

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kendali Sekuensial

Kendali sekuensial (kendali berurutan) adalah teknik pengendalian yang digunakan untuk mengatur suatu operasi yang saling terkait, terhubung atau terencana (terjadwal).

Tiga kategori Kendali Sekuensial : (Husna, A., 2015).

- a. Sistem melaksanakan urutan berikutnya jika kondisi yang ditentukan sebelumnya terpenuhi (*conditional control*).
- b. Sistem melaksanakan urutan berikutnya jika telah mencapai waktu yang telah ditentukan (*time schedule control*).
- c. Sistem di mana waktu pelaksanaan atau interval waktu tidak penting, hanya urutan operasi yang telah ditetapkan yang dipentingkan (*executive control*).

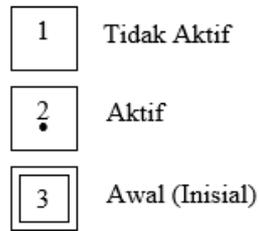
Rangkaian kendali sekuensial dapat dengan mudah dirancang dalam bentuk peralatan. Kendali ini menggunakan komputer khusus yang dirancang untuk kebutuhan kendali sekuensial dan dapat melaksanakan perintah sekuensial untuk berbagai penggunaan.

2.1.1 Metode *Graphe de Commende Etape-Transition* (*Grafcet*)

GRAFCET (GRAPhe de Commende Etape-Transition) dikembangkan oleh French commission pada akhir 1970-an, dan sejak 1988 telah masuk European Standard (IEC 848). Metode *Grafcet* adalah satu metode dalam penggunaan PLC. Metode *grafcet* sendiri merupakan grafik yang terdiri atas dua simbol, yaitu simbol langkah (*step*) dan simbol transisi (*transition*). Suatu grafik *grafcet* minimal memiliki sebuah langkah dan sebuah transisi. (Rusli, M., 2012). Bentuk metode *grafcet* sangat mirip dengan blok diagram, akan tetapi berbeda dikarenakan adanya tambahan logika operasi *AND* atau *OR*.

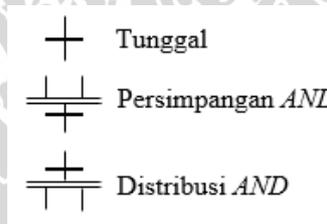
2.1.2 Langkah dan Transisi

Langkah adalah simbol yang melambangkan suatu proses, dan langkah dapat digambarkan dalam bentuk bujur sangkar. Keadaan langkah dapat digambarkan dalam keadaan aktif (yang digambarkan bujur sangkar dengan tanda titik didalamnya seperti dalam Gambar 2.1) dan keadaan tidak aktif (yang digambarkan bujur sangkar seperti dalam Gambar 2.1). Dan kondisi awal langkah dapat digambarkan bujur sangkar dengan bujur sangkar lain didalamnya seperti dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Bentuk gambar langkah aktif, tidak aktif dan keadaan awal.
Sumber: Rusli, M., 2012

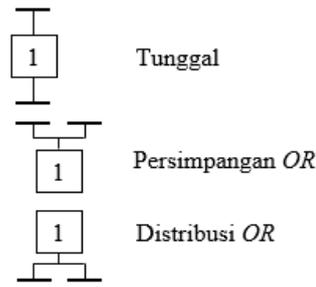
Transisi adalah sebuah simbol yang melambangkan perjalanan atau hubungan suatu proses, dan transisi dilambangkan dengan garis tegak lurus kebawah dan memotong garis mendatar. Keadaan *AND* merupakan keadaan dimana terdapat persimpangan dari dua atau lebih langkah yang bergabung untuk menghasilkan langkah berikutnya. Pada keadaan *AND* dalam Gambar 2.2, garis mendatar akan menjadi dua jika terdapat dua buah langkah atau lebih bergabung untuk menghasilkan satu langkah selanjutnya atau dengan kata lain merupakan persimpangan, sedangkan untuk distribusi merupakan kebalikan dari keadaan persimpangan.



Gambar 2.2 Bentuk gambar transisi keadaan *AND*

Sumber: Rusli, M., 2012

Keadaan *OR* merupakan keadaan dimana terdapat persimpangan dari dua atau lebih transisi yang bergabung untuk menghasilkan langkah berikutnya. Pada keadaan *OR* dalam Gambar 2.3, terdapat dua buah transisi bergabung untuk menghasilkan satu buah langkah yang bisa disebut dengan persimpangan. Sedangkan untuk distribusi merupakan kebalikan dari persimpangan.



Gambar 2.3 Bentuk gambar hubungan.

Sumber : Rusli, M., 2012.

Di dalam metode *grafcet*, sebuah langkah mungkin tidak mempunyai masukan *AND/OR*, dan tidak mempunyai keluaran transisi. Demikian juga, sebuah transisi mungkin tidak mempunyai masukan *AND/OR*, dan tidak mempunyai keluaran sebuah langkah. Sebuah transisi tanpa langkah masukan diketahui sebagai sumber transisi dan sebuah transisi tanpa langkah keluaran sebagai masukan transisi.

Disisi lain, sebuah tanda yang terhubung harus selalu mempunyai titik pergi (transisi atau langkah) dan titik tujuan (langkah atau transisi).

2.1.3 Pengaktifan Transisi

Langkah aktif hanya mengandung satu tanda. Langkah yang tidak aktif tidak memiliki tanda apapun. Semua langkah-langkah aktif yang diberi tanda pada saat tertentu merupakan penjelasan situasi keadaan pada saat itu. Masukan pengendali logika terhubung dengan transisi-transisi yang membangkitkan pengaktifan dan keluarannya terhubung dengan langkah yang dihasilkan oleh tempat yang aktif. Transisi dapat diaktifkan jika kedua syarat berikut dipenuhi :

- Semua langkah yang mendahului transisi telah aktif.
- Penerimaan transisi adalah benar.

2.1.4 Aksi dan Keluaran

Ada dua kategori aksi, yaitu aksi impuls dan level. Sebuah aksi level dimodelkan oleh variabel Boolean. Hal ini bisa bersyarat atau tidak bersyarat. Aksi impuls dapat dipertanggungjawabkan untuk mengubah nilai sebuah variabel diskrit. Pada akhirnya dapat berupa variabel Boolean atau variabel diskrit yang lain (contoh: nilai suatu penghitung/*counter*). Sebuah aksi impuls yang berhubungan dengan sebuah langkah kemudian diteruskan dengan segera oleh langkah tersebut, dapat mengubah keadaan dari

aktif menjadi tidak aktif, tanpa menghiraukan waktu selama langkah ini tetap aktif (Rusli, M., 2012).

Sebuah aksi level mempunyai durasi yang lamanya tak terbatas. Dengan kata lain, sebuah aksi level dengan sebuah durasi kecil yang tak terbatas tidak bisa terwujud. Aksi level hanya terdefiniskan untuk situasi stabil. Sebuah aksi impuls bisa saja terlalu singkat. Aksi yang demikian dieksekusi segera saat langkah yang sesuai aktif, walaupun sistem tidak stabil.

2.1.5 Makrostep

Makrostep digunakan untuk perpendekan sebuah grafcet. Tujuan konsep makrostep adalah untuk memudahkan deskripsi sistem yang kompleks. Makrostep memberikan kemudahan pengertian tentang bentuk grafik sebuah grafcet dengan detail bagian tertentu secara terpisah (Rusli, M., 2012).

Sebuah ekspansi makrostep harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- a. Sebuah makrostep hanya mempunyai sebuah masukan (dituliskan sebagai I) dan sebuah keluaran (dituliskan sebagai O).
- b. Tak ada hubungan yang menuju atau meninggalkan ekspansi makrostep.

2.1.6 Makroaksi

Ketika menjabarkan tentang sistem yang kompleks, ukuran dari grafcet mungkin akan meningkat dan akan berubah bekerja dengan susah dan juga untuk mengerti, mengoreksi, memperbaharui, dll. Mengambil peralatan yang aman untuk laporan adalah alasan yang penting untuk penambahan kekompleksan. Kita tidak seharusnya mengatasinya seperti parameter yang lain sejak mempunyai tugas yang berbeda., dimana terdapat frekuensi yang rendah dan prioritas yang tinggi. Itu sangat mudah untuk menggambarkan bahwa kontroller logic (dideskripsikan oleh grafcet) mempunyai pengaruh luas di kontroler logic yang lain (dideskripsikan oleh grafcet yang lain), ini yang diketahui sebagai makroaksi. (Rusli, M., 2012).

2.2 Programmable Logic Control (PLC)

Programmable Logic Control merupakan suatu bentuk khusus pengontrol berbasis *microprocessor* yang memanfaatkan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi dan untuk mengimplementasikan fungsi – fungsi semisal logika,

sequencing, pewaktuan (*timing*), pencacahan (*counting*) dan aritmatika guna mengontrol mesin-mesin dan proses-proses serta dirancang untuk dioperasikan oleh para insinyur yang hanya memiliki sedikit pengetahuan mengenai komputer dan bahasa pemrograman (Bolton, 2004 : 3).

Sebagian besar industri telah menerapkan sistem otomatis dalam proses produksi. Pada umumnya sistem otomatis yang diterapkan terdiri atas dua metode yaitu otomatisasi berbasis kontrol *relay* dan otomatisasi berbasis *Programmable Logic Control* (PLC). Otomatisasi berbasis *relay* banyak digunakan pada mesin-mesin yang memiliki urutan-urutan (sekuens) yang sederhana, sedangkan otomatisasi PLC dapat memiliki sekuens yang lebih kompleks dari *relay*.

Otomatisasi berbasis PLC dapat diintegrasikan dengan sistem monitoring. Sistem monitoring berbasis PLC adalah suatu sistem yang berguna untuk mengontrol proses suatu kerja tertentu., dimana parameter atau inputan data diambil dan diolah oleh *Personal Computer* (PC) dan melalui sebuah program tertentu (Bolton, 2006: 3).

Keadaan input PLC digunakan dan disimpan didalam memori dimana PLC melakukan instruksi logika yang di program pada keadaan masukannya. Peralatan *input* dapat berupa sensor *photo electric*, *push button* pada panel kontrol, *limit switch* atau peralatan lainnya dimana dapat menghasilkan suatu sinyal yang dapat masuk kedalam PLC. Peralatan output dapat berupa *switch* yang menyalakan lampu indikator, *relay* yang menggerakkan motor atau peralatan lain yang dapat digerakkan oleh sinyal output dari PLC.

Setiap *input* mempunyai alamat tertentu sehingga untuk mendeteksinya mikroprosesor memanggil berdasarkan alamatnya. Banyaknya *input* yang dapat diproses tergantung jenis PLC-nya. Sinyal output dikeluarkan PLC sesuai dengan program yang dibuat oleh pemakai berdasarkan analisis keadaan *input card*. Setiap *output card* mempunyai alamat tertentu dan diproses oleh mikroprosesor menurut alamatnya. Banyaknya *output* tergantung jenis PLC-nya.

Untuk melaksanakan sebagai kontrol sistem. PLC didukung oleh perangkat lunak yang merupakan bagian penting dari PLC. Program PLC terdiri dari 2 jenis yaitu *ladder diagram* dan instruksi dasar diagram.

2.2.1 PLC OMRON Tipe CQM1-CPU41

PLC yang digunakan adalah PLC OMRON tipe CQM1-CPU41. PLC OMRON tipe CQM1-CPU41 merupakan PLC yang digunakan di laboratorium. PLC ini berukuran cukup

besar dengan jumlah *port input/output* cukup banyak. Bentuk fisik dari PLC OMRON tipe CQM1-CPU41 dapat dilihat dalam Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Bentuk fisik PLC Omron tipe CQM1.

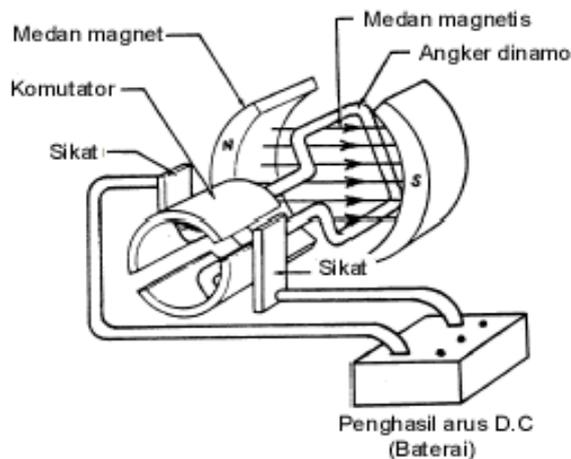
Sumber : <http://www.ia.omron.com/product/131.html>

2.3 Motor DC

Motor DC adalah motor listrik yang memerlukan suplai tegangan arus searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi gerak mekanik. Motor arus searah, sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung yang tidak langsung (*direct-undirectional*) (Purnama, A., 2012).

Motor DC memiliki 3 bagian atau komponen utama untuk dapat berputar sebagai berikut dan bagian-bagian tersebut dapat dilihat dalam Gambar 2.5:

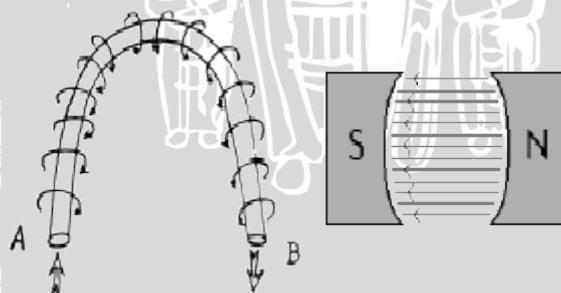
- Kutub medan: memiliki dua kutub medan, yaitu kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi membesar melintasi ruang terbuka diantara kutub-kutub dari utara keselatan.
- Dinamo: berbentuk silinder, dihubungkan dengan as penggerak untuk menggerakkan beban.
- Komutator: komponen ini terutama ditemukan dalam motor dc. Kegunaannya adalah untuk transimis arus antara dinamo dan sumber daya.



Gambar 2.5 Bagian-bagian Motor DC Sederhana

2.3.1 Prinsip kerja Motor DC

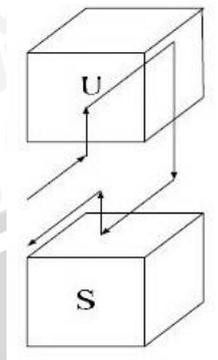
Jika arus lewat pada suatu konduktor, akan timbul medan magnet disekitar konduktor. Arah medan magnet ditentukan oleh arah aliran arus pada konduktor. Aturan genggam tangan kanan bisa digunakan untuk menuntukan arah garis fluks di sekitar konduktor. Genggam konduktor dengan tangan kanan dengan jempol mengarah pada arah aliran arus, maka jari-jari akan menunjukkan arah garis fluks. Pada Gambar 2.6, ditunjukkan bahwa medan magnet yang terbentuk di sekitar konduktor berubah arah karena berbentuk U. Medan magnet hanya terjadi di sekitar konduktor jika ada arus yang mengalir pada konduktor tersebut.



Gambar 2.6 Medan magnet yang membawa arus mengelilingi konduktor

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 energy mekanik (motor) maupun sebaliknya berlangsung melalui medan magnet, dengan demikian medan magnet dapat berfungsi juga sebagai tempat untuk

menyimpan energi, selain itu medan magnet juga berfungsi sebagai tempat berlangsungnya proses perubahan energi, daerah tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.7 dibawah ini :



Gambar 2.7 Daerah medan magnet

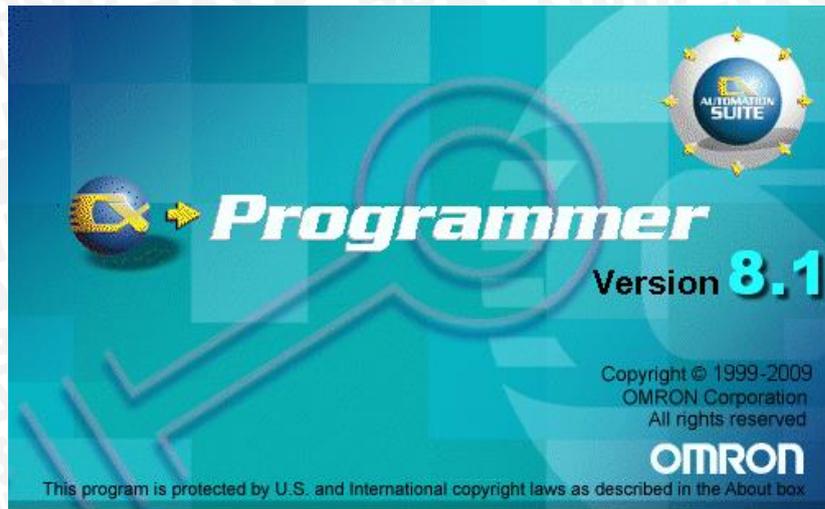
Agar proses perubahan energi mekanik dapat berlangsung secara sempurna, maka tegangan sumber harus lebih besar daripada tegangan gerak yang disebabkan reaksi. Dengan memberi arus pada kumparan jangkar yang dilindungi oleh medan maka menimbulkan perputaran pada motor. (Adhitia, F.,2015)

Mekanisme kerja untuk motor dc :

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

2.4 CX-ONE Programmer

Program CX-ONE merupakan perangkat lunak yang dikembangkan untuk pemrograman PLC OMRON tipe apapun. Program ini dapat membantu pemrograman menuliskan program PLC atau memelihara suatu program PLC serta untuk melakukan pengecekan proses suatu program PLC. Perangkat keras PLC dihubungkan ke PC oleh kabel ethernet. CX-ONE memiliki fitur simulasi ladder diagram. Dengan demikian, ladder diagram yang sudah dibuat pada program tersebut dapat langsung dicoba tanpa perlu menyambung PLC nyata dengan PC. Program yang dipakai dapat dilihat dalam Gambar 2.8



Gambar 2.8 Program CX-One.

Sumber : <https://industrial.omron.us/en/products/cx-one>

2.5 Relay

Relay adalah komponen elektronika berupa saklar elektronik yang digerakkan oleh arus listrik 220VAC/24VDC. 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 (Setyadi. Panca, 2015).

Fungsi *relay* biasanya digunakan untuk menggerakkan arus/tegangan yang besar (misalnya peralatan listrik 5 ampere AC 220 V) dengan memakai arus/tegangan yang kecil (misalnya 0.5 ampere 12 Volt DC). Relai yang paling sederhana ialah relai elektromekanis yang memberikan pergerakan mekanis saat mendapatkan energi listrik.

Secara sederhana relai elektromekanis ini didefinisikan sebagai berikut :

- Alat yang menggunakan gaya elektromagnetik untuk menutup (atau membuka) kontak saklar.
- Saklar yang digerakkan (secara mekanis) oleh daya/energi listrik.

Bentuk fisik dari *relay* dapat dilihat dalam Gambar 2.9



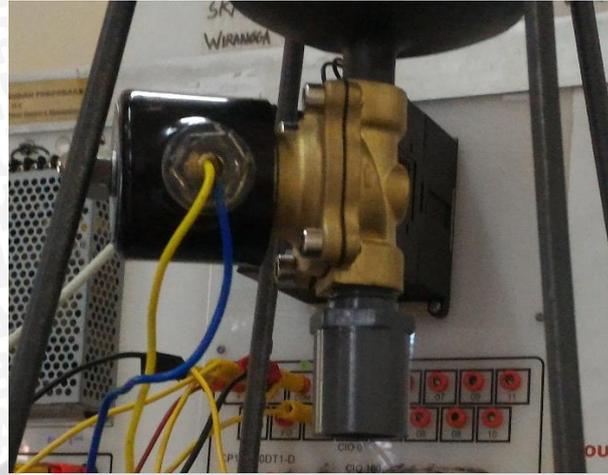
Gambar 2.9 Bentuk Fisik Relay 24 VDC

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.

2.6 Solenoid Valve

Solenoid valve adalah katup yang digerakkan oleh energi listrik, mempunyai kumparan sebagai penggerak yang berfungsi untuk menggerakkan katub magnet yang dapat digerakkan oleh arus AC maupun DC. Solenoid valve atau katup (valve) solenoida mempunyai 3 input yaitu :

1. Lubang masukan, terminal / tempat cairan masuk atau supply.
2. Terminal atau tempat yang dihubungkan ke beban.
3. Lubang exhaust, saluran untuk mengeluarkan cairan yang terjebak dan terhalang katub magnet. saat piston bergerak atau pindah posisi ketika solenoid valve bekerja.



Gambar 2.10 Bentuk Fisik *Solenoid Valve*

2.7 *Switching Power Supply*

Switching power supply atau yang lebih dikenal dengan *switched-mode power supply* (SMPS), adalah catu daya elektronik yang terdiri dari sebuah regulasi *switching* yang disediakan sesuai kebutuhan pada tegangan keluaran. Sebuah SMPS adalah daya pengubah yang meneruskan daya dari sebuah sumber untuk beban yang ideal tanpa rugi-rugi. Fungsi dari pengubah adalah untuk menyediakan tegangan keluaran pada level yang berbeda dibandingkan tegangan masukan. (Hasian, F., 2010).



Gambar 2.11 Bentuk Fisik *Switching Power Supply*