

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian tentang *centrifuge* pernah dibuat oleh Agriansyah dari Teknik Elektromedik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta pada tahun 2016. Penelitian tersebut bertujuan untuk membuat alat *centrifuge* dengan kecepatan 1500 RPM dengan pewaktu. Sebagai otak pengendali sistem, digunakan *microcontroller* AT Mega 8. Penelitian ini sebagai salah satu bentuk untuk mewujudkan suatu alat *centrifuge* yang bekerja secara otomatis dan memiliki harga yang terjangkau. Dalam penelitian ini, alat *centrifuge* dapat bekerja pada kecepatan 1500 RPM dan menggunakan poin pewaktu 5, 10, 15 menit. Alat *centrifuge* ini diaplikasikan pada pemisahan larutan berupa darah dan urin sebagai alat penunjang laboratorium klinik. Dari hasil pengukuran waktu di dapatkan kesalahan nilai *error* dibawah 1,2% yaitu untuk waktu memutar sampel 5, 10, 15 menit. Disimpulkan memiliki hasil tingkat kesalahan (*persentse error*) yang masih memenuhi standart. Berdasarkan hasil pengukuran dan kesalahan nilai *error* dapat disimpulkan bahwa, modul yang dibuat dapat bekerja dengan baik dan bisa dimanfaatkan sebagai alat laboratorium yang digunakan untuk memutar sampel. Adapun kekurangan dari modul peneliti terdahulu yaitu menggunakan satu pemilihan kecepatan saja, motor dan *chasing* menimbulkan suara yang berisik, dan pembacaan kecepatan putar motor belum stabil. Untuk melakukan pengembangan penelitian selanjutnya dapat dikembangkan pembuatan *chasing* yang bagus sehingga menambahkan kesan indah [1].

Dari penelitian terdahulu alat *centrifuge* hanya memiliki satu pengaturan

kecepatan yaitu 1500 RPM, disertai pengaturan waktu putaran rotor 5, 10, dan 15 menit. Dimana hal tersebut sangatlah kaku dan hanya untuk pemisahan sampel dengan kecepatan 1500 RPM saja. Selain itu rotor yang dipergunakan dengan jenis rotor ayunan keluar. Untuk penelitian selanjutnya penulis akan merancang alat *centrifuge* dengan pengaturan kecepatan 1000 – 3000 RPM dengan kenaikan tiap 100 RPM, disertai pengaturan waktu 1-60 menit. Adapun rotor yang dipergunakan yaitu rotor sudut tetap dengan sudut kemiringan 45°.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 *Centrifuge*

Alat *centrifuge* adalah suatu alat yang berfungsi untuk memisahkan atau mengendapkan partikel-partikel dalam suatu larutan yang memiliki berat molekul yang berbeda-beda. Alat *centrifuge* menggunakan perputar motor untuk menghasilkan gaya sentrifugal yang timbul apabila suatu benda diputar pada satu titik. Gaya tersebut digunakan untuk melepaskan partikel-partikel terlarut tersebut dari ikatan antar partikelnya, dengan demikian didapat partikel-partikel secara homogen berdasarkan berat molekulnya. Besarnya gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh kecepatan motor bergantung pada kecepatan putar motor, semakin tinggi kecepatan putar motor, maka semakin besar gaya sentrifugal yang dihasilkan. Hal ini dinyatakan dalam hubungan secara matematis sebagai berikut :

$$F = m \cdot \frac{v^2}{R} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan

F = Besar gaya sentrifugal yang dihasilkan

m = Massa larutan

V = Kecepatan linear motor

R = Jarak ujung tabung ke titik poros

Dari persamaan di atas terlihat bahwa kecepatan motor mempengaruhi besarnya gaya sentrifugal yang dihasilkan. Oleh sebab itu alat *centrifuge* dilengkapi dengan pengaturan kecepatan putar motor dan juga dilengkapi dengan *timer* yang berfungsi untuk menentukan lamanya proses pemutaran motor [2].

Adapun untuk memutar *sampel* urin dengan kecepatan 1500-2000 RPM membutuhkan waktu 10 menit dengan sampel sebanyak kurang lebih 2-3 ml, untuk darah dengan kecepatan 2500-3000 RPM membutuhkan waktu 10 menit dengan sampel sebanyak 3-5 ml [1]. Untuk memberikan pemahaman mengenai bentuk dari alat *centrifuge* sederhana dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Alat *centrifuge* [3]

1. Prinsip Kerja *Centrifuge*

Dalam bentuk yang sangat sederhana *centrifuge* terdiri atas sebuah rotor dengan lubang – lubang untuk meletakkan cairan, wadah/ kuvet yang berisi cairan

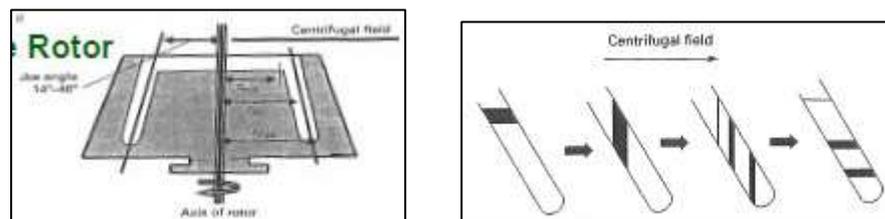
dan sebuah motor atau alat lain yang dapat memutar rotor pada kecepatan yang dikehendaki. Semua tambahan yang terdapat pada *centrifuge* modern, hanyalah perlengkapan untuk melakukan berbagai fungsi yang berguna dan mempertahankan kondisi lingkungan saat rotor tersebut bekerja. Komponen utama pada proses sentrifugasi ialah instrumen *centrifuge*, rotor, dan kuvet (wadah sampel). Sedangkan bagian yang sifatnya aksesoris umumnya bergantung mengikuti aplikasi yang akan dilakukan pada proses tersebut. Instrumen *centrifuge*, adalah bagian yang menjadi alat penggerak proses sentrifugasi karena di dalamnya memiliki motor yang mampu berputar dan memiliki pengaturan kecepatan perputar. *Centrifuge* laboratorium digunakan untuk pemisahan larutan dalam skala kecil.

Bahan yang akan disentrifugasi didistribusikan dalam jumlah yang sesuai tabung *centrifuge* yang pada gilirannya melekat secara simetris dalam blok berputar disebut rotor. Ada dua jenis rotor yaitu rotor sudut tetap dan rotor ayunan keluar. Sebuah rotor sudut tetap memegang *centrifuge* secara tetap pada sudut tertentu terhadap sumbu rotasi. Rotor ayunan keluar memegang tabung sejajar dengan sumbu rotasi saat rotor diam. Sedangkan saat rotor bergerak, tabung berayun sehingga selaras tegak lurus dengan sumbu rotasi. Rotor merupakan komponen sentrifus yang akan menentukan kecepatan yang akan diaplikasikan dari suatu proses sentrifugasi serta produk apa yang akan diinginkan dari proses tersebut. Berdasarkan bentuk dan produk hasilnya, rotor dibedakan atas 2 (dua) kategori umum yaitu:

a. Rotor Sudut Tetap

Pada bentuk rotor sudut tetap memiliki sudut kemiringan tetap pada proses sentrifugasi. Hal ini berakibat pada terbentuknya endapan (*pellet*) pada jarak terjauh

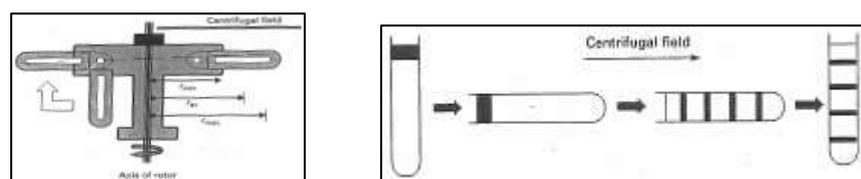
dari sumbu akibat gaya sentrifugal. Umumnya bentuk rotor sudut tetap ini mampu dioperasikan pada kecepatan yang sangat tinggi. Gambaran mengenai rotor sudut tetap dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Rotor Sudut Tetap [4]

b. Rotor Ayunan Keluar

Lain halnya dengan rotor ayunan keluar, yang memiliki bentuk berupa lengan utama yang dihubungkan dengan tempat peletakan tabung (*bucket*). Pada proses sentrifugasi ini rotor akan membentuk sudut siku sempurna untuk memisahkan partikel dan membentuk daerah yang mempermudah untuk pengambilan sampel bila tercampur. Untuk memberikan pemahaman mengenai bentuk dan konsep dari rotor ayunan keluar dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Rotor Ayunan Keluar [4]

Gaya yang berperan dalam sentrifus adalah gaya sentrifugal yang menyatakan bahwa setiap partikel yang berputar pada kecepatan sudut yang konstan memperoleh gaya keluar sebesar F . Besar gaya tergantung pada kecepatan sudut (ω) dan radius perputar (r, cm). Ketika tabung *centrifuge* yang berputar, aksi sentrifugal menciptakan induksi medan gravitasi dalam arah keluar relatif terhadap sumbu rotasi

dan ini mendorong partikel atau bahan endapan ke bagian bawah tabung. Kecepatan rotasi sentrifugal berkisar dari 1.000 – 15.000 RPM. Nilai G yang juga disebut sebagai *relative gaya sentrifugal* (RCF) nilai tergantung pada kecepatan rotasi serta cara dimana tabung *centrifuge* dipegang oleh rotor. Besarnya medan gravitasi diinduksi diukur dari segi nilai G. Cukup jelas nilai G dalam tabung *centrifuge* akan tergantung pada lokasi. Nilai tertinggi berada di dasar tabung dan nilai terendah berada di puncak. Ini berarti bahwa partikel akan mengalami peningkatan nilai G saat bergerak ke bagian bawah tabung *centrifuge*. Nomogram yang disediakan oleh produsen *centrifuge* menghubungkan jarak radial dan kecepatan rotasi dengan nilai G yang umum digunakan dalam perhitungan skala laboratorium. Nilai – nilai G yang digunakan di laboratorium sentrifugal berkisar dari 1.000 – 20.000 [4].

2. Jenis- jenis *Centrifuge*

Centrifuge mempunyai berbagai macam jenis, secara garis besar mempunyai 3 macam jenis yaitu :

a. *Centrifuge low speed*

Centrifuge low speed (*Centrifuge* yang mempunyai kecepatan maksimum 10.000 Rpm). *Centrifuge* sederhana ini kecepatan yang digunakan tidak terlalu besar, sehingga pada *centrifuge* ini jarang dilengkapi pendingin. *centrifuge* sederhana ini biasanya digunakan untuk memisahkan sampel yang memiliki massa jenis zat padat terlarut yang cukup kasar karena dengan kecepatan yang tidak terlalu besar sampel-sampel tersebut sudah bisa dipisahkan. Untuk memberikan pemahaman mengenai bentuk dari alat *centrifuge low speed* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4. *Centrifuge*

Centrifuge yang penulis buat dalam tugas akhir ini tergolong dalam *centrifuge low speed* karena kecepatannya hanya sampai 3000 Rpm.

b. *centrifuge high speed*

centrifuge high speed Mempunyai kecepatan antara 12.000-25.000 Rpm lebih cepat daripada *centrifuge* sederhana sehingga dilengkapi dengan pendingin yang menjaga agar sampel atau larutan yang diputar tidak terpengaruh lebih-lebih pada cairan yang hanya stabil pada temperatur rendah karena pada *centrifuge high speed*, suhu dalam cairan akan naik akibat gesekan. Untuk memberikan pemahaman mengenai bentuk dari alat *centrifuge high speed* dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 *Centrifuge High Speed*

c. *Centrifuge ultra* (kecepatannya mencapai 30.000-120.000 Rpm)

Centrifuge ultra ini kecepatannya sangat tinggi sehingga bagian-bagian sebuah sel yang kecilpun, misalnya seperti intisel dan ribosom dapat dipisahkan.

Kecepatan dapat ditingkatkan perlahan-lahan dengan sebuah kontaktor. Hal ini mencegah terjadinya motor hangus dan mencegah aus pada bantalan poros. Untuk memberikan pemahaman mengenai bentuk dari alat *centrifuge ultra speed* dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 *Centrifuge ultra*

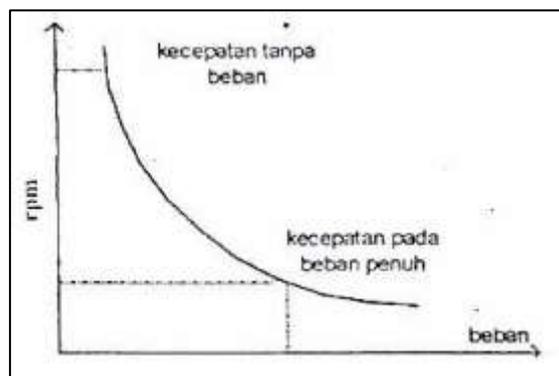
2.2.2 Motor Universal

Motor didefinisikan sebagai sebuah benda atau alat konversi energi, sedangkan motor listrik dapat didefinisikan sebuah benda atau alat yang mampu mengkonversi atau mengubah energi. Energi yang dirubah yaitu dari energi listrik menjadi energi mekanik dengan memiliki kecepatan tertentu melalui proses elektro magnet. Motor listrik memiliki jenis yang beragam. Dari *suplay* motor dibedakan menjadi dua, yaitu motor AC (*alternating current*) dan motor DC (*direct current*). Kemudian berdasarkan sumber energi listrik AC, motor listrik dapat dibedakan menjadi motor AC tiga fasa dan motor AC satu fasa. Kerja motor Seri AC sangat menyerupai motor seri DC, kecepatan menjadi tinggi dengan berkurangnya beban. Dalam motor seri yang sangat kecil, rugi-rugi biasanya cukup besar pada keadaan tanpa beban untuk membatasi kecepatan pada suatu nilai tertentu. Untuk arus jangkar yang besar,

kopelnya pun juga besar, sehingga memberikan kopel awal yang baik. Karena reaktans induktif berbanding lurus dengan frekuensi, maka karakteristik kerja motor AC seri lebih baik pada frekuensi yang lebih rendah. Beberapa motor seri dibuat dalam ukuran yang besar untuk melayani traksi yang besar dan dirancang untuk frekuensi yang rendah, yakni 25 Hz atau kurang. Akan tetapi motor AC seri yang mempunyai ukuran sepersekian daya kuda dirancang agar bekerja dengan baik pada frekuensi 50 atau 60 Hz. Untuk beberapa pemakaian diinginkan penggunaan motor seri yang dapat bekerja pada rangkaian AC maupun DC. Dengan rancangan sedemikian rupa, motor seri dibuat agar beroperasi dengan baik pada frekuensi 50-60 Hz atau pada tegangan DC 115 atau 230 V. Oleh sebab itu, suatu motor seri biasanya disebut *motor universal*. Motor universal merupakan suatu motor seri yang memiliki kemampuan untuk bekerja dengan sumber tegangan AC ataupun DC. Hal ini disebabkan sudut moment kaks dibuat tetap oleh kedudukan sikat dan biasanya pada nilai optimum 90° . Motor universal, umumnya daya kisarnya antara 10 sampai dengan 300 Watt, dan termasuk dalam motor 1 fasa karena pada motor tersebut dimasukan tegangan satu fase. Namun dalam praktik, sering dijumpai motor satu fase dengan lilitan 2 fase. Dikatakan demikian karena di dalam motor satu fase lilitan statornya terdiri atas 2 jenis lilitan, yaitu lilitan pokok dan lilitan bantu. Kedua jenis lilitan tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga arus yang mengalir pada masing-masing lilitan memiliki perbedaan fasa. Dengan kata lain bahwa arus yang mengalir pada lilitan pokok dan lilitan bantu tidak sefasa. Motor 1 fasa disebut motor fasa belah [5].

1. Karakteristik Motor Universal

Motor universal mempunyai karakteristik seri karena berputar pada kecepatan rata-rata bila bebannya juga rata-rata, dan apabila bebannya dikurangi maka kecepatannya akan naik. Motor ini mempunyai sifat-sifat yang sama seperti motor DC seri. Pada pembebanan ringan motor berputar dengan cepat dan menghasilkan kopel yang kecil. Tetapi pada keadaan pembebanan yang berat, maka motornya berputar secara perlahan-lahan dengan torsi yang besar. Jadi, motor mengatur kecepatannya sesuai dengan beban yang dihubungkan ke motor tersebut. Motor jenis ini banyak ditemui antara lain pada: dinamo mesin jahit rumah, mesin bor, mixer, dan lainnya. Untuk memberikan pemahaman mengenai karakteristik motor *universal* dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Karakteristik Kecepatan Motor *Universal* [5]

Untuk motor yang sama, apabila dihubungkan sumber tegangan AC umumnya didapatkan putar lebih tinggi. Putar motor universal biasanya tinggi, apalagi dalam keadaan tanpa beban (lihat Gambar 2.7). Maka dari itu, biasanya motor universal dihubungkan langsung dengan beban sehingga putar motor yang tinggi bisa

berkurang dengan pembebanan tersebut. Prinsip kerja motor universal mudah dimengerti dibandingkan dengan prinsip kerja motor DC [5].

Berdasarkan persamaan torsi

$$T = k \times I_a \times f \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan: T = momen kopel (Nm)

k = angka konstanta pembanding

I_a = arus jangkar (ampere)

f = fliks magnet (kg/A.s² atau tesla)

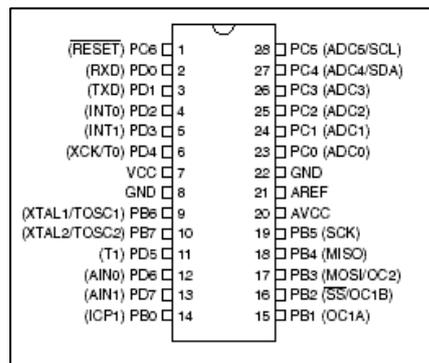
2.2.3 *Microcontroller*

Microcontroller, jika diterjemahkan secara harfiah, berarti pengendali yang berukuran mikro. Sekilas *microcontroller* hampir sama dengan mikroprosesor. Namun *microcontroller* memiliki banyak komponen yang terintegrasi di dalamnya, misalnya *timer/counter*. Sedangkan pada mikroprosesor, komponen tersebut tidak terintegrasi. Mikroprosesor umumnya terdapat pada komputer dimana tugas dari mikroprosesor adalah untuk memproses berbagai macam data *input* maupun *output* dari berbagai sumber. *Microcontroller* lebih sesuai untuk tugas-tugas yang lebih spesifik [6].

1. **MICROCONTROLLER AVR ATMEGA 8**

AVR merupakan salah satu jenis *microcontroller* yang di dalamnya terdapat berbagai macam fungsi. Pada AVR tidak perlu menggunakan *oscillator* eksternal karena di dalamnya sudah terdapat internal *oscillator*. Kelebihan dari AVR adalah memiliki *Power-On Reset*, yaitu tidak perlu ada tombol *reset* dari luar karena cukup

hanya dengan mematikan *supply*, maka secara otomatis AVR akan melakukan *reset*. Untuk beberapa jenis AVR terdapat beberapa fungsi khusus seperti ADC, EEPROM sekitar 128 *byte* sampai dengan 512 *byte*. AVR Atmega 8 adalah *microcontroller* CMOS 8-bit berarsitektur AVR RISC yang memiliki 8K *byte in-System Programmable Flash*. *Microcontroller* dengan konsumsi daya rendah ini, mampu mengeksekusi instruksi dengan kecepatan maksimum 16MIPS pada frekuensi 16MHz. Jika dibandingkan dengan ATmega8L, perbedaannya hanya terletak pada besarnya tegangan yang diperlukan untuk bekerja. Untuk ATmega8 tipe L, *microcontroller* ini dapat bekerja dengan tegangan antara 2,7 - 5,5 V, sedangkan untuk ATmega8 hanya dapat bekerja pada tegangan antara 4,5 – 5,5 V [7]. Adapun konfigurasi dari at mega 8 dapat dilihat pada Gambar 2.8 seperti di bawah ini:



Gambar 2. 8 Konfigurasi *Microcontroller* ATMega 8 [7]

2. PORT B

Port B merupakan jalur data 8bit yang dapat difungsikan sebagai input/output. Selain itu PORTB juga dapat memiliki fungsi alternatif seperti yang tertera pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2. 1 Pin PORT B

PORT PIN	<i>ALTERNATIVE FUNCTION</i>
PB7	<i>XTAL2 (chip clock oscillator Pin2) TOSC1 (Timer Oscillator Pin2)</i>
PB6	<i>XTAL2 (Chip clock oscillator Pin 1or External Clock Input) TOSCI (Timer Oscillator Pin 1)</i>
PB5	<i>SCK (SPI Bus Master Clock Input)</i>
PB4	<i>MISO (SPI Bus Master Input/Slave Output)</i>
PB3	<i>MOSI (SPI Bus Master Output/Slave Input) OC2 (Timer/Counter 2 Output Compare Match Output)</i>
PB2	<i>SS (SPI Bus Master Slave Select) OCIB (Timer/Counter 1 Output Compare Match)</i>
PB1	<i>OCIA (Timer/Counter 1 Output Compare Match A Output)</i>
PB0	<i>ICP (Timer/Counter 1 Input Capture Pin)</i>

- a. *XTAL1(PB6)* dan *XTAL2(PB7)* merupakan sumber *clock* utama *microcontroller*. Jika kita menggunakan *clock* internal (Tanpa *crystal*) maka PB6 dan PB7 dapat difungsikan sebagai *input/output* digital biasa. Namun jika kita menggunakan *clock* dari *crystal external* maka PB6 dan PB7 tidak dapat kita gunakan sebagai *input/output*.
- b. *TOSC1(PB6)* dan *TOSC2(PB7)* dapat difungsikan sebagai sumber *clock external* untuk *timer*.

- c. *MOSI*(PB3), *MISO*(PB4), *SCK*(PB5), *SS*(PB2) merupakan jalur komunikasi SPI. Selain itu pin ini juga berfungsi sebagai jalur pemrograman serial (*ISP*).
- d. *OC1A*(PB1), *OC1B*(PB2) dan *OC2*(PB3) dapat difungsikan sebagai keluaran *PWM* (*pulse width modulation*).
- e. *ICPI*(PB0), berfungsi sebagai *timer counter 1 input capture pin*.

3. PORT C

PORT C adalah jalur data 7bit yang dapat difungsikan sebagai *input/output* digital. Fungsi alternatif PORT C antara lain seperti pada Tabel 2.2 :

Tabel 2. 2 Pin PORT C

PORT PIN	<i>ALTERNATIVE FUNCTION</i>
PC6	<i>RESET</i> (reset pin)
PC5	<i>ADC5</i> (<i>ADC input Channel 5</i>) <i>SCL</i> (<i>Two-wire serial bus clock line</i>)
PC4	<i>ADC4</i> (<i>ADC input channel 4</i>) <i>SCL</i> (<i>Two-wire serial bus data input/output line</i>)
PC3	<i>ADC3</i> (<i>ADC input channel 3</i>)
PC2	<i>ADC2</i> (<i>ADC input channel 2</i>)
PC1	<i>ADC3</i> (<i>ADC input channel 1</i>)
PC0	<i>ADC3</i> (<i>ADC input channel 0</i>)

- a. *ADC* 6 channel (PC0,PC1,PC2,PC3,PC4,PC5) dengan resolusi 10bit. *ADC* dapat kita gunakan untuk mengubah input yang berupa tegangan analog menjadi *digital*.
- b. *I2C* (*SDA* dan *SDL*) merupakan salah satu fitur yang terdapat pada PORT C. *I2C* digunakan untuk komunikasi dengan sensor atau *device* lain yang memiliki komunikasi data type *I2C* seperti sensor *accelerometer nunchuck*, dll.

- c. *RESET* merupakan salah satu pin penting di *microcontroller*, *RESET* dapat digunakan untuk *restart* program. Pada *ATMega8* pin *RESET* dihubungkan dengan salah satu pin *IO* (PC6). Secara default PC6 ini didisable dan diganti menjadi pin *RESET*. Kita dapat mendisable fungsi pin *RESET* tersebut untuk menjadikan PC6 sebagai pin *input/output*. Kita dapat melakukan konfigurasi di *fusebit* untuk melakukan pengaturannya, namun disarankan untuk tidak merubahnya karena jika pin *RESET* *didisable* maka kita tidak dapat melakukan pemrograman melalui jalur *ISP*.

4. PORT D

PORTD merupakan jalur data 8bit yang masing-masing pinnya juga dapat difungsikan sebagai *input/output*. Sama seperti *PORTB* dan *PORTC*, *PORTD* juga memiliki fungsi alternatif seperti terlihat pada Tabel 2.3.

- a. *USART* (*TXD* dan *RXD*) merupakan jalur dan komunikasi serial dengan level sinyal *TTL*. Pin *TXD* berfungsi untuk mengirimkan data serial, sedangkan *RXD* kebalikannya yaitu sebagai pin yang berfungsi untuk menerima data serial.
- b. Interrup (*INT0* dan *INT1*) merupakan pin dengan fungsi khusus sebagai interupsi *hardware*.

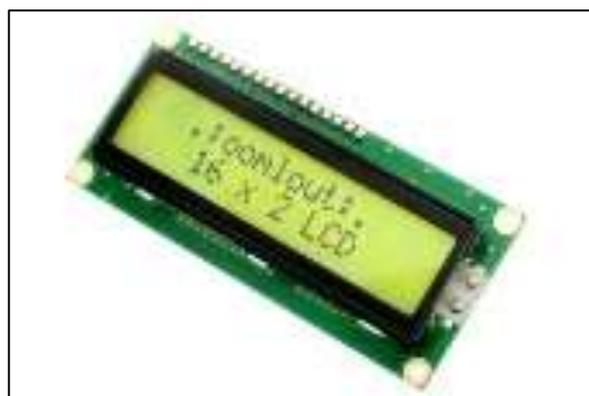
Tabel 2. 3 Pin PORT C

PORT PIN	<i>ALTERNATIVE FUNCTION</i>
PD7	<i>AIN1 (Analog Comparator Negative Input)</i>
PD6	<i>AIN0 (Analog Comparator Positive Input)</i>
PD5	<i>T1 (Timer/Counter 1 External Counter Input)</i>
PD4	<i>XCK (USART External Clock Input /Output)</i>

	<i>T0 (Timer/Counter 0 External Counter Input)</i>
PD3	<i>INT1 (External Input 1 Input)</i>
PD2	<i>INT0 (External Input 0)</i>
PD1	<i>TXD (USART Output Pin)</i>
PD0	<i>RXD (USART Input Pin)</i>

2.2.4 Liquid Crystal Display (LCD)

Display elektronik adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD 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 berfungsi sebagai penampil data. Untuk memberikan pemahaman mengenai bentuk dari LCD 16x2 dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Bentuk fisik LCD 16x2 [8]

Dalam modul LCD terdapat *microcontroller* yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter LCD. *Microntroller* pada suatu LCD dilengkapi

dengan memori dan register [8]. Adapun mengenai fungsi dari pin- pin pada LCD 16x2 dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Pin dan Fungsi LCD

PIN	NAMA	FUNGSI
1	Vss	<i>Ground Voltage</i>
2	Vcc	+5V
3	Vee	<i>Contrast Voltage</i>
4	RS	<i>Register Select. 0 = Instruction Register I = Data Register</i>
5	R/W	<i>Read / Write. 0 = Write Mode. I = Read Mode</i>
6	E	<i>Enable 0 = Start to lacht dat to LCD character I = disable</i>
7	DB0	LSB
8	DB1	-
9	DB2	-
10	DB3	-
11	DB4	-
12	DB5	-
13	DB6	-
14	DB7	MSB
15	BPL	<i>Back Plane Light</i>
16	GND	<i>Ground Voltage</i>

2.2.5 Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja *buzzer* hampir sama dengan *loud speaker*, jadi *buzzer* juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi *elektromagnet*. Kumparan akan tertarik ke dalam atau ke luar, 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. Frekuensi suara yang dikeluarkan oleh *buzzer* yaitu antara 1-5 KHz [9]. Untuk memberikan pemahaman mengenai bentuk dari *buzzer* dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Simbol *buzzer* [10]

2.2.6 Triac

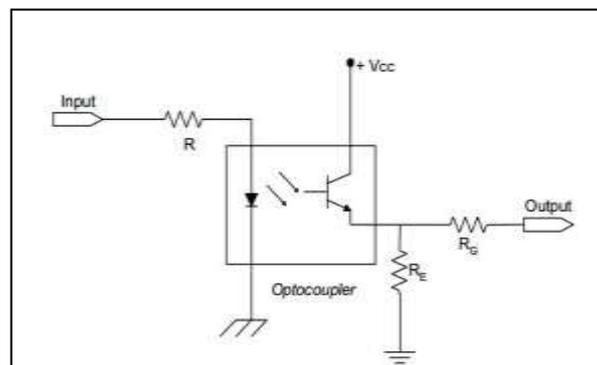
Triac, atau *triode for alternating current* (Trioda untuk arus bolak-balik) adalah sebuah komponen elektronik yang kira-kira ekuivalen dengan dua SCR yang disambungkan antiparalel dan kaki gerbangnya disambungkan bersama. *Triac* ini menunjukkan sakelar dwi arah yang dapat mengalirkan arus listrik kekedua arah ketika dipicu (dihidupkan). Ini dapat disulut baik dengan tegangan positif maupun negatif pada *electrode* gerbang. Sekali disulut, komponen ini akan terus menghantar hingga arus yang mengalir lebih rendah dari arus genggamnya. Tegangan yang dikontrol adalah AC 200 Volt hingga 600 Volt dan maksimal arus yang dapat dikontrol adalah sebesar 26 Ampere.

2.2.7 Optocoupler

Optocoupler merupakan piranti elektronika yang berfungsi sebagai pemisah antara rangkaian *power* dengan rangkain *control*. *Optocoupler* merupakan salah satu jenis komponen yang memanfaatkan sinar sebagai pemicu *on/off*. *Opto* berarti *optic*

dan *coupler* berarti pemicu, sehingga bisa diartikan bahwa *optocoupler* merupakan suatu komponen yang bekerja berdasarkan picu cahaya *optic*. *Opto-coupler* termasuk dalam sensor, dimana terdiri dari dua bagian yaitu *transmitter* dan *reciver*. Dasar rangkaian dapat ditunjukkan seperti pada Gambar 2.11.

Bagian pemancar atau *transmitter* dibangun dari sebuah led infra merah untuk mendapatkan ketahanan yang lebih baik daripada menggunakan led biasa. Sensor ini bisa digunakan sebagai isolator dari rangkaian tegangan rendah ke rangkaian tegangan tinggi. Selain itu juga bisa dipakai sebagai pendeteksi adanya penghalang antara *transmitter* dan *receiver* dengan memberi ruang uji dibagian tengah antara led dengan *photo transistor*. Penggunaan ini bisa diterapkan untuk mendeteksi putar motor atau mendeteksi lubang penanda disket pada *disk drive computer*.



Gambar 2. 11 *Optocoupler*

2.2.8 Rata – rata

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

$$\mathbf{Rata - Rata (\bar{X}) = \frac{\sum Xi}{n} \dots\dots\dots(2.3)}$$

Keterangan :

\bar{X} = rata – rata

$$\begin{aligned}\sum X_i &= \text{Jumlah nilai data} \\ n &= \text{Banyak data (1,2,3,\dots,n)}\end{aligned}$$

2.2.9 Simpangan

Simpangan adalah selisih dari rata-rata nilai harga yang dikehendaki dengan nilai yang diukur. Simpangan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Simpangan} = Y - \bar{X} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

Y = pengaturan kecepatan motor

\bar{X} = rerata

2.2.10 Presentasi Error

Error adalah selisih antara *mean* terhadap masing-masing data. Error dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Error \%} = \left(\frac{\text{DataSetting} - \text{Re rata}}{\text{Datasetting}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots(2.5)$$

2.2.11 Standart Deviasi (SD)

Standart deviasi adalah suatu nilai yang menunjukkan tingkat (derajat) variasi kelompok data atau ukuran *standart* penyimpangan dari *meannya*. Jika standard deviasi semakin kecil maka data tersebut semakin presisi. Setandart deviasi dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\boxed{SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}}}$$

\dots\dots\dots(2.6)

Keterangan :

SD = standart deviasi

\bar{X} = nilai yang dikehendaki

Σ = jumlah

n = jumlah pengukuran