

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Limbah

2.1.1. Pengertian Air Limbah

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 tahun 2001, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair. Air limbah dapat berasal dari rumah tangga (domestik) maupun industri (industri).

Berikut merupakan definisi air limbah dari berbagai sumber, sbb :[10]

Air limbah atau yang lebih dikenal dengan air buangan ini adalah merupakan :

- a. Limbah cair atau air buangan (*waste water*) dalah cairan buangan yang berasal dari rumah tangga, perdagangan, perkantoran, industri maupun tempat-tempat umum lainnya yang biasanya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan kesehatan atau kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian lingkungan hidup.
- b. Kombinasi dari cairan atau air yang membawa buangan dari perumahan, institusi, komersial, dan industri bersama dengan air tanah, air permukaan, dan air hujan.
- c. Kotoran dari masyarakat dan rumah tangga, industri, air tanah/permukaan serta buangan lainnya (kotoran umum).
- d. Cairan buangan yang berasal dari rumah tangga, perdagangan, perkantoran, industri maupun tempat-tempat umum lainnya, dan biasanya mengandung

bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan kesehatan/kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian lingkungan hidup.

- e. Semua air/zat cair yang tidak lagi dipergunakan, sekalipun kualitasnya mungkin baik.

2.1.2. Limbah cair domestik

Limbah cair domestik adalah hasil buangan dari perumahan, bangunan perdagangan, perkantoran, dan sarana sejenisnya. volume limbah cair dari daerah perumahan bervariasi, dari 200 sampai 400 liter per orang per hari, tergantung pada tipe rumah. Aliran terbesar berasal dari rumah keluarga tunggal yang mempunyai beberapa kamar mandi, mesin cuci otomatis, dan peralatan lain yang menggunakan air. Angka volume limbah cair sebesar 400 liter/orang/hari bisa digunakan untuk limbah cair dari perumahan dan perdagangan, ditambah dengan rembesan air tanah.

2.1.3. Limbah cair industri

Limbah cair industri adalah buangan hasil proses/sisa dari suatu kegiatan/usaha yang berwujud cair dimana kehadirannya pada suatu saat dan tempat tidak dikehendaki lingkungannya karena tidak mempunyai nilai ekonomis sehingga cenderung untuk dibuang. [1]

2.1.4. Syarat kualitas air *Treated Water*

Di perusahaan PT Petro Jordan abadi mempunyai *standart* air bersih yang digunakan parameter kimia yaitu kandungan unsur/senyawa kimia dalam air seperti pH,[7] Phospat dan Flour dan parameter fisik yang menyatakan kondisi fisik air atau keberadaan bahan yang dapat di amati secara visual/kasat mata seperti

suspended solid, berikut Tabel 2.1 *Standart* Kualitas air *Treated Water* di PT Petro Jordan Abadi.[4]

Tabel 2. 1 *Standart* Kualitas air *Treated Water*

	<i>Acidic Water</i>	<i>Neutralized Water</i>	<i>Treated Water</i>	Satuan
pH	1 - 2	6 – 8	6 - 8	
PO ₄	467	50	20	ppm
F	3525	110	15	ppm
SS		200	100	ppm

2.2. Sensor keasaman (pH)

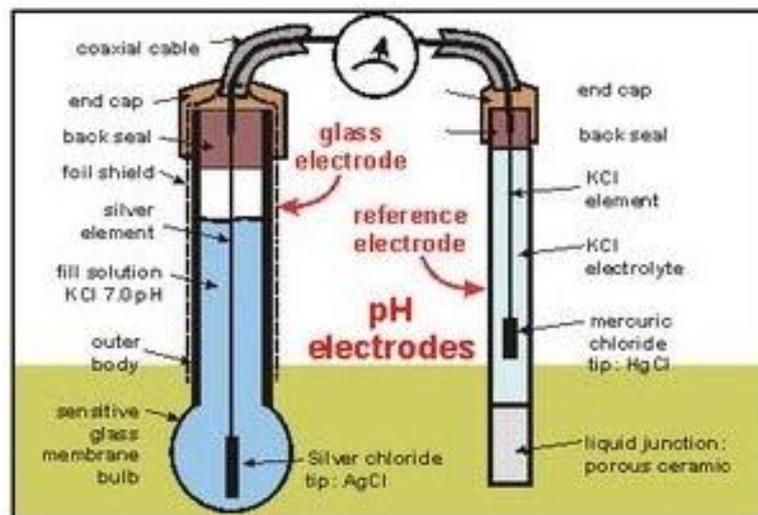
pH adalah suatu satuan ukur yang menguraikan derajat tingkat kadar keasaman atau kadar *alkali* dari suatu larutan. Unit pH diukur pada skala 0 sampai 14. Istilah pH berasal dari “p” lambang matematika dari negatif logaritma, dan “H” lambang kimia untuk unsur Hidrogen. Definisi yang formal tentang pH adalah negatif logaritma dari aktivitas ion Hidrogen. Yang dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$\text{pH} = - \log [\text{H}^+] \dots\dots\dots (2.1)$$

pH dibentuk dari informasi kuantitatif yang dinyatakan oleh tingkat keasaman atau basa yang berkaitan dengan aktivitas ion Hidrogen. Jika konsentrasi [H⁺] lebih besar daripada [OH⁻], maka material tersebut bersifat asam, yaitu nilai pH kurang dari 7. Jika konsentrasi [OH⁻] lebih besar daripada [H⁺], maka material tersebut bersifat basa, yaitu dengan nilai pH lebih dari 7. Pengukuran pH secara kasar dapat menggunakan kertas *indicator* pH dengan mengamati perubahan warna pada level pH yang bervariasi. *Indicator* ini mempunyai keterbatasan pada tingkat

akurasi pengukuran dan dapat terjadi kesalahan pembacaan warna yang disebabkan larutan sampel yang berwarna ataupun keruh. (Himan dan Sohibul, 208)

Pengukuran pH yang lebih akurat biasa dilakukan dengan menggunakan pH meter. *System* pengukuran pH mempunyai tiga bagian yaitu elektroda pengukuran pH, elektroda referensi, dan alat pengukur impedansi tinggi. Pada prinsipnya pengukuran suatu pH adalah didasarkan pada potensial elektro kimia yang terjadi antara larutan yang terdapat didalam elektroda gelas (membrane gelas) yang telah diketahui dengan larutan yang terdapat diluar elektroda gelas yang tidak diketahui. Hal ini dikarenakan lapisan tipis dari gelembung kaca akan berinteraksi dengan ion hidrogen yang ukurannya relatif kecil dan aktif, elektroda gelas tersebut akan mengukur potensial elektrokimia dari ion hidrogen atau diistilahkan dengan potentiakl of hidrogen. Untuk melengkapi sirkuit elektrik dibutuhkan suatu elektroda pembanding. Sebagai catatan, alat tersebut tidak mengukur arus tetapi hanya mengukur tegangan.[8]



Gambar 2. 1 Skema Elektrode PH Meter

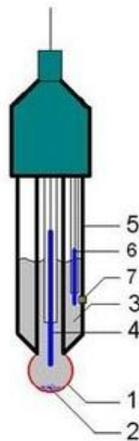
pH meter akan mengukur potensial listrik (pada gambar 2.1 alirannya searah jarum jam) antara merkuri Chloride (HgCl) pada elektroda pembanding dan potassium chloride (KCl) yang merupakan larutan didalam gelas electrode serta potensial antara larutan dan elektroda perak.

Tetapi potensial antara sampel yang tidak diketahui dengan elektroda gelas dapat berubah tergantung sampelnya, oleh karena itu perlu dilakukan kalibrasi dengan menggunakan larutan yang ekuivalen yang lainnya untuk menetapkan nilai dari pH.

Elektroda pembanding calomel terdiri dari tabung gelas yang berisi potassium kloride (KCl) yang merupakan elektrolit yang mana terjadi kontak dengan merkuri chloride (HgCl) diujung larutan KCl. Tabung gelas ini mudah pecah sehingga untuk menghubungkannya digunakan keramik berpori atau bahan sejenisnya. Elektroda semacam ini tidak mudah *terkontaminasi* oleh logam dan unsur natrium.

Elektroda gelas terdiri dari tabung kaca yang kokoh yang tersambung dengan gelembung kaca tipis yang Didalamnya terdapat larutan KCl sebagai *buffer* pH 7. Elektroda perak yang ujungnya merupakan perak kloride (AgCl₂) dihubungkan kedalam larutan tersebut. Untuk meminimalisir pengaruh electric yang tidak diinginkan, alat tersebut dilindungi oleh suatu lapisan kertas pelindung yang biasanya terdapat dibagian dalam elektroda gelas.

Pada kebanyakan pH meter modern sudah dilengkapi dengan thermistor temperature yaitu suatu alat untuk mengkoreksi pengaruh temperature. Antara elektroda pembanding dengan elektroda gelas sudah disusun dalam satu kesatuan.



Gambar 2. 2 Elektroda PH Meter Modern

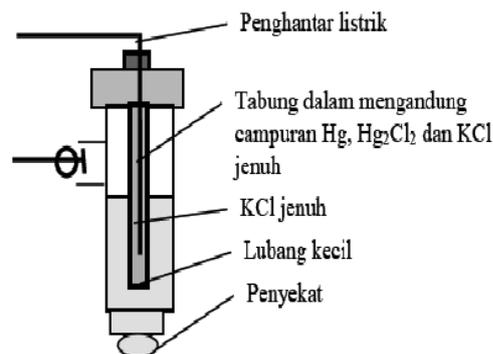
Keterangan gambar.

1. Bagian perasa electrode yang terbuat dari kaca yang sfesifik.
2. Larutan *buffer*.
3. Cairan HCL.
4. Elektroda ukur yang dilapisi perak.
5. Tabung gelas elektroda.
6. Elektroda referensi.
7. Ujung kawat yang terbuat dari keramik.

Sensor yang biasa digunakan untuk mengukur pH adalah elektroda yang sensitif terhadap ion atau disebut juga elektroda gelas. Elektroda ini tersusun dari batang elektroda (terbuat dari gelas yang terisolasi dengan baik) dan membran gelas (yang berdinding tipis dan sensitif terhadap ion H^+). Sebuah acuan terdapat pula elektroda acuan. Kedua elektroda ini ada yang berdiri sendiri-sendiri dan ada juga yang tergabung menjadi satu kesatuan, biasa disebut elektroda kombinasi. Elemen sensor pengukur pH terdapat di tengah-tengah, dilingkupi oleh larutan perak-perak

klorida (Ag-AgCl). Bagian bawah dari elemen sensor ini berhubungan dengan membran gelas dan berisi larutan perak- perak klorida.[5]

Kontak ionik dari larutan perak- perak klorida terhadap sampel terjadi melalui penghubung keramik. Penghubung ini bertindak sebagai suatu membran selektif yang hanya meloloskan arus-arus ionik tertentu, Secara alami, impedansi keluaran elektroda gelas sangat besar (karena proses kimia yang terjadi pada permukaan elektroda), besarnya antara $50\text{-}500\text{ M}\Omega$ sehingga pada alat pengukur diperlukan impedansi masukan yang sangat besar. Elektroda kombinasi terlihat seperti pada gambar 2.3



Gambar 2. 3 Elektroda PH Kombinasi

2.2.1. Larangan Penggunaan pH

PH Meter ini tidak boleh digunakan untuk mengukur cairan sebagai berikut :

- a. Air panas dengan suhu melebihi suhu kamar karena pengukuran menjadi tidak presisi,
- b. Air Es / air dingin dengan suhu dibawah suhu kamar karena pengukuran menjadi tidak presisi,
- c. Air Payau atau air laut atau air garam karena pembacaan menjadi *error*, untuk pengukuran air laut ada alat khusus tersendiri,

- d. Jenis air atau cairan lainnya yang tidak masuk dalam *range* pengukuran dari spesifikasi alat ini.

System pengukuran pH terdiri dari 3 komponen:

1. pH elektroda: merupakan komponen dimana keluarannya berupa tegangan, dimana setiap perubahan pH akan mempengaruhi perubahan tegangan (59,2mV tiap perubahan unit pH).

Tabel 2. 2 Kadar Asam Basah

Asam							N	Basa						
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
414	355	296	237	177	118	59	0	-59	-118	-177	-237	-296	-355	-414

(Sumber : dfrobot)

2. Referensi elektroda: merupakan komponen, dimana tegangan keluarannya selalu tetap sebagai referensi/ acuan.
3. pH meter: merupakan milivolt meter yang memiliki impedansi masukan yang tinggi dan rangkaian untuk mengubah tegangan dari elektroda menjadi pembacaan pH unit.[9]

2.2.2. Modul pH Value V1.1

Pada sensor pH ini terdapat modul pH *value* sebagai penguat keluaran tegangan karena jika hanya menggunakan sensor saja maka *output* yang dihasilkan berupa tegangan yang sangat kecil sehingga sulit untuk dibaca ADC.

pH meter analog, yang dirancang khusus untuk kontroler Arduino dan memiliki built-in yang sederhana, mudah dan praktis koneksi dan fitur. Ini memiliki LED yang bekerja sebagai Indikator Power, BNC konektor dan PH2.0 antarmuka sensor.

Untuk menggunakannya hanya menghubungkan sensor pH dengan konektor BNC, dan pasang antarmuka PH2.0 ke port *input* analog dari controller Arduino. Jika pra- diprogram, akan mendapatkan nilai pH dengan mudah. Versi 1.1 didasarkan pada peningkatan Versi 1.0. dengan mengubah chip biaya-pompa dengan akurasi yang lebih tinggi.



Gambar 2. 4 Modul PH value V1.1

Spesifikasi Modul pH *Value* V1.1 :

- a. Modul Power: 5.00V
- b. Modul Ukuran: 43mm × 32mm
- c. Mengukur Range: 0-14PH
- d. Mengukur Suhu: 0-60 °C
- e. Akurasi: ± 0.1pH (25 °C)
- f. Response Time: ≤ 1min
- g. pH Sensor dengan BNC Connector
- h. PH2.0 Interface (3 kaki patch)
- i. Gain Penyesuaian Potensiometer
- j. Indikator Daya LED
- k. Panjang Kabel dari sensor ke konektor BNC: 660mm

Output dari pH elektroda milivolt, dan nilai pH hubungan ditunjukkan sebagai berikut (25°C):

Tabel 2. 3 Konversi Hasil Keluaran *Output* ke Nilai PH

Voltage (mV)	pH Value	Voltage (mV)	pH Value
414,12	0,00	-414,12	14,00
354,96	1,00	-354,96	13,00
295,80	2,00	-295,80	12,00
236,64	3,00	-236,64	11,00
177,48	4,00	-177,48	10,00
118,32	5,00	-118,32	9,00
59,16	6,00	-59,16	8,00
0,00	7,00	0,00	7,00

(Sumber : dfrobot)

2.3. Pengertian mikrokontroler

Mikrokontroler adalah suatu chip berupa IC (*Integrated Circuit*) yang dapat menerima sinyal *input*, mengolahnya dan memberikan sinyal *output* sesuai dengan program yang diisikan ke dalamnya. Sinyal *input* mikrokontroler berasal dari sensor yang merupakan informasi dari lingkungan sedangkan sinyal *output* ditujukan kepada *aktuator* yang dapat memberikan efek ke lingkungan. Sebagai salah satu contoh dapat digunakan untuk menganalisa pH pada suatu *liquid*, mengontrol pH supaya stabil dengan cara *start-stop* pompa soda serta *cleaning* sensor pH secara otomatis. Jadi secara sederhana mikrokontroler dapat diibaratkan sebagai otak dari suatu perangkat yang mampu berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya.

Mikrokontroler pada dasarnya adalah komputer dalam satu chip, yang di dalamnya terdapat mikroprosesor, memori, jalur *Input/Output* (I/O) dan perangkat

pelengkap lainnya. Kecepatan pengolahan data pada mikrokontroler lebih rendah jika dibandingkan dengan PC.

Pada PC kecepatan mikroprosesor yang digunakan saat ini telah mencapai orde GHz, sedangkan kecepatan operasi mikrokontroler pada umumnya berkisar antara 1 – 16 MHz. Begitu juga kapasitas RAM dan ROM pada PC yang bisa mencapai orde Gbyte, dibandingkan dengan mikrokontroler yang hanya berkisar pada orde byte/Kbyte.

2.3.1. Atmega 328

Mikrokontroler AVR ATmega328 memiliki fitur yang cukup lengkap. Mikrokontroler AVR ATmega328 telah dilengkapi dengan *ADC internal*, *EEPROM internal*, *Timer/Counter*, *PWM*, *analog comparator*, dan lain-lain (M.Ary Heryanto, 2008). Sehingga dengan fasilitas yang lengkap ini memungkinkan kita belajar mikrokontroler keluarga AVR dengan lebih mudah dan efisien, serta dapat mengembangkan kreativitas penggunaan mikrokontroler ATmega328.

Fitur-fitur yang dimiliki oleh mikrokontroler ATmega328 adalah sebagai berikut :

1. Saluran *Input/Output (I/O)* sebanyak 23 buah
2. *ADC internal* sebanyak 6 saluran
3. Tiga buah *Timer/Counter* dengan kemampuan perbandingan
4. CPU yang terdiri atas 32 buah *register* serbaguna
5. SRAM sebesar 2 kByte
6. Memori Flash sebesar 32 kByte dengan kemampuan *Read While Write*
7. *EEPROM* sebesar 1 kByte yang dapat diprogram saat operasi

8. Antarmuka komparator analog
9. Port USART untuk komunikasi serial
10. Port antarmuka SPI
11. *System* mikroprosesor 8-bit berbasis RISC dengan kecepatan maksimal 16 MHz
12. Lima *mode Sleep* : *Idle*, *ADC Noise Reduction*, *Power-save*, *Power-down*, dan *Standby*
13. Sumber Interupsi *External* dan *Internal*
14. Enam buah *channels* PWM

2.3.2. Konstruksi Mikrokontroler ATmega328

Mikrokontroler ATmega328 memiliki 3 jenis memori, yaitu memori program, memori data dan memori *EEPROM*. Ketiganya memiliki ruang tersendiri dan terpisah.

a. Memori program

ATmega328 memiliki kapasitas memori program sebesar 32 kByte yang terpetakan dari alamat 0000h – 3FFFh dimana masing-masing alamat memiliki lebar data 32 bit. Memori program ini terbagi menjadi 2 bagian yaitu bagian program *boot* dan bagian program aplikasi.

b. Memori data

Memori data ATmega328 terbagi menjadi 3 bagian yaitu *register* serbaguna, *register* I/O dan SRAM. ATmega328 memiliki 32 byte *register* serbaguna, 64 byte *register* I/O yang dapat diakses sebagai bagian dari memori RAM (menggunakan instruksi LD atau ST) atau dapat juga diakses sebagai I/O

(menggunakan instruksi IN atau OUT), dan 2048 byte digunakan untuk memori data SRAM.

c. Memori *EEPROM*

ATmega328 memiliki memori *EEPROM* sebesar 1 kByte yang terpisah dari memori program maupun memori data. Memori *EEPROM* ini hanya dapat diakses dengan menggunakan *register-register I/O* yaitu *register EEPROM Address*, *register EEPROM Data*, dan *register EEPROM Control*. Untuk mengakses memori *EEPROM* ini diperlakukan seperti mengakses data eksternal, sehingga waktu eksekusinya relatif lebih lama bila dibandingkan dengan mengakses data dari SRAM.

Mikrokontroler ATmega328 memiliki arsitektur Harvard, yaitu memisahkan memori untuk kode program dan memori untuk data sehingga dapat memaksimalkan kerja dan *parallelism*. Instruksi-instruksi dalam memori program dieksekusi dalam satu alur tunggal, dimana pada saat satu instruksi dikerjakan instruksi berikutnya sudah diambil dari memori program. Konsep inilah yang memungkinkan instruksi-instruksi dapat dieksekusi dalam setiap satu siklus clock.

32 x 8-bit *register* serbaguna digunakan untuk mendukung operasi pada ALU (*Arithmetic Logic Unit*) yang dapat dilakukan dalam satu siklus. Enam dari *register* serbaguna ini dapat digunakan sebagai 3 buah *register pointer* 16-bit pada *mode* pengalamatan tak langsung untuk mengambil data pada ruang memori data. Ketiga *register pointer* 16-bit ini disebut dengan *register X* (gabungan R26 dan R27), *register Y* (gabungan R28 dan R29), dan *register Z* (gabungan R30 dan R31).

Hampir semua instruksi AVR memiliki format 16-bit. Setiap alamat memori program terdiri dari instruksi 16-bit atau 32-bit. Selain *register* serbaguna di atas, terdapat *register* lain yang terpetakan dengan teknik *memory mapped I/O* selebar 64 byte.

Beberapa *register* ini digunakan untuk fungsi khusus antara lain sebagai *register control Timer/Counter*, Interupsi, ADC, USART, SPI, *EEPROM*, dan fungsi I/O lainnya. *Register-register* ini menempati memori pada alamat 0x20 – 0x5F.

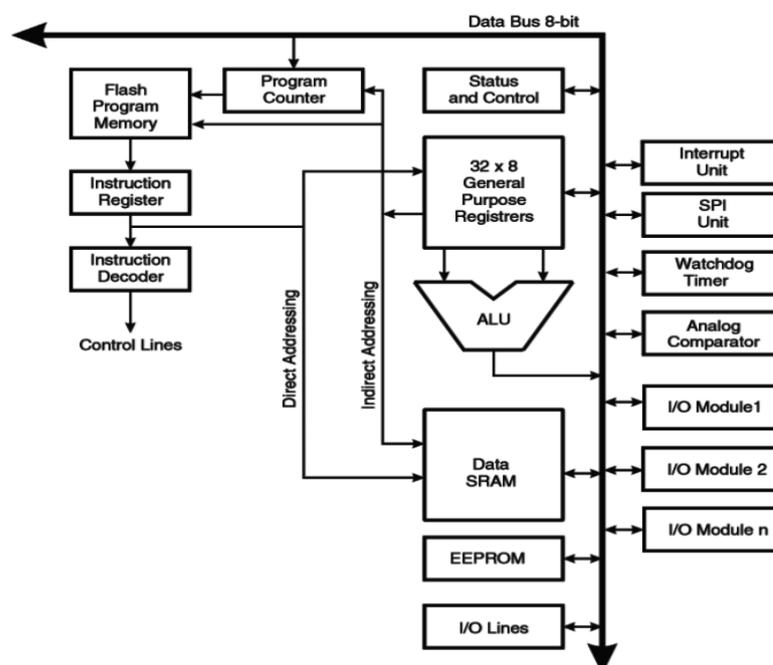
ATmega328 merupakan tipe AVR yang telah dilengkapi dengan 6 saluran ADC internal dengan fidelitas 10-bit. Dalam *mode* operasinya, ADC ATmega328 dapat dikonfigurasi, baik secara single ended *input* maupun differential *input*. Selain itu, ADC ATmega328 memiliki konfigurasi pewaktuan, tegangan referensi, *mode* operasi, dan kemampuan filter derau yang amat fleksibel, sehingga dengan mudah disesuaikan dengan kebutuhan ADC itu sendiri.

ATmega328 memiliki 3 modul timer yang terdiri dari 2 buah timer/counter 8-bit dan 1 buah timer/counter 16-bit. Ketiga modul timer/counter ini dapat diatur dalam *mode* yang berbeda secara individu dan tidak saling mempengaruhi satu sama lain. Selain itu, semua timer/counter juga dapat difungsikan sebagai sumber interupsi. Masing-masing timer/counter ini memiliki *register* tertentu yang digunakan untuk mengatur *mode* dan cara kerjanya. [6]

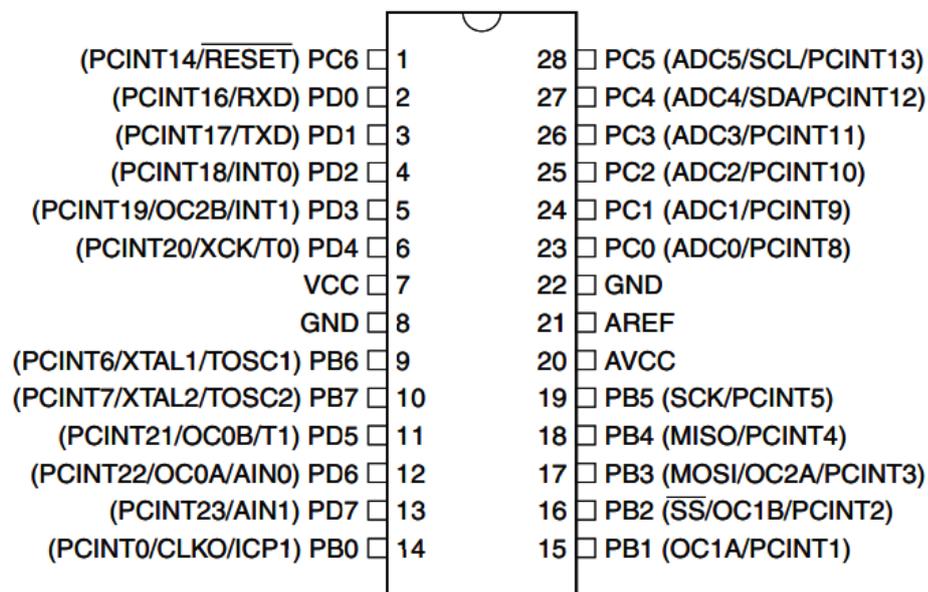
Serial Peripheral Interface (SPI) merupakan salah satu *mode* komunikasi serial synchronous kecepatan tinggi yang dimiliki oleh ATmega328. *Universal Synchronous and Asynchronous Serial Receiver and Transmitter* (USART) juga

merupakan salah satu *mode* komunikasi serial yang dimiliki oleh ATmega328. USART merupakan komunikasi yang memiliki fleksibilitas tinggi, yang dapat digunakan untuk melakukan transfer data baik antar mikrokontroler maupun dengan modul-modul eksternal termasuk PC yang memiliki fitur UART.

USART memungkinkan transmisi data baik secara *synchronous* maupun *asynchronous*, sehingga dengan memiliki USART pasti kompatibel dengan UART. Pada ATmega328, secara umum pengaturan *mode synchronous* maupun *asynchronous* adalah sama. Perbedaannya hanyalah terletak pada sumber clock saja. Jika pada *mode asynchronous* masing-masing peripheral memiliki sumber clock sendiri, maka pada *mode synchronous* hanya ada satu sumber clock yang digunakan secara bersama-sama. Dengan demikian, secara *hardware* untuk *mode asynchronous* hanya membutuhkan 2 pin yaitu TXD dan RXD, sedangkan untuk *mode synchronous* harus 3 pin yaitu TXD, RXD dan XCK.



Gambar 2. 5 Arsitektur ATmega328



Gambar 2. 6 Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATmega328

Konfigurasi pin ATmega328 dengan kemasan 28 pin DIP (*Dual Inline Package*) dapat dilihat pada gambar di atas. Dari gambar di atas dapat dijelaskan fungsi dari masing-masing pin ATmega328 sebagai berikut :

1. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai masukan catu daya
2. GND merupakan pin Ground
3. AVCC merupakan pin tegangan catu untuk A/D *converter*
4. AREF merupakan pin tegangan referensi analog untuk ADC
5. Port B (PortB7, PortB6, PortB5, PortB4, PortB3, PortB2, PortB1, PortB0) merupakan pin *input/output* dua arah dan pin fungsi khusus seperti dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Fungsi Khusus Port B

Port Pin	Alternate Functions
PB7	XTAL2 (Chip Clock Oscillator pin 2) TOSC2 (Timer Oscillator pin 2) PCINT7 (Pin Change Interrupt 7)
PB6	XTAL1 (Chip Clock Oscillator pin 1 or External clock input) TOSC1 (Timer Oscillator pin 1) PCINT6 (Pin Change Interrupt 6)
PB5	SCK (SPI Bus Master clock Input) PCINT5 (Pin Change Interrupt 5)
PB4	MISO (SPI Bus Master Input/Slave Output) PCINT4 (Pin Change Interrupt 4)
PB3	MOSI (SPI Bus Master Output/Slave Input) OC2A (Timer/Counter2 Output Compare Match A Output) PCINT3 (Pin Change Interrupt 3)
PB2	\overline{SS} (SPI Bus Master Slave select) OC1B (Timer/Counter1 Output Compare Match B Output) PCINT2 (Pin Change Interrupt 2)
PB1	OC1A (Timer/Counter1 Output Compare Match A Output) PCINT1 (Pin Change Interrupt 1)
PB0	ICP1 (Timer/Counter1 Input Capture Input) CLKO (Divided System Clock Output) PCINT0 (Pin Change Interrupt 0)

6. Port C (PortC6, PortC5, PortC4, PortC3, PortC2, PortC1, PortC0) merupakan pin *input/output* dua arah dan pin fungsi khusus seperti dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Fungsi Khusus Port C

Port Pin	Alternate Function
PC6	\overline{RESET} (Reset pin) PCINT14 (Pin Change Interrupt 14)
PC5	ADC5 (ADC Input Channel 5) SCL (2-wire Serial Bus Clock Line) PCINT13 (Pin Change Interrupt 13)
PC4	ADC4 (ADC Input Channel 4) SDA (2-wire Serial Bus Data Input/Output Line) PCINT12 (Pin Change Interrupt 12)
PC3	ADC3 (ADC Input Channel 3) PCINT11 (Pin Change Interrupt 11)
PC2	ADC2 (ADC Input Channel 2) PCINT10 (Pin Change Interrupt 10)
PC1	ADC1 (ADC Input Channel 1) PCINT9 (Pin Change Interrupt 9)
PC0	ADC0 (ADC Input Channel 0) PCINT8 (Pin Change Interrupt 8)

7. Port D (PortD4, PortD3, PortD2, PortD1, PortD0) merupakan pin *input/output* dua arah dan pin fungsi khusus seperti dapat dilihat pada Tabel 2.6

Tabel 2. 6 Fungsi Khusus Port D

Port Pin	Alternate Function
PD7	AIN1 (Analog Comparator Negative Input) PCINT23 (Pin Change Interrupt 23)
PD6	AIN0 (Analog Comparator Positive Input) OC0A (Timer/Counter0 Output Compare Match A Output) PCINT22 (Pin Change Interrupt 22)
PD5	T1 (Timer/Counter 1 External Counter Input) OC0B (Timer/Counter0 Output Compare Match B Output) PCINT21 (Pin Change Interrupt 21)
PD4	XCK (USART External Clock Input/Output) T0 (Timer/Counter 0 External Counter Input) PCINT20 (Pin Change Interrupt 20)
PD3	INT1 (External Interrupt 1 Input) OC2B (Timer/Counter2 Output Compare Match B Output) PCINT19 (Pin Change Interrupt 19)
PD2	INT0 (External Interrupt 0 Input) PCINT18 (Pin Change Interrupt 18)
PD1	TXD (USART Output Pin) PCINT17 (Pin Change Interrupt 17)
PD0	RXD (USART Input Pin) PCINT16 (Pin Change Interrupt 16)

2.3.3. Komunikasi Atmega 328

ATmega328 ini menyediakan UART TTL (5V) komunikasi serial, yang tersedia pada pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). Di sini menggunakan USB Serial Adaptor CH 340 G.



Gambar 2. 7 Modul Converter USB Serial Adapter CH340 G

Modul konverter USB ke/dari TTL ini menggunakan IC CH340 USB/RS232 *Transceiver/Driver* yang memenuhi spesifikasi USB versi 2.0 untuk

komunikasi serial lewat antarmuka USB. Komunikasi dijalankan secara simultan pada dua arah (*full duplex*) secara *hardware*, mendukung kecepatan transmisi mulai dari 50 bps hingga 2 Mbps.

2.3.4. Software IDE Arduino

ATMega328 di *system minimum* yang memungkinkan untuk meng-*upload* kode baru untuk itu dapat menggunakan programmer *hardware* eksternal. 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 mikrokontroler tidak akan bisa memahami bahasa Processing. Yang bisa dipahami oleh mikrokontroler adalah kode biner. Itulah sebabnya compiler diperlukan dalam hal ini.
3. *Uploader*, sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam memory didalam papan Arduino.

Sebuah kode program Arduino umumnya disebut dengan istilah sketch. Kata “sketch” digunakan secara bergantian dengan “kode program” dimana keduanya memiliki arti yang sama.

2.3.5. Bahasa pemrograman IDE Arduino berbasis bahasa C

Seperti yang telah dijelaskan diatas program Arduino sendiri menggunakan bahasa C. walaupun banyak sekali terdapat bahasa pemrograman tingkat tinggi (*high level language*) seperti *pascal*, *basic*, *cobol*, dan lainnya. Walaupun demikian,

sebagian besar dari para programmer profesional masih tetap memilih bahasa C sebagai bahasa yang lebih unggul, berikut alasan-alasannya:

1. Bahasa C merupakan bahasa yang *powerful* dan *fleksibel* yang telah terbukti dapat menyelesaikan program-program besar seperti pembuatan *system* operasi, pengolah gambar (seperti pembuatan game) dan juga pembuatan *kompiletor* bahasa pemrograman baru.
2. Bahasa C merupakan bahasa yang *portabel* sehingga dapat dijalankan di beberapa *system* operasi yang berbeda. Sebagai contoh program yang kita tulis dalam *system* operasi windows dapat kita kompilasi didalam *system* operasi linux dengan sedikit ataupun tanpa perubahan sama sekali.
3. Bahasa C merupakan bahasa yang sangat populer dan banyak digunakan oleh programmer berpengalaman sehingga kemungkinan besar library pemrograman telah banyak disediakan oleh pihak luar/lain dan dapat diperoleh dengan mudah.
4. Bahasa C merupakan bahasa yang bersifat modular, yaitu tersusun atas rutin-rutin tertentu yang dinamakan dengan fungsi (*function*) dan fungsi-fungsi tersebut dapat digunakan kembali untuk pembuatan program-program lainnya tanpa harus menulis ulang *implementasinya*.
5. Bahasa C merupakan bahasa tingkat menengah (*middle level language*) sehingga mudah untuk melakukan interface (pembuatan program antar muka) ke perangkat keras.
6. Struktur penulisan program dalam bahasa C harus memiliki fungsi utama, yang bernama *main()*. Fungsi inilah yang akan dipanggil pertama kali pada

saat proses eksekusi program. Artinya apabila kita mempunyai fungsi lain selain fungsi utama, maka fungsi lain tersebut baru akan dipanggil pada saat digunakan.

Oleh karena itu bahasa C merupakan bahasa *prosedural* yang menerapkan konsep runtutan (program di eksekusi per baris dari atas ke bawah secara berurutan), maka apabila kita menuliskan fungsi-fungsi lain tersebut di bawah fungsi utama, maka kita harus menuliskan bagian *prototipe (prototype)*, hal ini dimaksudkan untuk mengenalkan terlebih dahulu kepada *kompiler* daftar fungsi yang akan digunakan di dalam program. Namun apabila kita menuliskan fungsi-fungsi lain tersebut diatas atau sebelum fungsi utama, maka kita tidak perlu lagi untuk menuliskan bagian *prototipe* diatas.[3]

Selain itu juga dalam bahasa C kita akan mengenal file header, biasa ditulis dengan ekstensi h(*.h), adalah file bantuan yang yang digunakan untuk menyimpan daftar-daftar fungsi yang akan digunakan dalam program. Bagi anda yang sebelumnya pernah mempelajari bahasa pascal, file header ini serupa dengan unit. Dalam bahasa C, file header standar yang untuk proses *input/output* adalah <stdio.h>.

Perlu sekali untuk diperhatikan bahwa apabila kita menggunakan file header yang telah disediakan oleh kompilator, maka kita harus menuliskannya didalam tanda '<' dan '>' (misalnya <stdio.h>). Namun apabila menggunakan file header yang kita buat sendiri, maka file tersebut ditulis diantara tanda “ dan ” (misalnya “cobaheader.h”). perbedaan antara keduanya terletak pada saat pencerian file tersebut. Apabila kita menggunakan tanda <>, maka file tersebut dianggap berada

pada direktori default yang telah ditentukan oleh kompilator. Sedangkan apabila kita menggunakan tanda “”, maka file header dapat kita dapat tentukan sendiri lokasinya.

File header yang akan kita gunakan harus kita daftarkan dengan menggunakan directive `#include`. Directive `#include` ini berfungsi untuk memberi tahu kepada kompilator bahwa program yang kita buat akan menggunakan file-file yang didaftarkan. Berikut ini contoh penggunaan directive `#include`.

```
#include<stdio.h>

#include<stdlib.h>

#include"myheader.h"
```

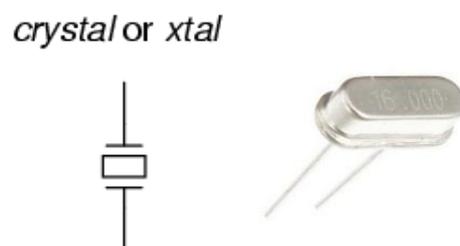
Setiap kita akan menggunakan fungsi tertentu yang disimpan dalam sebuah file header, maka kita juga harus mendaftarkan file headernya dengan menggunakan directive `#include`. Sebagai contoh, kita akan menggunakan fungsi `getch()` dalam program, maka kita harus mendaftarkan file header `<conio.h>`.

2.4. Sistem *minimum* mikrokontroler

Pengendali mikro (bahasa Inggris: *microcontroller*) adalah *system* mikroprosesor lengkap yang terkandung di dalam sebuah chip. Mikrokontroler berbeda dari mikroprosesor serba guna yang digunakan dalam sebuah PC, karena di dalam sebuah mikrokontroler umumnya juga telah berisi komponen pendukung *system* minimal mikroprosesor, yakni memori dan antarmuka I/O, sedangkan di dalam mikroprosesor umumnya hanya berisi CPU saja.

2.4.1. Crystal

Crystal adalah komponen Elektronika yang memiliki fungsi sama dengan Resonator. yaitu untuk menghasilkan denyut atau detak pada Komponen Elektronika yang membutuhkan detak Clock. Crystal memiliki 2 kaki, yang jika digunakan pada IC mikrokontroler maka kedua kaki pin koneksikan dengan XTAL1 dan XTAL 2. Kelebihan Crystal adalah detaknya relatif stabil. tetapi kelemahannya adalah rangkaian menjadi sedikit rumit, karena membutuhkan tambahan Kapasitor untuk menstabilkan detak yang dihasilkan oleh crystal.



Gambar 2. 8 Crystal

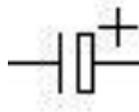
Crystal memiliki banyak nilai dengan satuan Mhz. untuk penggunaan pada Mikrokontroler menggunakan crystal bernilai 16.000 Mhz.

2.4.2. Kapasitor/Kondensator

Kondensator atau sering disebut sebagai kapasitor adalah suatu alat yang dapat menyimpan energi di dalam medan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari muatan listrik. Kondensator memiliki satuan yang disebut Farad dari nama Michael Faraday. Kondensator juga dikenal sebagai "kapasitor", namun kata "kondensator" masih dipakai hingga saat ini. Pertama disebut oleh Alessandro Volta seorang ilmuwan Italia pada tahun 1782 (dari bahasa Itali *condensatore*), berkenaan dengan kemampuan alat untuk menyimpan suatu

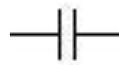
muatan listrik yang tinggi dibanding komponen lainnya. Kebanyakan bahasa dan negara yang tidak menggunakan bahasa Inggris masih mengacu pada perkataan bahasa Italia "condensatore", bahasa Perancis *condensateur*, Indonesia dan Jerman Kondensator atau Spanyol *Condensador*.

- Kondensator diidentikkan mempunyai dua kaki dan dua kutub yaitu positif dan negatif serta memiliki cairan elektrolit dan biasanya berbentuk tabung.



Gambar 2. 9 Lambang Kondensator (mempunyai kutub)

- Sedangkan jenis yang satunya lagi kebanyakan nilai kapasitasnya lebih rendah, tidak mempunyai kutub positif atau negatif pada kakinya, kebanyakan berbentuk bulat pipih berwarna coklat, merah, hijau dan lainnya seperti tablet atau kancing baju.



Gambar 2. 10 Lambang Kondensator (tidak mempunyai kutub)

Konversi Satuan Farad adalah sebagai berikut :

- 1Farad=1.000.000 μ F (mikroFarad)
- 1 μ F=1.000nF (nanoFarad)
- 1 μ F=1.000.000pF (pikoFarad)
- 1nF = 1.000pF (piko Farad)

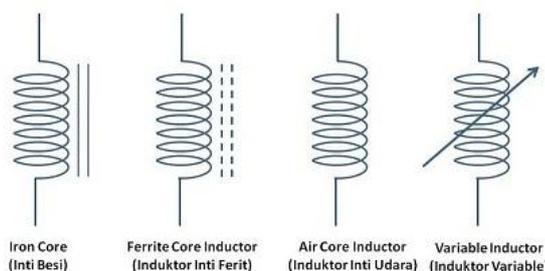
2.4.3. Induktor

Sebuah induktor atau reaktor adalah sebuah komponen elektronika pasif (kebanyakan berbentuk torus) yang dapat menyimpan energi pada medan magnet yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melintasinya. Kemampuan induktor untuk menyimpan energi magnet ditentukan oleh induktansinya, dalam satuan Henry. Biasanya sebuah induktor adalah sebuah kawat penghantar yang dibentuk menjadi kumparan, lilitan membantu membuat medan magnet yang kuat di dalam kumparan dikarenakan hukum induksi Faraday. Induktor adalah salah satu komponen elektronik dasar yang digunakan dalam rangkaian yang arus dan tegangannya berubah-ubah dikarenakan kemampuan induktor untuk memproses arus bolak-balik.

Sebuah induktor ideal memiliki induktansi, tetapi tanpa resistansi atau kapasitansi, dan tidak memboroskan daya. Sebuah induktor pada kenyataannya merupakan gabungan dari induktansi, beberapa resistansi karena resistivitas kawat, dan beberapa kapasitansi. Pada suatu frekuensi, induktor dapat menjadi sirkuit resonansi karena kapasitas parasitnya. Selain memboroskan daya pada resistansi kawat, induktor berinti magnet juga memboroskan daya di dalam inti karena efek histeresis, dan pada arus tinggi mungkin mengalami nonlinearitas karena penjumlahan.

Induktansi (L) (diukur dalam Henry) adalah efek dari medan magnet yang terbentuk disekitar konduktor pembawa arus yang bersifat menahan perubahan arus. Arus listrik yang melewati konduktor membuat medan magnet sebanding dengan besar arus. Perubahan dalam arus menyebabkan perubahan medan magnet

yang mengakibatkan gaya elektromotif lawan melalui GGL induksi yang bersifat menentang perubahan arus. Induktansi diukur berdasarkan jumlah gaya elektromotif yang ditimbulkan untuk setiap perubahan arus terhadap waktu. Sebagai contoh, sebuah induktor dengan induktansi 1 Henry menimbulkan gaya elektromotif sebesar 1 volt saat arus dalam induktor berubah dengan kecepatan 1 ampere setiap sekon. Jumlah lilitan, ukuran lilitan, dan material inti menentukan induktansi.



Gambar 2. 11 Simbol Induktor

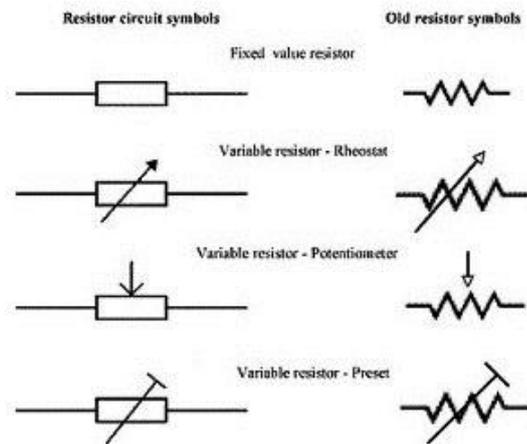
2.4.4. Pengertian resistor

Resistor adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk menghambat atau membatasi aliran listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian elektronika.

Sebagaimana fungsi resistor yang sesuai namanya bersifat resistif dan termasuk salah satu komponen elektronika dalam kategori komponen pasif. Satuan atau nilai resistansi suatu resistor di sebut Ohm dan dilambangkan dengan simbol Omega (Ω). Sesuai hukum Ohm bahwa resistansi berbanding terbalik dengan jumlah arus yang mengalir melaluinya. Selain nilai resistansinya (Ohm) resistor juga memiliki nilai yang lain seperti nilai toleransi dan kapasitas daya yang mampu dilewatkannya.

2.4.4.1. Simbol Resistor

Berikut adalah simbol resistor dalam bentuk gambar yang sering digunakan dalam suatu desain rangkaian elektronika.



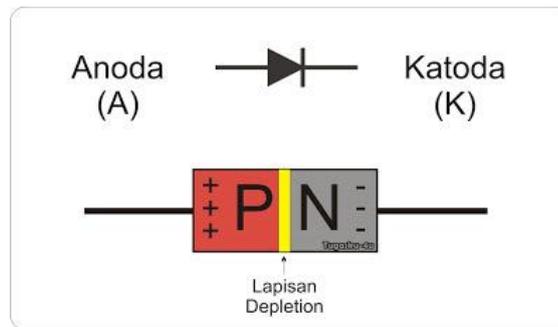
Gambar 2. 12 Simbol Resistor

Resistor dalam suatu teori dan penulisan formula yang berhubungan dengan resistor disimbolkan dengan huruf “R”. Kemudian pada desain skema elektronika resistor tetap disimbolkan dengan huruf “R”, resistor variabel disimbolkan dengan huruf “VR” dan untuk resistor jenis potensiometer ada yang disimbolkan dengan huruf “VR” dan “POT”.

2.4.5. Dioda

Diode adalah komponen aktif dua kutub yang pada umumnya bersifat semikonduktor, yang memperbolehkan arus listrik mengalir ke satu arah (kondisi panjar maju) dan menghambat arus dari arah sebaliknya (kondisi panjar mundur). Diode dapat disamakan sebagai fungsi katup di dalam bidang elektronika. Diode sebenarnya tidak menunjukkan karakteristik kesearahan yang sempurna, melainkan mempunyai karakteristik hubungan arus dan tegangan kompleks yang tidak linier

dan seringkali tergantung pada teknologi atau material yang digunakan serta parameter penggunaan. Beberapa jenis diode juga mempunyai fungsi yang tidak ditujukan untuk penggunaan penyearahan.



Gambar 2. 13 Simbol Dioda

Dioda disimbolkan dengan gambar anak panah yang pada ujungnya terdapat garis yang melintang. Simbol tersebut sebenarnya adalah sebagai perwakilan dari cara kerja dioda itu sendiri. Pada pangkal anak panah disebut juga sebagai anoda (kaki positif = P) dan pada ujung anak panah disebut sebagai katoda (kaki negative = N).

2.4.6. *Push botton*

1. Pengertian *Push Button Switch* / Saklar Tombol Tekan



Gambar 2. 14 Saklar Tombol Tekan

Push button switch (saklar tombol tekan) adalah perangkat / saklar sederhana yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik dengan *system* kerja tekan dan tidak terkunci.

System kerja unlock (tidak terkunci) disini berarti saklar akan bekerja sebagai alat penghubung atau pemutus aliran arus listrik saat tombol ditekan, dan saat tombol tidak ditekan / dilepas, maka saklar akan kembali pada kondisi normal.

2.5. Pompa DC

Pompa adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media perpipaan dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus.

Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (*suction*) dengan bagian keluar (*discharge*). Dengan kata lain, pompa berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga *kinetis* (kecepatan), dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada sepanjang pengaliran.

Pompa juga dapat digunakan pada proses-proses yang membutuhkan tekanan *hidraulik* yang besar. Dalam operasi, mesin-mesin peralatan berat membutuhkan tekanan *discharge* yang besar dan tekanan isap yang rendah. Akibat tekanan yang rendah pada sisi isap pompa maka *fluida* akan naik dari kedalaman tertentu, sedangkan akibat tekanan yang tinggi pada sisi *discharge* akan memaksa fluida untuk naik sampai pada ketinggian yang diinginkan.

Sedangkan Motor DC merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik DC menjadi energi mekanik, energi mekanik ini digunakan dalam berbagai fungsi misalnya, memutar impeller pompa, *fan* atau *blower* menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dll.[2]



Gambar 2. 15 Pompa Motor DC

Spesifikasi pompa

- Bahan plastik.
- Untuk direndam.
- Tegangan Kerja 3-6V DC
- Aliran maksimum 2 liter/menit.
- Daya dorong maksimum : 1 m.
- Diameter nepel: 7mm (bisa untuk selang 1/4).
- Ukuran 24mm x 45mm x 33mm.

Cara kerja pompa ini ialah dengan mengubah energi kinetik (kecepatan) cairan menjadi energi potensial (tekanan) melalui suatu *impeller* yang berputar di dalam *casing*.

Impeller tersebut berupa piringan berongga yang memiliki sudu-sudu melengkung dan diputar oleh motor penggerak. Putaran dari *impeller* akan memberikan gaya sentrifugal terhadap cairan dan diarahkan ke sisi *discharge*. Sebelum cairan tersebut keluar melalui *discharge*, sebelumnya akan ditahan oleh *casing* sehingga menimbulkan tekanan alir. Untuk menjaga agar didalam *casing* selalu terisi cairan, maka pada saluran isap harus dilengkapi dengan katup kaki (*foot*

valve). Kosongnya cairan di dalam impeller dapat menyebabkan masuknya udara dan menimbulkan kavitasi.

Pompa inilah yang akan digunakan untuk memompa cairan soda agar pH menjadi netral yang tidak membutuhkan *flow* yang besar, karena fungsinya hanya untuk menaikkan sedikit pH supaya netral menjadi pH 7-8.

2.6. Motor servo MG996

Motor servo adalah sebuah motor DC yang dilengkapi rangkaian kendali dengan *system closed feedback* yang terintegrasi dalam motor tersebut. Pada motor servo posisi putaran sumbu (*axis*) dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo.

Motor servo disusun dari sebuah motor DC, gearbox, variabel resistor (VR) atau potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas maksimum putaran sumbu (*axis*) motor servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang pada pin kontrol motor servo.



Gambar 2. 16 Konstruksi Motor Servo

Motor servo adalah motor yang mampu bekerja dua arah (CW dan CCW) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan dengan memberikan variasi lebar pulsa (*duty cycle*) sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya.

2.6.1. Jenis Motor Servo

1. Motor Servo Standar 180°

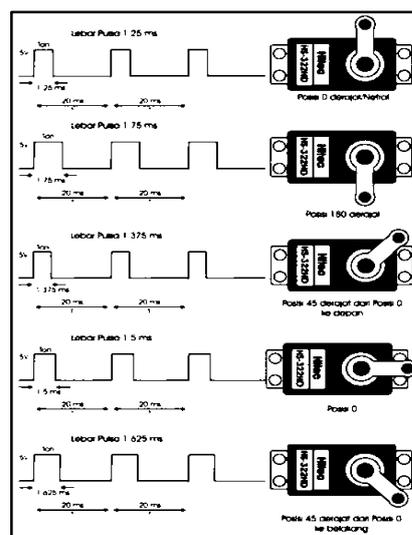
Motor servo jenis ini hanya mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) dengan defleksi masing-masing sudut mencapai 90° sehingga total defleksi sudut dari kanan – tengah – kiri adalah 180°.

2. Motor Servo Continuous

Motor servo jenis ini mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) tanpa batasan defleksi sudut putar (dapat berputar secara kontinyu).

3. Pulsa Kontrol Motor Servo

Operasional motor servo dikendalikan oleh sebuah pulsa selebar ± 20 ms, dimana lebar pulsa antara 0.5 ms dan 2 ms menyatakan akhir dari range sudut maksimum. Apabila motor servo diberikan pulsa dengan besar 1.5 ms mencapai gerakan 90°, maka bila kita berikan pulsa kurang dari 1.5 ms maka posisi mendekati 0° dan bila kita berikan pulsa lebih dari 1.5 ms maka posisi mendekati 180°.



Gambar 2. 17 Pulsa Kendali Motor Servo

Motor Servo akan bekerja secara baik jika pada bagian pin kontrolnya diberikan sinyal PWM dengan frekuensi 50 Hz. Dimana pada saat sinyal dengan frekuensi 50 Hz tersebut dicapai pada kondisi Ton *duty cycle* 1.5 ms, maka rotor dari motor akan berhenti tepat di tengah-tengah (sudut 0°/ netral).

Pada saat Ton *duty cycle* dari sinyal yang diberikan kurang dari 1.5 ms, maka rotor akan berputar ke berlawanan arah jarum jam (*Counter Clock wise*, CCW) dengan membentuk sudut yang besarnya linier terhadap besarnya Ton *duty cycle*, dan akan bertahan diposisi tersebut. Dan sebaliknya, jika Ton *duty cycle* dari sinyal yang diberikan lebih dari 1.5 ms, maka rotor akan berputar searah jarum jam (*Clock Wise*, CW) dengan membentuk sudut yang linier pula terhadap besarnya Ton *duty cycle*, dan bertahan diposisi tersebut.

Tabel 2. 7 Spesifikasi Motor Servo MG996R

Modulation:	Digital
Torque:	4.8V: 130.54 oz-in (9.40 kg-cm) 6.0V: 152.76 oz-in (11.00 kg-cm)
Speed:	4.8V: 0.19 sec/60° 6.0V: 0.15 sec/60°
Weight:	1.94 oz (55.0 g)
Dimensions:	Length:1.60 in (40.7 mm) Width:0.78 in (19.7 mm) Height:1.69 in (42.9 mm)
Motor Type:	(add)
Gear Type:	Metal
Rotation/Support:	Dual Bearings
Rotational Range:	(add)
Pulse Cycle:	1 ms
Pulse Width:	(add)
Connector Type:	JR