

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Pada penelitian sebelumnya dilakukan oleh Muhammad Denny Aulia Akbar dengan judul “*Pengembangan Peralatan Micromotor untuk Meningkatkan Daya Saing Produk Nasional Dalam Bidang Instrumen Kedokteran Gigi*” dimana membahas mengenai perancangan, pengembangan, dan realisasi peralatan *dental micromotor*. Tujuan dari penelitian tugas akhir yang dilakukan oleh peneliti terdahulu adalah menghasilkan suatu produk *dental micromotor* yang memiliki teknologi yang kompetitif, inovatif dan berdaya saing tinggi baik di pasar lokal maupun internasional, yang pada akhirnya diharapkan dapat menumbuhkan perekonomian Indonesia. Rancangan *dental micromotor* yang dibangun terdiri dari tiga sistem utama yaitu *electrical system*, *mechanical system*, dan *human interface*. Beberapa pengembangan yang dilakukan antara lain dengan menggunakan *switching power supply*, dan penggunaan dua buah *ball bearing* pada komutator motor DC untuk mengurangi gesekan yang ditimbulkan oleh putaran motor [3].

Sedangkan pada penelitian ini, dengan judul tugas akhir “*Pengontrolan Kecepatan Dental Micromotor Berbasis Microcontroller Arduino*” akan membahas pengontrolan kecepatan dan arah putaran *dental micromotor* dengan sistem *microcontroller* yang diatur melalui tombol *up/down* sebagai pengaturan kecepatan rpm dan arah putaran. Dimana pada penelitian ini mengharapkan

memudahkan operator dalam pembentukan dan pemolesan *protesa* gigi yang dibutuhkan bagi seseorang yang mengalami pencabutan gigi akibat gigi berlubang dan trauma.

2.2. Landasan Teori

2.2.1 *Dental unit*

Dapat dilihat gambar dibawah ini, merupakan gambar keseluruhan dari *dental unit*,



Gambar 2.1 *Dental unit*

Dental unit adalah suatu alat yang dipakai oleh dokter gigi untuk membantu pemeriksaan dan menentukan terapi yang dapat diberikan kepada pasien. Secara umum untuk membantu perawatan gigi dan mulut (pengeboran, penambalan, pembersihan, dan pemeriksaan). Prinsip kerja *dental unit* dengan sistem konvensional dapat menggunakan *micromotor* dengan kecepatan putaran 20.000-40.000 Rpm dengan sistem *air jet*, putaran bor menggunakan sistem tekanan udara dari compressor, kecepatan sampai 40.000 Rpm. Air akan keluar dari *handpiece* dengan *control* dari *tool switch*, *saliva enjektor* berfungsi untuk menyedot cairan.

2.2.1.1 Sumber Tenaga *Dental Unit*

Dental unit pada umumnya mempunyai 3 sumber tenaga yaitu :

- a. Sumber tenaga listrik untuk memberikan catu daya pada semua sistem elektrik misalnya : lampu operasi, *switch valve electric*, sistem hidrolik, dan *micromotor*. Juga diaplikasikan pada sistem *dental chair* untuk semua gerakan (naik, turun, menyandar, dan duduk).
- b. Sumber tenaga udara untuk memberikan pada semua sistem yang bekerja berdasarkan tekanan udara. Udara bertekanan ini berasal dari *compressor* (tekanan yang dibutuhkan sekitar 2,5 atm sampai 4 atm). Tekanan maksimal dari *compressor* dapat mencapai 7 atm. Sistem atau bagian yang bekerja berdasarkan tekanan misalnya : *turbine jet/bor jet*, *switch valve*, *spray git*, *scaller*, dan sistem hidrolik pada kursi atau *chair dental*.
- c. Sumber tenaga air digunakan untuk pada sistem pendinginan *turbine jet/bor jet*, *spray git*, dan pembuangan kotoran. Tekanan yang dibutuhkan minimal 1 atm. Walaupun tekanan air yang dihasilkan juga berasal dari tekanan yang dihasilkan dari *compressor*.

2.2.1.2 Tipe-tipe *Dental unit*

Dental unit memiliki beberapa tipe, diantaranya:

- a. Tipe *Fixed Pedestal*

Adalah sebuah unit kedokteran gigi dengan landasan dan dipasang tetap pada lantai.

- b. Tipe *Chair Mountaid*

Adalah sebuah unit kedokteran gigi yang dipasang tetap pada kursi pasien kedokteran gigi.

c. Tipe *Mobile*

Adalah sebuah unit kedokteran gigi yang dapat dipindah dengan mudah melalui peralatan bantu yang sudah terpasang pada unit itu.

d. Tipe *Console*

Adalah sebuah unit kedokteran gigi yang dipasang secara tetap dimana saja.

e. Tipe *Portabel*

Adalah sebuah unit kedokteran gigi yang dapat dibawa dengan mudah kemana saja diperlukan.

2.2.1.3 Bagian-bagian *dental unit*

Dental unit merupakan satu kesatuan alat kesehatan yang digunakan pada kedokteran gigi. Bagian-bagian dari *dental unit* dapat dilihat dibawah ini,



Gambar 2.2 Bagian-bagian *dental unit*

Keterangan:

1. *Dental chair (kursi gigi pasien).*
2. *Three way syringe.*
3. *Operating lamp.*
4. *Contra angle handpiece.*
5. *Slow and speed handpiece.*
6. *Dental stool.*
7. *Separator.*
8. *Foot controller.*
9. *Tray assembly.*
10. *Water unit.*
11. *Saliva ejector.*

Beberapa penjelasan bagian-bagian *dental unit* dibawah ini:

a. *Dental Chair (Kursi Gigi pasien)*

Kegunaan *dental chair* diantaranya:

1. Tempat duduk pasien, dimana berfungsi untuk mendudukan pasien ketika dilakukan perawatan, dental chair dapat digerakan naik turun sesuai dengan posisi nyaman yang dikehendaki dalam melakukan perawatan.
2. Tempat meletakkan tangan pasien, agar ketika dilakukan perawatan pasien dapat duduk nyaman dengan tangan releks. Bagian ini dapat dibuka dengan cara menarik ke atas, ke bawah, atau ke samping luar yang akan memudahkan pasien ketika akan duduk di dental chair atau keluar dari dental chair, sehingga tidak tersangkut pada dudukan tangan.
3. Tempat untuk sandaran dari badan pasien, dimana sandaran ini dapat diatur letaknya sesuai dengan kenyamanan kerja dokter gigi dan pasien ketika proses perawatan gigi.

b. *Suction dan Saliva ejector.*

Suction digunakan sebagai penyaring *saliva* untuk mempermudah operator dalam bekerja dan *Saliva ejector* digunakan untuk menghisap *saliva* atau air liur pada kavitas sehingga membuat daerah kerja menjadi kering.

c. *Lampu / Operating Lamp.*

Operating lamp digunakan sebagai sumber penerangan atau penyorotan yang digunakan dokter gigi dalam memeriksa rongga mulut pasien. *Operating light* bisa digantikan dengan *head lamp* jika tidak ada.

d. *Dental Light Cure*

Dental Light Cure adalah penambalan berwarna gigi, digunakan untuk pengerasan bahan tambalan gigi yang dilakukan dengan penyorotan dan merupakan sistem jenis ini penambalan terbaik. Karena dengan penambalan jenis ini pasien tidak perlu berlama-lama menunggu pengerasan bahan tambalan gigi. Pengerasan gigi hanya membutuhkan waktu sekitar satu jam setelah penambalan maka pasien sudah dapat kembali melakukan aktivitas makan seperti biasa.

e. *Three Way syringe*

Three way syringe digunakan untuk memberikan udara, air atau kombinasi semprotan udara dan air. Udara, air dan kombinasi semprotan membantu menjaga rongga mulut bersih dan kering serta melindungi gigi dari panas yang dihasilkan oleh *drill handpiece*.

f. *Dental Stool*

Dental stool digunakan Sebagai tempat duduk bagi operator dalam melakukan pemeriksaan dan perawatan.

g. *Foot Controller*

Foot controller digunakan untuk mengatur kecepatan sumber penggerak pada dental unit menggunakan kaki operator.

h. *Handpiece Air Turbine*

Handpiece jenis ini digunakan dalam persiapan untuk menghapus sebagian besar enamel, pengeboran pada gigi berlubang dan plak pada kavitas gigi. Kecepatan berkisar dari 380.000 menjadi 400.000 rpm tergantung pada model. *Handpiece air turbine* mempunyai kecepatan yang tinggi dimana, *handpiece air turbine* dioperasikan oleh tekanan udara. Keuntungan dari turbin adalah strukturnya yang sederhana dan juga bobot yang lebih ringan. Namun, selama bertahun-tahun, efek yang merugikan pada pendengaran operator karena suara frekuensi tinggi yang dipancarkan oleh *turbine* telah menjadi masalah yang signifikan[15].

i. *Dental Micromotor*

Dental micromotor dapat berjalan sendiri tanpa bergabung dengan *dental unit*, tetapi dental micromotor ini masih manual. Gambar *dental micromotor* yang berdiri sendiri dapat dilihat dibawah ini,



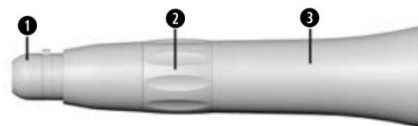
Gambar 2.1 *Dental Micromotor Manual*

Dental micromotor merupakan *handpiece* yang mempunyai kecepatan lambat untuk pemolesan dan pembersihan karang gigi, atau biasanya dikombinasikan dengan *scaler ultrasonic*. *Dental micromotor* biasanya digunakan untuk pemolesan atau pembersihan gigi dengan menggunakan listrik. Prinsip kerjanya *handpiece micromotor* yaitu pergerakan dilakukan oleh motor listrik *Direct Current*(DC) . Bor dapat berputar secara bervariasi dari 0 sampai 30.000 rpm dan dapat bergerak kanan atau kiri. Ini memberikan torsi yang sangat tinggi. Torsi tinggi ini adalah keuntungan saat memoles namun sangat merugikan pengeboran jaringan yang tidak akan dihapus (misalnya tulang) Ada beberapa *handpiece dental micromotor* mempunyai bentuk kepala *handpiece* sudut *contra-angle*.

Handpiece dental micromotor dengan prinsipnya menggunakan tenaga listrik tidak memperlambat atau berhenti saat bor memoles struktur gigi atau bahan palsu yang berbeda. Mereka terus memoles dengan kecepatan konstan tanpa memperhatikan bebannya. Dibandingkan dengan *air turbine handpiece*, *handpiece dental micromotor* jauh lebih stabil. Bor

pada *handpiece dental micromotor* mempunyai getaran jauh lebih sedikit dibandingkan dengan *air turbine handpiece* dan mempunyai tingkat presisi yang baik untuk pemolesan struktur gigi. Beberapa unit *dental micromotor* memiliki fasilitas pendinginan air tetapi, pendinginan air ini tidak terlalu dibutuhkan dikarenakan *dental micromotor* mempunyai kecepatan *low speed* dan tidak menimbulkan panas yang berlebih sehingga tidak diperlukan pendinginan air [13][15].

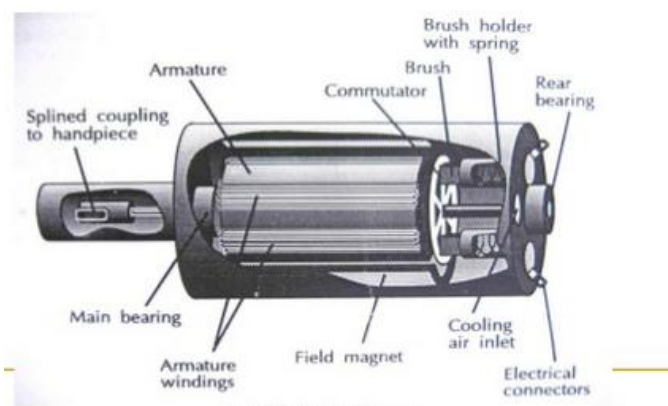
Bagian-bagian *handpiece micromotor* dapat dilihat pada gambar dibawah ini,



Gambar 2.2 Kepala *Handpiece Micromotor*

Keterangan:

1. Kepala handpiece
2. *Chuck ring*
3. Selongsong



Gambar 2.3 Bagian-bagian *Electric Motor*

Handpiece micromotor dan *air turbine micromotor* mempunyai perbedaan, dapat dilihat dibawah ini:

1. *Dental micromotor*

- a) Prinsip kerjanya menggunakan motor DC(*Direct Current*) elektrik.
- b) Mempunyai kecepatan *low speed* (kisaran 0-30.000 rpm).
- c) *Dental micromotor* digunakan untuk pembersihan bekas tambalan yang sudah rusak, sebagai pemolesan protesa dan dapat juga digunakan sebagai pembersihan karang gigi.
- d) *Dental micromotor* mempunyai bentuk *handpiece straight* dan ada beberapa mempunyai sudut *contra angle*.
- e) Mempunyai sistem putaran *contra-angle* (kanan atau kiri).
- f) *Dental micromotor* dapat pisah dari *dental unit*, jadi lebih *mobile*.

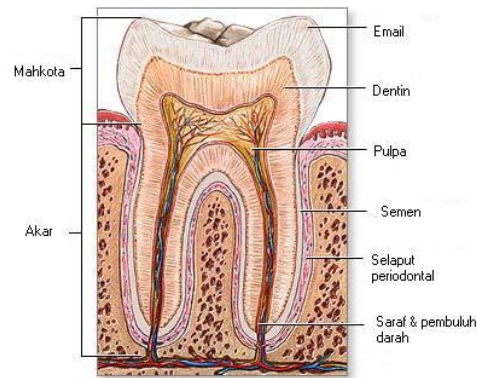
2. *Air turbine handpiece*

- a) Prinsip kerjanya menggunakan tekanan udara.
- b) Mempunyai kecepatan *high speed* (380.00 menjadi 400.000 rpm).
- c) *Air turbine handpiece* digunakan sebagai pengeburan gigi.
- d) *Air turbine handpiece* mempunyai bentuk sudut *contra-angle* pada kepala *handpiece*.
- e) *Air turbine handpiece* menjadi satu bagian dari *dental unit*.

2.2.2 Gigi

Gigi adalah alat pencernaan mekanik yang terdapat pada bagian mulut. Gigi berfungsi untuk merobek, memotong dan mengunyah makanan sebelum

makanan tersebut akan masuk ke kerongkongan. Gigi memiliki struktur keras sehingga memudahkan untuk menjalankan fungsinya.



Gambar 2.4 Bagian – bagian gigi

Gigi manusia yang sempurna dan terstruktur memiliki 4 lapisan, yaitu:

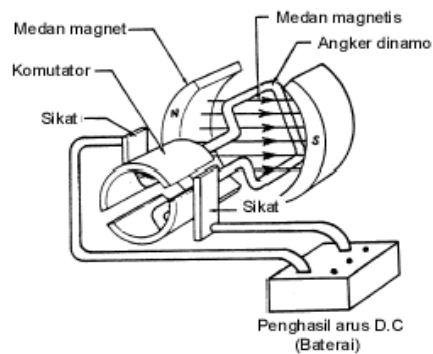
- a. Email Gigi, merupakan lapisan yang melapisi bagian mahkota gigi. Email gigi merupakan bagian sangat keras karena tersusun oleh kalsium dengan konsentrasi yang sangat tinggi. Bagian email gigi paling keras terletak pada bagian mahkota yang fungsinya sebagai pelindung, kemudian semakin ke bawah maka email gigi semakin tipis hingga akhirnya hilang ketika memasuki akar gigi.
- b. Sementum Gigi, merupakan bagian gigi yang melapisi akar gigi. Sementum berfungsi untuk menghubungkan gigi dengan rahang tempatnya tumbuh. Struktur Sementum tidaklah sekeras email pada mahkota gigi. Semen akan semakin tebal seiring bertambahnya usia.
- c. Tulang Gigi (*dentin*), merupakan lapisan gigi yang terdapat setelah lapisan email gigi pada mahkota dan terdapat setelah lapisan sementum pada akar gigi. *Dentin* memiliki struktur seperti tulang namun lebih keras, karena memiliki konsentrasi kalsium yang lebih tinggi, oleh karena itu ia sering

disebut Tulang Gigi. *Dentin* merupakan struktur terluas pada gigi karena melapisi seluruh tubuh gigi, dari mahkota sampai akar.

- d. Rongga Gigi (*Pulpa*), merupakan jaringan lunak pada tengah gigi yang berbentuk rongga dan terisi oleh pembuluh darah dan pembuluh saraf. *Pulpa* berfungsi untuk memberikan nutrisi pada gigi karena memiliki pembuluh darah, juga berfungsi untuk mengidentifikasi apabila terdapat zat asing dalam gigi karena memiliki pembuluh saraf. *Pulpa* juga berfungsi untuk membentuk lapisan *dentin* [4].

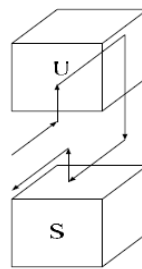
2.2.3 Motor DC

Motor DC membutuhkan *supply* tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar pada medan magnet, maka akan timbul tegangan Gaya Gerak Listrik(GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik fasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet. Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas di antara kutub- kutub magnet permanen.



Gambar 2.5 Motor D.C Sederhana

Pada motor DC, daerah kumparan medan yang dialiri arus listrik akan menghasilkan medan magnet yang melingkupi kumparan jangkar dengan arah tertentu. Konversi dari energi listrik menjadi energi mekanik (motor) maupun sebaliknya berlangsung melalui medan magnet, dengan demikian medan magnet disini selain berfungsi sebagai tempat untuk menyimpan energi, sekaligus sebagai tempat berlangsungnya proses perubahan energi, daerah tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.6 Prinsip kerja motor DC

Agar proses perubahan energi mekanik dapat berlangsung secara sempurna, maka tegangan sumber harus lebih besar daripada tegangan gerak yang disebabkan reaksi lawan. Dengan memberi arus pada kumparan jangkar yang dilindungi oleh medan maka menimbulkan perputaran pada motor.

Di dalam medan magnet inilah jangkar/rotor berputar. Jangkar yang terletak di tengah motor memiliki jumlah kutub yang ganjil dan pada setiap kutubnya terdapat lilitan. Lilitan ini terhubung ke area kontak yang disebut komutator. Sikat (*brushes*) yang terhubung ke kutub positif dan negatif motor memberikan daya ke lilitan sedemikian rupa sehingga kutub yang satu akan ditolak oleh magnet permanen yang berada di dekatnya, sedangkan lilitan lain akan ditarik ke magnet permanen yang lain sehingga menyebabkan jangkar berputar. Ketika jangkar berputar, komutator mengubah lilitan yang mendapat pengaruh polaritas medan magnet sehingga jangkar akan terus berputar selama kutub positif dan negatif motor diberi daya. Kecepatan putar motor DC (N) dirumuskan dengan Persamaan berikut:

$$N = \frac{V_{TM} - I_A \cdot R_A}{K\phi} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

V_{TM} = Tegangan terminal

I_A = Arus jangkar motor

R_A = Hambatan jangkar motor

K = Konstanta motor

ϕ = *Fluks* magnet yang terbentuk pada motor

Dalam memahami sebuah motor, penting untuk mengerti apa yang dimaksud dengan beban motor. Beban dalam hal ini mengacu kepada keluaran tenaga putar / *torque* sesuai dengan kecepatan yang diperlukan. *Torque*(torsi) merupakan gaya yang digunakan untuk menggerakkan sesuatu dengan jarak dan

arah tertentu. Makin besar arus listrik yang mengalir pada armatur motor DC maka makin besar pula torsi motor. *Torque* dapat dijelaskan dengan rumus dibawah ini,

$$T = F.l \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

T= Torsi

F= Gaya

l= Jarak

Untuk menentukan arah putaran motor digunakan kaedah *Flamming* tangan kiri. Kutub-kutub magnet akan menghasilkan medan magnet dengan arah dari kutub utara ke kutub selatan. Jika medan magnet memotong sebuah kawat penghantar yang dialiri arus searah dengan empat jari, maka akan timbul gerak searah ibu jari. Gaya ini disebut gaya Lorentz, yang besarnya sama dengan F. Dimana, gaya lorentz dapat dilihat dibawah ini,

$$F = B.i.l. \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

F = Gaya Lorentz

B = Medan magnet

i = Kuat arus listrik

l = Panjang kawat penghantar

Prinsip motor : aliran arus di dalam penghantar yang berada di dalam pengaruh medan magnet akan menghasilkan gerakan. Besarnya gaya pada

penghantar akan bertambah besar jika arus yang melalui penghantar bertambah besar[5].

2.2.4 Arduino Uno

Arduino Uno adalah *board* berbasis *microcontroller* pada ATmega328. *Board* ini memiliki 14 digital *input / output* pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input* analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *jack* listrik tombol *reset*. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung *microcontroller*, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari adaptor AC-DC atau baterai untuk menggunakannya.

Board Arduino Uno memiliki fitur-fitur baru sebagai berikut :

a. 1,0 pin *out*: tambah SDA dan SCL pin yang dekat ke pin aref dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat ke pin *RESET*, dengan IO REF yang memungkinkan sebagai *buffer* untuk beradaptasi dengan tegangan yang disediakan dari *board* sistem. Pengembangannya, sistem akan lebih kompatibel dengan prosesor yang menggunakan AVR, yang beroperasi dengan 5V dan dengan Arduino karena yang beroperasi dengan 3.3V. Sedangkan yang kedua adalah pin tidak terhubung, yang disediakan untuk tujuan pengembangannya.

b. *Circuit Reset*

Saluran ini mempunyai sifat *LOW* untuk mereset *microcontroller*. Secara khusus, digunakan untuk menambahkan sebuah tombol *reset* untuk melindungi yang *block* sesuatu pada *board*.

Dapat dilihat dibawah ini, gambar *board* arduino dan kabel USB *downloader* yang digunakan untuk *upload* program,

Gambar 2.7 *Board* Arduino UnoGambar 2.8 Kabel Usb *Board* Arduino Uno

2.2.4.1 Deskripsi Arduino Uno

Tabel 2.1 Deskripsi Arduino uno

<i>Microcontroller</i>	Atmega328
<i>Operasi Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage</i>	7-12 V(Rekomdasi)
<i>Input Voltage</i>	6-20(<i>limits</i>)
<i>I/O</i>	14 pin (6 pin untuk PWM)
<i>Arus</i>	50 mA
<i>Flash Memory</i>	32 KB, 0.5 digunakan untuk <i>bootloader</i>
<i>SRAM</i>	2 KB
<i>EEPROM</i>	1 KB
<i>Kecepatan</i>	16 MHz

a. Catu Daya

Arduino Uno dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya *eksternal*. Sumber listrik dipilih secara otomatis. *Eksternal (non- USB)* daya dapat datang baik dari AC-DC adaptor atau baterai. Adaptor ini dapat dihubungkan dengan cara menghubungkannya *plug* pusat-positif 2.1 mm ke dalam *board*

colokan listrik. *Lead* dari baterai dapat dimasukkan ke dalam *header* pin Ground dan *V in* dari konektor *Power*.

Board dapat beroperasi pada pasokan daya dari 6 - 20 *volt*. Jika diberikan dengan kurang dari 7 *volt*, bagaimanapun pin 5 *volt* dapat menyuplai kurang dari 5 *volt* dan *board* mungkin tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12V, regulator tegangan bisa panas dan merusak *board*. Rentang yang dianjurkan adalah 7 - 12 *volt*.

Pin catu daya adalah sebagai berikut:

1. *V in*. Tegangan *input* ke *board* Arduino ketika menggunakan sumber daya *eksternal* (sebagai lawan dari 5 *volt* dari koneksi USB atau sumber daya lainnya diatur). Anda dapat menyediakan tegangan melalui pin ini, atau, jika memasok tegangan melalui colokan listrik, mengaksesnya melalui pin ini.
2. 5 *volt*. Catu daya diatur digunakan untuk daya *microcontroller* dan komponen lainnya di board. Hal ini dapat terjadi baik dari *V in* melalui regulator *on-board*, atau diberikan oleh USB .
3. 3,3 *volt* pasokan yang dihasilkan oleh regulator *on-board*. Menarik arus maksimum adalah 50 mA.
4. *Ground*.

2.2.4.2 Memori

ATmega328 ini memiliki 32 KB dengan 0,5 KB digunakan untuk *loading file*. Ia juga memiliki 2 KB dari SRAM dan 1 KB dari EEPROM.

2.2.4.3 Input & Output

Masing-masing dari 14 pin digital pada Uno dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digitalRead()* yang beroperasi di 5 *volt*. Setiap pin dapat memberikan atau menerima maksimum 40 mA dan memiliki resistor *pull-up internal* dari 20-50 K Ω . Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus:

1. Serial: 0 (Rx) dan 1 (Tx). Digunakan untuk menerima (Rx) dan mengirimkan (Tx) data TTL serial. Pin ini terhubung ke pin yang sesuai dari *chip* ATmega8U2 USB-to-Serial TTL.
2. *Eksternal* Interupsi: 2 dan 3. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu interupsi pada nilai yang rendah, tepi naik atau jatuh, atau perubahan nilai.
3. PWM: 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Menyediakan 8-bit *output* PWM dengan *analogWrite ()* fungsi.
4. SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan perpustakaan SPI.
5. LED: 13. Ada *built-in* LED terhubung ke pin digital 13. Ketika pin adalah nilai TINGGI, LED menyala, ketika pin adalah RENDAH, itu *off*.

Uno memiliki 6 *input* analog, diberi label A0 melalui A5, masing-masing menyediakan 10 bit resolusi yaitu 1024 nilai yang berbeda. Secara *default* sistem mengukur dari tanah sampai 5 *volt*.

1. TWI: A4 atau SDA pin dan A5 atau SCL pin. Mendukung komunikasi TWI.

2. *Aref*. Referensi tegangan untuk *input* analog. Digunakan dengan *analogReference* ().
3. *Reset*.

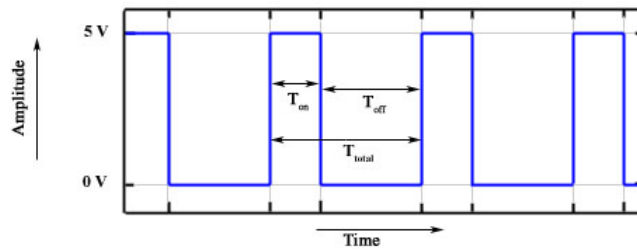
2.2.4.4 Otomatis Software Reset

Tombol *reset* Arduino Uno dirancang untuk menjalankan program yang tersimpan didalam *microcontroller* dari awal. Tombol *reset* terhubung ke Atmega328 melalui kapasitor 100nf. Setelah tombol *reset* ditekan cukup lama untuk me-*reset chip*, *software Integrated Development Environment (IDE)* Arduino dapat juga berfungsi untuk meng-*upload* program dengan hanya menekan tombol *upload* di *software IDE* Arduino.[7]

2.2.5 Pulse Width Modulation (PWM)

Pengaturan Lebar Pulsa Modulasi atau PWM merupakan salah satu teknik yang cerdas yang digunakan dalam sistem kendali (*Control System*) saat ini. Pengaturan lebar modulasi digunakan di berbagai bidang yang sangat luas, salah satu diantaranya adalah *Speed Control* (kendali kecepatan), *Power Control* (kendali sistem tenaga), *Measurement and Communication* (pengukuran atau instrumentasi dan telekomunikasi).

Modulasi lebar pulsa (PWM) dicapai / diperoleh dengan bantuan sebuah gelombang kotak yang mana siklus kerja (*duty cycle*) gelombang dapat diubah-ubah untuk mendapatkan sebuah tegangan keluaran yang bervariasi yang merupakan nilai rata-rata dari gelombang tersebut. *Duty Cycle* adalah " siklus kerja " . Artinya presentase dari satu periode dimana suatu sinyal aktif. Lebih jelasnya mari kita simak gambar di bawah ini.



Gambar 2.9 Prinsip Kerja PWM

Ton adalah waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi tinggi (baca : *high* atau 1). *Toff* adalah waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi rendah (baca : *low* atau 0). Anggap *Ttotal* adalah waktu satu siklus atau penjumlahan antara *Ton* dengan *Toff*, biasa dikenal dengan istilah “periode satu gelombang”.

$$T_{total} = T_{on} + T_{off} \dots\dots\dots (2.4)$$

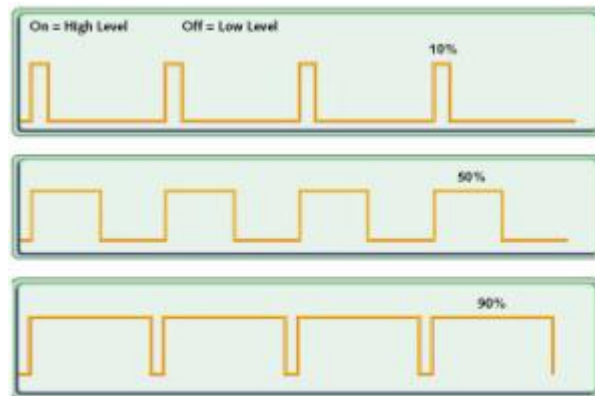
siklus kerja atau *duty cycle* sebuah gelombang didefenisikan sebagai,

$$D = \frac{T_{on}}{(T_{on}+T_{off})} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Tegangan keluaran dapat bervariasi dengan *duty-cycle* dan dapat dirumuskan sebagai berikut,

$$V_{out} = D \times V_{in} \text{ sehingga : } V_{out} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \times V_{in} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dari rumus diatas dapat disimpulkan bahwa, tegangan keluaran dapat diubah-ubah secara langsung dengan mengubah nilai *Ton*. Apabila *Ton* adalah 0, *Vout* juga akan 0. Apabila *Ton* adalah *Ttotal* maka *Vout* adalah *Vin* atau katakanlah nilai maksimumnya. Kita lihat contoh lain, Grafik di bawah ini menggambarkan beberapa PWM dalam *Duty cycle* yang berbeda,



Gambar 2.10 Grafik *Duty Cycle*

Untuk setiap siklus, kita bisa memberi nilai dari 0 hingga 255. Ketika kita memberikan angka 0, berarti pada nilai tersebut tidak akan pernah bernilai 5 volt (nilai selalu bernilai 0 volt). Sedangkan jika kita memberikan nilai 255, maka sepanjang siklus akan bernilai 5 volt (tidak pernah 0 volt). Jika kita memberikan nilai 127 (kita anggap setengah dari 0 hingga 255, atau 50% dari 255), maka setengah siklus akan bernilai 5 volt, dan setengah siklus lagi akan bernilai 0 volt. Sedangkan jika memberikan 25% dari 255 ($1/4 * 255$ atau 64), maka $1/4$ siklus akan bernilai 5 volt, dan $3/4$ sisanya akan bernilai 0 volt, dan ini akan terjadi 500 kali dalam 1 detik[8].

2.2.6 *Liquid Crystal Display (LCD)*

Dibawah ini dapat dilihat gambar LCD 2x16,



Gambar 2.11 *Liquid Crystal Display (LCD)*

Display LCD 2x16 berfungsi sebagai penampil nilai kuat induksi medan elektromagnetik yang terukur oleh alat. LCD yang digunakan pada alat ini mempunyai lebar *display* 2 baris 16 kolom atau biasa disebut sebagai LCD *Character* 2x16, dengan 16 pin konektor, yang didefinisikan sebagai berikut:

Tabel 2.2 Fungsi PIN LCD

PIN No.	Simbol	Level	Fungsi
1	VSS	-	<i>Ground</i>
2	VDD	-	<i>Power Supply for Logic (+5V)</i>
3	VO	-	<i>Power Supply for LCD</i>
4	RS	H/L	<i>Register Selection</i> <i>H: Display Data L: Intruction Code</i>
5	R/W	H/L	<i>Read/Write Selection</i> <i>H: Read Operation L: Write Operation</i>
6	E	H,H L _	<i>Enable Signal. Read data when E is "H" ,</i> <i>write data at the falling edge of H.</i>
7	DB0	H/L	<i>In 8-bit mode, used as low order bi-</i> <i>directional data bus,</i> <i>In 4-bit mode, open these terminal.</i>
8	DB1	H/L	
9	DB2	H/L	
10	DB3	H/L	
11	DB4	H/L	<i>In 8-bist mode, used as high order bi-</i> <i>directional data bus,</i> <i>In 4-bit mode, used as both high and low</i> <i>order data bus.</i>
12	DB5	H/L	
13	DB6	H/L	
14	DB7	H/L	
15	LEDA	--	<i>LED Power Supply (+5V)</i>
16	LEDK	--	<i>LED Power Supply (0V)</i>

Fungsi dari masing – masing pin pada LCD adalah pin pertama dan kedua merupakan pin untuk tegangan suplai sebesar 5 volt, untuk pin ketiga harus ditambahkan resistor variabel 4K7 atau 5K ke pin ini sebagai pengatur kontras tampilan yang diinginkan.

Pin keempat berfungsi untuk memasukkan *input command* atau *input data*, jika ingin memasukkan *input command* maka pin 4 diberikan *logic low* (0), dan jika ingin memasukkan *input data* maka pin 4 diberikan *logic high* (1).

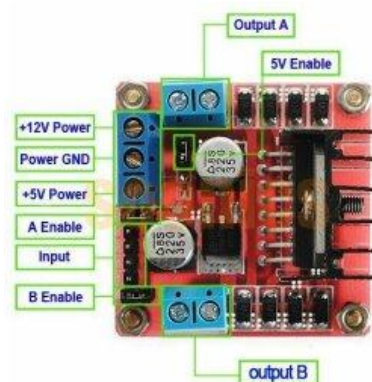
Fungsi pin kelima untuk *read* atau *write*, jika diinginkan untuk membaca karakter data atau status informasi dari register (*read*) maka harus diberi masukan *high* (1), begitu pula sebaliknya untuk menuliskan karakter data (*write*) maka harus diberi masukan *low* (0). Pada pin ini dapat dihubungkan ke *ground* bila tidak diinginkan pembacaan dari LCD dan hanya dapat digunakan untuk mentransfer data ke LCD.

Pin keenam berfungsi sebagai *enable*, yaitu sebagai pengatur *transfer command* atau karakter data ke dalam LCD. Untuk menulis ke dalam LCD data ditransfer waktu terjadi perubahan dari *high* ke *low*, untuk membaca dari LCD Dapat dilakukan ketika terjadi transisi perubahan dari *low* ke *high*.

Pin-pin dari nomor 7 sampai 14 merupakan data 8 bit yang dapat di *transfer* dalam 2 bentuk yaitu 1 kali 8 bit atau 2 kali 4 bit, pin-pin ini akan langsung terhubung ke pin-pin *microcontroller* sebagai *input / output*. Untuk pin nomor 15- 16 berfungsi sebagai *backlight* [9].

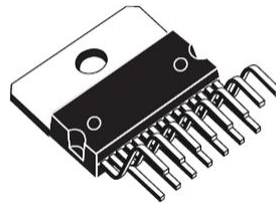
2.2.7 Driver Motor L298N

Dibawah ini merupakan gambar modul *driver* motor L298N,



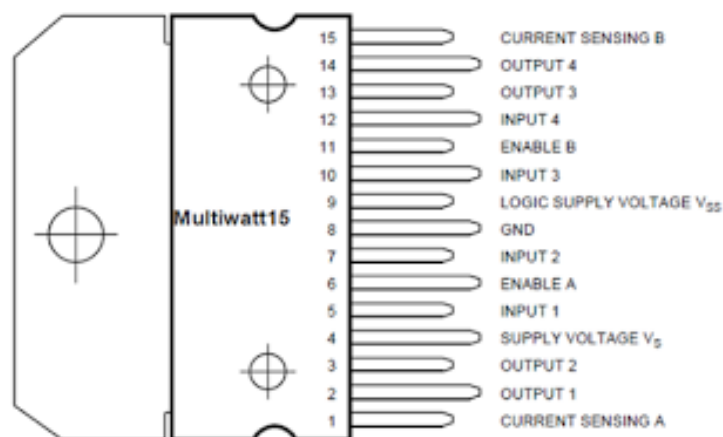
Gambar 2.12 *Driver* motor L298N

Driver motor L298N merupakan driver motor yang paling populer digunakan untuk mengontrol atau mengendalikan kecepatan dan arah pergerakan motor DC. Dapat dilihat gambar dibawah ini bentuk fisik IC L298N yang dipakai pada *driver* motor,



Gambar 2.14 Bentuk fisik IC L298N

Di dalam *data-sheet*-nya, IC L298N dapat bekerja dengan tegangan catu hingga 46 volt DC dan memiliki arus (DC) kerja maksimal hingga 4 ampere. Dengan spesifikasi tersebut, IC L298N sudah dapat digunakan dalam mengendalikan putaran motor DC dengan arus kerja hingga 4 ampere. IC L298N memiliki 15 kaki yang memiliki fungsi tersendiri. Konfigurasi kaki-kaki IC L298N dapat kita lihat pada gambar dibawah ini,



Gambar 2.14 Konfigurasi pin IC L298N

Tabel 2.3 Keterangan fungsi kaki/ pin IC L298N

No.	Nama pin	No.	Nama pin
1	<i>Current sensing A</i>	9	Vss (tegangan <i>supply</i> IC)
2	<i>Output 1</i>	10	<i>Input 3</i>
3	<i>Output 2</i>	11	<i>Enable B</i>
4	Vs (tegangan <i>supply</i> motor)	12	<i>Input 4</i>
5	<i>Input 1</i>	13	<i>Output 3</i>
6	<i>Enable A</i>	14	<i>Output 4</i>
7	<i>Input 2</i>	15	<i>Current sensing B</i>
8	<i>GROUND</i>		

Tabel 2.4 Data karakter elektronis IC L298N

Parameter	Simbol	Nilai
Tegangan <i>supply</i>	Vs	50 V
Tegangan <i>supply logic</i>	Vss	7 V
Tegangan <i>input & enable</i>	V in, Ven	-0,3 sampai 7 V
Arus <i>output</i> puncak (<i>non-repetitive</i> , t=100us)	Io	3 A
Arus <i>output</i> puncak (<i>repetitive</i> 80% on, -20% off, ton = 10ms)	Io	2,5 A
Arus <i>output</i> puncak (DC operation)	Io	2 A
Tegangan <i>sensing</i>	Vsens	-1 sampai 2,3 A
Total disipasi daya (Tcase=75%)	Ptot	25 W
Suhu operasi (<i>junction</i>)	Top	-25 sampai 130 <i>celcius</i>
Suhu <i>storage & junction</i>	Tstg Tj	-40 sampai 150 <i>celcius</i>

Cara kerja *driver* motor DC menggunakan IC L298N adalah seperti halnya *H-bridge*. Kaki basis pada salah satu transistor *H-bridge* dihubungkan dengan sebuah gerbang logika AND yang salah satu kaki *input*-nya digabung dan dihubungkan dengan kaki In1 (*Input 1*) dan In2 (*Input 2*). Kemudian *input* salah satu gerbang AND diberi *inverter* (pembalik kondisi) yang berfungsi untuk pembalik sinyal. Selanjutnya, kaki *input* yang kedua pada keempat gerbang AND dihubungkan dengan kaki EnA (*Enable A*). Kaki EnA berfungsi untuk mengaktifkan atau menonaktifkan rangkaian *H bridge* pada IC L298N. Dari

mengendalikan putaran motor DC menggunakan *H-bridge* pada IC L298N perlu melibatkan 3 buah pin / kaki IC L298N, yaitu:

Pertama dan kedua, Kaki In1 (*Input 1*) dan kaki In2 (*Input 2*) yang diatur secara bersamaan (berpasangan namun berkebalikan logikanya) untuk menentukan arah putaran motor, apakah berputar CW atau berputar CCW. Ketiga, Kaki EnA (*Enable A*) yang berfungsi untuk mengaktifkan atau menonaktifkan rangkaian *H-bridge* pada IC L298N. Aktif ketika kaki EnA diberi logika *high* (1 atau 5 *volt*) dan *nonaktif* ketika kaki EnA diberi logika *low* (0 atau 0 *volt*) [10].

2.2.8 Foot switch

Foot switch atau saklar injak dibuat atau didesain khusus untuk kaki dan bukan untuk yang lain, terbuat dari besi, mempunyai poros dibagian tengahnya agar bisa diinjak kearah kiri dan kanan, mempunyai pijakan dikiri dan kanannya yang berfungsi untuk tempat kaki menginjak dan bercorak garis-garis agar ketika *foot switch* diinjak tidak akan licin, dibagian dalamnya terdapat dua buah *micro switch* yang berfungsi sebagai pengontak dan terminal untuk pengabelan kemudian dibagian kiri dan kanan dari badan / *body foot switch* terdapat dua buah lubang yang akan digunakan untuk *conector* sebagai jalur masuk kabel.

Sama seperti saklar-saklar yang lain, yang mana akan bekerja jika mendapatkan tekanan atau gerakan baik itu dari kaki, tangan ataupun yang lainnya, ketika pijakan dari *foot switch* baik yang kiri maupun yang kanan diinjak, maka porosnya akan bergerak dan diteruskan kebagian dalam, sehingga mengenai *micro switch* setelah itu kontak dari *micro switch* akan bekerja (*on*), selama

kondisi dari *foot switch* masih terinjak, selama itu pula kontak *micro switch* bekerja sampai *foot switch* tidak terinjak. Kontak *micro switch* biasanya memiliki kapasitas beban sekitar 5 *ampere*, untuk dihubungkan ke peralatan listrik lainnya.

Banyak macam dan ragam penerapan dari *foot switch*, ini tergantung dari kebutuhan mesin itu sendiri, berikut adalah contoh-contoh yang umum atau yang sering banyak penggunaannya seperti :

- a. Digunakan untuk menggerakkan mesin *conveyor* maju atau mundur.
- b. Digunakan untuk menggerakkan mesin penekan/*pusher*.
- c. Digunakan untuk menggerakkan mesin roll berputar kedepan atau kebelakang.
- d. Dan sebagainya.

Setiap peralatan mempunyai fungsi dan cara kerja yang baik serta umur kerja yang cukup panjang apabila dilakukan perawatan secara rutin, begitu juga dengan *foot switch*. Perawatan *foot switch* cukup mudah, pertama melakukan secara berkala untuk membersihkannya, kedua memberikan pelumasan pada bagian porosnya dibagian luar dan dalam untuk mencegah terjadinya kemacetan, ketiga memeriksa juga kondisi *micro switch*nya apakah masih bagus atau tidak, apabila terjadi kerusakan maka lebih baik untuk diganti[11].