BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelombang Otak Manusia

Penelitian mengenai gelombang otak telah banyak dilakukan di laboratorium atau pusat penelitian fungsi otak. Sejarah mencatat, penelitian mengenai gelombang otak telah dilakukan sejak awal abad ke-20. Pada masa itu, beberapa peneliti menemukan sebuah fenomena tentang adanya aktivitas arus listrik di dalam otak hewan-hewan percobaan, seperti kelinci dan anjing. Aktivitas arus listrik tersebut ternyata memiliki sebuah pergerakan yang teratur dan memiliki frekuensi tertentu yang berbeda-beda.

Penelitian mengenai gelombang otak manusia sendiri, baru dilakukan pada tahun 1924 oleh psikolog dan psikiater asal Jerman, Hans Berger. Melanjutkan penelitian-penelitian sebelumnya yang mengambil obyek hewan, Berger melakukan langkah berani untuk menetapkan manusia sebagai obyek penelitiannya. Dalam penelitian ini, Berger mencatat aktivitas listrik di otak manusia melalui sebuah alat yang ditempelkan di dahi obyeknya. Aktivitas listrik ini sendiri merupakan hasil dari proses interaksi *neuron-neuron* di dalam otak manusia yang dapat diukur. [3]

2.2 *Electroencephalogram* (EEG)

Electroencephalogram (EEG) adalah suatu test untuk mendeteksi kelainan aktivitas elektrik otak (Campellone, 2006). Sedangkan menurut dr. Darmo Sugondo membedakan antara *Electroencephalogram* dan Electroencephalografi. *Electroencephalograph* adalah prosedur pencatatan aktifitas listrik otak dengan

alat pencatatan yang peka sedangkan grafik yang dihasilkannya disebut *Electroencephalogram.*[4]

Melalui EEG, peneliti dapat mencatat dan memonitor getaran dan frekuensi dari sinyal dan gelombang otak subyek. Dari pencatatan ini, dihasilkan ukuran-ukuran frekuensi yang berbeda-beda sesuai dengan perbedaan kondisi mental subyek yang bersangkutan, misalnya kondisi sadar, santai, panik, fokus, tidur lelap, dan lain sebagainya. Perbedaan hasil itu kemudian diklasifikasikan ke dalam beberapa kriteria. Melalui klasifikasi inilah kemudian dibuat suatu konsensus untuk membagi frekuensi dalam beberapa jenis gelombang otak.

1. Gelombang *Delta*
2. Gelombang *Theta*
3. Gelombang *Alpha*
4. Gelombang *Beta*
5. Gelombang *Gamma*

Dalam beberapa literatur, gelombang *Beta* dibagi lagi menjadi *Low Beta*, *Midrange Beta*, serta *High Beta*. Dari hasil tersebut, gelombang-gelombang otak dapat diklasifikasikan dengan baik.

2.2.1. Gelombang *Delta*

Gelombang *Delta* merupakan gelombang terendah dan terjadi dalam kisaran 0,5 Hz sampai dengan 4 Hz. Keadaan ini terjadi ketika manusia mengalami tidur dalam yang sangat lelap dan memasuki fase tidur tanpa mimpi, serta ketika manusia berada dalam keadaan tidak sadar.

Menurut penelitian, pada saat seseorang menderita gangguan otak yang terjadi baik berupa cidera fisik, benturan, maupun pendarahan, dan koma, maka gelombang otak yang dihasilkan akan didominasi oleh gelombang *Delta*, karena dalam kondisi tersebut manusia berada dalam ketidaksadaran penuh.[5]

2.2.2. Gelombang *Theta*

Gelombang *Theta* merupakan transformasi dari keadaan tidak sadar penuh menjadi lebih sadar. Ini terjadi ketika seseorang mengalami keadaan berfantasi, berimajinasi, atau berpikir tentang hal-hal yang kreatif.

Dari hasil pemindaian dengan *Electroencephalogram*, gelombang Theta muncul dalam rentang frekuensi 4 Hz sampai dengan 7 Hz. Pengembangan lebih lanjut mengenai gelombang *Theta* ini menghasilkan penelitian tentang getaran alam semesta atau Resonansi Schumann. [5]

2.2.3. Gelombang *Alpha*

Otak manusia menghasilkan gelombang *Alpha* ketika kondisi mental manusia mengalami keadaan relaksasi atau mulai istirahat dan dalam keadaan mulai mengantuk. Gelombang ini juga dihasilkan ketika terjadi perubahan fase dari keadaan sadar menjadi tidak sadar.

Melalui hasil pemindaian dengan peralatan *Electroencephalogram*, gelombang *Alpha* dihasilkan pada rentang frekuensi 8 Hz sampai dengan 12 Hz. Frekuensi ini merupakan kondisi saat manusia mengalami perubahan fase antara sadar dan tidak sadar yang mengantarnya beralih dari frekuensi gelombang *Theta* ke gelombang *Beta*. [5]

2.2.4. Gelombang *Beta*

Secara umum, aktivitas mental pada saat menghasilkan gelombang *Beta* terjadi ketika manusia memiliki kesadaran dan konsentrasi penuh atau dalam kondisi normal. Beberapa peneliti membagi lagi kriteria konsentrasi ini ke gelombang-gelombang turunan dari *Beta*, yaitu gelombang *Low Beta*, gelombang *Midrange Beta*, serta gelombang *High Beta*.

Gelombang *Low Beta* merupakan gelombang yang menarik perhatian para ahli. Dulunya gelombang ini dikenal dengan istilah *Sensor Motor Rhytm* atau SMR. Gelombang *Low Beta* dihasilkan dalam rentang frekuensi 12 Hz hingga 15 Hz.

Gelombang *Midrange Beta* terjadi pada rentang frekuensi 16 Hz sampai dengan 20 Hz. Gelombang ini muncul ketika kondisi mental subyek sedang melakukan kegiatan berpikir, fokus, berkonsentrasi penuh, dan sadar secara penuh terhadap dirinya dan keadaan di sekitarnya.

Gelombang *High Beta* dihasilkan ketika manusia mengalami kondisi waspada terhadap sesuatu serta saat kondisi mental manusia mengalami pergolakan dalam batinnya. Melalui pemindaian dengan perangkat Elektroensefalogram, gelombang *High Beta* ini berada dalam rentang frekuensi 21 Hz hingga 30 Hz. [5]

2.2.5. Gelombang *Gamma*

Gelombang *Gamma* merupakan getaran otak yang terjadi pada saat seseorang mengalami aktivitas mental yang sangat tinggi. Gelombang ini terjadi dalam keadaan kesadaran penuh namun dengan kondisi yang sangat tinggi.

2.3 *Headset Sensor* EEG *NeuroSky Mindwave Mobile*

NeuroSky merupakan perusahaan yang berdiri sejak 2004 di Silicon Valley, California, Amerika Serikat. Perusahaan ini berfokus pada tujuan utamanya yaitu memanfaatkan teknologi *Brain Computing* untuk dipasarkan pada konsumen secara luas. *NeuroSky* mengadaptasi teknologi EEG dan mengembangkannya untuk dapat digunakan dalam beberapa bidang yang memenuhi permintaan komersial, seperti untuk *entertainment*, kesehatan, serta otomotif. [6]



Gambar 2. 1 *Headset* EEG *NeuroSky Mindwave Mobile*. [6]

Terobosan terbesar *NeuroSky* adalah ketika mereka berhasil mengembangkan perangkat EEG dengan harga yang cukup murah. Perangkat tersebut meliputi: sensor-kering yang berfungsi menangkap *input* sinyal dan gelombang yang dihasilkan oleh otak, perangkat lunak dan perangkat keras *built in* yang mampu mengurangi dan mem-*filter* setiap *electrical noise*, serta *ThinkGear Chip* yang berfungsi sebagai sirkuit pemroses sinyal dan penghasil *output*. Seluruh perangkat tersebut dapat ditanamkan pada perangkat sederhana serupa *headset*.

Sebuah jurnal hasil penelitian Yoshitsugu Yasui [7], menjelaskan secara mendetail sistem kerja dari teknologi EEG. Dalam penelitiannya, Yasui memasang sebuah *headband*, yang telah memiliki sensor-sensor, papan sirkuit, transmisi *Bluetooth*, serta di-*supply* dengan tenaga baterai, pada kepala seorang subyek. Lebih rinci dijelaskan, ia menggunakan sensor EEG buatan *NeuroSky* berupa elektroda yang ditempatkan di dua titik, dahi dan di cuping telinga, untuk mengukur adanya potensial listrik (*electrical potential*). Potensial listrik tersebut dialirkan secara langsung ke dalam *chip* untuk di-*filter* dari kemungkinan adanya *electrical noise*. Proses filter dilakukan secara analog menggunakan *band pass* dan *notch filter* untuk kemudian dilakukan konversi ke dalam bentuk 128 KHz *sampling* digital melalui A/D *converter*. Data *digital* hasil pem-*filte*r-an ini selanjutnya dianalisa oleh sebuah alogaritma khusus *Fast Fourier Transform* (FFT) yang terdapat di papan sirkuit, untuk menghasilkan *power value* atas masing-masing komponen frekuensi. Hasilnya kemudian ditransmisikan ke perangkat menggunakan koneksi *Bluetooth*. Data yang dihasilkan setiap dua detik ditangkap dan diklasifikasikan ke dalam rentang frekuensi masing-masing meliputi: *Delta* (0 Hz sampai 3 Hz), *Theta* (4 Hz sampai 7 Hz), *Alpha* (8 Hz sampai 12 Hz), *Low Beta* (12 Hz sampai 15 Hz), *Mid Beta* (16 Hz sampai 20 Hz), dan *High Beta* (21 Hz sampai 30 Hz). Sistem yang diujikan tersebut memonitor adanya potensial listrik di antara elektroda aktif, yang ditempatkan di dahi, dengan elektroda acuan, yang ditempatkan di daun telinga.

2.4 Kursi Roda

Kursi roda merupakan alat bantu yang bermanfaat untuk membantu pasien maupun orang yang cacat yang tidak mampu menggunakan kakinya untuk berjalan, dengan kata lain kesulitan berjalan menggunakan kaki. Banyak pasien menggunakan kursi roda dikarenakan terkena penyakit tulang, cidera akibat kecelakaan ataupun cacat sejak lahir.

Kursi roda dapat digunakan secara mandiri maupun dengan bantuan orang lain yakni dengan mendorongnya. Kursi roda pun mempunyai banyak model, antara lain: didorong, menjalankan sendiri dengan tangan, atau yang kini muncul adalah otomatis. Kursi roda mempunyai banyak sekali manfaat yakni bisa membantu penggunanya dalam konteks ini pasien untuk bisa berpindah tempat dari satu tempat ke tempat yang lain. [8]

Jenis-jenis Kursi Roda:

1. Kursi Roda Listrik

Kursi roda listrik merupakan kursi roda yang digerakkan dengan motor listrik biasanya digunakan untuk perjalanan jauh bagi penderita cacat atau bagi penderita cacat ganda sehingga tidak mampu untuk menjalankan sendiri kursi roda, untuk menjalankan kursi roda mereka cukup dengan menggunakan tuas seperti *Joystick* untuk menjalankan maju, mengubah arah kursi roda belok kiri atau belok kanan dan untuk mengerem jalannya kursi roda.



Gambar 2. 2 Kursi Roda Listrik. [9]

2. Kursi Roda Manual

Merupakan kursi roda yang biasa digunakan dengan tangan oleh penggunanya, dapat juga dioperasikan dengan bantuan orang lain dengan cara didorong. Kursi roda ini merupakan kursi roda yang dipakai dengan manual namun tidak dapat dioperasikan oleh pasien yang juga mengalami cacat di bagian tangannya. Kursi roda manual merupakan kursi roda yang bisa digunakan untuk berbagai aktivitas manusia. Biasanya yang kita ketahui sebuah kursi roda manual berat dan sulit dibawa kemana-mana oleh karena tidak dapat dilipat.



Gambar 2. 3 Kursi Roda Manual. [10]

2.5 *Joystick*

Tuas Kendali *(Joystick)* adalah alat masukan komputer yang berwujud tuas yang dapat bergerak ke segala arah. Alat ini dapat mentransmisikan arah sebesar dua atau tiga dimensi ke komputer. Alat ini umumnya digunakan sebagai pelengkap untuk memainkan permainan video yang dilengkapi lebih dari satu tombol.



Gambar 2. 4 Tuas Kendali (*Joystick*). [11]

Tuas kendali telah menjadi alat kontrol utama pada kokpit pesawat terbang, termasuk pesawat jet dan pesawat militer, baik sebagai tuas utama ataupun tuas di sisi-sisinya. Tuas kendali juga digunakan untuk mengontrol mesin seperti mesin derek, truk, kursi roda, kamera pengawas dan mesin pemotong rumput. Miniatur dari tuas kendali finger-operated telah diadopsi sebagai alat input untuk peralatan elektronik kecil seperti telepon seluler (ponsel). **[11]**

2.6 Sensor Jarak *Ultrasonic*

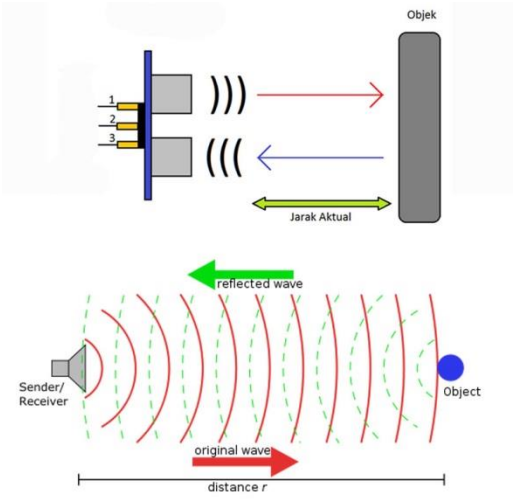
Sensor *Ultrasonic* adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Cara kerja sensor ini didasarkan pada prinsip dari pantulan suatu gelombang suara sehingga dapat dipakai untuk menafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi

tertentu. Disebut sebagai sensor *Ultrasonic* karena sensor ini menggunakan gelombang *Ultrasonic* (bunyi *Ultrasonic*).

Gelombang *Ultrasonic* adalah gelombang bunyi yang mempunyai frekuensi sangat tinggi yaitu 20.000 Hz. Bunyi *Ultrasonic* tidak dapat di dengar oleh telinga manusia. Bunyi *Ultrasonic* dapat didengar oleh anjing, kucing, kelelawar, dan lumba-lumba. Bunyi *Ultrasonic* nisa merambat melalui zat padat, cair dan gas. Reflektivitas bunyi *Ultrasonic* di permukaan zat padat hampir sama dengan reflektivitas bunyi *Ultrasonic* di permukaan zat cair. Akan tetapi, gelombang bunyi *Ultrasonic* akan diserap oleh tekstil dan busa. [12]

2.6.1. Cara Kerja Sensor *Ultrasonic*

Pada sensor *Ultrasonic*, gelombang *Ultrasonic* dibangkitkan melalui sebuah alat yang disebut dengan piezoelektrik dengan frekuensi tertentu. Piezoelektrik ini akan menghasilkan gelombang *Ultrasonic* (umumnya berfrekuensi 40kHz) ketika sebuah *osilator* diterapkan pada benda tersebut. Secara umum, alat ini akan menembakkan gelombang *Ultrasonic* menuju suatu area atau suatu target. Setelah gelombang menyentuh permukaan target, maka target akan memantulkan kembali gelombang tersebut. Gelombang pantulan dari target akan ditangkap oleh sensor, kemudian sensor menghitung selisih antara waktu pengiriman gelombang dan waktu gelombang pantul diterima.



Gambar 2. 5 Cara Kerja Sensor *Ultrasonic* Dengan *Transmitter* & *Receiver*. [12]

Secara detail, cara kerja sensor *Ultrasonic* adalah sebagai berikut:

- Sinyal dipancarkan oleh pemancar *Ultrasonic* dengan frekuensi tertentu dan dengan durasi waktu tertentu. Sinyal tersebut berfrekuensi diatas 20kHz. Untuk mengukur jarak benda (sensor jarak), frekuensi yang umum digunakan adalah 40kHz.
- Sinyal yang dipancarkan akan merambat sebagai gelombang bunyi dengan kecepatan sekitar 340 m/s. Ketika menumbuk suatu benda, maka sinyal tersebut akan dipantulkan oleh benda tersebut.
- Setelah gelombang pantulan sampai di alat penerima, maka sinyal tersebut akan diproses untuk menghitung jarak benda tersebut. Jarak benda dihitung berdasarkan rumus:

$$\boldsymbol{S = \frac{340.t}{2}} \qquad (2.1)$$

Dimana : S = Jarak antara sensor *Ultrasonic* dengan bidang pantul (cm)

t = Waktu (s)

2.6.2. Rangkaian Sensor *Ultrasonic*

1. Piezoelektrik

Piezoelektrik berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Bahan piezoelektrik adalah material yang memproduksi medan listrik ketika dikenai regangan atau tekanan mekanis. Sebaliknya, jika medan listrik diterapkan, maka material tersebut akan mengalami regangan atau tekanan mekanis. Jika rangkaian pengukur beroperasi pada mode pulsa elemen piezoelektrik yang sama, maka dapat digunakan sebagai *transmitter* dan *reiceiver*. Frekuensi yang ditimbulkan tergantung pada osilatornya yang disesuiakan frekuensi kerja dari masing-masing transduser. Karena kelebihannya inilah maka tranduser piezoelektrik lebih sesuai digunakan untuk sensor *Ultrasonic*.

2. *Transmitter*

Transmitter adalah sebuah alat yang berfungsi sebagai pemancar gelombang *Ultrasonic* dengan frekuensi tertentu (misal, sebesar 40 kHz) yang dibangkitkan dari sebuah osilator. Untuk menghasilkan frekuensi 40 KHz, harus di buat sebuah rangkaian osilator dan keluaran dari osilator dilanjutkan menuju penguat sinyal. Besarnya frekuensi ditentukan oleh komponen RLC / kristal tergantung dari disain osilator yang digunakan. Penguat sinyal akan memberikan sebuah sinyal listrik yang diumpankan ke piezoelektrik dan terjadi reaksi mekanik sehingga bergetar dan memancarkan gelombang yang sesuai dengan besar frekuensi pada osilator.

3. *Receiver*

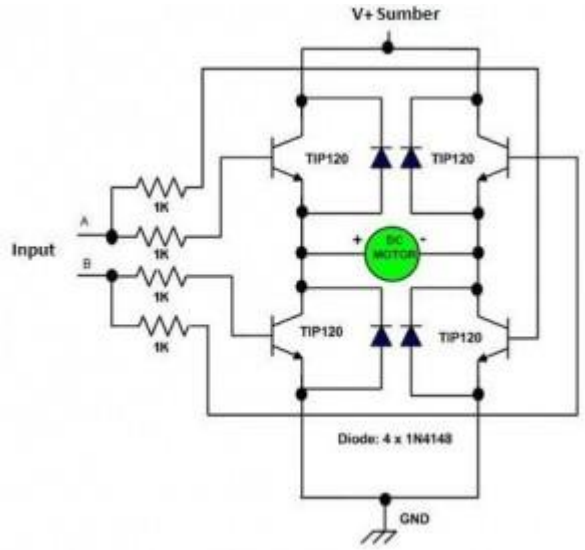
Receiver terdiri dari transduser *Ultrasonic* menggunakan bahan piezoelektrik, yang berfungsi sebagai penerima gelombang pantulan yang berasal dari *transmitter* yang dikenakan pada permukaan suatu benda atau gelombang

langsung LOS (*Line of Sight*) dari *transmitter*. Oleh karena bahan piezoelektrik memiliki reaksi yang *reversible*, elemen keramik akan membangkitkan tegangan listrik pada saat gelombang datang dengan frekuensi yang resonan dan akan menggetarkan bahan piezoelektrik tersebut. [12]

2.7 Driver Motor DC

Untuk menggerakkan motor DC, pada dasarnya keluaran pin mikrokontroler dapat langsung dihubungkan dengan motor DC, namun keluaran arus dari mikrontroler harus memenuhi kebutuhan motor DC. Jika kebutuhan arus motor besar, maka tidak dapat langsung dihubungkan dengan mikrokontroler karena keluaran arus dari pin-pin mikrokontroler sangat kecil. Salah satu metode rangkaian motor DC adalah *H-Bridge*

Rangkaian driver motor DC *H-Bridge* merupakan suatu metode rangkaian transistor yang disusun menyerupai huruf H, rangkaian ini dapat mengendalikan arah putaran motor DC dalam 2 arah dan dapat dikontrol dengan metode PWM (*Pulse Width Modulation*) maupun metode sinyal logika dasar TTL (*High*) dan (*Low*). Untuk pengendalian motor DC dengan metode PWM maka dengan rangkaian driver motor DC ini kecepatan putaran motor DC dapat dikendalikan dengan baik. Apabila menggunakan metode logika TTL 0 dan 1 maka rangkaian ini hanya dapat mengendalikan arah putaran motor DC saja dengan kecepatan putaran motor DC maksimum. Rangkaian driver motor *DC H-Bridge* ini menggunakan rangkaian jembatan transistor 4 unit dengan *protesi impuls* tegangan induksi motor DC berupa dioda yang dipasang paralel dengan masing-masing transistor secara *reverse bias*.



Gambar 2. 6 Rangkaian *Driver* Motor DC *H-Bridge* Transistor.[13]

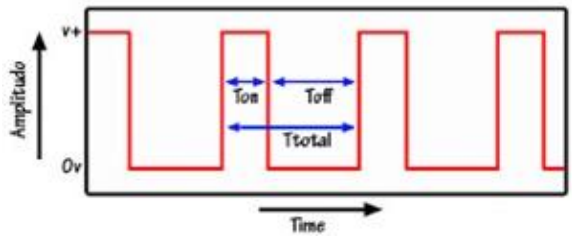
Driver Motor DC dengan metode logika TTL (0 dan 1) atau *High* dan *Low* hanya dapat mengendalikan arah putar motor DC dalam 2 arah tanpa pengendalian kecepatan putaran (kepatan maksimum). untuk mengendalikan motor DC dalam 2 arah dengan rangkaian *driver* motor DC *H-Bridge* diatas (**Gambar 2.6**) konfiguarasi kontrol pada jalur *input* adalah dengan memberikan input berupa logika TTL ke jalur *input* A dan B.

- Untuk mengendalikan arah putar searah jarum jam adalah dengan memberikan logika TTL 1 (*high*) pada jalur input A dan logika TTL 0 (*low*) pada jalur input B (**Gambar 2.11**).
- Untuk mengendalikan arah putar berlawanan arah jarum jam adalah dengan memberikan logika TTL 1 (*high*) pada jalur input B dan logika TTL 0 (*low*) pada jalur input A (**Gambar 2.11**). [13]

2.8 *Pulse Width Modulation* (PWM)

Pulse Width Modulation (PWM) secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam satu periode, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda.

PWM juga merupakan sebuah mekanisma untuk membangkitkan sinyal keluaran yang periodenya berulang antara *high* dan *low* dimana dapat mengontrol durasi sinyal *high* dan *low* sesuai dengan yang kita inginkan. *Duty cycle* merupakan prosentase periode sinyal *high* dan periode sinyal *low*, prosentase *duty cycle* akan bebanding lurus dengan tegangan rata-rata yang dihasilkan. [14]



Gambar 2. 7 *Pulse Width Modulator* (PWM). [14]

Sinyal PWM pada umumnya memiliki *amplitude* dan frekuensi dasar yang tetap, namun memiliki lebar pulsa yang bervariasi. Lebar pulsa PWM berbanding lurus dengan *amplitude* sinyal asli yang belum termodulasi. Artinya, sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang yang tetap namun *duty cycle* bervariasi antara 0% hingga 100%.

Pada **Gambar 2.7** di atas dapat ditentukan beberapa rumus sebagai berikut.

$$\boldsymbol{T_{Total} = T_{On} + T_{Off}} \tag{2.2}$$

$$\boldsymbol{D = \frac{T_{On}}{T_{Total}}} \tag{2.3}$$

$$\boldsymbol{V_{Out} = D \times V_{In}} \tag{2.4}$$

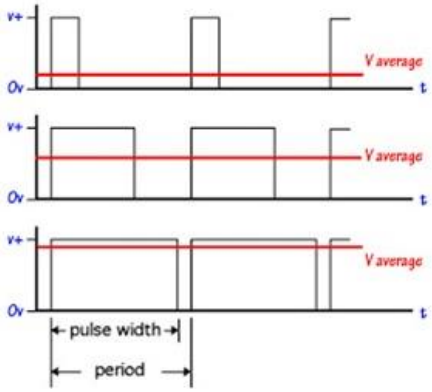
$$V_{Out} = \frac{T_{On}}{T_{Total}} \times V_{In} \quad (2.5)$$

Dimana : T_{On} = Waktu pulsa "*High*"

T_{Off} = Waktu pulsa "*Low*"

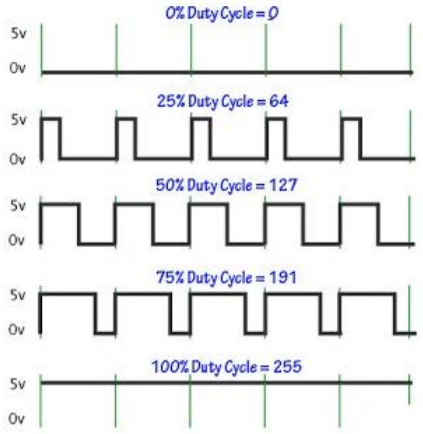
D = *Duty cycle*

Dari persamaan diatas, diketahui bahwa perubahan *duty cycle* akan merubah tegangan output atau tegangan rata-rata seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2. 8 Perubahan *Duty Cycle.* [14]

PWM merupakan salah satu teknik untuk mendapatkan sinyal analog dari sebuah piranti digital. Sebenarnya sinyal PWM dapat dibangkitkan dengan banyak cara, secara analog menggunakan IC *op-amp* atau secara digital. Secara analog setiap perubahan PWM-nya sangat halus, sedangkan secara digital setiap perubahan PWM dipengaruhi oleh resolusi PWM itu sendiri. Resolusi adalah jumlah variasi perubahan nilai dalam PWM tersebut. Misalkan suatu PWM memiliki resolusi 8 bit, berarti PWM ini memiliki variasi perubahan nilai sebanyak 256 variasi mulai dari 0 – 225 perubahan nilai yang mewakili *duty cycle* 0% – 100% dari keluaran PWM tersebut. [14]



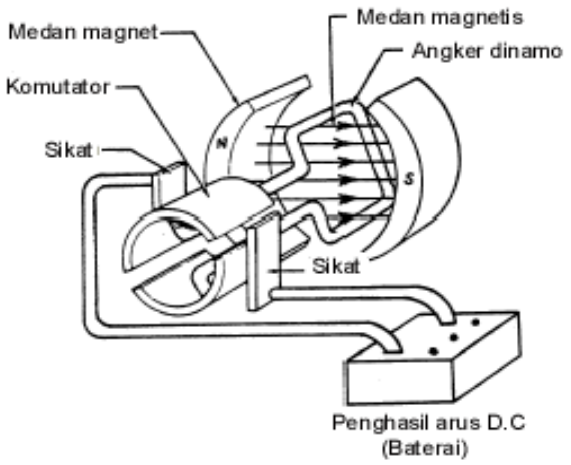
Gambar 2. 9 Pembangkitan Sinyal PWM Secara Digital. [14]

2.9 Motor DC

Motor listrik merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya memutar *impeller* pompa, *fan* atau *blower*, menggerakan kompresor, mengangkat bahan,dll. Motor listrik digunakan juga di rumah (*mixer*, bor listrik, *fan* angin) dan di industri. Motor listrik kadangkala disebut "kuda kerja" -nya industri sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri. [15]

Motor DC memerlukan *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 dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik phasa 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.

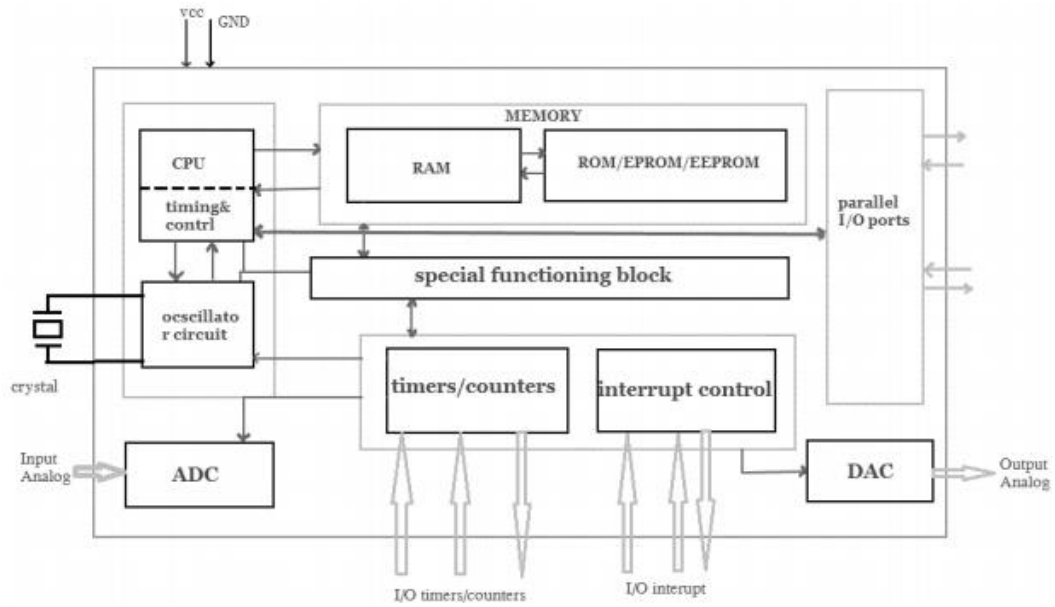


Gambar 2. 10 Motor DC Searah. [16]

Catu tegangan DC dari baterai menuju ke lilitan melalui sikat yang menyentuh komutator, dua segmen yang terhubung dengan dua ujung lilitan. Kumparan satu lilitan pada gambar di atas disebut angker dinamo. Angker dinamo adalah sebutan untuk komponen yang berputar di antara medan magnet. [16]

2.10 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah komputer kecil yang terdapat di dalam sebuah rangkaian terintegrasi. Mikrokontroller pada dasarnya terdiri CPU (*Central Processing Unit*), *memory, input/output ports, timers and counters, interrupt controls, analog to digital converters, serial interfacing ports* dan *oscillatory circuits.*



Gambar 2. 11 Struktur Mikrokontroler. [17]

Bagian-bagian dari mikrokontroler secara umum adalah sebagai berikut:

- *Central Processing Unit* (CPU)

  CPU adalah otak dari sebuah *microcontroller*. CPU bertugas untuk mengambil setiap intruksi dalam bentuk kode dan melakukan *decode* (menterjemahkan intruksi) ke dalam bahasa mesin untuk selanjutnya dilakukan eksekusi. CPU juga bertugas untuk menghubungkan setiap bagian dari *microcontroller* ke dalam sebuah sistem.

- *Register*

  Register adalah suatu tempat penyimpanan (variabel) bilangan bulat 8 atau 16 bit. Pada umumnya *register* jumlahnya banyak, masing-masing ada yang memiliki fungsi khusus dan ada pula yang memiliki kegunaan umum. *Register* yang memiliki fungsi khusus misalnya adalah register timer yang berisi data penghitungan pulsa untuk *timer*, atau *registe*r pengatur mode operasi *counter* (pencacah pulsa). Sedangkan *register* yang bersifat umum

digunakan untuk menyimpan data sementara yang diperlukan untuk proses penghitungan dan proses operasi mikrokontroler.

- *Interrupt Circcuit*

  Adalah rangkaian yang memiliki fungsi untuk mengendalikan sinyal-sinyal interupsi baik internal maupun eksternal. Adanya sinyal interupsi akan menghentikan eksekusi normal program mikrokontroler untuk selanjutnya menjalankan sub-program untuk melayani interupsi tersebut.

- *I/O (input/output) Ports*

  Merupakan sarana yang dipergunakan oleh mikrokontroler untuk mengakses peralatan-peralatan lain di luar dirinya, berupa pin-pin yang dapat berfungsi untuk mengeluarkan data digital ataupun menginputkan data.

- *Internal RAM (Random Access Memory)*

  Merupakan memori penyimpan data yang isinya dapat diubah atau dihapus. RAM biasanya berisi data-data variabel dan register. Data yang tersimpan pada RAM bersifat hilang jika catu daya yang terhubung padanya dimatikan.

- *Internal ROM (Read Only Memory)*

  Merupakan memori penyimpan data yang isinya tidak dapat diubah atau dihapus (hanya dapat dibaca). ROM biasanya diisi dengan program untuk menjalankan mikrokontroler segera setelah power dinyalakan, dan berisi data-data konstanta yang diperlukan oleh program. Isi ROM tidak dapat hilang walaupun power dimatikan.

- *Program Counter*

  Merupakan salah satu register khusus yang berfungsi sebagai pencacah/penghitung eksekusi program mikrokontroler.

- *Analog Digital Converter (ADC)*

  ADC berfungsi untuk mengkonversi sinyal analog menjadi digital. Konversi ini dilakukan dengan tujuan mendapatkan output berupa sinyal digital, salah satu contohnya adalah pengukuran suhu yang hasilnya ditampilkan pada sebuah LCD.

- *Special Functioning Block*

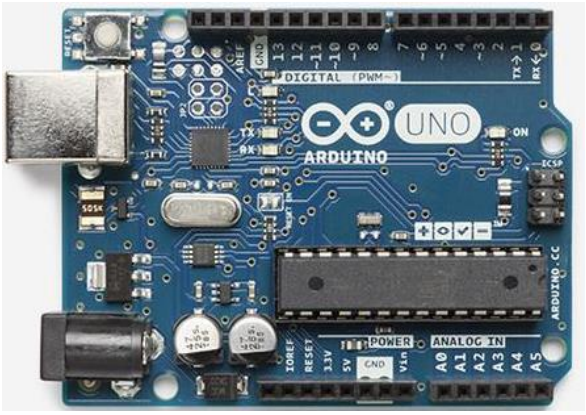
  Special functioning block merupakan bagian tambahan pada sebuah mikrokontroller untuk kebutuhan tertentu. Tidak semua mikrokontroller menggunakan special functioning block. [18]

Salah satu mikrokontroler dikenal dan sangat populer saat ini adalah Arduino, Arduino adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source*, diturunkan dari *Wiring platform*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. *Hardware*-nya memiliki prosesor Atmel AVR dan *software*-nya memiliki bahasa pemrograman sendiri. Saat ini Arduino sangat populer di seluruh dunia. Banyak pemula yang belajar mengenal robotika dan elektronika lewat Arduino karena mudah dipelajari. Tapi tidak hanya pemula, para *hobbyist* atau profesional pun ikut mengembangkan aplikasi elektronik menggunakan Arduino. Bahasa yang dipakai dalam Arduino bukan *assembler* yang relatif sulit, tetapi bahasa C yang disederhanakan dengan bantuan pustaka-pustaka (*libraries*) Arduino.

2.11 Arduino UNO

Arduino UNO adalah *board* berbasis mikrokontroler pada ATmega328. Board ini memiliki 14 digital input/output pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, 16 MHz osilatorkristal, koneksi USB, *jack* listrik tombol *reset*. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, 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 : – 1,0 *pinout*: 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. Yang kedua adalah pin tidak terhubung, yang disediakan untuk tujuan pengembangannya.



Gambar 2. 12 Arduino UNO. [19]

Setiap 14 pin digital pada Arduino Uno dapat digunakan sebagai *input* dan *output*, menggunakan fungsi pinMode(), digitalWrite(), dan digitalRead(). Fungsi-fungsi tersebut beroperasi di tegangan 5 Volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima suatu arus maksimum 40 mA dan mempunyai sebuah resistor *pull-up* (terputus secara default) 20-50 kOhm. Selain itu, beberapa pin mempunyai fungsi-fungsi spesial:

- Serial: 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan memancarkan (TX) serial data TTL (Transistor-Transistor Logic). Kedua pin ini dihubungkan ke pin-pin yang sesuai dari *chip* Serial Atmega8U2 USB-ke-TTL.
- *External Interrupts*: 2 dan 3. Pin-pin ini dapat dikonfigurasikan untuk dipicu sebuah *interrupt* (gangguan) pada sebuah nilai rendah, suatu kenaikan atau penurunan yang besar, atau suatu perubahan nilai. Lihat fungsi attachInterrupt() untuk lebih jelasnya.
- PWM: 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Memberikan 8-bit PWM output dengan fungsi analogWrite().
- SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin-pin ini men-*support* komunikasi SPI menggunakan SPI *library*.
- LED: 13. Ada sebuah LED yang terpasang, terhubung ke pin digital 13. Ketika pin bernilai *HIGH* LED menyala, ketika pin bernilai *LOW* LED mati.

Arduino UNO mempunyai 6 input analog, diberi label A0 sampai A5, setiapnya memberikan 10 bit resolusi (contohnya 1024 nilai yang berbeda). Secara *default*, 6 input analog tersebut mengukur dari *ground* sampai tegangan 5 Volt, dengan itu mungkin untuk mengganti batas atas dari rangenya dengan

menggunakan pin AREF dan fungsi analogReference(). Di sisi lain, beberapa pin mempunyai fungsi spesial:

- TWI: pin A4 atau SDA dan pin A5 atau SCL. Men-*support* komunikasi TWI dengan menggunakan *Wire library*

Ada sepasang pin lainnya pada board:

- AREF. Referensi tegangan untuk input analog. Digunakan dengan analogReference().
- Reset. Membawa saluran ini *LOW* untuk mereset mikrokontroler. Secara khusus, digunakan untuk menambahkan sebuah tombol reset untuk melindungi yang mem-*block* sesuatu pada *board*.

Arduino UNO dapat diprogram dengan menggunakan *software* Arduino. *Software* ini bisa didapatkan secara gratis dari *website* resmi Arduino. *Software* Arduino yang akan digunakan adalah *driver* dan IDE. IDE Arduino adalah *software* yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan Java IDE Arduino terdiri dari:

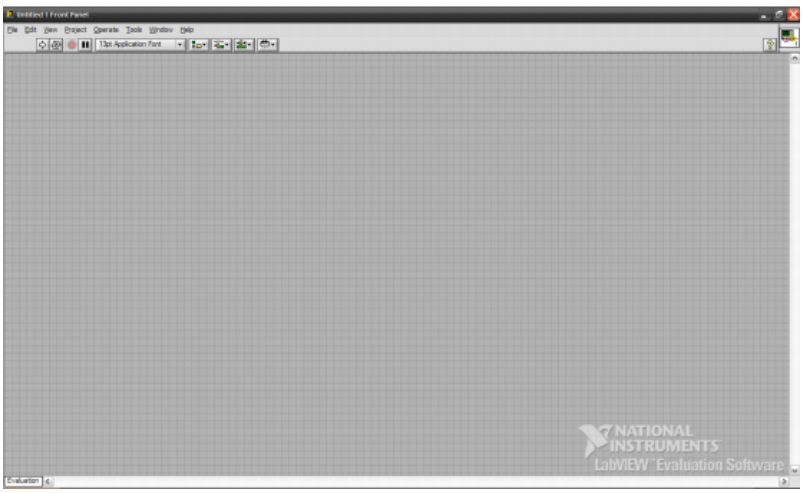
1. *Editor* program, sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa *processing*.
2. *Compiler*, sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa *Processing*) menjadi kode biner. Bagaimanapun sebuah *microcontroller* tidak akan bisa memahami bahasa *Processing*. Yang bisa dipahami oleh microcontroller adalah kode biner. Itulah sebabnya *compiler* diperlukan dalam hal ini.
3. *Uploader*, sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam *memory* di dalam papan Arduino. [20]

2.12 Pemrograman LabVIEW

Laboratory virtual instrument engineering workbench atau dikenal sebagai LabVIEW merupakan bahasa pemrograman berbasis grafis atau blok, sedangkan pemrograman lainnya menggunakan text. Program Labview dikenal dengan sebutan VI atau *virtual instruments* karena penampilan dan operasinya dapat meniru sebuah instrumen sebenarnya dalam bentuk simbol-simbol. Software LabVIEW terdiri dari tiga komponen utama yaitu *front panel*, *block diagram*, *function palette*, dan *control palette*. [21] *Software* LabVIEW terdiri dari tiga komponen utama, yaitu:

1. *Front Panel*

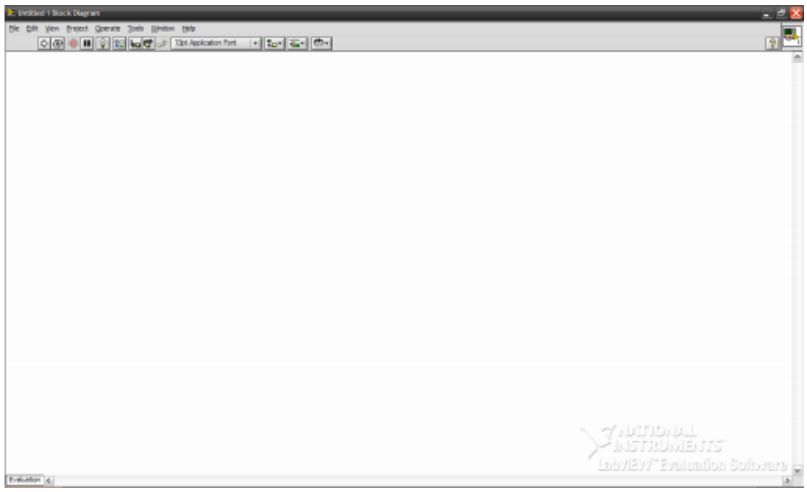
   Front panel adalah bagian window yang berlatar belakang abu-abu serta mengandung *control* dan indikator untuk membuat tampilan digunakan *tools* dan objek. Tampilan ini dikenal dengan istilah *front panel*.



Gambar 2. 13 *Front Panel* Pada Pemrograman LabVIEW. [21]

2. Blok Diagram VI

   Blok diagram adalah jendela tempat menuliskan perintah dan fungsi, berisikan *source code* berupa simbol-simbol, *node* dan garis sebagai data flow untuk mengeksekusi program, termasuk kode dari *front panel*.



Gambar 2. 14 Blok Diagram VI Dari Pemrograman LabVIEW. [21]

3. *Tools Palette*, *Controls Palette* dan *Functions Palette*

   Tools Palette, *Control Palette* dan *Functions Palette* digunakan untuk membangun sebuah Vi.

   - *Tools Palette*

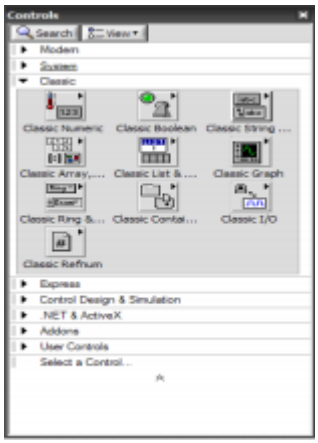
     Pada *tools palette* terdapat beberapa fungsi yang digunakan untuk mengubah dan mengatur front panel dan blok diagram.



Gambar 2. 15 *Tools Palette*. [21]

- *Controls Palette*

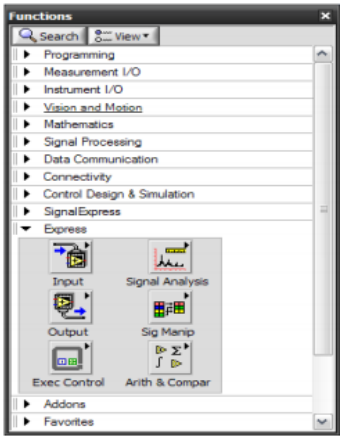
  Control palette digunakan untuk menambah kontrol dan indikator pada *front panel*. Setiap pilihan *palette* terdapat *sub-palette* mempunyai kontrol indikator. Secara keseluruhan, susunan dari *control palette* ini akan membentuk tampilan pada *interface front panel* Labview.



Gambar 2. 16 *Controls Palette.* [21]

- *Functions Palette*

  Function palette digunakan untuk membuat blok diagram. Setiap pilihan pada tampilan *palette* terdapat *sub-palette* yang diberi tanda anak panah di atas *icon* tersebut. *Function-function pallete* yaitu, *programming, measurement I/O, instrument I/O, vision and motion, mathematics, signal processing, data communication, connectivity, control design & simulation, dan express*. [21]



Gambar 2. 17 *Functions Palette.* [21]

2.13 Baterai

Baterai adalah perangkat yang mengandung sel listrik yang dapat menyimpan energi yang dapat dikonversi menjadi daya. Baterai menghasilkan listrik melalui proses kimia. Baterai atau akumulator adalah sebuah sel listrik dimana di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversible* (dapat berkebalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan reaksi elektrokimia *reversibel* adalah didalam baterai dapat berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara proses regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai yaitu, dengan melewatkan arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan didalam sel.[22]

Baterai terdiri dari dua jenis yaitu, baterai primer dan baterai sekunder. Baterai primer merupakan baterai yang hanya dapat dipergunakan sekali pemakaian saja dan tidak dapat diisi ulang.

2.13.1 Jenis-jenis Baterai

1. Baterai Asam (*Lead Acid Storage Acid*)

   Baterai asam yang bahan elektrolitnya adalah larutan asam belerang (*sulfuric acid* = H2SO4). Didalam baterai asam, elektroda- elektroda nya terdiri dari plat – plat timah peroksida PbO2 (*Lead Peroxide*) sebagai anoda (kutub positif) dan timah murni Pb *(lead sponge*) sebagai katoda (kutub negatif).

2. Baterai Basa / Alkali (*Alkaline Storage Battery*)

   Baterai alkali bahan elektrolitnya adalah larutan alkali (Potassium Hydroxide) yang terdiri dari:

   - *Nickel iron alkaline battery Ni-Fe Battery.*
   - *Nickel cadmium alkaline battery Ni Cd Battery.*

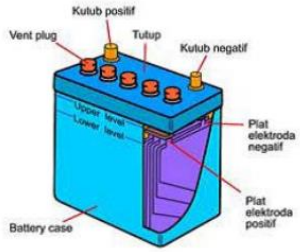
   Pada umumnya yang paling banyak digunakan adalah baterai alkali admium (Ni-Cd).

2.13.2 Kapasitas Baterai

Kapasitas baterai merupakan kemampuan baterai menyimpan daya listrik atau besarnya energi yang dapat disimpan dan dikeluarkan oleh baterai. Besarnya kapasitas, tergantung dari banyaknya bahan aktif pada plat positif maupun plat negatif yang bereaksi, dipengaruhi oleh jumlah plat tiap-tiap sel, ukuran, dan tebal plat, kualitas elektrolit serta umur baterai. Kapasitas energi suatu baterai dinyatakan dalam ampere jam (Ah), misalkan kapasitas baterai 100 Ah 12 volt artinya secara ideal arus yang dapat dikeluarkan sebesar 5 *ampere* selama 20 jam pemakaian.

2.13.3 Konstruksi Baterai Aki

Aki yang ada dipasaran ada 2 jenis yaitu aki basah dan aki kering. Aki basah media penyimpanan arus listrik ini merupakan jenis aki yang paling umum digunakan. Aki jenis ini masih perlu diberi air aki yang dikenal *accu zuur*. Sedangkan jenis aki kering merupakan jenis aki yang tidak memakai cairan, mirip seperti baterai telepon seluler. Aki ini tahan terhadap getaran dan suhu rendah.[22]



Gambar 2. 18 Sel Aki. [22]

Aki memiliki 2 kutub/terminal, kutub positif dan kutub negatif. Biasanya kutub positif lebih besar atau lebih tebal dari kutub negatif, untuk menghindarkan kelalaian bila aki hendak dihubungkan dengan kabel-kabelnya. Pada aki terdapat batas minimum dan maksimum tinggi permukaan air aki untuk masing-masing sel. Bila permukaan air aki di bawah level minimum akan merusak fungsi sel aki. Jika air aki melebihi level maksimum, maka akan mengakibatkan air aki menjadi panas dan meluap keluar melalui tutup sel.[22]

2.13.4 Cara Pengisian Baterai

1. Pengisian awal (*Initial Charge*)

   Pengisian ini dimaksud untuk pembentukan sel baterai, cara ini hanya dilakukan pada *single* sel atau baterai *stationer* dan hanya dilakukan sekali saja

2. Pengisian kembali (*Recharging*)

   Recharging dilakukan secara otomatis setelah baterai mengalami pengosongan. Lamanya pengisian kembali disensor oleh rectifier sehingga apabila baterai sudah penuh maka dilanjutkan dengan pengisian *trickle*.

3. Pengisian *equalizing* / penyesuaian

   Pengisian penyesuaian / equalizing dimaksudkan untuk mendapatkan kapasitas penuh pada setiap sel seimbang dengan kata lain memulihkan kapastas baterai.

4. Pengisian perbaikan / *treatment*

   Pengisian perbaikan / *treatment* dimaksudkan untuk memulihkan kapasitas baterai yang berada dibawah standart setelah baterai dilakukan perbaikan, apabila setelah diadakan perbaikan hasilnya belum dapat dicapai maka dapat dilakukan beberapa kali. [22]