

## 2. TEORI PENUNJANG

Pada bab ini dijelaskan tentang teori penunjang mengenai peralatan yang dipakai dalam pembuatan alat pembuat kue kering otomatis.

### 2.1. *Zelio Logic Smart Relay*

*Smart relay* adalah suatu alat yang dapat diprogram oleh suatu bahasa tertentu yang biasa digunakan pada proses automasi. *Smart relay* memiliki ukuran yang kecil dan relatif ringan. *Zelio Logic smart relay* didesain untuk *automated systems* yang biasa digunakan pada aplikasi industri dan komersial. Untuk keperluan industri biasanya digunakan untuk aplikasi small finishing, packaging, dan juga proses produksi. Selain itu juga digunakan untuk mesin-mesin yang berskala kecil sampai dengan yang skala besar dan terkadang juga digunakan untuk home industry. Untuk sektor komersial atau bangunan biasa digunakan untuk alat penggulung, pintu masuk, instalasi listrik, compressor dan lain-lain yang menggunakan sistem automasi.

Terdapat 2 tipe *smart relay* yaitu tipe *compact* dan tipe *modular*. Perbedaannya adalah pada tipe *modular* dapat ditambahkan *extension* module sehingga dapat ditambahkan *input* dan *output*. Meskipun demikian penambahan modul tersebut tetap terbatas hanya bisa ditambahkan sampai dengan 40 I/O. Selain itu untuk tipe modular juga dapat dimonitor dengan jarak jauh dengan penambahan modul.

Fungsi *smart relay* adalah merupakan suatu bentuk khusus dari pengontrol berbasis mikroprosesor yang memanfaatkan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi dengan aturan tertentu dan dapat mengimplementasikan fungsi-fungsi khusus seperti fungsi logika, *sequencing*, pewaktuan (*timing*), pencacahan (*counting*) dan aritmetika dengan tujuan mengontrol mesin-mesin dan proses-proses yang akan dilakukan secara otomatis dan berulang-ulang. *Smart relay* ini dirancang sebaik mungkin agar mudah dioperasikan dan dapat diprogram oleh *non-programmer* khusus. Oleh karena itu perancang *smart relay* telah menempatkan sebuah program awal (*interpreter*) di

dalam piranti ini yang memungkinkan pengguna *meinput* program-program kontrol sesuai dengan kebutuhan mereka dalam suatu bentuk bahasa pemrograman yang relatif sederhana dan mudah untuk dimengerti dan dapat diubah atau diganti dengan mudah sesuai dengan kebutuhan.

Pemrograman yang digunakan pada *smart relay telemecanique* adalah dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara menggunakan tombol-tombol yang terdapat pada *smart relay* sehingga dapat mengubah program secara langsung dari *smart relay* tersebut. Selain itu pemrograman juga dapat menggunakan computer yang menggunakan *software "Zelio Soft 2"*.

Cara kerja *smart relay* pertama adalah memeriksa kondisi *input*. *Smart relay* akan memeriksa setiap *input* yang ada. Kemudian semuanya akan *diinputkan* ke dalam memori. Langkah kedua adalah mengeksekusi program pada suatu instruksi. Sehingga kerja *smart relay* adalah berdasarkan program. Setiap kondisi ditentukan oleh programnya. Langkah terakhir *smart relay* mengatur status pada perangkat keluaran. Dapat kita lihat bahwa *smart relay* sangat penting dalam suatu proses.

Keuntungan menggunakan *Smart Relays* adalah :

- Pemrograman yang sederhana. Dengan adanya layar LCD yang besar dengan *backlight* memungkinkan dilakukannya pemrograman melalui *front panel* atau menggunakan *Zelio Soft 2* software.
- Instalasi yang mudah.
- Harga lebih murah dibandingkan dengan menggunakan PLC.
- Fleksibel, kompak dan dapat ditambahkan modul tambahan bila diperlukan, *dual programming language*, dan *multiple power capabilities* (12VDC, 24VDC, 24VAC dan 120VAC).
- *Open connectivity*. Sistem *Zelio* dapat dimonitor secara jarak jauh dengan cara menambahkan *extension* modul berupa modem. Juga tersedia modul *modbus* sehingga *Zelio* dapat menjadi *slave* PLC dalam suatu jaringan PLC.

### **2.1.1. Smart Relay Telemecanique SR3B261BD**

*Smart relay* yang digunakan adalah merk Telemecanique SR3B261BD yang dibuat oleh pabrikan Schneider. *Smart relay* ini merupakan *Smart relay*

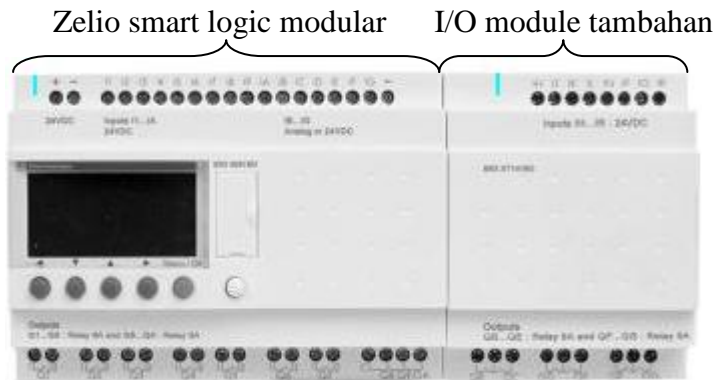
modular yang dapat diexpand. *Software* yang digunakan untuk *Smart relay* ini adalah *Zelio Soft 2*. Yang menggunakan bahasa *ladder diagram* atau bisa juga menggunakan *function block diagram*. *Smart relay* yang digunakan dapat di expand sesuai dengan kebutuhan. Sehingga *input* maupun *output* dapat ditambahkan pada *Smart Relay* ini. *Smart relay* ini juga memiliki layar yang dapat digunakan untuk melihat maupun mengganti program yang telah diinput ke dalam *Smart relay* ini. Pada layar tersebut juga terdapat *backlight* yang digunakan untuk menerangi layar tersebut untuk memudahkan pembacaan pada layar tersebut. *Smart relay* ini juga memiliki *data backup* yang dilakukan oleh EEPROM *Flash memory*. Komunikasi yang digunakan adalah jaringan Modbus. *Smart relay* ini memiliki *range power supply* yang 24 VDC. Batasan tegangan *supply*nya adalah 19,2-30 VDC. Arus nominalnya 70 mA tanpa *extensions* jika menggunakan *extensions* 180 mA.



Gambar 2.1. *Smart Relay* Telemecanique SR3B261BD buatan Schneider

Sumber : Schneider Electric (2007, p.1)

Dari gambar di atas dapat kita lihat terdapat layar yang dapat digunakan untuk melakukan pemrograman secara langsung dari *smart relay* tanpa harus menggunakan perangkat komputer. Dengan adanya tombol-tombol yang telah disediakan kita dapat memrogram dengan lebih mudah.



Gambar 2.2. Zelio smart logic modular dan I/O module tambahan.

Sumber : Schneider Electric (2007,p.1)

zelio logic tipe modular yang dapat ditambahkan *module* sesuai dengan kebutuhan. Tetapi penambahan *module* cukup terbatas. Hanya sampai 40 I/O saja.

*Smart relay* ini memiliki performa yang cukup baik dibandingkan dengan *Smart relay* yang lain karena memiliki bentuk yang kecil dan relatif lebih ringan dan memiliki jumlah *input* dan *output* yang cukup banyak dibandingkan dengan *Smart relay* lain yang seukuran dan juga terdapat layar untuk memudahkan pengontrolan.

*Programming* dan instalasi yang mudah, Zelio Logic sangat cocok untuk semua aplikasi. Zelio Logic ini juga fleksibel menawarkan dua macam *Option*, yang pertama adalah *compact version* dimana pada versi ini memiliki konfigurasi yang fix, sedangkan untuk yang kedua yaitu *Modular version*, dapat ditambahkan *extension Modules* serta 2 bahasa *programming* (FBD atau ladder).

Cara pemrograman dapat dilakukan dengan dua cara :

- Secara independen, menggunakan tombol-tombol pada Zelio Logic smart relay (ladder language)
- Menggunakan pemrograman pada PC menggunakan “Zelio Soft 2 2” software.

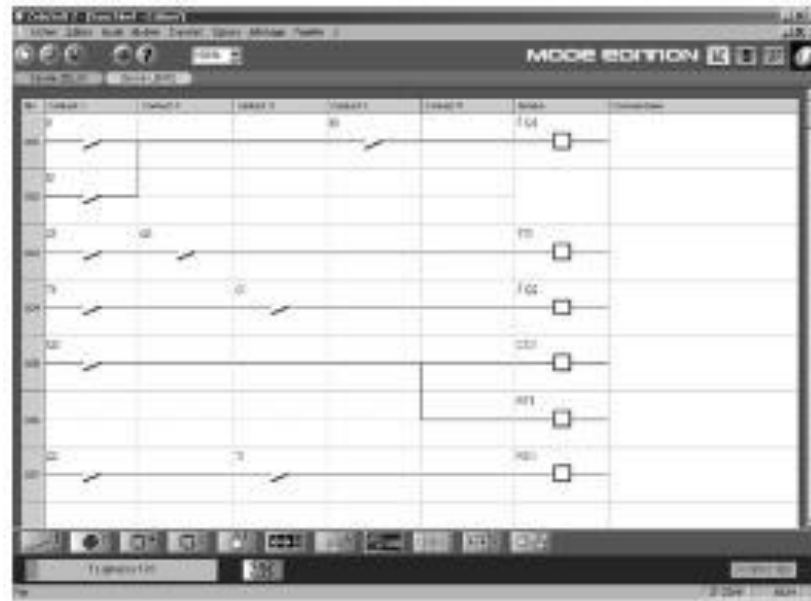
### 2.1.2. *Input dan Output (I/O)*

*Smart relay* ini memiliki jumlah *input* 16 yang terdiri dari analog dan digital dan memiliki *output* 10 *relay normally open*. *Smart relay* ini juga dapat digabungkan dengan modul tambahan sehingga dapat memperbanyak jumlah *input* maupun jumlah *output* sampai dengan total jumlah 40 I/O. Untuk *discrete*

*input* memiliki tegangan nominal 24 V dan arusnya 4 mA dan untuk input analog 0-10 atau 0-24 VDC. Impedansi inputnya 12KΩ. Untuk *response time* jika menggunakan *ladder language* memerlukan 50 ms dan jika menggunakan *block diagram* memerlukan minimal 50 ms dan maksimal 255 ms. Sedangkan untuk perangkat keluaran (*output*). Terdapat 2 tipe karakteristik yaitu *relay* dan transistor. Untuk *relay* tipenya adalah *normally open* yang akan menyala jika diberi logic 1 dan akan mati jika diberi logic 0. Batas beroprasi nya 5-30 VDC dan 24-250 VAC. Arus termalnya 8 *output* bernilai 8A dan 2 *output* bernilai 5A. Kapasitas *switching* minimal adalah 10mA. *Time response* untuk *trip* 10 ms dan untuk *reset* 5 ms. Untuk transistor batas operasinya 19,2-30 V. Beban nominal tegangan 24 VDC dan arusnya 0,5 A. *Time response* untuk *trip* dan resetnya kurang dari 1 ms. I/O pada *smart relay* ini dapat diberi modul tambahan sesuai dengan kebutuhan tetapi terdapat keterbatasan dalam penambahan. Untuk *analogue I/O extension modules* dengan 4 I/O, suplai menggunakan 24 VDC. *Discrete I/O extension modules* dengan 6 ,10, 14 I/O, suplai melalui Zelio Logic smart relay dengan voltage yang sama.

### **2.1.3. Software Zelio Soft 2**

Pemrograman yang dipakai pada *smart relay* ini adalah menggunakan *software Zelio Soft 2*. Bahasa pemrograman yang dipakai adalah *Ladder Diagram (LD)* dan *Function Block Diagram (FBD)*. Pada gambar 2.5 dapat kita lihat contoh *layout* program yang menggunakan *ladder diagram*.

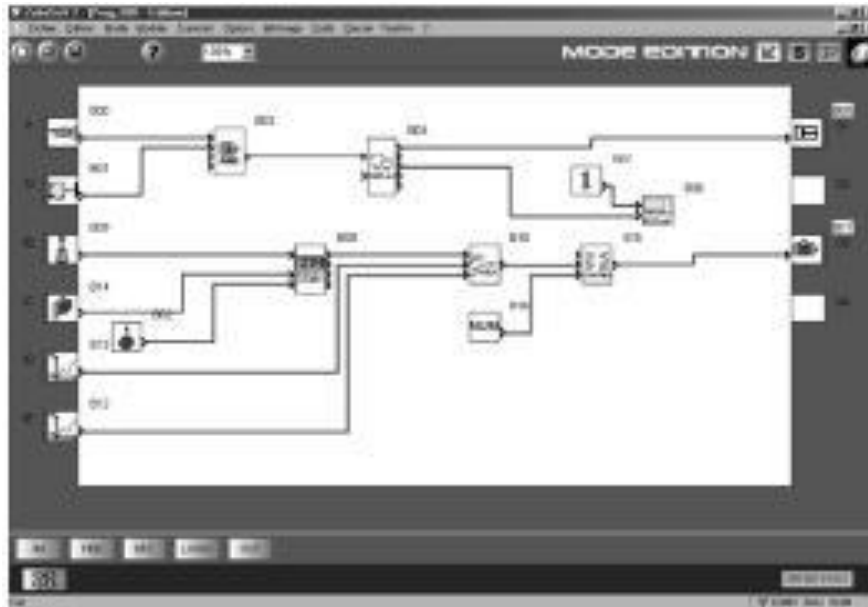


Gambar 2.3. *LADDER language* pada *Zelio Soft 2*

Sumber : Schneider Electric (2007,p.3)

Pada *ladder language* terdapat dua macam symbol yang dapat digunakan yaitu *ladder symbol* dan *electrical symbol*. Pada *ladder symbol* terdapat 120 baris yang dapat digunakan untuk program. Fitur-fitur yang ada adalah *timer*, yang digunakan untuk menghitung *delay* baik *on/off*. *Counter* yang digunakan untuk menghitung maju atau mundur. *Analogue comparator* dan *counter comparator* yang digunakan untuk membandingkan. *Clock* yang digunakan untuk range waktu yang valid selama melakukan proses. *Control relay* yang digunakan sebagai *internal relay*. *Input* dan *output coil* dan juga terdapat kolom *comment* untuk memberi komentar pada tiap barisnya.

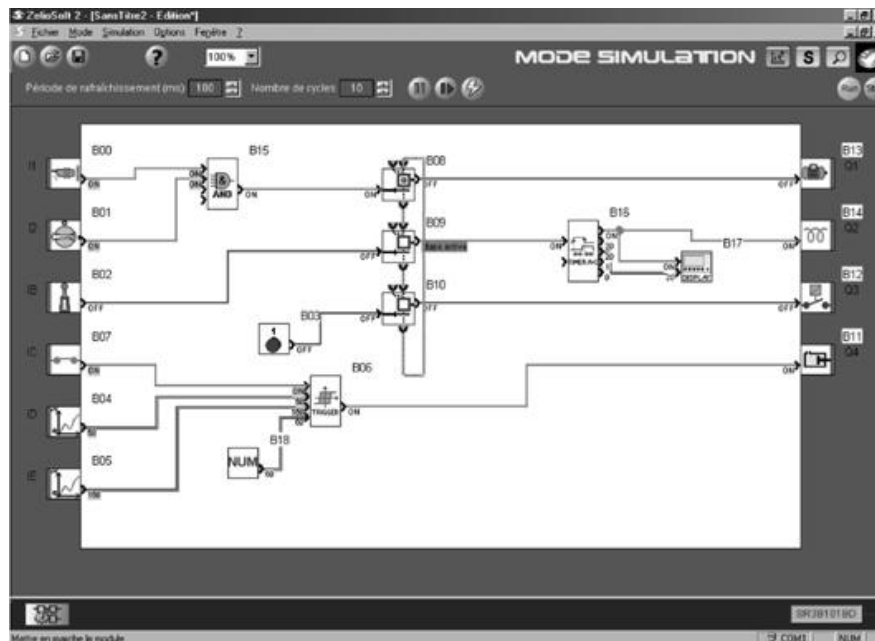
Sedangkan gambar 2.6 adalah contoh *layout* yang menggunakan *FBD language*. *FBD* menyediakan *graphical programming* yang berdasarkan kegunaan dari *function block*.



Gambar 2.4. FBD *language* pada Zelio Soft 2

Sumber : Schneider Electric (2007, p.3)

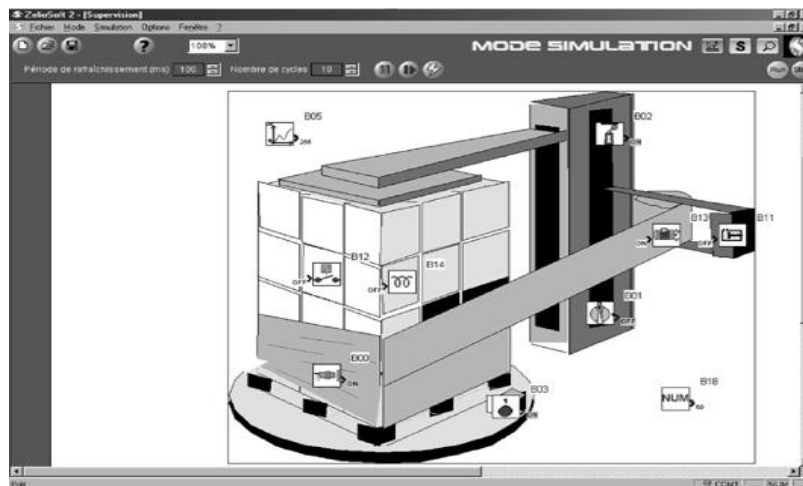
Selain itu *Software* ini juga dapat digunakan untuk simulasi, *monitoring*, dan pengawasan. Selain itu juga dapat meng*upload* dan mendownload program. Dapat dibuat dalam bentuk *file*. Meng-*compile* program secara otomatis. Selain itu juga terdapat menu *on-line help*.



Gambar 2.5. *Mode* simulasi pada Zelio Soft 2

Sumber : Schneider Electric (2007, p.3)

Gambar 2.5 adalah gambar tampilan mode simulasi pada *Zelio Soft 2* yang digunakan untuk mensimulasikan program sehingga kita dapat mencoba program tersebut tanpa menggunakan *smart relay*. Dengan mode ini kita dapat mengatur I/O nya pada *real time* maupun *accelerated time*. Sehingga kita dapat mengetahui kebenaran program tersebut tanpa harus mengoneksikan *smart relay* terlebih dahulu.



Gambar 2.6. *Mode monitoring windows*

Sumber : Schneider Electric (2007, p.3)

Gambar 2.6. adalah gambar *display monitoring*. Dengan mode ini kita dapat mengeksekusi program dengan *smart relay*. Mode ini diperlukan untuk mempermudah pengontrolan dalam suatu plan. Pada mode ini kita dapat melakukan kontrol terhadap plan yang ada seperti mengaktifkan *input*, *output*, *control relay*.



Gambar 2.7. *Time program simulation Zelio Soft 2*

Sumber : Schneider Electric (2007, p.4)

Gambar 2.7. menunjukkan mode simulasi menyediakan program untuk di *debug* dengan simulasi pada *software workshop host computer*. Fungsi ini disediakan untuk simulator waktu yang dimodifikasi dengan *setting* sampai 3 detik sebelum program dijalankan.

## 2.2. Perangkat Masukan (*input*)

*Push button* adalah suatu alat yang digunakan untuk menyalakan atau mematikan sesuatu. Push button hanya menghasilkan level logika 1 dan 0 (nyala dan mati). *Push button* juga terdapat dua macam yaitu *normally open* dan *normally closed*. *Normally open* artinya jika *push button* belum mendapat pulsa maka kondisinya mati, saat mendapat logic 1 maka akan menghasilkan pulsa 1. *Normally closed* adalah sebaliknya, jika *push button* mendapat pulsa 0 maka akan menghasilkan pulsa 1, dan jika mendapat pulsa 1 maka akan menghasilkan pulsa 0.



Gambar 2.8 Macam – macam *push button*

Sumber : Direct Industry (2007)

## 2.3. Perangkat Keluaran (*output*)

### 2.3.1. Relay



Gambar 2.9. Kontaktor mekanis.

Sumber: Omron Corporation (2009)

Kontaktor adalah sebuah perangkat keluaran yang lebih kita kenal dengan nama *relay* atau saklar otomatis. Kontaktor biasanya digunakan untuk

mengendalikan suatu aktuator yang berdaya besar dengan hanya menggunakan daya kecil. Prinsip kerjanya seperti sebuah saklar biasa yang gerakan membuka-menutupnya tergantung dari arus listrik yang diberikan pada *solenoid*. Ketika *solenoid* teraliri arus listrik maka *solenoid* akan menghasilkan medan magnet dan menarik kontak sehingga akan menutup saklar-saklar.

Secara prinsip, relai merupakan tuas saklar dengan lilitan kawat pada batang besi (*solenoid*) di dekatnya. Ketika *solenoid* dialiri arus listrik, tuas akan tertarik karena adanya gaya magnet yang terjadi pada *solenoid* sehingga kontak saklar akan menutup. Pada saat arus dihentikan, gaya magnet akan hilang, tuas akan kembali ke posisi semula dan kontak saklar kembali terbuka. Relay biasanya digunakan untuk menggerakkan arus/tegangan yang besar (misalnya peralatan listrik 4 ampere AC 220 V) dengan memakai arus/tegangan yang kecil (misalnya 0.1 ampere 12 Volt DC). Dalam pemakaiannya biasanya relay yang digerakkan dengan arus DC dilengkapi dengan sebuah dioda yang di-paralel dengan lilitannya dan dipasang terbalik yaitu anoda pada tegangan (-) dan katoda pada tegangan (+). Ini bertujuan untuk mengantisipasi sentakan listrik yang terjadi pada saat relay berganti posisi dari on ke off agar tidak merusak komponen di sekitarnya.



Gambar 2.10 Kontaktor semikonduktor.

Sumber: Omron Corporation (2009)

Kontaktor ini bersifat mekanis oleh karena itu dalam pengoperasiannya cukup bising dan gerakkannya lambat dalam membuka-menutup saklarnya. Selain itu kontaktor mekanis lambat laun harus diganti karena dapat aus akibat percikan bunga api. Dewasa ini kontaktor-kontaktor mekanis digantikan oleh kontaktor

semikonduktor (*solid state relay*) yang jauh lebih cepat responnya. Selain itu juga karena tidak ada bagian yang bergerak maka kontaktor semikonduktor ini tentu juga lebih awet dan tidak bising dalam penggunaannya.

### 2.3.2. Motor DC

Motor arus searah ialah suatu mesin yang berfungsi mengubah tenaga listrik arus searah (listrik DC) menjadi tenaga gerak atau tenaga mekanik, dimana tenaga gerak tersebut berupa putaran dari pada rotor. Terdapat berbagai macam motor DC yang dibedakan atas tegangan yang dibutuhkan, torsi, kecepatan, dan lain-lain. Motor DC sering digunakan karena kemudahannya sehingga bisa dipakai pada berbagai macam keperluan, mulai dari mainan kecil hingga Perkembangan motor DC saat ini dapat dilihat dari segi ukuran, kekuatan torsi, kecepatan putar, efisiensi kerjanya. Secara fungsional motor DC adalah sebagai sumber tenaga penggerak yang mampu memberikan torsi sehingga memiliki putaran dengan kecepatan tertentu. Motor DC juga sering dimanfaatkan untuk pengaturan posisi suatu benda.



Gambar 2.11. Motor DC 12 V

Sumber : Germes (2005)

Pada dasarnya cara kerja motor DC adalah arus listrik yang ada di dalam medan magnet akan memberikan gaya. Jika kawat yang dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran maka di kedua sisi *loop* pada sudut kanan medan magnet akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan. Pasangan gaya menghasilkan tenaga putar atau sering disebut torsi untuk memutar kumparan. Motor-motor memiliki beberapa *loop* pada dinamonya untuk memberikan tenaga putaran yang

sama dan medan magnetnya dihasilkan oleh susunan elektromagnetik yang disebut kumparan medan.

Pengaturan posisi pada dasarnya sistem pada motor DC akan menerima input berupa tegangan dan outputnya berupa gerakan motor. Motor DC bekerja berdasarkan prinsip gaya elektromagnetik sehingga apabila motor tersebut diberi catu daya, arus akan mengalir ke dalam motor kemudian menghasilkan torsi putar yang sebanding dengan arus tersebut. Bila arus masuk menuju dinamo, maka arus ini akan menjadi elektromagnet. dinamo yang berbentuk silinder, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor DC yang kecil, dinamo 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 dinamo.

Secara umum terdapat tiga metode pengaturan yang sering digunakan untuk mengatur kecepatan motor, yaitu :

a. Pengaturan arus medan

Metode ini paling sering digunakan dan merupakan salah satu keuntungan yang menonjol dari motor-motor *shunt*.

b. Pengaturan tahanan rangkaian jangkar

Metode ini sering digunakan untuk pengaturan kecepatan bagi arus searah seri, sebab akan diperoleh perubahan kecepatan yang lebar karena adanya perubahan tahanan.

c. Pengaturan tegangan terminal jangkar

Cara yang paling umum digunakan dalam pengaturan tegangan terminal jangkar ini adalah “sistem ward-leonard” yang merupakan himpunan generator motor tersendiri untuk mencatu daya kejangkar dari yang kecepatannya akan diatur.

Pada motor DC memiliki tiga komponen utama yaitu :

a. Kutub medan

Interaksi antara dua kutub medan menyebabkan perputaran pada motor DC. Motor DC memiliki kutub medan yang stasioner dan dynamo yang menggerakkan *bearing* pada ruang diantara kutub medan. Garis magnetic energy membesar melintasi bukaan antar kutub-kutub dari utara ke selatan.

Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih electromagnet. Electromagnet menerima listrik dari sumber luar sebagai penyedia struktur medan.

b. Dinamo

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

c. Commutator

Komponen ini ditemukan pada motor DC. Kegunaannya adalah membalikan arah arus listrik dalam dinamo. *Commutator* juga membantu dalam transmisi arus antara dinamo dan sumber.

Keuntungan penggunaan motor DC dibandingkan dengan motor jenis yang lain adalah :

- Umur kerja motor DC lebih lama dan noise yang lebih kecil.
- Motor lebih mudah disinkronkan dengan sebuah *clock* internal atau eksternal untuk control motor yang lebih presisi.
- Lebih cocok digunakan pada peralatan yang kecil seperti computer dan sejenisnya karena sedikit percikan api.
- Meningkatkan tegangan dinamo akan meningkatkan kecepatan.
- Menurunkan arus medan akan meningkatkan kecepatan.

Motor DC dibagi menjadi empat tipe yaitu:

- Motor DC sumber daya terpisah/ *separately excited*

Jika arus medan dipasok dari sumber terpisah maka disebut motor DC sumber daya terpisah / *separately excited*.

- Motor DC sumber daya sendiri / motor *Shunt*

Pada motor *Shunt*, gulungan medan (medan *Shunt*) disambungkan secara paralel dengan gulungan dinamo (A) seperti diperlihatkan dalam gambar 2.16. oleh karena itu total arus dalam jalur merupakan penjumlahan arus medan dan arus dynamo. Kecepatan motor *shunt* tidak tergantung pada beban (hingga torsi

tertentu setelah kecepatannya berkurang) dan oleh karena itu beban awalnya rendah. Selain itu kecepatan juga dapat dikendalikan dengan memasang tahanan dalam yang diseri dengan dynamo (kecepatan berkurang) atau dengan memasang tahanan pada arus medan (kecepatan bertambah)

- Motor DC daya sendiri : motor seri

Dalam motor seri, gulungan medan dihubungkan secara seri dengan gulungan dinamo (A). Oleh karena itu, arus medan sama dengan arus dynamo. Pada motor ini harus dihindarkan menjalankan motor seri tanpa ada beban karena motor akan mempercepat tanpa kendali.

Motor seri cocok untuk penggunaan yang memerlukan torsi penyalan awal yang tinggi, seperti alat pengangkat *hoist*.

- 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 dinamo. Sehingga motor kompon memiliki torsi penyalan awal yang bagus dan kecepatan yang stabil. Makin tinggi presentase penggabungan (yakni presentase gulungan medan yang dihubungkan secara seri), makin tinggi pula torsi 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 tidak cocok (12%).

### 2.3.3. Motor AC

Motor AC atau motor arus bolak-balik adalah motor listrik yang mengubah energy listrik menjadi energy kinetic. Motor AC adalah sebuah motor yang memiliki kumparan-kumparan kawat yang diletakkan pada slot-slot di sebuah silinder yang terbuat dari bahan *ferromagnetic*, silinder ini disebut sebagai *armature*. Dudukan *armature* adalah sebuah medan magnet yang dihasilkan oleh arus yang dialirkan melalui kumparan-kumparan sehingga dinamakan kumparan medan karena menghasilkan medan magnet menggunakan arus listrik maka disebut elektromagnet.



Gambar 2.12. Motor untuk *mixer*  
Sumber : Made-in-China (2009)

Bagian elektromagnet disebut sebagai *stator* karena bagian ini yang diam tidak bergerak sama sekali. Bagian yang bergerak disebut *rotor*, biasanya terbuat dari campuran logam yang kuat dan dapat menyimpan energi magnet untuk waktu yang lama. Oleh karena itu bagian *rotor* ini bersifat magnetis secara tetap.

Ketika arus mengalir melalui kumparan *armature*, maka akan mengakibatkan konduktor berarus yang berada tegak lurus terhadap medan magnet akan mengalami gaya Lorentz yang mengakibatkan perputaran yang pada bagian *rotor* (bagian yang bergerak).

Kecepatan putaran motor AC dapat diubah dengan cara mengubah-ubah *duty cycle* dari tegangan gelombang sinus yang lewat dalam *armature*. Pengontrolan kecepatan seringkali menggunakan sebuah peralatan elektronik semikonduktor yang disebut *inverter* atau *speed drive*. Ada dua macam motor AC yaitu motor AC satu fasa dan motor AC tiga fasa. Pada umumnya motor AC tiga fasa memiliki daya yang lebih besar dan biasanya digunakan untuk menggerakkan beban yang berat, seperti konveyor yang panjang.

Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi motor adalah :

- Usia. Motor baru lebih efisien.
- Kapasitas. Sebagaimana pada hampir kebanyakan peralatan, efisiensi motor meningkat dengan laju kapasitasnya.
- Kecepatan. Motor dengan kecepatan yang lebih tinggi biasanya lebih efisien.

- Jenis. Sebagai contoh : motor *squirrel cage* biasanya lebih efisien daripada motor cincin – geser.
- Suhu. Motor yang didinginkan oleh fan dan tertutup total (TEFC) lebih efisien daripada motor *screen protected drip proof* (SPDP).

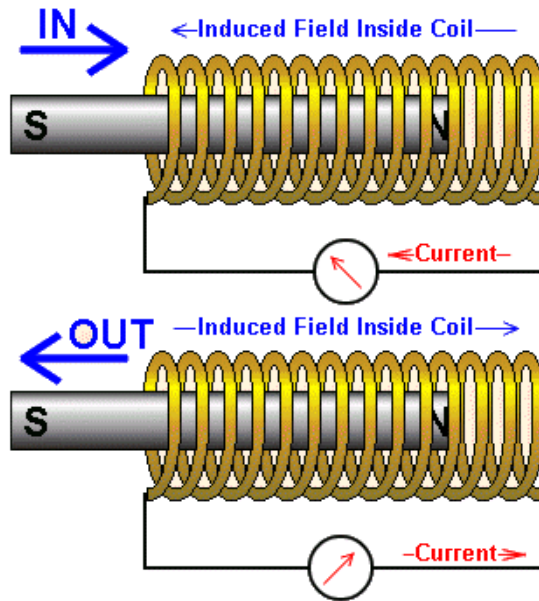
#### 2.3.4. Solenoid



Gambar 2.13. Solenoid pada dinamo *starter*

Sumber : Definition solenoid (2008)

Solenoid adalah alat listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Solenoid sering disebut satu lingkaran kawat yang terdapat inti logam yang menghasilkan medan gaya bila terdapat aliran listrik. Solenoid dapat menghasilkan kontrol medan magnetik dan dapat digunakan untuk elektromagnet. Solenoid juga dapat disebut sebagai transduser yang dapat mengkonversi energi ke dalam gerakan linier. Fungsi dari solenoid juga bervariasi, yang sering digunakan adalah untuk dinamo starter mobil, selain itu juga digunakan untuk membuka saluran bensin ke karburator, dan lain-lain. Solenoid akan semakin kuat jika diberi arus lebih, ditambahkan lilitan, dan menambahkan inti besi lunak.



Gambar 2.14. Cara kerja solenoid  
 Sumber: Society of Roborts (2009)

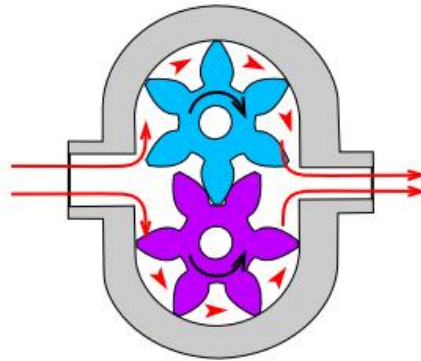
Pada prinsipnya fungsi dari solenoid adalah seperti gerbang antara satu kondisi ke kondisi yang lain. Di dalam solenoid terdapat lilitan yang dilingkarkan pada bagian tertentu. Ketika arus melewati lilitan tersebut atau diberi daya, maka akan terbentuk medan magnet. Inti batang pada solenoid adalah piston seperti silinder yang terbuat dari besi atau baja yang disebut *plunger* atau *slug*. Kemudian medan magnet memberi tenaga pada *plunger*, menarik atau mendorong besi tersebut. Saat medan magnet dimatikan, *plunger* akan kembali pada keadaan semula.

Terdapat dua macam solenoid yaitu *pull type* dan *push type*. Tipe ini secara langsung berkaitan dengan *solenoid start* dan *energized postions*. Pada *pull type*, *plunger* dalam keadaan normal berada diluar solenoid karena pegas mendorong *plunger* keluar. Ketika diberi daya, *plunger* didorong ke dalam solenoid. *Push type solenoid* adalah kebalikannya, *plunger* berada di dalam solenoid, tetapi pada saat *plunger* diberi daya maka akan didorong keluar dari solenoid.

Dalam memberi daya pada solenoid, polarisasi harus diperhatikan, solenoid hanya bekerja saat arus sesuai dengan petunjuk yang diminta. Kita tidak dapat mendorong pada *pull solenoid*. Solenoid juga tidak bisa digunakan pada waktu yang relatif lama. Karena akan menimbulkan panas dan dapat meleleh.

#### 2.4. *Gear Pump*

*Gear pump* merupakan salah satu jenis *rotary pump* yang paling umum digunakan untuk berbagai aplikasi. Pada *gear pump*, *pumping action* dihasilkan dari dua buah *gear* yang saling berkaitan dimana *gear* yang satu menggerakkan *gear* yang lain. *Gear pump* juga secara luas digunakan pada instalasi kimia untuk memompa cairan dengan viscositas tertentu. Terdapat dua macam variasi yaitu, *external gear pump* dengan menggunakan *spur gears* dan *internal gear pump* dengan menggunakan *internal* dan *external spur gear*. *Gear pump* memompa sejumlah cairan yang konstan di setiap putarannya. Beberapa *gear* didesain sebagai motor atau pompa.



Gambar 2.15. Contoh *external gear pump*

Sumber: Viking Pump (2007)

Gambar di atas menunjukkan bahwa cairan yang masuk didorong keluar oleh *gear pump*. Yang harus diperhatikan dalam prinsip kerja *gear pump* adalah arah putar *gear*. Arah putar kedua *gear* harus berlawanan. Hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan tekanan dari fluida hidrolis. *Gear* yang berputar di dalam *gear pump* akan memompa cairan yang masuk ke dalamnya. Cairan yang masuk dibawa oleh *gear* ke keluarannya bagian pompa dengan tekanan yang cukup tinggi. Dengan desain yang kaku dan rumah gear yang kuat memungkinkan tekanan sangat tinggi dan kemampuan untuk memompa cairan yang sangat kental.

Keuntungan dari penggunaan *gear pump* adalah :

- a. Kecepatan tinggi
- b. Tekanan tinggi
- c. Relatif tidak bising
- d. Mudah dalam perawatan
- e. Desain yang fleksibel sesuai dengan kebutuhan