelumnya.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Detak Jantung

Ketika jantung berdetak, jantung memompa darah melalui aorta dan pembuluh darah perifer. Pemompaan ini menyebabkan darah menekan dinding arteri, menciptakan gelombang tekanan seiring dengan detak jantung yang pada perifer terasa sebagai detak/detak nadi. Detak nadi ini dapat diraba/palpasi untuk menilai kecepatan jantung, ritme dan fungsinya [6]. Karena mudah diakses, nadi pada radial tangan adalah metode yang paling banyak digunakan untuk mengukur kecepatan jantung, dipalpasi melalui arteri tangan (radial) pada pergelangan tangan anterior. Hal-hal yang dinilai saat pemeriksaan detak jantung adalah [9]:

1. Kecepatan

- a. *Bradycardia*

Detak jantung lambat (<60 bpm), didapatkan pada atlet yang sedang istirahat, tekanan intrakranial meningkat, peningkatan *tonus vagus*, *hipotiroidisme*, hipotermia, dan efek samping beberapa obat.

- b. *Tachycardia*

Detak jantung cepat (>100bpm), biasa terjadi pada pasien dengan demam, *feokromositoma*, *congestif heart failure*, *syokhipovolemik*, *aritmia kordis*, pecandu kopi dan perokok.

- c. Normal: 60-100 bpm pada dewasa.

2. Irama

- a. *Regularly irregular*, dijumpai pola dalam iregularitasnya.
- b. *Irregularly irregular*, tidak dijumpai pola dalam iregularitasnya, terdapat pada fibrilasi atrium.

3. Volume Nadi

- a. *Volume* nadi kecil, tahanan terlalu besar terhadap aliran darah, darah yang dipompa jantung terlalu sedikit (pada efusi perikardial, *stenosis* katup mitral, payah jantung, dehidrasi, syok *hemoragik*).
- b. *Volume* nadi yang berkurang secara lokal, peningkatan tahanan setempat.
- c. *Volume* nadi besar, volume darah yang dipompakan terlalu banyak, tahanan terlalu rendah (pada anemia, hamil, *hipertiroidisme*).

2.2.2 Suhu Tubuh

Suhu tubuh adalah perbedaan antara jumlah panas yang diproduksi oleh proses tubuh dan jumlah panas yang hilang ke lingkungan luar. Suhu mempunyai dua rasa submodalitas yaitu rasa dingin dan rasa panas. Reseptor dingin/panas berfungsi mengindrai rasa panas dan refleksi pengaturan suhu tubuh. Menurut pengukuran waktu reaksi, dapat dinyatakan bahwa kecepatan hantar untuk rasa dingin lebih cepat dibandingkan dengan kecepatan hantaran rasa panas. Bila laju pembentukan panas dalam tubuh lebih besar dari pada

laju hilangnya panas, timbul panas dalam tubuh dan suhu tubuh meningkat. Sebaliknya, bila kehilangan panas lebih besar, panas tubuh dan suhu tubuh menurun. Tubuh sehat mampu memelihara suhu tubuh secara konstan walaupun pada kondisi lingkungan yang berubah-ubah. Suhu normal pada orang dewasa berkisar antara 36,5 °C – 37,5 °C [4]. Jika suhu tubuh <36°C diindikasikan menderita hipotermia, sedangkan apabila suhu tubuh lebih dari 37,5°C diindikasikan demam dan jika >40°C diindikasikan hipertermia. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor yaitu [10]:

1. Aktivitas

Aktivitas yang padat dapat merangsang peningkatan laju metabolisme, mengakibatkan gesekan antar komponen otot atau organ yang menghasilkan energi, sehingga dapat meningkatkan suhu tubuh. Semakin beratnya aktivitas maka suhunya akan meningkat.

2. Lingkungan

Suhu disekitar lingkungan juga sangat berpengaruh terhadap suhu tubuh. Walaupun terjadi perubahan suhu tubuh, tetapi tubuh mempunyai mekanisme homeostasis yang dapat dipertahankan dalam rentang normal.

3. Peradangan

Proses peradangan dan demam dapat menyebabkan peningkatan metabolisme sebesar 120% untuk tiap peningkatan suhu 10°C.

4. Usia

Usia sangat mempengaruhi metabolisme tubuh akibat mekanisme hormonal sehingga memberi efek tidak langsung terhadap suhu tubuh. Pada saat lahir, mekanisme kontrol suhu masih imatur. Produksi panas meningkat seiring dengan pertumbuhan bayi memasuki masa anak-anak. Regulasi suhu akan normal setelah anak mencapai pubertas. Lansia sensitif terhadap suhu yang ekstrem akibat turunnya mekanisme kontrol suhu (terutama kontrol vasomotor), penurunan jumlah jaringan, penurunan aktivitas kelenjar keringat, penurunan metabolisme.

Selain faktor yang dapat mempengaruhi suhu tubuh, terdapat beberapa gangguan pengaturan suhu tubuh, yaitu:

1. Demam

Peningkatan ringan suhu sampai 39°C meningkatkan sistem imun tubuh. Demam juga merupakan bentuk pertarungan akibat infeksi karena virus menstimulasi interferon (substansi yang bersifat melawan virus) karena biasanya virus dan bakteri berkembang biak dengan cepat dalam tubuh di suhu 37°C . Selama demam, metabolisme meningkat dan konsumsi oksigen bertambah. Frekuensi jantung dan pernapasan meningkat untuk memenuhi kebutuhan metabolik tubuh. Metabolisme yang meningkat menggunakan energi yang memproduksi panas tambahan.

2. Hipertermia

Hipertermia adalah peningkatan suhu tubuh sehubungan dengan ketidakmampuan tubuh untuk meningkatkan pengeluaran panas atau menurunkan produksi panas. Setiap penyakit atau trauma pada hipotalamus dapat mempengaruhi mekanisme pengeluaran panas.

3. *Heat Stroke*

Paparan sinar matahari atau lingkungan dengan suhu tinggi dapat mempengaruhi mekanisme pengeluaran panas. Kondisi ini disebut *heat stroke*. Tanda dan gejala *heat stroke* termasuk gamang, konfusi, delirium, sangat haus, mual, kram otot, gangguan visual, dan bahkan inkontinensia. Tanda lain yang paling penting adalah kulit yang hangat dan kering. Penderita *heat stroke* tidak berkeringat karena kehilangan elektrolit sangat berat dan malfungsi hipotalamus. *Heat stroke* dengan suhu yang lebih besar dari $40,5^{\circ}\text{C}$ mengakibatkan kerusakan jaringan pada sel dari semua organ tubuh. Tanda vital menyatakan suhu tubuh kadang-kadang setinggi 45°C , *tachycardia* dan hipotensi.

4. Hipotermia

Pengeluaran panas akibat paparan terus-menerus terhadap dingin memengaruhi kemampuan tubuh untuk memproduksi panas sehingga akan mengakibatkan hipotermia. Tingkatan hipotermia sebagai berikut:

- a. Ringan 34,6 - 36,5°C.
- b. Sedang 28,0 - 33,5°C.
- c. Berat 17,0 - 27,5°C.
- d. Sangat berat 4,0 - 16,5°C.

Ketika suhu tubuh turun dibawah 34,4°C orang yang mengalami hipotermia mengalami gemetar yang tidak terkontrol, hilang ingatan, depresi, dan frekuensi jantung, pernapasan, dan tekanan darah turun.

2.2.3 *Finger Sensor*

Finger sensor dibangun dengan menggunakan *infrared* dan *photodiode*. Cahaya *infrared* pada dasarnya adalah radiasi elektromagnetik dari panjang gelombang yang lebih panjang dari cahaya tampak, tetapi lebih pendek dari radiasi gelombang radio, dengan kata lain inframerah merupakan warna dari cahaya tampak dengan gelombang terpanjang, yaitu sekitar 700 nm sampai 1 mm. Sedangkan *photodiode* merupakan sensor cahaya semikonduktor yang dapat mengubah besaran cahaya menjadi besaran listrik. *Photodiode* merupakan sebuah dioda dengan sambungan p-n yang dipengaruhi cahaya dalam kerjanya. Sambungan p-n merupakan semikonduktor yang menyambungkan jenis p (jenis yang mayoritas membawa *hole*) dengan sambungan tipe n (jenis yang mayoritas membawa elektron) [11].

Infrared (IR) adalah komponen elektronika yang akan memancarkan cahaya *infrared* keujung jari dan *photodiode* sebagai penerima cahaya. Letak IR dan *photodiode* secara refleksi sejajar di bawah ujung jari. Intensitas cahaya dipengaruhi kepekatan darah di ujung jari. Jadi, setiap detak jantung sedikit merubah jumlah kepekatan darah sehingga merubah dari intensitas cahaya *infrared* yang di deteksi oleh *photodiode*. Penempatan *finger sensor* pada jari dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 *Finger Sensor*.

Gambar 2.1 merupakan penempatan *finger sensor* pada jari, ketika *infrared* memancarkan cahaya dan melewati jari tangan, kemudian hasil dari perubahan *volume* darah pancaran cahaya di tangkap oleh *photodiode*. Hasil *photodiode* di pengaruhi oleh kondisi detak jantung.

2.2.4 Sensor MLX 90614

Sensor MLX90614 merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur suhu dengan memanfaatkan radiasi gelombang *infrared*. Pengukuran suhu dapat dilakukan dari jarak jauh tanpa melakukan

kontak langsung dengan objek yang akan diukur dan dapat mengkonversikan energi radiasi *infrared* menjadi skala *temperature*.

Bentuk fisik sensor MLX90614 yang memanfaatkan radiasi gelombang infra merah dapat di lihat pada Gambar 2.2. Radiasi infra merah pada sensor ini berfungsi sebagai pendeteksi intensitas radiasi infra merah yang dipancarkan objek/benda uji.



Gambar 2.2 Sensor MLX90614.

Gambar 2.2 merupakan bentuk fisik sensor MLX90614 dapat langsung digunakan dengan Arduino Uno. Resolusi dan keakuratan sensor ini sangat tinggi dan minim *noise* karena 17-bit ADC yang terdapat didalamnya. Sensor ini menggunakan protokol komunikasi *Inter-Integrated Circuit* (I2C), yaitu komunikasi *synchronous* yang hanya membutuhkan 2 jalur komunikasi untuk mengirim atau menerima data yang disebut dengan nama SCL dan SDA. Keunggulan sensor MLX90614 adalah mendapatkan hasil pembacaan yang sangat bagus dengan resolusi pembacaan yang lebih baik. Sensor MLX90614 dapat mengukur temperatur dari -95 dan 720°F (-70 - 380°C).

Berikut beberapa fitur dari sensor MLX90614:

1. Ukuran sensor kecil dan hemat biaya.
2. Kalibrasi pabrikan dengan rentang suhu:
 - a. -40 to +85°C untuk sensor suhu.
 - b. -70 to +380°C untuk suhu objek.
3. SMBus kompatibel dengan antarmuka digital.
4. Tingkat akurasi 0,5 °C.
5. Resolusi pengukuran 0.02 °C.

2.2.5 Arduino Uno

Arduino adalah papan rangkaian elektronik *open source* yang didalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah *chip* mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Mikrokontroler itu sendiri adalah *chip* atau *integrated circuit* (IC) yang bisa diprogram menggunakan komputer dan berfungsi sebagai pengendali yang mengatur jalannya proses kerja dari sebuah rangkaian elektronik. Arduino Uno merupakan *board* mikrokontroler berbasis ATmega328. Gambar 2.3 menunjukkan bentuk fisik dari arduino uno dengan mikrokontroler ATmega328.

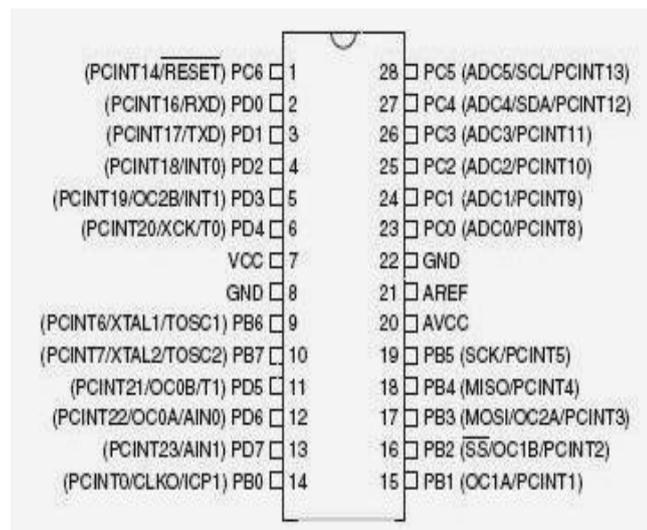


Gambar 2.3 Arduino Uno.

Gambar 2.3 merupakan bentuk fisik arduino Uno yang memiliki 14 pin digital *input/output* (pin 0-13) yang terdiri dari 6 pin *input* analog (pin 0-5) yang biasa digunakan untuk membaca tegangan dari sensor dan mengkonversikannya menjadi nilai 0 dan 1023, 6 pin *output* analog (pin 3, 5, 6, 9, 10, 11) yang digunakan untuk pengaturan *Pulse Width Modulation* (PWM), osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, *header* ICSP, dan tombol *reset* [12].

2.2.6 ATmega 328

ATmega328 adalah mikrokontroler keluaran dari atmel yang mempunyai arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) yang mana setiap proses eksekusi data lebih cepat dari pada arsitektur CISC (*Completed Instruction Set Computer*). ATmega328 merupakan mikrokontroler keluarga AVR 8 bit. Gambar 2.4 menunjukkan konfigurasi pin pada ATmega328.



Gambar 2.4 Konfigurasi Pin ATmega328.

Gambar 2.4 merupakan konfigurasi pin ATmega328 dengan spesifikasi yaitu [13]:

1. Memiliki *EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory)* sebesar 1 KB sebagai tempat penyimpanan data semi permanen karena *EEPROM* tetap dapat menyimpan data meskipun catu daya dimatikan.
2. Memiliki *SRAM (Static Random Access Memory)* sebesar 2KB.
3. 32 x 8-bit register serba guna.
4. Dengan *clock* 16 MHz kecepatan mencapai 16 MIPS.
5. *Master / Slave SPI Serial interface.*

ATmega328 memiliki 3 buah *PORT* utama yaitu *PORTB*, *PORTC*, dan *PORTD* dengan total pin *input/output* sebanyak 23 pin.

1. *PORTB*

PORTB merupakan jalur data 8 bit yang dapat difungsikan sebagai *input/output*. Selain itu *PORTB* juga dapat memiliki fungsi alternatif seperti berikut:

- a. ICP1 (PB0), berfungsi sebagai *Timer Counter 1 input capture* pin.
- b. OC1A (PB1), OC1B (PB2) dan OC2 (PB3) dapat difungsikan sebagai *output pulse width modulation (PWM)*.
- c. MOSI (PB3), MISO (PB4), SCK (PB5), SS (PB2) merupakan jalur komunikasi SPI.
- d. TOSC1 (PB6) dan TOSC2 (PB7) dapat difungsikan sebagai sumber *clock external* untuk *timer*.

- e. XTAL1 (PB6) dan XTAL2 (PB7) merupakan sumber *clock* utama mikrokontroler.

2. *PORTC*

PORTC merupakan jalur data yang dapat difungsikan sebagai *input/output* digital. Fungsi alternatif *PORTC* yaitu:

- a. *ADC6 channel* (PC0, PC1, PC2, PC3, PC4, PC5). ADC dapat kita gunakan untuk mengubah *input* yang berupa tegangan analog menjadi data digital.
- b. I2C (SDA dan SCL) merupakan salah satu fitur yang terdapat pada *PORTC*. I2C digunakan untuk komunikasi dengan sensor atau *device* lain yang memiliki komunikasi data tipe I2C.

3. *PORTD*

PORTD merupakan jalur data 8 bit yang masing-masing pinnya juga dapat difungsikan sebagai *input/output*. Fungsi alternatif *PORTD* sebagai berikut:

- a. USART (TXD dan RXD) merupakan jalur data komunikasi serial dengan level sinyal TTL. Pin TXD berfungsi untuk mengirimkan data serial, sedangkan RXD yaitu sebagai pin yang berfungsi untuk menerima data serial.
- b. *Interrupt* (INT0 dan INT1) merupakan pin dengan fungsi khusus sebagai interupsi *hardware*. Interupsi biasanya digunakan sebagai selaan dari program, misalkan pada saat

program berjalan kemudian terjadi interupsi *hardware* atau *software* maka program utama akan berhenti dan akan menjalankan program interupsi.

- c. XCK dapat difungsikan sebagai sumber *clock external* untuk USART, namun kita juga dapat memanfaatkan *clock* dari CPU, sehingga tidak perlu membutuhkan *external clock*.
- d. T0 dan T1 berfungsi sebagai *input counter external* untuk *timer 1* dan *timer 0*.
- e. AIN0 dan AIN1 merupakan *input* untuk analog *comparator*.

2.2.7 SD Card

SD Card adalah salah satu media penyimpanan data digital dengan format kartu memori *flash*. Selain memiliki sistem pengaman yang lebih bagus daripada MMC, *SD Card* juga bisa dengan mudah dibedakan dari MMC karena memiliki ukuran yang lebih tebal dibandingkan kartu MMC standar.

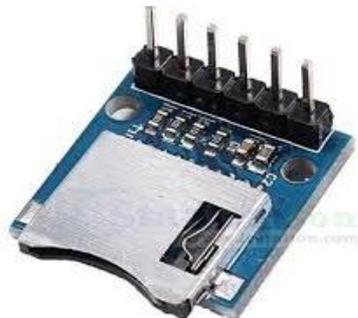


Gambar 2.5 Bentuk Fisik *SD Card*.

Gambar 2.5 merupakan bentuk fisik SDHC (*High Capacity*) memiliki kapasitas dari 4GB sampai 32GB dan SDXC (*Extended Capacity*) kapasitasnya di atas 32GB hingga maksimum 2TB. *SD Card* sudah terformat dengan sistem *file* FAT 16 dimana sistem ini memungkinkan untuk dapat di akses melalui semua perangkat *host* pembaca SD [14].

2.2.8 Modul *SD Card*

SD Card Board untuk kartu SD standar. Modul *SD Card* ini merupakan *board external* yang dapat dengan mudah dihubungkan pada mikrokontroler. Bentuk fisik modul *SD card* dengan 6 pin dapat dilihat pada Gambar 2.6.



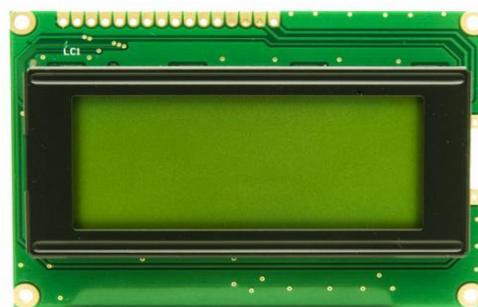
Gambar 2.6 Modul *SD Card*.

Gambar 2.6 merupakan bentuk fisik SD card dengan 6 pin yaitu MISO, SCK, SS, MOSI, GND dan VCC. Untuk bisa diterima oleh mikrokontroler, modul *SD card* mengubah tegangan dari mikrokontroler menjadi 3.3 volt agar *SD card* dapat bekerja. Agar program pada mikrokontroler dapat mengakses data pada *SD card*, dibutuhkan *library* yang disebut *SD library*. *SD library* digunakan untuk membaca dan menulis pada modul *SD card*. *Library* ini

mendukung sistem *file* FAT16 pada standart *SD card*. *Library* yang digunakan adalah *library* SPI.h yaitu *library* yang khusus bertugas untuk komunikasi serial sinkron SPI (*Serial Peripheral Interface*) di mikrokontroler. Serial sinkron merupakan *protocol* komunikasi data secara serial dan membutuhkan jalur *clock* untuk sinkronisasi antara *transmitter* dan *receiver* [15].

2.2.9 *Liquid Cristal Display (LCD)*

LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu jenis *display* elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*. LCD (*Liquid Cristal Display*) berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik. Pada perancangan alat ini digunakan LCD 16x4 yang dapat di lihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 LCD Karakter 16x4.

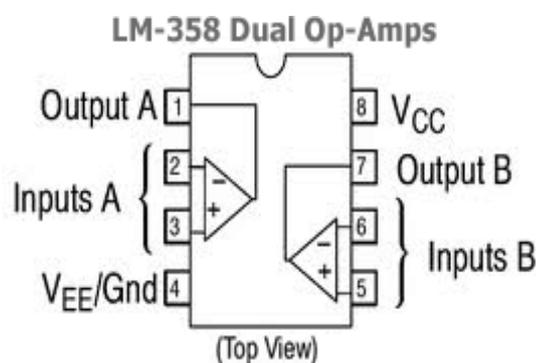
Gambar 2.7 merupakan bentuk LCD 16x4 dengan konfigurasi dan deskripsi dari pin-pin LCD antara lain [16]:

1. VCC (Pin 1) merupakan sumber tegangan +5V.

2. GND 0V (Pin 2) merupakan sambungan *ground*.
3. VEE (Pin 3) merupakan *input* tegangan Kontras LCD.
4. *Register Select* (Pin 4) merupakan register pilihan 0 = Register Perintah, 1 = Register Data.
5. R/W (Pin 5) merupakan *read select*, 1 = *Read* , 0 = *Write*.
6. *Enable Clock* LCD (Pin 6 merupakan masukan logika 1 setiap kali pengiriman atau pembacaan data).
7. D0-D7 (Pin 7 – Pin 14) merupakan Data Bus 1 – 7 ke *port*.
8. Anoda (Pin 15) merupakan masukan tegangan positif *backlight* dan katoda (Pin 16) merupakan masukan tegangan negatif *backlight*.

2.2.10 IC LM358

Penguat OP-AMP berfungsi untuk menguatkan tegangan *output* dari *finger* sensor. Tegangan *output* dari sensor diterima dan dikuatkan oleh rangkaian penguat OP-AMP LM358 yang terdiri dari dua OP-AMP internal. Konfigurasi pin IC LM-358 ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Konfigurasi Pin IC LM-358.

Gambar 2.8 merupakan konfigurasi pin LM358 dengan dua OP-AMP internal yaitu:

1. Pin 1 dan pin 7 adalah *output* dari OP-AMP
2. Pin 2 dan pin 6 adalah input *inverting* (pembalik)
3. Pin 3 dan pin 5 adalah input *non inverting* (tak membalik)
4. Pin 4 adalah terminal GND dan pin 8 adalah VCC +

2.3 Teknik Analisis Data

2.3.1 Rata-rata

Rata-rata atau *mean* adalah hasil pembagian dari jumlah data yang diukur dengan pengambilan data atau banyaknya pengukuran [17]. Untuk mendapatkan rata-rata digunakan rumus (2-1).

$$\text{Rata-rata } (X) = \frac{\sum Xi}{n} \dots\dots\dots (2-1)$$

Keterangan :

$\sum Xi$ = Jumlah Nilai Data

n = Banyak Data (1,2,3,.....,n)

2.3.2 Error

Error (kesalahan) adalah selisih antara *mean* teradap masing-masing data [17]. Untuk mendapatkan *error* digunakan rumus (2-2).

$$\text{Error} = Y - X \dots\dots\dots (2-2)$$

Keterangan :

Y = Rata-rata Nilai Pembanding

X = Rata-rata Nilai Modul

2.3.3 Persentase *Error* (%)

Persentase *error* digunakan untuk membandingkan selisih antara rata-rata nilai yang dikehendaki dan rata-rata nilai yang terukur pada data [17]. Untuk mendapatkan persentase *error* dapat digunakan rumus (2-3).

$$\text{Persentase Error (\%)} = \frac{Y-X}{Y} \times 100 \dots\dots\dots (2-3)$$

Keterangan :

Y = Rata-rata Nilai Pembanding

X = Rata-rata Nilai Modul