

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi tiga fasa adalah alat listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, dimana listrik yang diubah adalah listrik tiga fasa. Motor induksi sering juga disebut motor asinkron.

Motor induksi 3 fasa banyak digunakan untuk menggerakkan peralatan – peralatan di industri. Hal ini karena motor induksi 3 fasa memiliki konstruksi yang sederhana, harga yang lebih murah dan mudah dalam perawatannya. Pada dasarnya, motor induksi 3 fasa memiliki kecepatan yang konstan saat keadaan tidak berbeban (*zero/no-load*) maupun beban penuh (*full-load*).

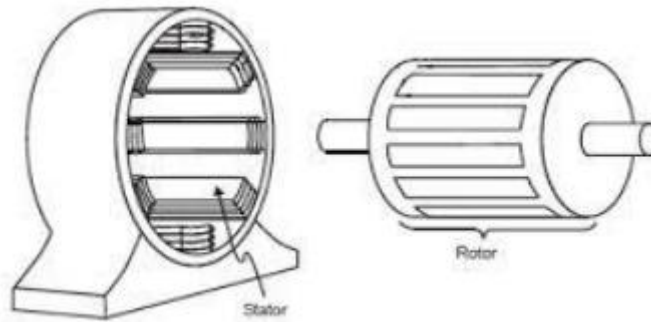
Kecepatan motor induksi 3 fasa tergantung pada frekuensi kerjanya sehingga sulit untuk mengatur kecepatannya. Meskipun begitu, peralatan pengatur frekuensi (*variable frequency electronic drive*) semakin banyak digunakan untuk mengatur kecepatan motor induksi¹².

Motor induksi tiga fasa merupakan motor elektrik yang paling banyak digunakan dalam dunia industri. Salah satu kelemahan motor induksi yaitu memiliki beberapa karakteristik parameter yang tidak linier.

Terutama resistansi rotor yang memiliki nilai yang bervariasi untuk kondisi operasi yang berbeda, sehingga tidak dapat mempertahankan kecepatannya secara konstan bila terjadi perubahan beban. Oleh karena itu untuk mendapatkan kecepatan yang konstan dan peformansi sistem yang lebih baik terhadap perubahan beban dibutuhkan suatu pengontrol¹⁴.

¹²Siswoyo, (2008), Teknik Listrik Industri Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta.

¹⁴Theodore Wildi, (2002). *Electrical Machines, Drives, and Power Systems, Fifth Edition, Pearson Education, Upper Saddle River, New Jersey.*

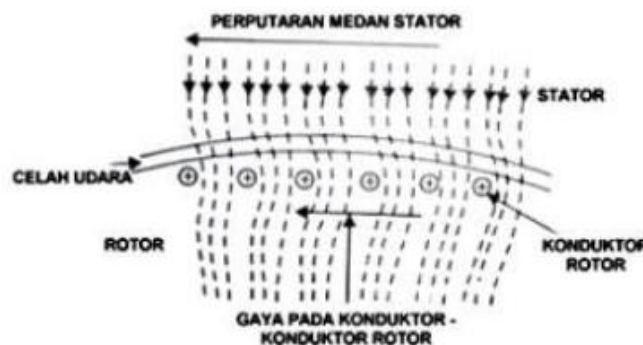


Gambar 2.1 Stator dan Rotor pada Motor Induksi 3 Fasa

2.1.1 Prinsip Kerja Motor Induksi 3 Fasa

Pada saat belitan stator diberi tegangan tiga fasa, maka pada stator akan dihasilkan arus tiga fasa, arus ini kemudian akan menghasilkan medan magnet yang berputar dengan kecepatan sinkron. Medan putar akan terinduksi melalui celah udara menghasilkan ggl induksi (ggl lawan) pada belitan fasa stator.

Medan putar tersebut juga akan memotong konduktor-konduktor belitan rotor yang diam. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan relatif antara kecepatan fluksi yang berputar dengan konduktor rotor yang diam yang disebut juga dengan slip (s). Akibatnya adanya slip maka ggl (gaya gerak listrik) akan terinduksi pada konduktor-konduktor rotor⁴.



Gambar 2.2 Proses Induksi Medan Putar Stator pada Rotor

⁴Denis, Tejo Sukmadi, and Yuli Christyono. (2013). Pengasutan Balik Putaran Motor Induksi 3 Fasa Berbasis SMS Controller Menggunakan Bahasa Pemrograman BASCOM.

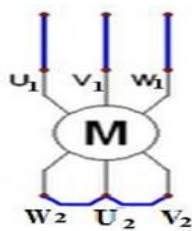
2.1.2 Rangkaian *Star-Delta*

a. Rangkaian *Star*

Rangkaian *star* adalah peralatan listrik 3 fasa dimana didalamnya terdiri dari 3 unit/bagian (belitan misalnya) yg sama dirangkai seperti membentuk huruf Y dimana ujung-ujungnya adalah tersambung sebagai *line* dan bagian tengahnya adalah bagian netral.

Cara menghubungkan motor dalam hubungan *star* :

1. Mengkoppelkan/menghubungkan salah satu dari ujung-ujung kumparan fasa menjadi satu.
2. Sedangkan yang tidak dihubungkan menjadi satu dihubungkan kesumber tegangan. Dapat di lihat di gambar 2.3.



Gambar 2.3 Hubungan Star

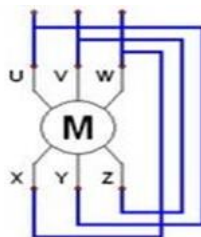
b. Rangkaian *Delta*

Rangkaian delta adalah peralatan listrik 3 fasa dimana didalamnya terdiri dari 3 unit/bagian yang sama (belitan misalnya) dirangkai seperti membentuk bangun segitiga dimana ujung-ujungnya tersambung sebagai *line*, dan tidak mempunyai netral. Bila ingin mendapatkan netralnya biasanya diambil dari *ground* dengan syarat sumber tegangannya juga digroundkan:

Cara menghubungkan motor dalam hubungan delta :

1. Ujung pertama dari kumparan fasa 1 dihubungkan dengan ujung kedua dari kumparan fasa 3.
2. Ujung pertama dari kumparan fasa 2 dihubungkan dengan ujung kedua dari kumparan fasa 1.
3. Ujung pertama dari kumparan fasa 3 dihubungkan dengan ujung kedua dari kumparan fasa 2.

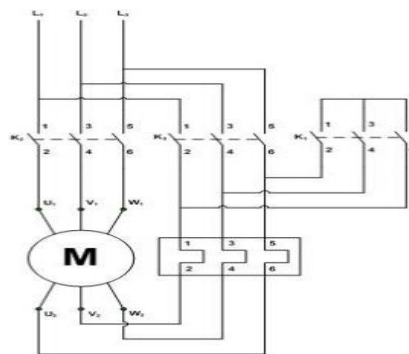
Dapat di lihat di gambar 2.4.



Gambar 2.4 Hubungan Delta

Prinsipnya adalah saat sebuah motor tiga fasa di *start* awal, motor tidak dikenakan nilai tegangan penuh dan hanya arus saja yang digunakan secara penuh. Tentunya motor induksi bertipikal seperti ini hanya motor induksi dengan daya diatas 5.5 HP (*Horse Power*).

Karena penggunaan arus mula yang lumayan besar ini, maka diperlukanlah hubungan bintang (*star*) untuk meminimalisir arus. Setelah motor berputar dan arus sudah mulai turun, barulah dipindahkan menjadi hubungan segitiga (*delta*) sehingga motor tersebut mendapatkan nilai tegangan secara penuh.



Gambar 2.5 Hubungan *Star-Delta*

c. Rangkaian *Star/Delta*

Rangkaian *Star delta* adalah sebuah sistem starting motor yang paling banyak dipergunakan untuk starting motor listrik. Untuk menggerakkan motor tersebut diperlukan daya awal yang besar. Dimana rangkaian *star* dipakai hingga semuanya menjadi stabil, dan rangkaiannya diubah menjadi *delta*. Dengan menggunakan *star delta* starter lonjakan arus listrik yang terlalu tinggi bisa dihindarkan.

Cara kerjanya adalah saat start awal motor tidak dikenakan tegangan penuh untuk hubung bintang /*star*. Setelah motor berputar dan arus sudah mulai turun dengan menggunakan timer arus dipindahkan menjadi segitiga / *delta* sehingga tegangan dan arus yang mengalir ke motor penuh.

2.2 PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER

Programmable Logic Controller atau PLC adalah sebuah rangkaian elektronik yang mampu mengerjakan berbagai fungsi kontrol yang kompleks. PLC juga diartikan sebagai peralatan elektronik yang dibangun dari mikroprosesor untuk memonitor

keadaan dari peralatan input kemudian dianalisis sesuai dengan kebutuhan perencana (*programmer*) untuk mengontrol keadaan *output*. Kontrol program dari PLC yaitu menganalisis sinyal input kemudian mengatur keadaan *output* sesuai dengan keinginan pemakai. PLC mampu mengubah algoritma kendali sekuensial di industri dari kasus yang kecil (kontrol pada mesin sederhana untuk mesin sederhana) sampai dengan kontrol modern kasus di manufaktur yang relatif besar, sehingga membutuhkan algoritma kontrol yang rumit.

PLC diperkenalkan pertama kali pada tahun 1969 oleh Modicon (sekarang bagian dari Gould Electronics) *for General Motors Hydermatic Division*, PLC adalah tipe sistem kontrol yang memiliki masukan peralatan yang disebut sensor, kontroler serta peralatan keluaran. Peralatan yang dihubungkan pada PLC yang berfungsi mengirim sebuah sinyal ke PLC disebut peralatan masukan. Sinyal masuk ke PLC melalui terminal atau pin-pin yang dihubungkan ke unit. Tempat sinyal masuk disebut titik masukan, ditempatkan dalam lokasi memori sesuai dengan status *ON* atau *OFF* pada PLC.

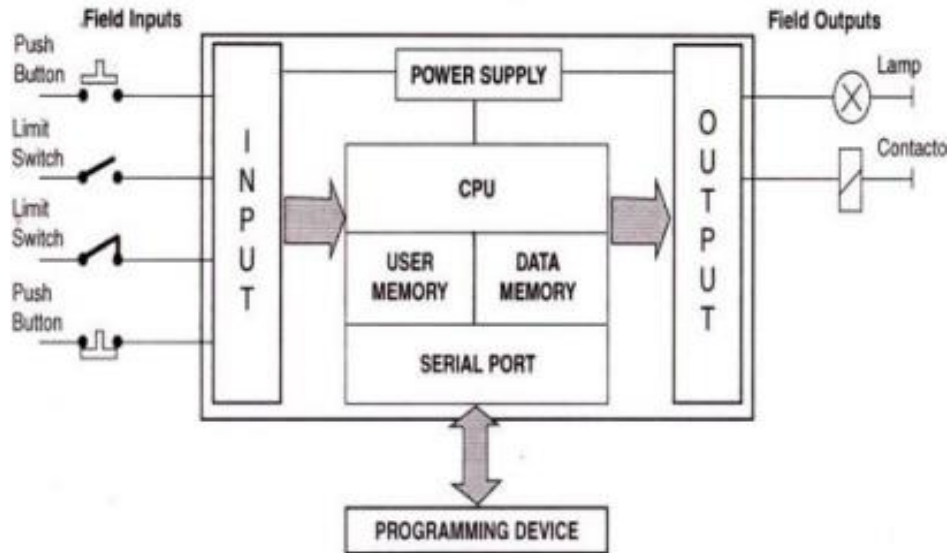
Sedangkan bagian kontroler adalah melaksanakan perhitungan, pengambilan keputusan, dan pengendalian dari masukan untuk dikeluarkan dibagian keluaran. Semua proses mulai dari masukan, keluaran, pengendalian, perhitungan, dan pengambilan keputusan dilakukan oleh PLC. PLC digunakan untuk kontrol *feedback*, pemrosesan data dan sistem monitor terpusat yang sangat memudahkan pekerjaan dalam dunia industri⁷.

2.2.1 Prinsip Kerja PLC

Secara umum, PLC terdiri dari dua komponen penyusun utama, yaitu :

1. *Central Processing Unit* (CPU).

2. Sistem antarmuka *input/output*.



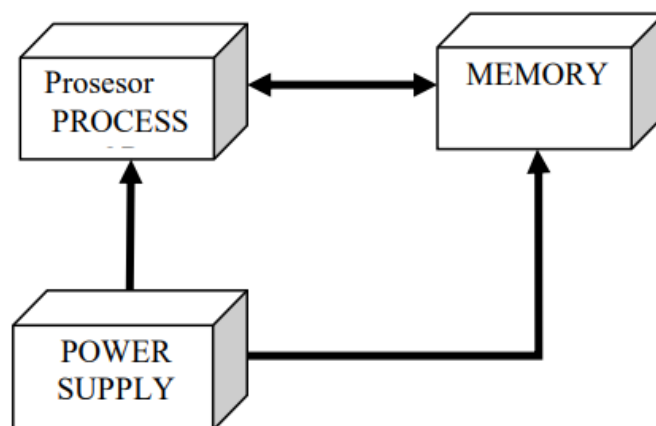
Gambar 2.6 Diagram Blok PLC

Fungsi dari CPU adalah mengatur semua proses yang terjadi di PLC. Ada tiga komponen utama penyusun CPU ini.

1. Prosesor
2. Memory
3. Power supply

⁷Ibid Hal 1.

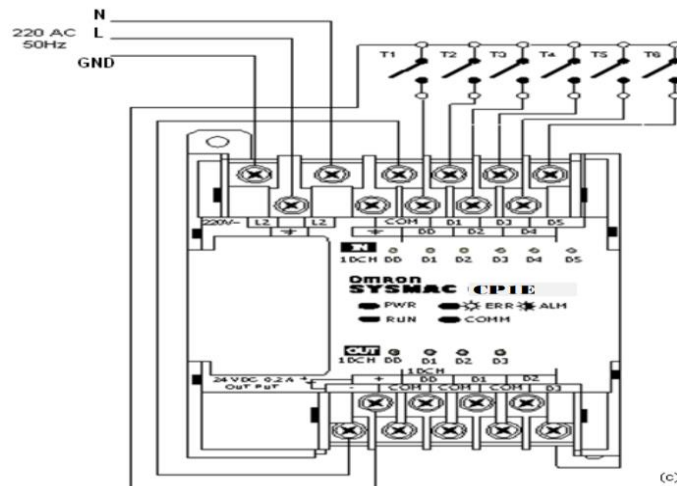
Interaksi antara ketiga komponen ini dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Blok Diagram CPU pada PLC

Pada dasarnya, operasi PLC relatif sederhana, peralatan luar dikoneksikan dengan modul *input output* pada PLC yang tersedia. Peralatan ini dapat berupa sensor analog, *push button*, *limit switch*, *motor starter*, *solenoid*, lampu dan sebagainya⁷.

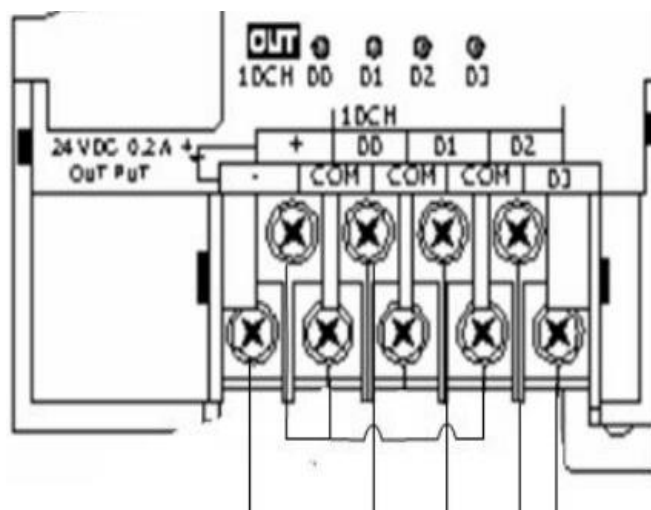
2.2.2 Pengawatan Input PLC dan Sumber Daya



Gambar 2.8 Pengawatan *Input* pada PLC dan Sumber Daya

⁷Ibid Hal 1.

2.2.3 Pengawatan Output PLC



Gambar 2.9 Pengawatan Output pada PLC

Terlihat dari diagram pengawatan *output* pada gambar 2.9. Dapat di jelaskan masing masing dari alamat 00,01,02 dan selanjutnya itu mendapatkan peran masing masing. Seperti contohnya (01) akan menghidupkan kontaktor 2 yang akan di hubungkan pada A1 pada kontaktor 2. Dan juga *COM* atau *COMMON* pada keluaran PLC di pakai atau di gunakan sesuai pemakaian dari pengguna.

2.2.4 Program Pada PLC

Program berupa diagram *ladder* dengan *software* yang digunakan adalah CX Programmer 9.0. Diagram tangga tidak dapat langsung dimasukkan ke dalam PLC melalui konsol pemrograman. Untuk dapat memasukkan program dari konsol pemrograman, maka diperlukan perubahan diagram tangga ke kode *mnemonic*.

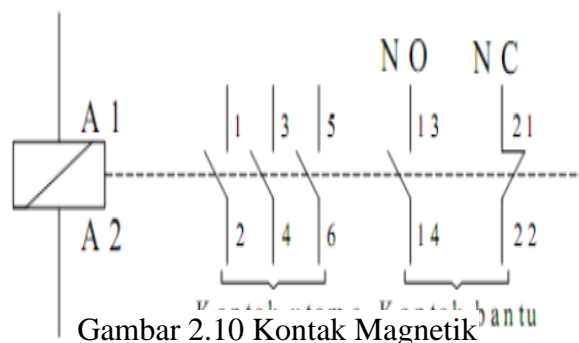
Kode *mnemonic* mengandung informasi yang sama dengan diagram tangga tetapi dalam bentuk yang dapat langsung diketikkan ke dalam PLC⁸.

⁸Hanif Nika Handoko, Tejo Sukmadi, and Karnoto. (2014). Pengendali Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Programmable Logic Control (PLC) Untuk Pengolahan Kapuk.

2.3 Magnetik Kontaktor 220 V_{AC}

Magnetic Contactor (MC) adalah sebuah komponen yang berfungsi sebagai penghubung/kontak dengan kapasitas yang besar dengan menggunakan daya minimal.

Sebuah kontaktor terdiri dari koil, beberapa kontak *Normally Open* (NO) dan beberapa *Normally Close* (NC). Pada saat satu kontaktor normal, NO akan membuka dan pada saat kontaktor bekerja, NO akan menutup. Sedangkan kontak NC sebaliknya yaitu ketika dalam keadaan normal kontak NC akan menutup dan dalam keadaan bekerja kontak NC akan membuka. Koil adalah lilitan yang apabila diberi tegangan akan terjadi magnetisasi dan menarik kontak-kontaknya sehingga terjadi perubahan



atau bekerja. Kontaktor yang dioperasikan secara elektromagnetis adalah salah satu mekanisme yang paling bermanfaat yang pernah dirancang untuk penutupan dan pembukaan rangkaian listrik.

2.3.1 Jenis Jenis Kontaktor

Kontaktor umumnya dapat dibagi menjadi dua jenis berdasarkan kemampuannya untuk mengontrol arus listrik tipe AC.

Berikut jenis-jenis kontaktor beserta penjelasannya:

1. Kontaktor 1 fasa. Kontaktor jenis ini dapat digunakan untuk mengontrol arus bolak-balik 1 fasa. Selain itu, kontaktor 1 fasa memiliki minimal 2 sakelar utama.
2. Kontaktor 3 fasa. Kontaktor jenis ini dapat digunakan untuk mengontrol arus bolak-balik 3 fasa. Selain itu, kontaktor 3 fasa berisi minimal 3 sakelar utama.

2.3.2 Bagian Bagian Kontaktor

1. Kontak Utama

Kontaktor biasanya terdiri dari tiga kontak yang biasanya terbuka (biasanya terbuka) bernomor 1 hingga 6 dan dipasangkan bersama. Dalam sistem industri, beban biasanya dihubungkan langsung pada fase ini. Selanjutnya kumparan tembaga (kumparan) pada kontaktor digunakan untuk menentukan kendali.

2. Kontak Bantu

Kontaktor biasanya memiliki kontak tambahan yang terdiri dari NO (biasanya terbuka) dan NC (biasanya tertutup). Kedua kontak tersebut dapat membantu kita mengontrol arus listrik. Kontak tambahan ini biasanya diberi kode penomoran dari nomor 13 hingga 22.

3. Kumparan Tembaga (*Coil*)

Kumparan tembaga pada kontaktor memiliki sifat elektromagnetik atau berperan sebagai penghantar tegangan berupa arus listrik.

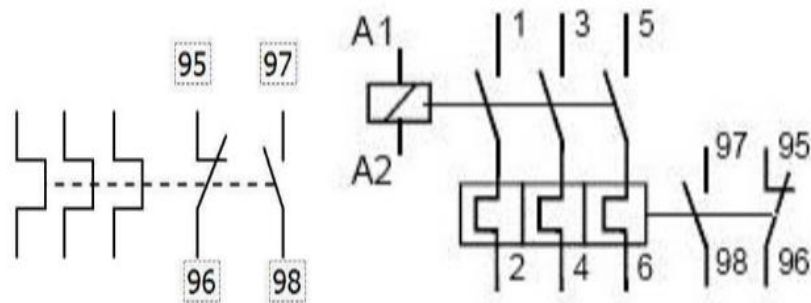
Nantinya, arus listrik ini dapat mengubah semua kontak yang ada menjadi buka atau tutup tergantung situasinya. Pada rangkaian kontaktor, kumparan tembaga ini biasanya dilambangkan dengan A1 hingga A2.

2.4 Thermal Overload Relay

Thermal Overload Relay (TOR) merupakan salah satu peralatan proteksi yang bekerja berdasarkan pengaruh suhu panas (*temperature*) dimana arus yang mengalir akan dikonversi menjadi panas untuk mempengaruhi bimetal.

Bimetal inilah yang kemudian akan menggerakkan tuas untuk menghentikan aliran arus ketika terjadi *over current*.

Penomoran pada TOR meliputi nomor 1-3-5 yang merupakan kontak input sumber tegangan atau input dari kontaktor pada rangkaian utama (380V) dan nomor 2-4-6 yang merupakan kontak output menuju ke motor listrik pada rangkaian utama⁹.



Gambar 2.11 Diagram Kontak pada TOR

2.4.1 Cara Kerja Overload Relay

Overload Relay dihubungkan secara seri dengan motor, sehingga arus yang mengalir ke motor saat motor beroperasi juga mengalir melalui relai beban lebih. Ini akan trip pada tingkat tertentu ketika ada arus berlebih yang mengalir melaluinya.

Ini menyebabkan sirkuit antara motor dan sumber listrik terbuka. Overload Relay dapat disetel ulang secara manual atau otomatis setelah durasi waktu yang telah ditentukan. Motor dapat dihidupkan ulang setelah penyebab kelebihan beban diidentifikasi dan diperbaiki.

2.4.2 Jenis Jenis Overload Relay

1. Overload Relay Bimetalik

Banyak Overload Relay menyertakan elemen bimetalik atau strip bimetalik, juga disebut sebagai elemen pemanas. Strip bi-logam terbuat dari dua jenis logam - satu dengan koefisien muai rendah, dan satu lagi dengan koefisien muai yang tinggi.

Strip bimetalik ini dipanaskan oleh belitan di sekitar strip bimetal, yang membawa arus.

⁹Hayusman, (2020) Penomoran Pada Thermal Over Load.

Kedua strip logam akan mengembang karena panas. Akan tetapi, logam dengan koefisien muai yang tinggi akan lebih memuai dibandingkan logam dengan koefisien muai yang rendah. Ekspansi yang berbeda dari strip bimetal ini menyebabkan bimetal menekuk ke arah logam dengan koefisien muai yang rendah.

Saat strip menekuk, strip tersebut menggerakkan mekanisme kontak tambahan dan menyebabkan relai beban berlebih biasanya kontak tertutup terbuka. Akibatnya, rangkaian kumparan kontaktor terganggu. Jumlah panas yang dihasilkan dapat dihitung dengan Hukum Pemanasan Joule. Ini dinyatakan sebagai $H \propto I^2Rt$.

- I adalah arus lebih yang mengalir melalui belitan di sekitar strip bimetal dari relai beban berlebih.
- R adalah hambatan listrik dari belitan di sekitar strip bimetal.
- t adalah periode waktu di mana arus I mengalir melalui belitan di sekitar strip bimetal.

Persamaan di atas mendefinisikan bahwa panas yang dihasilkan oleh belitan akan berbanding lurus dengan periode waktu aliran arus lebih yang melalui belitan. Dengan kata lain, semakin kecil arusnya maka semakin lama *overload relay* yang akan *trip* dan semakin tinggi arusnya maka semakin cepat *overload relay* akan trip, malah akan jauh lebih cepat *trip* karena pengoperasian relai adalah fungsi dari arus kuadrat³.

Relai beban berlebih bimetal sering ditentukan ketika reset otomatis rangkaian diperlukan, dan terjadi karena bimetal telah mendingin dan kembali ke keadaan semula (bentuk). Setelah ini terjadi, motor dapat dihidupkan ulang.

Jika penyebab kelebihan beban tidak diperbaiki, relai akan *trip* kembali, dan reset pada interval yang telah ditentukan.

Penting untuk berhati-hati selama pemilihan relai yang kelebihan beban, karena trip dan reset yang berulang dapat mengurangi masa pakai mekanis relai dan dapat menyebabkan kerusakan pada motor.

³Aji Fitriyan Hidayat, (2020) Overload Relay : Jenis, cara kerja, Apa itu Perlindungan Beban Berlebih.

Dalam banyak aplikasi, motor dipasang di lokasi dengan suhu lingkungan konstan, dan relai beban berlebih serta starter motor dapat dipasang di lokasi berbeda, yang mengalami suhu lingkungan berbeda.

Dalam aplikasi semacam itu, titik perjalanan relai beban berlebih dapat bervariasi bergantung pada beberapa faktor. Aliran arus melalui motor dan suhu udara di sekitarnya adalah dua faktor yang dapat menyebabkan trip dini. Dalam kasus seperti itu, relai beban berlebih bimetalik kompensasi ambien digunakan.

Relai jenis ini menampilkan dua jenis strip bi-metal - strip bi-metal kompensasi dan strip bi-metal primer non-kompensasi. Pada suhu sekitar, kedua strip ini akan menekuk secara merata, sehingga mencegah relai beban berlebih dari gangguan gangguan.

Namun, strip bi-metal primer adalah satu-satunya strip yang terpengaruh oleh aliran arus melalui elemen pemanas dan motor. Dalam kondisi kelebihan beban, unit perjalanan akan digerakkan oleh strip bi-metal primer.

1. Overload Relay Eutektik

Jenis relai beban berlebih ini terdiri dari belitan pemanas, mekanisme mekanis untuk aktivasi mekanisme tersandung, dan paduan eutektik. Paduan eutektik adalah kombinasi dari dua atau lebih bahan, yang mengeras atau meleleh pada suhu tertentu yang diketahui.

Dalam relai beban berlebih, paduan eutektik terkandung dalam tabung, yang sering digunakan bersama dengan roda *ratchet* pegas untuk mengaktifkan mekanisme tersandung selama operasi beban berlebih. Arus motor melewati belitan pemanas kecil. Selama kelebihan beban, tabung paduan eutektik dipanaskan oleh gulungan pemanas. Paduan meleleh karena panas, sehingga melepaskan roda *ratchet*, dan

memungkinkannya berputar. Tindakan ini memulai pembukaan kontak bantu tertutup di relai beban berlebih.

³Ibid Hal 17.

Relai kelebihan muatan eutektik hanya dapat disetel ulang secara manual setelah tersandung. Reset ini biasanya dilakukan melalui tombol reset, yang ditempatkan di penutup relai. Unit pemanas yang dipasang pada relai dipilih berdasarkan arus beban penuh motor.

2. Overload Relay Solid State

Relai ini biasanya disebut sebagai *Overload Relay* elektronik. Tidak seperti relai beban berlebih bimetalik dan eutektik, relai beban berlebih elektronik ini mengukur arus secara elektronik. Meskipun tersedia dalam berbagai desain, *Overload Relay* elektronik memiliki fitur dan manfaat yang sama. Desain tanpa pemanas adalah salah satu keunggulan utama relai ini.

Desain ini membantu mengurangi biaya dan upaya pemasangan. Selain itu, desain tanpa pemanas tidak sensitif terhadap perubahan suhu sekitar, yang membantu meminimalkan gangguan tersandung. Relai ini juga memberikan perlindungan dari kehilangan fase - lebih efektif daripada relai beban berlebih paduan bimetalik atau eutektik.

Relai ini dapat dengan mudah mendeteksi hilangnya fasa, dan mengoperasikan kontak tambahan untuk membuka sirkuit kontrol motor. *Overload Relay solid state* memungkinkan penyesuaian waktu trip dan titik setel dengan mudah.

3. Overload Relay Tripping

Waktu trip dari *overload relay* akan berkurang ketika arus meningkat. Fungsi ini diplot pada kurva waktu terbalik di bawah ini, dan disebut sebagai kelas perjalanan. Kelas perjalanan juga menunjukkan waktu yang dibutuhkan oleh relai untuk dibuka dalam kondisi kelebihan beban.

Kelas Trip 5, 10, 20, dan 30 adalah hal biasa. Kelas-kelas ini menyarankan bahwa relai beban berlebih akan trip dalam 5, 10, 20, dan 30 detik. Tripping ini biasanya terjadi saat motor menjalankan 720% dari beban penuhnya.

Trip Class 5 cocok untuk motor yang menuntut tripping cepat, sedangkan kelas 10 biasanya lebih disukai untuk motor dengan kapasitas termal rendah seperti pompa submersible.

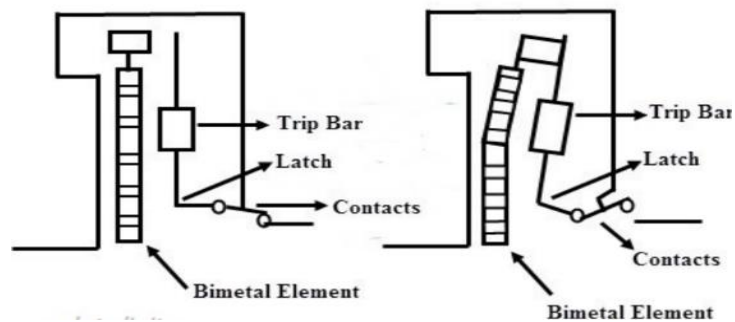
Kelas 10 dan 20 digunakan untuk aplikasi tujuan umum, sedangkan Kelas 30 digunakan untuk beban dengan inersia tinggi. Relai kelas 30 membantu menghindari gangguan gangguan³.

2.5 Miniature Circuit Breaker

MCB atau *Miniature Circuit Breaker* adalah sebuah komponen listrik yang berguna untuk mengamankan beban lebih atau hubung singkat yang disebabkan oleh lonjakan listrik yang tidak disengaja maupun tidak disengaja.

Alat pengaman otomatis yang dipergunakan untuk membatasi arus listrik. Alat pengaman ini dapat juga berguna sebagai saklar.

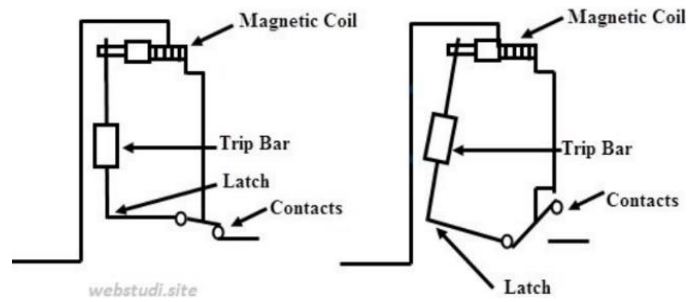
Dalam penggunaannya, pengaman ini harus disesuaikan dengan besar listrik yang terpasang. Hal ini adalah untuk menjaga agar listrik dapat berguna sesuai kebutuhan¹⁰.



Gambar 2.12 MCB Strip

³Ibid Hal 17.

¹⁰I Ketut Wijaya, (2007) Penggunaan dan Pemilihan Pengaman Mini Circuit Breaker (MCB) Secara Tepat Menyebabkan Bangunan Lebih Aman Dari Kebakaran Akibat Listrik.



Gambar 2.13 MCB Kumparan Magnetic

2.5.1 Jenis Jenis Miniature Circuit Breaker

Berdasarkan ketahanannya, MCB adalah komponen mempunyai jenis yang banyak dan biasanya disebut sebagai arus nominal. Diantaranya adalah 6A, 10A, 13A, 16A, 20A, 25A, 32A, 40A, 50A, 63A, 80A, 100A dan yang paling tinggi 125A. Berikut jenis dari MCB:

1. MCB 1 Fasa

MCB 1 Fasa dapat diartikan sebagai alat pemutus aliran listrik yang memiliki kutub tunggal, sehingga memungkinkan alat ini untuk memutus arus listrik hanya dengan satu tuas saja. Dengan begitu, listrik bisa lebih cepat diputus saat terjadi *overload* ataupun *overheat*.

Instalasi MCB 1 Fasa bisa ditemui dengan mudah di instalasi listrik rumah atau berbagai alat elektronik yang umum dipakai sehari-hari. Selain lebih sederhana, MCB ini juga memiliki instalasi yang mudah dan biaya yang cenderung lebih terjangkau.

2. MCB 3 Fasa

MCB 3 Fasa adalah alat pemutus aliran listrik yang memiliki 3 kutub yang berbeda, meskipun antara satu kutub dengan kutub lainnya berhubungan satu sama lain. 3 kutub ini dibutuhkan untuk kontrol listrik yang lebih baik, terutama bila muatan listrik yang diterima memiliki kapasitas yang berbeda.

Instalasi MCB 3 Fasa umumnya diterapkan di tempat-tempat yang membutuhkan listrik tinggi, seperti PLN, gedung, mall, dan lain sebagainya. Setiap kutub ini akan mengatur listrik yang ada di bagian tertentu dan begitupun kutub yang lainnya¹¹.

2.5.2 Fungsi Miniature Circuit Breaker

Bukan hanya simbolnya saja yang sederhana, melainkan MCB (*Miniature Circuit Breaker*) juga memiliki fungsi yang sebenarnya sangatlah simpel. Fungsi MCB adalah sebagai berikut :

1. Sebagai Pemutus Arus Listrik

Fungsi utama dari MCB (*Miniature Circuit Breaker*) sebenarnya adalah untuk memutus arus listrik yang masuk, dimana ia bisa menghentikan listrik secara manual agar listrik tidak mengalir lagi. Jadi alat elektronik akan mati bila tidak dialiri oleh listrik tersebut. Hal ini biasa dijumpai di berbagai alat elektronik, seperti komputer, TV, AC, genset, atau alat elektronik biasa seperti lampu. Tak heran bila MCB adalah alat sederhana yang sering digunakan dalam dunia elektronika.

2. Memproteksi Adanya Beban Lebih (*Overload*)

Semakin berkembangnya zaman kini MCB juga dapat digunakan untuk mencegah *overload*, disini alat ini akan mendeteksi adanya *overload* dalam sebuah alat elektronik. Kemudian saat terjadi *overload*, maka MCB akan secara otomatis memutus arus listrik agar tidak terjadi hal yang buruk. Misalnya saja terjadi *overheat* pada alat elektronik ataupun terjadi kerusakan yang lebih parah lagi. Oleh karena itu MCB sering dipakai untuk alat elektronik dengan beban listrik yang besar, seperti pembangkit listrik, panel listrik, dan lain sebagainya.

3. Memproteksi Adanya Hubung Singkat

Selain melindungi alat elektronik dari *overload* atau *overheat*, MCB juga berfungsi untuk memproteksi dari korsleting (hubung singkat).

¹¹ Rezi Syahrizani, (2023) MCB Adalah: Pengertian, Fungsi, Simbol, Jenis, dan Cara Kerjanya.

Umumnya korsleting ini disebabkan oleh kegagalan alat elektronik dalam operasionalnya, seperti dua arus di kabel berbeda saling bertemu lalu membuat koneksi singkat yang menjadikan listrik tidak stabil.

Sehingga disini MCB akan mendeteksi secara langsung bila terdapat korsleting, kemudian akan memutus listrik secara otomatis saat terjadi korsleting. Hal ini dilakukan agar korsleting tidak menyebar luas ke bagian penting lainnya yang ada di sebuah alat elektronik.

Itulah beberapa fungsi MCB, jadi MCB berfungsi untuk memproteksi adanya beban lebih (*overload*), sebagai pemutus arus, dan memproteksi adanya hubung singkat (korsleting). Fungsi tersebut sangat penting di dalam dunia elektronik, mengingat semua alat elektronik membutuhkan pemutus arus agar lebih aman untuk digunakan.

2.5.3 Cara Kerja Miniature Circuit Breaker

1. *Thermal Tripping*

Thermal Tripping atau pemutusan arus akibat suhu tinggi, hal ini terjadi bila arus listrik yang mengalir melalui Bimetal menyebabkan suhu Bimetal itu sendiri menjadi tinggi. Suhu panas tersebut mengakibatkan Bimetal melengkung.

Saat Bimetal melengkung, maka *trip* yang menghubungkan antara konektor atau circuit yang satu dengan yang lain akan terputus. Dengan begitu, arus listrik tidak bisa mengalir dan otomatis akan terputus pula.

2. *Magnetic Tripping*

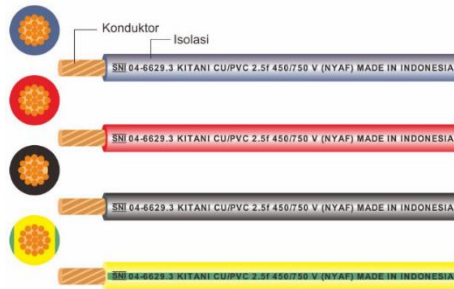
Berbeda dengan *Thermal Tripping*, *Magnetic Tripping* bekerja dengan menggunakan medan magnet sebagai pemutus aliran listrik. Apabila listrik melebihi beban atau *overload*, maka akan timbul sebuah medan magnet di palang MCB dan membuatnya tertarik. Dengan begitu, palang yang menghubungkan circuit satu dengan yang lain tidak akan terhubung lagi sehingga otomatis listrik akan terputus dengan seketika.

¹¹Ibid Hal 22.

2.6 Kabel NYAF

Kabel NYAF adalah kabel dengan inti tunggal berserabut (*Fleksibel*) serabut rambut halus berbahan tembaga dan isolasi berbahan PVC (450v – 750v). Kabel jenis NYAF ini sering difungsikan dan digunakan untuk instalasi elektronik yang membutuhkan kabel dengan fleksibilitas tinggi atau instalasi listrik dalam rumah yang memiliki belokan-belokan tajam sehingga membutuhkan kelenturan kabel yang *fleksibel* tersebut.

Untuk contoh penggunaan kabel ini bisa ditemukan pada instalasi permanen kontrol panel alat telekomunikasi, panel transmisi, sentral telepon digital dan lainnya. Jadi secara fungsi dari jenis kabel listrik ini tidak cocok untuk instalasi luar ruangan baik kondisi basah maupun kering, karena hanya satu lapis pelindung yang mudah



Gambar 2.14 Kabel NYAF 1,5mm terkelupas.

Gambar 2.15 Kabel NYM 5x2,5mm

2.7 Kabel NYM

Kabel Listrik NYM 5×2.5 mm adalah kabel listrik tunggal yang mempunyai isi 5 inti tembaga dengan ukuran 2.5 mm. Pemasangan kabel NYM 5×2.5mm ini di sarankan untuk permanen installation / installasi tetap di dalam sebuah bangunan disertai dengan pelindung pipa *conduit*.

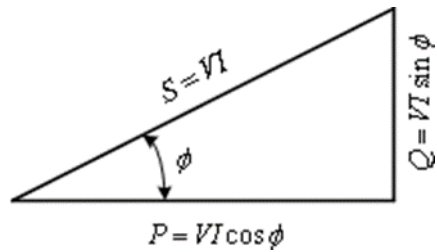
2.8 Segitiga Daya Listrik

Segitiga daya merupakan keadaan yang menggambarkan kondisi daya kompleks, daya aktif dan daya reaktif. Sketsa dari segitiga daya yang bersifat induktif dengan sudut antara daya kompleks dan daya aktif adalah θ .

2.8.1 Daya Aktif

Daya yang bisa digunakan untuk menghidupkan atau menggerakkan motor-motor. Pada gerakan motor listrik atau mekanik. Daya aktif ini merupakan hasil dari besar tegangan yang kemudian dikalikan dengan besaran arus dan dikalikan lagi, atau berbanding lurus dengan faktor dayanya.

Gambar 2.16 Segitiga Daya



Daya aktif untuk 1 fasa:

$$P = V \times I \times \cos \phi \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan:

P = Daya Aktif (Watt)

V = Tegangan yang mengalir (V)

I = Besar arus yang mengalir (A)

ϕ = Faktor Kerja (PF)

Daya aktif untuk 3 fasa:

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan:

P = Daya Aktif (Watt)

V = Tegangan yang mengalir (V)

I = Besar arus yang mengalir (A)

ϕ = Faktor Kerja (PF)