

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Setelah penulis melakukan telaah terhadap beberapa referensi yang ada, ada beberapa yang memiliki keterkaitan dengan perancangan yang penulis lakukan.

Tugas Akhir yang dibuat Muhammad Fauzi dari Teknik Elektro Universitas Diponegoro Tahun 2015 dengan judul “Penggunaan *PLC OMRON CPIE-E40DR* Pada Aplikasi Miniatur Lift 5 Lantai”. Dijelaskan mengenai penggunaan PLC (*Programmable Logic Controller*) sebagai sistem kendali pada miniatur lift. PLC di sini digunakan sebagai kontrol untuk mengatur sistem otomatisasi pada miniatur lift 5 lantai. Pada miniatur lift ini digunakan berbagai macam komponen elektronika untuk menunjang kerja dari miniatur lift, seperti : Motor DC, *Limit Switch*, *Read Switch* dll.^[1]

Pada Laporan Tugas Akhir yang penyusun buat ini sama – sama membahas tentang pembuatan miniatur lift dengan menggunakan PLC (*Programmable Logic Controller*). Perbedaannya pada Laporan Tugas Akhir tersebut membahas tentang penggunaan PLC Omron CPIE-E40DR pada miniatur lift 5 lantai sedangkan Laporan Tugas Akhir ini membahas tentang penggunaan motor dc dan sensor *limit switch* pada operasional miniatur lift 3 lantai.

Tugas Akhir yang dibuat Hendra dari Teknik Elektro Universitas Diponegoro tahun 2017 dengan judul “Pengaturan Kestabilan Kecepatan Motor DC dengan Metode PWM pada Miniatur Lift 3 Lantai Berbasis *Arduino Mega*

2560”. Pada tugas akhir tersebut membahas tentang pengaturan kecepatan motor dc dengan metode PWM dengan menggunakan sensor *limit switch*, sensor *load cell*, sensor *infrared* dengan menggunakan *arduino mega 2560* sebagai kendali.^[2]

Pada Laporan Tugas Akhir yang penyusun buat ini sama – sama membahas tentang penggunaan motor dc pada miniatur lift 3 lantai. Perbedaannya pada Laporan Tugas Akhir tersebut membahas pengaturan kecepatan motor dc dengan metode PWM dengan menggunakan *arduino mega 2560* sebagai kendali, sedangkan pada Laporan Tugas Akhir ini membahas penggunaan motor dc dan sensor *limit switch* pada operasional miniatur lift 3 lantai dengan tampilan HMI berbasis PLC Schneider TM221CE16R.

Adapun Tugas Akhir dari Gandhi Sumantri D3 Teknik Elektro Universitas Diponegoro Tahun 2015 dengan judul “Aplikasi *Mikrokontroller Atmega 16* dengan *Loadcell* Pada Lift 3 Lantai”. Dijelaskan mengenai sensor *Loadcell* pada miniatur lift. *Loadcell* merupakan suatu transduser yang berfungsi sebagai pendeteksi berat suatu objek. Pada *prototype* lift 3 lantai ini, *loadcell* digunakan sebagai penentu kapasitas muatan pada ruangan lift, agar motor penggerak lift dapat berfungsi dengan baik dengan beban yang telah ditentukan. *Loadcell* yang digunakan memiliki kapasitas beban maksimal 1 kg.^[3]

Pada Laporan Tugas Akhir yang penyusun buat ini sama – sama membahas tentang pembuatan miniatur lift 3 lantai. Perbedaannya, Laporan Tugas Akhir tersebut membahas tentang penggunaan mikrokontroller *atmega 2560* pada miniatur lift 3 lantai sedangkan Laporan Tugas Akhir yang penyusun buat

membahas tentang penggunaan motor dc dan sensor limit switch pada operasional miniatur lift 3 lantai.

Tugas Akhir dari Deltend Donatos dari Teknik Elektro Universitas Diponegoro Tahun 2015 dengan judul “Penggunaan Motor DC Serta *Limit Switch* Untuk Alat Penggulung Kawat Email Berbasis *PLC OMRON CPIE E20DR-A*”. Pada tugas akhir tersebut, alat yang dibuat menggunakan sensor limit switch dan motor dc dengan *PLC OMRON CPIE E20DR-A* sebagai sistem kendali alat tersebut. ^[4]

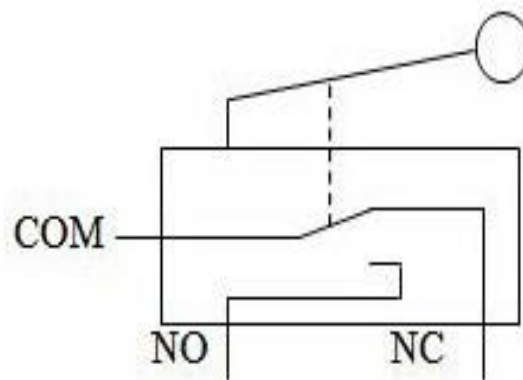
Pada Laporan Tugas Akhir yang penyusun buat ini sama – sama membahas tentang penggunaan motor dc dan sensor limit switch berbasis PLC. Perbedaannya, Laporan Tugas Akhir tersebut membahas tentang penggunaan motor dc dan sensor limit switch pada alat penggulung kawat email berbasis PLC sedangkan Laporan Tugas Akhir yang penyusun buat membahas tentang penggunaan motor dc dan sensor limit switch pada operasional miniatur lift 3 lantai berbasis PLC Schneider TM221CE16R.

Dari beberapa referensi diatas, perbedaan dengan pembahasan pada laporan tugas akhir ini adalah penyusun mengangkat tema penggunaan motor dc dan sensor pada miniatur lift 3 lantai. Pembuatan alat ini menggunakan sensor *limit switch* sebagai sensor pembatas antar lantai, untuk membatasi jalannya kabin antar lantai dan motor dc digunakan untuk penggerak kabin lift dari lantai satu ke lantai lainnya dengan sistem kendali menggunakan PLC (*Programmable Logic Control*) Schneider TM221CE16R dan akan ditampilkan pada HMI (*Human Machine Interface*).

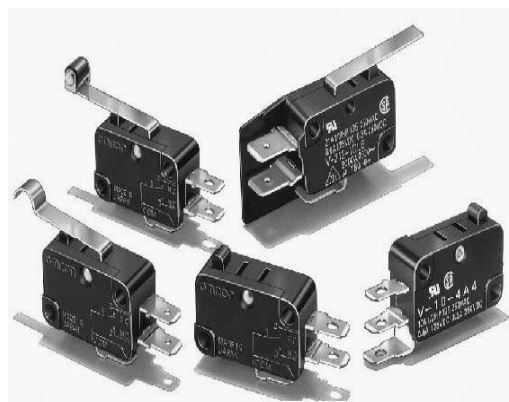
2.2. Dasar Teori

2.2.1. Sensor *Limit Switch*

Limit switch merupakan jenis saklar yang dilengkapi dengan katup yang berfungsi menggantikan tombol^[5]. *Limit switch* merupakan salah satu jenis saklar yang berfungsi sebagai saklar untuk membatasi gerakan suatu benda. Misalnya pada palang pintu kereta api, pagar, *crane*, pengangkat barang dan sejenisnya..



Gambar 2-1 Rangkaian *Limit Switch*^[5]



Gambar 2-2 *Limit Switch*^[5]

2.2.1.1 Prinsip Kerja Limit Switch

Limit switch bekerja berdasarkan tekanan atau sentuhan benda kerja pada *roller*. *Limit switch* dapat dioperasikan secara otomatis ataupun manual. *Limit switch* mempunyai fungsi yang sama yaitu mempunyai kontak NO (*Normaly Open*) dan NC (*Normaly Close*). *Limit switch* akan bekerja jika ada benda yang menekan *roller*-nya, sehingga kedudukan kontak NO menjadi NC dan kontak NC menjadi NO. Jika benda sudah diangkat, *roller* dari *limit switch* kembali ke posisi semula, demikian pula dengan kedudukan kontak-kontaknya.^[5]

2.2.2. Programmable Logic Control (PLC)

PLC merupakan perangkat elektronik yang didesain untuk digunakan pada industri yang mengontrol suatu sistem ataupun sekelompok sistem baik data I/O *analog* atau *digital*^[6]. Pada awalnya, PLC digunakan untuk menggantikan fungsi *relay* yang banyak digunakan pada lingkungan industri. PLC (*Programmable*, menunjukkan kemampuannya dapat diubah-ubah sesuai program yang dibuat dan kemampuannya dalam hal memori program yang telah dibuat. *Logic*, menunjukkan kemampuannya dalam memproses input secara aritmatik, yakni melakukan operasi negasi, mengurangi, membagi, mengalikan, menjumlahkan & membandingkan. *Controller*, menunjukkan kemampuannya dalam mengontrol dan mengatur proses sehingga menghasilkan keluaran yang diinginkan.^[6]

PLC (*Programmable Logic Control*) dapat dibayangkan seperti sebuah personal komputer konvensional (konfigurasi internal pada PLC mirip sekali dengan konfigurasi internal pada personal komputer). Akan tetapi dalam hal ini PLC dirancang untuk pembuatan panel listrik (untuk arus kuat). Jadi bisa

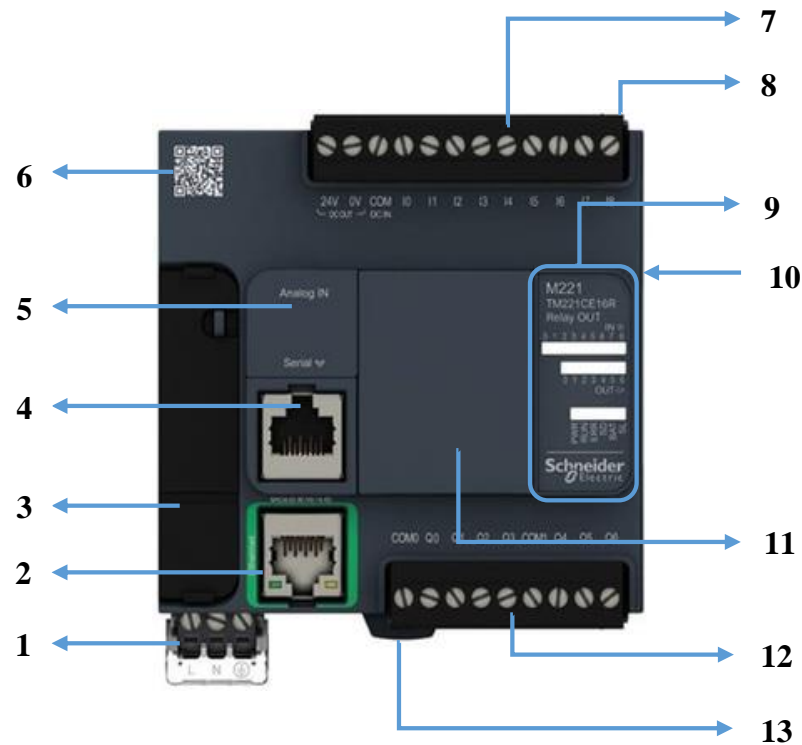
dianggap PLC adalah komputernya panel listrik. Ada juga yang menyebutnya dengan PC (*programmable controller*). PLC memiliki keunggulan yang signifikan, karena sebuah perangkat pengontrol yang sama dapat digunakan dalam beraneka ragam sistem kontrol. PLC serupa dengan komputer namun, bedanya : komputer dioptimalkan untuk tugas-tugas perhitungan dan penyimpanan data, sedangkan PLC dioptimalkan untuk tugas-tugas pengontrolan dan pengoperasian di dalam industri. Oleh karena itu, PLC memiliki karakteristik berikut :

1. Kokoh dan dirancang untuk tahan terhadap getaran, suhu, kelembaban, dan kebisingan.
2. Antarmuka untuk masukan dan keluaran telah tersedia secara *built-in*.
3. Mudah diprogram dan menggunakan sebuah bahasa pemrograman yang mudah dipahami, yang sebagian besar berkaitan dengan operasi-operasi logika dan penyambungan.



Gambar 2-3 PLC Schneider *Modicon* TM221CE16R^[7]

2.2.2.1 Konfigurasi PLC Modicon TM221CE16R



Gambar 2-4 Konfigurasi PLC *Schneider Modicon TM221CE16R*

Tabel 2-1 Konfigurasi PLC *Schneider Modicon TM221CE16R*

No	Deskripsi
1	24 VDC power supply
2	Ethernet Port / RJ45 Connector
3	Behind the removable cover: a. USB mini-B connector for connecting a PC equipped with the SoMachine Basic software b. Slot for the SD memory card c. Run/Stop switch
4	Serial link port (RS 232 or RS 485): RJ 45 connector.
5	Behind a cover: dedicated removable connector for two analog inputs.

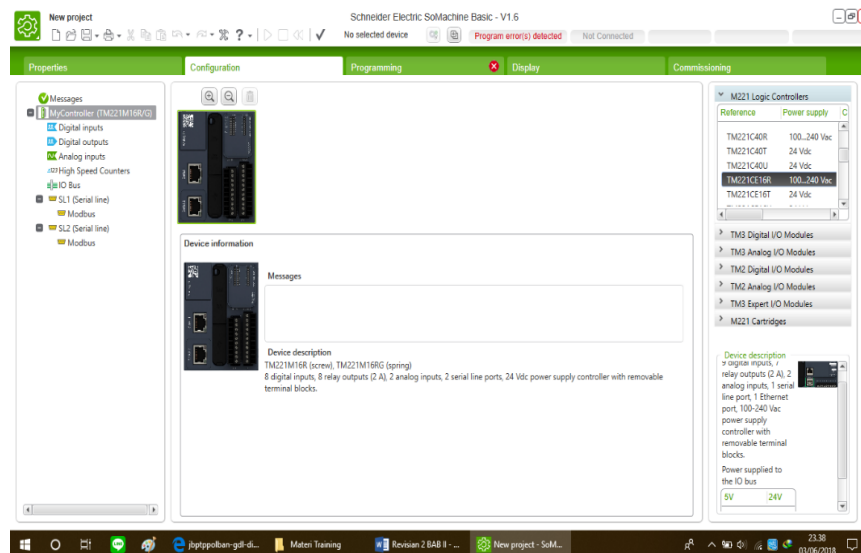
Lanjutan **Tabel 2-1**

6	<i>Controller technical documentation QR code</i>
7	<i>Connection of 24 V</i>
8	<i>On top of the controller: slot for backup battery</i>
9	<i>LED display block showing:</i> <i>a. the status of the controller and its components (battery, SD memory card)</i> <i>b. the status of the serial link</i> <i>c. the status of the I/O</i>
10	<i>On the side of the controller: TM3 bus connector for the link with a Modicon TM3 expansion module</i>
11	<i>Slot(s) for I/O cartridge(s), communication cartridge or application cartridge(s): one on M221 controllers with 16 and 24 I/O, two on M221 controllers with 40 I/O.</i>
12	<i>Connection of relay/transistor logic outputs: on removable screw terminal blocks</i>
13	<i>Clip for locking on 5 symmetrical rail.</i>

2.2.2.2 Software PLC Schneider Modicon TM221CE16R

SoMachine Basic merupakan perangkat lunak PLC yang digunakan untuk mengkonfigurasi, dan mengkomunikasikan seluruh alat yang tersambung dalam jaringan perangkat lunak tersebut termasuk logika, kontrol, HMI, dan jaringan yang terkait dengan fungsi otomatisasi. *SoMachine Basic* mempunyai fungsi-fungsi untuk memudahkan pengguna dalam menggunakannya serta dapat menghemat waktu pembuatan. *SoMachine Basic* memiliki beberapa kelebihan diantaranya adalah:

1. Dapat meningkatkan efisiensi dengan kinerja yang *flexible* dan *scalable*. Software ini dapat dilakukan pergantian *controller* satu dengan *controller* lainnya, sementara dapat tetap mempertahankan logika dan konfigurasi. Beberapa versi *SoMachine* dapat berjalan secara paralel dalam sebuah sistem serta dapat membantu memastikan kompatibilitas.
2. *Easy Builder Pro* dapat mengkonfigurasi dan mengkomunikasikan alat untuk perangkat kontrol gerak, IEC 61131-3 bahasa, mengintegrasikan konfigurasi fieldbus, ahli diagnosis, dan men-debug. Beberapa kemampuan lainnya ialah untuk pemeliharaan dan visualisasi termasuk web visualization.
3. Saat mesin mulai bekerja, maka *SoMachine* juga telah siap bekerja untuk menyediakan data yang sebenarnya pada PC maupun HMI. Sehingga software dapat menyederhanakan integrasi dan pemeliharaan.



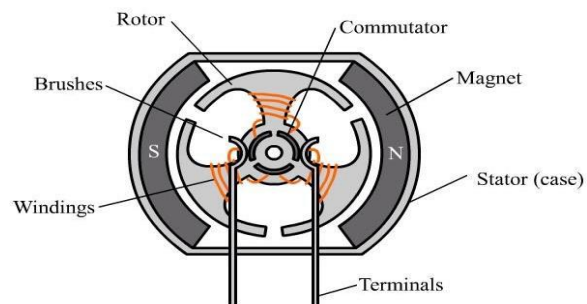
Gambar 2-5 Tampilan *Software SoMachine Basic*

(Sumber : Aplikasi *So Machine Basic*, diambil pada 17 Juli 2018)

2.2.3. Motor DC

Motor DC (arus searah) merupakan motor listrik yang memerlukan suplai tegangan arus searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Bagian utama motor DC adalah stator dan rotor dimana kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar).^[8]

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. Contoh dari motor sederhana.^[8]



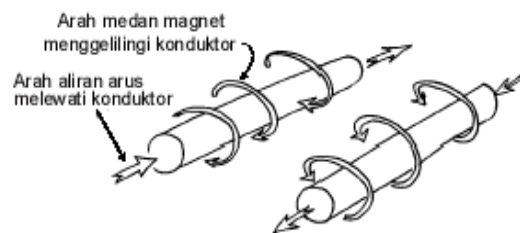
Gambar 2-6 Bagian Motor DC^[8]



Gambar 2-7 Motor DC^[8]

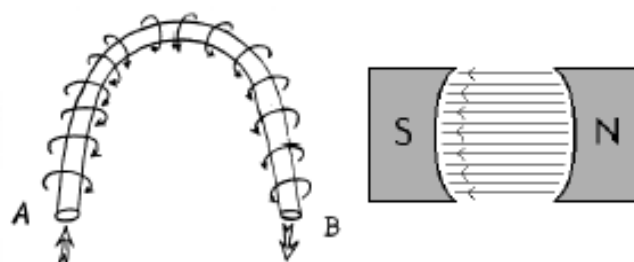
2.2.3.1 Prinsip Kerja Motor DC

Jika arus lewat pada suatu konduktor, timbul medan magnet di sekitar konduktor. Medan magnet hanya terjadi di sekitar sebuah konduktor jika ada arus mengalir pada konduktor tersebut. Arah medan magnet ditentukan oleh arah aliran arus pada konduktor. Dapat dilihat pada **Gambar 2-17**.^[8]



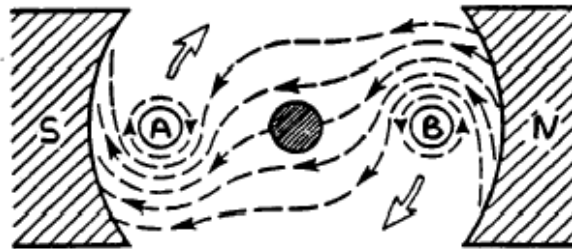
Gambar 2-8 Medan magnet yang membawa arus mengelilingi konduktor.^[8]

Aturan Genggaman Tangan Kanan bisa dipakai untuk menentukan arah garis *fluks* di sekitar konduktor. Genggam konduktor dengan tangan kanan dengan jempol mengarah pada arah aliran arus, maka jari-jari anda akan menunjukkan arah garis fluks. **Gambar 2-9** menunjukkan medan magnet yang terbentuk di sekitar konduktor berubah arah karena bentuk U. Medan magnet hanya terjadi di sekitar sebuah konduktor jika ada arus mengalir pada konduktor tersebut.



Gambar 2-9 Medan magnet mengelilingi konduktor di antara kutub.^[8]

Jika konduktor berbentuk U (angker dinamo) diletakkan di antara kutub utara dan selatan yang kuat medan magnet konduktor akan berinteraksi dengan medan magnet kutub. **Gambar 2-10** menunjukkan reaksi *fluks* yang terjadi pada motor DC, terlihat seperti garis garis yang berputar di sekitar magnet S dan N.



Gambar 2-10 Reaksi garis *fluks*.^[8]

Lingkaran bertanda A dan B merupakan ujung konduktor yang dilengkungkan (*looped conductor*). Arus mengalir masuk melalui ujung A dan keluar melalui ujung B.

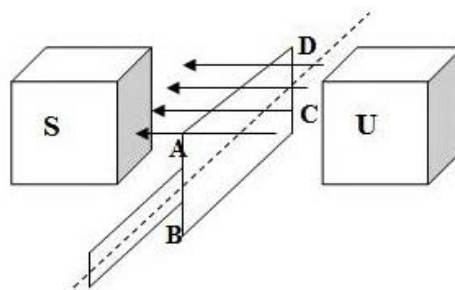
Medan konduktor A yang searah jarum jam akan menambah medan pada kutub dan menimbulkan medan yang kuat di bawah konduktor. Konduktor akan berusaha bergerak ke atas untuk keluar dari medan kuat ini. Medan konduktor B yang berlawanan arah jarum jam akan menambah medan pada kutub dan menimbulkan medan yang kuat di atas konduktor. Konduktor akan berusaha untuk bergerak turun agar keluar dari medan yang kuat tersebut. Gaya-gaya tersebut akan membuat angker dinamo berputar searah jarum jam.

Mekanisme kerja untuk seluruh jenis motor secara umum :

- Arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya.

- Jika kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran / *loop*, maka kedua sisi *loop*, yaitu pada sudut kanan medan magnet, akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan.
- Pasangan gaya menghasilkan tenaga putar / *torque* untuk memutar kumparan.
- Motor-motor memiliki beberapa *loop* pada dinamanya untuk memberikan tenaga putaran yang lebih seragam dan medan magnetnya dihasilkan oleh susunan elektromagnetik yang disebut kumparan medan.

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 2-11**.



Gambar 2-11 Prinsip Kerja Motor DC.^[8]

2.2.3.2 Komponen Utama Motor DC

Gambar diatas memperlihatkan sebuah motor DC yang memiliki tiga komponen utama :

1. Kutub Medan Magnet

Secara sederhana digambarkan bahwa interaksi dua kutub magnet akan menyebabkan perputaran pada motor DC. Motor DC memiliki kutub medan yang stasioner dan kumparan motor DC yang menggerakkan bearing pada ruang diantara kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan: kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi membesar melintasi bukaan diantara kutub-kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih elektromagnet. Elektromagnet menerima listrik dari sumber daya dari luar sebagai penyedia struktur medan.

2. Kumparan Motor DC

Bila arus masuk menuju kumparan motor DC, maka arus ini akan menjadi elektromagnet. kumparan motor DC yang berbentuk silinder, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor DC yang kecil, kumparan motor DC berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi. Jika hal ini terjadi, arusnya berbalik untuk merubah kutub-kutub utara dan selatan kumparan motor DC.

3. Commutator Motor DC

Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaannya adalah untuk membalikan arah arus listrik dalam kumparan motor DC. Commutator juga membantu dalam transmisi arus antara kumparan motor DC dan sumber daya.

2.2.3.3 Beban pada Motor DC

Dalam memahami sebuah motor, penting untuk mengerti apa yang dimaksud dengan beban motor. Beban dalam hal ini mengacu pada keluaran tenaga putar / *torque* sesuai dengan kecepatan yang diperlukan. Beban umumnya dapat dikategorikan ke dalam 3 kelompok yaitu :

1. Beban *Torque* Konstan

Beban dimana permintaan keluaran energinya bervariasi dengan kecepatan operasinya namun *torquencya* tidak bervariasi. Contoh beban dengan *torque* konstan adalah *conveyors*, *rotary kilns*, dan pompa *displacement* konstan.

2. Beban dengan Variabel *Torque*

Beban dengan *torque* yang bervariasi dengan kecepatan operasi. Contoh beban dengan variabel *torque* adalah pompa sentrifugal dan *fan* (*torque* bervariasi sebagai kuadrat kecepatan).

3. Beban dengan Energi Konstan

Beban dengan permintaan *torque* yang berubah dan berbanding terbalik dengan kecepatan. Contoh untuk beban daya konstan adalah peralatan – peralatan mesin.

2.2.3.4 Jenis – jenis Motor DC

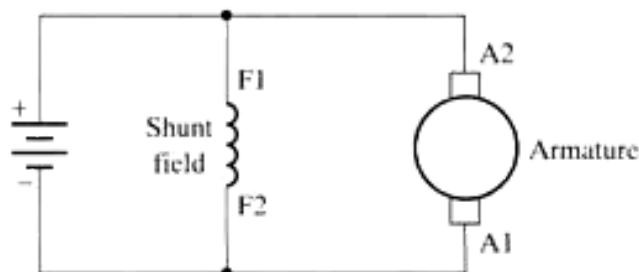
Kemampuan dari jenis – jenis Motor DC berbeda. Perbedaan terdapat pada rangkaian pada Motor DC. Berikut beberapa jenis Motor DC.

1. Motor DC Sumber Daya Sendiri/ *Self Excited: Motor Shunt*

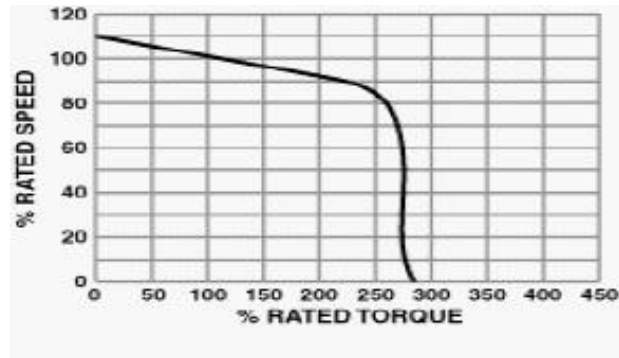
Pada motor shunt, gulungan medan (medan *shunt*) disambungkan secara paralel dengan gulungan kumparan motor DC (A) seperti diperlihatkan dalam gambar 2-12. Oleh karena itu total arus dalam jalur merupakan penjumlahan arus medan dan arus kumparan motor DC.

Karakter kecepatan motor DC tipe *shunt* adalah :

- Kecepatan putarannya konstan tidak tergantung pada beban (hingga torque tertentu setelah kecepatannya berkurang) dan oleh karena itu cocok untuk penggunaan komersial dengan beban awal yang rendah, seperti peralatan mesin. ^[13]
- Kecepatan dapat dikendalikan dengan cara memasang tahanan dalam susunan seri dengan dinamo (kecepatan berkurang) atau dengan memasang tahanan pada arus medan (kecepatan bertambah).



Gambar 2-12 Rangkaian Motor DC *Shunt* ^[8]



Gambar 2-13 Karakteristik Motor DC *Shunt* ^[8]

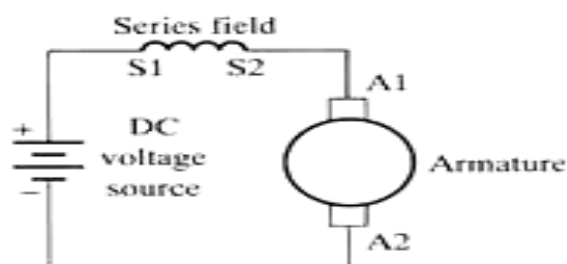
2. Motor DC Daya Sendiri: Motor Seri

Dalam motor seri, gulungan medan (medan *shunt*) dihubungkan secara seri dengan gulungan kumparan motor DC (A) seperti ditunjukkan dalam gambar 2.17. Oleh karena itu, arus medan sama dengan arus kumparan motor DC.

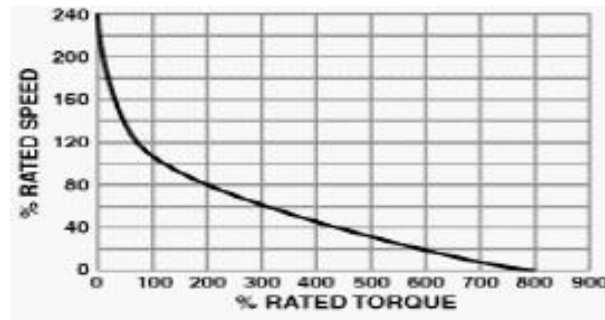
Berikut tentang kecepatan motor seri:

- Kecepatan dibatasi pada 5000 RPM
- Harus dihindarkan menjalankan motor seri tanpa ada beban, sebab motor akan mempercepat tanpa terkendali.

Motor-motor seri cocok untuk penggunaan yang memerlukan torque penyalan awal yang tinggi, seperti derek dan alat pengangkat hoist seperti pada gambar berikut.



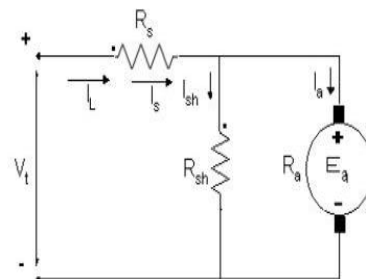
Gambar 2-14 Rangkaian Motor DC Seri ^[8]



Gambar 2-15 Karakteristik Motor DC Seri [8]

3. Motor DC Kompon/Gabungan

Motor Kompon DC merupakan gabungan motor seri dan shunt. Pada motor kompon, gulungan medan (medan shunt) dihubungkan secara paralel dan seri dengan gulungan kumparan motor DC (A) seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2-16. Sehingga, motor kompon memiliki torque penyalan awal yang bagus dan kecepatan yang stabil. Makin tinggi persentase penggabungan (yakni persentase gulungan medan yang dihubungkan secara seri), makin tinggi pula *torque* penyalan awal yang dapat ditangani oleh motor ini. Contoh, penggabungan 40-50% menjadikan motor ini cocok untuk alat pengangkat *hoist* dan derek, sedangkan motor kompon yang standar (12%) tidak cocok .



Gambar 2-16 Rangkaian Motor DC Kompon

2.2.4. Human Machine Interface (HMI)

HMI (*Human Machine Interface*) adalah sistem yang menghubungkan antara manusia dan teknologi mesin. HMI dapat berupa pengendali dan visualisasi status baik dengan manual maupun melalui visualisasi komputer yang bersifat real time^[9]. Sistem HMI biasanya bekerja secara online dan real time dengan membaca data yang dikirimkan melalui I/O port yang digunakan oleh sistem controller-nya. Port yang biasanya digunakan untuk controller dan akan dibaca oleh HMI antara lain adalah port com, port USB, port RS232 dan ada pula yang menggunakan port serial.

Tugas dari HMI (*Human Machine Interface*) yaitu membuat visualisasi dari teknologi atau sistem secara nyata. Sehingga dengan desain HMI dapat disesuaikan sehingga memudahkan pekerjaan fisik. Tujuan dari HMI adalah untuk meningkatkan interaksi antara mesin dan operator melalui tampilan layar komputer dan memenuhi kebutuhan pengguna terhadap informasi sistem. HMI dalam industri manufacture berupa suatu tampilan GUI (*Graphic User Interface*) pada suatu tampilan layar komputer yang akan dihadapi oleh operator mesin maupun pengguna yang membutuhkan data kerja mesin. HMI terdapat berbagai macam visualisasi untuk Monitoring dan data mesin yang terhubung secara online dan real time. HMI akan memberikan suatu gambaran kondisi mesin yang berupa peta mesin produksi dapat dilihat bagian mesin mana yang sedang bekerja. Pada HMI juga terdapat visualisasi pengendali mesin berupa tombol, slider, dan sebagainya yang dapat difungsikan untuk mengendalikan mesin sebagaimana mestinya. Selain itu dalam HMI juga ditampilkan alarm jika terjadi kondisi

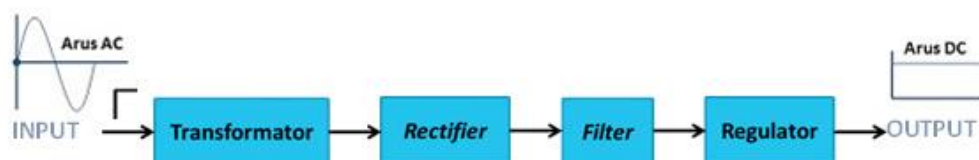
2.2.6.1. Prinsip Kerja Relay

Relay terdiri dari coil dan contact. Coil adalah gulungan kawat yang mendapat arus listrik, sedang *contact* adalah sejenis saklar yang pergerakannya tergantung dari ada tidaknya arus listrik di coil. *Contact* ada 2 jenis: *Normally Open* (kondisi awal sebelum diaktifkan *open*), dan *Normally Closed* (kondisi awal sebelum diaktifkan *close*). Secara sederhana berikut ini prinsip kerja dari relay: ketika Coil mendapat energi listrik (*energized*), akan timbul gaya elektromagnet yang akan menarik armature yang berpegas, dan *contact* akan menutup.

2.2.7 Catu Daya

Catu Daya atau *power supply* adalah suatu rangkaian yang berfungsi sebagai sumber daya untuk mengoperasikan rangkaian yang lain. Jenis rangkaian catu daya cukup banyak tetapi untuk rangkaian yang sederhana biasanya terdiri dari *transformator*, penyearah, *filter*, dan *regulator*.^[12]

Prinsip dasar untuk memperoleh tegangan searah dapat dijelaskan dalam diagram blok pada gambar 2.19.



Gambar 2-19 Diagram Blok Catu Daya

(Sumber: *Microsoft Word Shape* dibuat 20 Mei 2018)

Tegangan AC 220 Volt diturunkan tegangannya menggunakan trafo *step down*. Setelah itu tegangan disearahkan menggunakan penyearah tegangan atau *dioda*. Tegangan yang telah disearahkan tadi disaring melalui *filter/kapasitor*

untuk meratakan *ripple* yang terjadi pada arus agar halus. Tegangan yang halus lalu diregulasi oleh regulator untuk menyesuaikan tegangan yang akan dituju / beban yang dituju, kemudian masuk ke *filter* lagi agar semakin halus.

2.2.7.1. Transformator

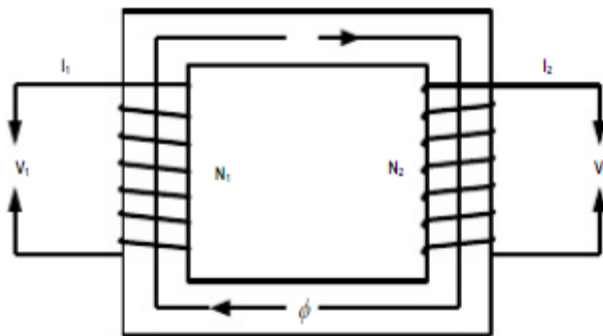
Transformator merupakan peralatan listrik yang berfungsi untuk menyalurkan daya/tenaga dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya. Transformator menggunakan prinsip hukum induksi faraday dan hukum lorentz dalam menyalurkan daya, dimana arus bolak balik yang mengalir mengelilingi suatu inti besi maka inti besi itu akan berubah menjadi magnet.^[13]

Dalam sistem tenaga listrik, trafo dipergunakan untuk memindahkan energi dari suatu rangkaian listrik ke rangkaian listrik berikutnya tanpa merubah frekuensi. Biasanya dapat menaikkan atau menurunkan tegangan maupun arus, sehingga memungkinkan transmisi ekstra tinggi, pemakaian pada sistem tenaga dapat dibagi:

1. Trafo penaik tegangan (*step up*) atau disebut trafo daya, untuk menaikkan tegangan pembangkitan menjadi tegangan transmisi.
2. Trafo penurun tegangan (*step down*), dapat disebut trafo distribusi, untuk menurunkan tegangan transmisi menjadi tegangan distribusi.
3. Trafo instrument, untuk pengukuran yang terdiri dari trafo tegangan dan trafo arus, dipakai menurunkan tegangan dan arus agar dapat masuk ke meter pengukuran.

2.2.7.2. Prinsip Kerja Transformator

Transformator bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Tegangan masukan bolak-balik yang membentangi primer menimbulkan fluks magnet yang idealnya semua bersambung dengan lilitan sekunder. Fluks bolak-balik ini menginduksikan GGL dalam lilitan sekunder. Jika efisiensi sempurna, semua daya pada lilitan primer akan dilimpahkan ke lilitan sekunder.^[13]



Gambar 2-20 Rangkaian Transformator Sederhana^[13]

$$V_1 : V_2 = N_1 : N_2 \quad \dots\dots\dots (2-2)$$

$$V_1 N_2 = V_2 N_1$$

$$V_2 = (N_2 / N_1) \times V_1$$

$$VA \text{ primer} = VA \text{ sekunder}$$

$$I_1 \times V_1 = I_2 \times V_2 \quad \dots\dots\dots (2-3)$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} \text{ maka } I_1 = I_2 \frac{V_2}{V_1}$$

Rumus menjadi

$$a = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} \dots\dots\dots (2-4)$$

Keterangan :

V_1 = Tegangan primer (V)

I_1 = Arus primer (A)

N_1 = Jumlah belitan primer

V_2 = Tegangan sekunder (V)

I_2 = Arus sekunder (A)

N_2 = Jumlah belitan sekunder

Apabila belitan primer (N_1) mendapat sumber tegangan bolak-balik (V_1) maka arus listrik akan mengalir ke belitan primer, arus pada belitan primer (I_1) ini yang akan menimbulkan medan elektromagnet berubah-ubah menurut gelombang bolak-balik (sinusoida) arus listrik dan menginduksi inti transformator. Pada saat arus listrik mencapai nilai maksimum maka tegangan induksi juga mencapai nilai maksimum, sehingga menimbulkan perbedaan potensial antara sisi primer dengan sisi sekunder. Pada saat gelombang bolak-balik dititik nol, maka mengalir fluks magnet dalam inti besi transformator ke belitan sekunder sehingga belitan sekunder terinduksi dan timbul tegangan induksi pada sisi sekunder maka mengalirlah arus sekunder, apabila rangkaian sekunder dibebani sehingga listrik dapat ditransfer keseluruhan (secara magnetis).

$$e = -N \frac{d\phi}{dt} \dots\dots\dots (2-5)$$

Keterangan :

e = Gaya gerak listrik (Volt)

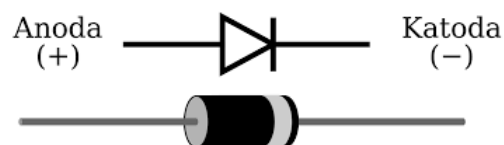
N = Jumlah Belitan

d ϕ = Perubahan fluks magnet (Weber)

dt = Perubahan waktu (detik)

2.2.7.3. Dioda

Dioda adalah suatu bahan semikonduktor yang tersusun atas ‘pn *junction*’, dan didesain sedemikian rupa sehingga mampu menghasilkan arus pada satu arah saja^[13]. Dioda terdiri dari dua kutub, yaitu kutub positif (anoda) dan kutub negatif (katoda). Dioda hanya akan menghantarkan arus searah saja, dari kutub anoda ke kutub katoda. Hal ini dikarenakan struktur dioda yang terbuat dari sambungan semikonduktor P dan N.

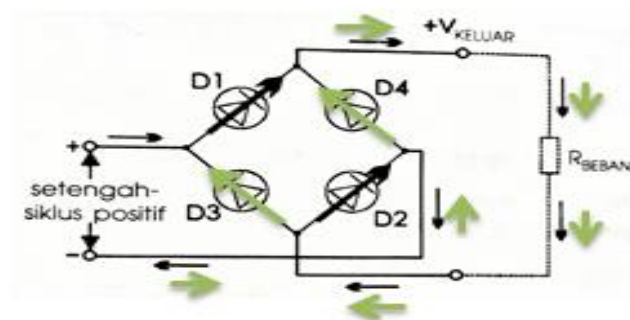


Gambar 2-21 Dioda Penyearah.^[13]

Rangkaian penyearah adalah suatu rangkaian yang mengubah tegangan bolak – balik (AC) menjadi tegangan searah (DC). Komponen yang digunakan rectifier untuk menyearahkan gelombang adalah dioda yang dikonfigurasi forward

bias, karena dioda memiliki karakteristik yang melewatkan arus listrik hanya ke satu arah dan menghambat arus listrik ke arah sebaliknya..

Rangkaian penyearah gelombang penuh yang menggunakan jembatan (*bridge*) dapat dilihat pada **Gambar 2-22**.

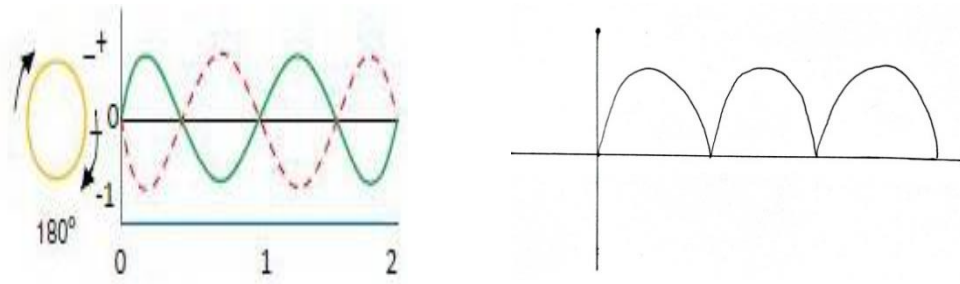


→ : Penyearah setengah gelombang siklus positif

→ : Penyearah setengah gelombang siklus negatif

Gambar 2-22 Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh.^[13]

Rangkaian penyearah terdiri dari dioda *bridge*, yaitu empat buah dioda yang dirangkai membentuk sebuah jembatan. Dioda *bridge* digunakan sebagai penyearah arus bolak-balik satu gelombang penuh. Owen Bishop (2002) menyatakan bahwa selama setengah siklus positif, dioda D1 dan dioda D2 diberi bias maju, sehingga keduanya menghantarkan arus. Sementara dioda D3 dan dioda D4 diberi bias mundur sehingga keduanya tidak menghantarkan arus.



Gambar 2-23 Bentuk Gelombang Output^[13]

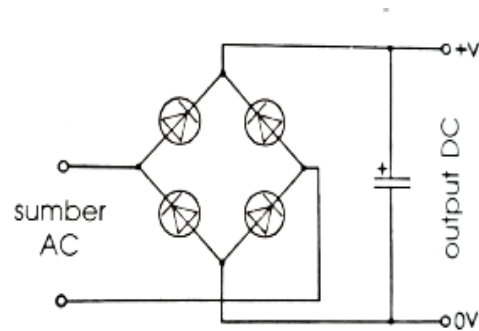
Bentuk gelombang yang terjadi pada *output* dapat dilihat pada **Gambar 2-23**. Pada setengah siklus positif dioda D_1 dan D_3 konduksi *on* dan menghasilkan gelombang *output* setengah siklus seperti pada gambar. Selanjutnya, untuk setengah siklus negatif ($T/2$ dan T), maka D_2 dan D_4 konduksi dan menghasilkan gelombang. Gelombang yang terjadi adalah positif dikarenakan titik A nol dan titik B positif. Faktor *ripple* pada penyearah gelombang penuh lebih kecil daripada penyearah setengah gelombang. Makin kecil faktor *ripple* maka semakin baik tegangan DC yang dihasilkan (tegangan DC semakin datar). Gelombang yang dihasilkan oleh penyearah dioda masih dalam DC denyut dan masih terdapat *ripple*, maka perlu ditambahkan kapasitor sebagai penghilang *ripple*.

2.2.7.4. Penyaring (*Filter*)

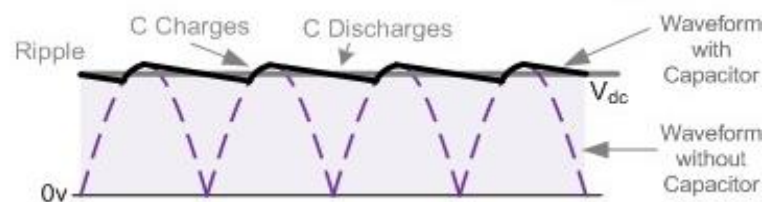
Kapasitor adalah suatu alat yang dapat menyimpan energi di dalam medan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari muatan listrik. Rangkaian filter adalah rangkaian yang berfungsi untuk mengurangi faktor *ripple* yang terjadi pada suatu rangkaian penyearah^[14]. Penggunaan rangkaian filter ini bertujuan untuk mendapatkan tegangan DC yang rata (*low ripple*) dan

mendekati DC murni. Komponen yang digunakan pada rangkaian filter ini adalah kapasitor.

Kapasitor memiliki kemampuan untuk pengisian (*charging*) dan pengosongan (*discharging*). Kemampuan ini yang membuat kapasitor bisa berfungsi untuk mengurangi *ripple* pada arus listrik. Ketika gelombang mengalami penurunan nilai, maka kapasitor akan melakukan *discharge* sehingga bentuk gelombang mengalami kestabilan/lurus. Semakin besar nilai kapasitansi suatu kapasitor maka itu semakin baik hasilnya.



Gambar 2-24 Rangkaian filter menggunakan kapasitor.^[14]



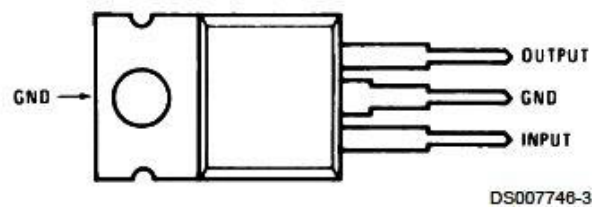
Gambar 2-25 Gelombang output filter.^[14]

Prinsip filter kapasitor adalah Ketika beban menarik arus dari rangkaian, tegangan akan jatuh perlahan-lahan namun akan kembali lagi ke puncak oleh pulsa berikutnya. Hasilnya adalah gelombang DC dengan sedikit riak gelombang. Kapasitor yang digunakan bernilai 4700 mF atau lebih apabila arus yang ditarik

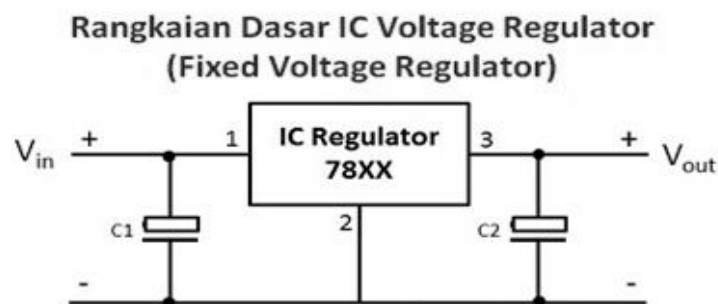
oleh beban tidak terlalu besar, tegangan output yang dihasilkan akan setara gelombang DC murni.

2.2.7.5. Voltage Regulator

Regulator merupakan komponen yang berfungsi sebagai filter tegangan agar sesuai yang diinginkan^[15]. Regulator berfungsi untuk mengatur kestabilan arus yang mengalir ke rangkaian elektronika. Regulator memiliki seri yang berbeda – beda. Seri LM78XX merupakan seri regulator dengan tiga terminal yang menghasilkan tegangan output tetap XX Volt. Susunan kaki IC Regulator yang digunakan pada catu daya.



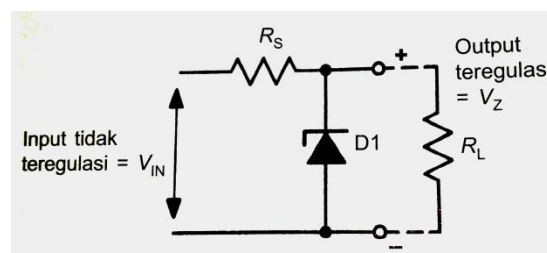
Gambar 2-26 Susunan Kaki Ic Regulator 78XX



Gambar 2-27 Rangkaian Ic Voltage Regulator

Regulator tegangan ini menggunakan prinsip dioda zener yang bekerja pada daerah *breakdown*. Dioda zener adalah salah satu jenis dioda yang memiliki sisi eksklusif pada daerah *breakdown*nya, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai stabilizer atau pembatas tegangan. Struktur dioda zener hampir sama dengan

dioda pada umumnya, hanya konsentrasi doping saja yang berbeda. Kurva karakteristik dioda zener juga sama seperti dioda pada umumnya, namun pada daerah *breakdown* dimana pada saat bias mundur mencapai tegangan *breakdown* maka arus dioda naik dengan cepat seperti pada gambar karakteristik dioda zener dibawah. Daerah *breakdown* inilah yang menjadi referensi untuk penerapan dari dioda zener. Sedangkan pada dioda biasa daerah *breakdown* merupakan daerah kritis yang harus dihindari dan tidak diperbolehkan pemberian tegangan mundur sampai pada daerah *breakdown*, karena bisa merusak dioda biasa. Titik *breakdown* dari suatu dioda zener dapat dikontrol dengan memvariasi konsentrasi doping. Konsentrasi doping yang tinggi, akan meningkatkan jumlah pengotoran sehingga tegangan zenernya (V_Z) akan kecil. Demikian juga sebaliknya, dengan konsentrasi doping yang rendah diperoleh V_Z yang tinggi. Pada umumnya dioda zener dipasaran tersedia mulai dari V_Z 1,8 V sampai 200 V, dengan kemampuan daya dari $\frac{1}{4}$ hingga 50 W.



Gambar 2-28 Rangkaian Dioda Zener^[15]

Dioda zener dipasang paralel atau *shunt* dengan L dan R. Regulator ini hanya memerlukan sebuah diode zener terhubung seri dengan resistor R_S . Perhatikan bahwa diode zener dipasang dalam posisi reverse bias. Dengan cara pemasangan ini, diode zener hanya akan berkonduksi saat tegangan reverse bias

mencapai tegangan breakdown dioda zener. Penyearah berupa rangkaian diode tipe jembatan (bridge) dengan proses penyaringan atau filter berupa filter-RC. Resistor seri pada rangkaian ini berfungsi ganda. Pertama, resistor ini menghubungkan C1 dan C2 sebagai rangkaian filter. Kedua, kapasitor ini berfungsi sebagai resistor seri untuk regulator tegangan (dioda zener). Diode zener yang dipasang dapat dengan sembarang dioda zener dengan tegangan breakdown misal dioda zener 9 volt.

Tegangan output transformer harus lebih tinggi dari tegangan breakdown dioda zener, misalnya untuk penggunaan dioda zener 9 volt maka gunakan output transformer 12 volt. Tegangan breakdown dioda zener biasanya tertulis pada body dari dioda tersebut. Rangkaian regulator tegangan ini kemudian dikemas dalam bentuk sirkuit terintegrasi (IC). IC regulator tegangan yang banyak dijumpai di pasaran antara lain IC regulator keluarga 78xx dan LM317.

Jenis / Tipe IC regulator tegangan

1) Fixed voltage regulator (78xx/79xx series)

IC Regulator jenis ini merupakan regulator yang tegangan keluarannya telah ditentukan sehingga tidak banyak komponen tambahan untuk merangkai regulator menggunakan IC ini. Contoh IC regulator ini yang paling populer adalah keluarga 78xx (positif) dan 79xx (negatif). Tanda "xx" merupakan besar tegangan keluaran yang diatur oleh IC tersebut, misalnya :

7812 / 7912 menghasilkan tegangan keluaran sebesar +12VDC / -12VDC.

7824 / 7924 menghasilkan tegangan keluaran sebesar +24VDC / -24VDC

2) Adjustable voltage regulator (LM317 series)

Adjustable Voltage Regulator IC merupakan jenis regulator tegangan yang dapat kita tentukan keluaran tegangan-nya atau bisa juga dibuat sebagai regulator tegangan variabel. Jenis IC yang sering digunakan sebagai Adjustable Voltage Regulator ini adalah IC regulator LM317 (positif) dan LM337 (negatif). Rentang tegangan yang mampu diatur oleh IC regulator ini adalah 1,2V sampai dengan 37V.^[15]

Pada power supply penggunaan regulator adalah untuk memberikan stabilitas output pada suatu power supply. Output tegangan DC dari penyearah tanpa regulator mempunyai kecenderungan berubah harganya saat dioperasikan. Adanya perubahan pada masukan AC dan variasi beban merupakan penyebab utama terjadinya ketidakstabilan pada power supply. Pada sebagian peralatan elektronika, terjadinya perubahan catu daya akan berakibat cukup serius. Untuk mendapatkan pencatu daya yang stabil diperlukan regulator tegangan. Regulator tegangan untuk suatu power supply paling sederhana adalah menggunakan dioda zener.

Dalam penggunaan IC 78XX atau 79XX terdapat beberapa karakteristik yang harus diperhatikan diantaranya Regulation Voltage, Maximum Current, Minimum Input Voltage contohnya :

Tabel 2-2. Karakteristik 78XX

Type Number	Regulation Voltage	Maximum Current	Minimum Input Voltage	Max Input Voltage
78L05	+5V	0.1A	+7V	20V
78L12	+12V	0.1A	+14.5V	27V
78L15	+15V	0.1A	+17.5V	30V
78M05	+5V	0.5A	+7V	20V
78M12	+12V	0.5A	+14.5V	27V
78M15	+15V	0.5A	+17.5V	30V
7805	+5V	1A	+7V	20V
7806	+6V	1A	+8V	21V
7808	+8V	1A	+10.5V	25V
7812	+12V	1A	+14.5V	27V
7815	+15V	1A	+17.5V	30V
7824	+24V	1A	+26V	38V
78S05	+5V	2A	+8V	20V

Lanjutan **Tabel 2-2**

78S09	+9V	2A	+12V	25V
78S12	+12V	2A	+15V	27V
78S15	+15V	2A	+18V	30V