

**PERENCANAAN SISTEM PEMINDAH
SUMBER DAYA DARI GENSET
KE PLN SECARA OTOMATIS**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Ujian Sarjana*

Disusun Oleh :

**CHRISMAN ANTHONIUS BANGUN
NIM : 07 812 0026**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN**

2011

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/8/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
 3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
- Access From (repository.uma.ac.id)28/8/23



ABSTRAK

Tenaga listrik telah lama menjadi salah satu kebutuhan primer bagi masyarakat, terutama pada daerah perkotaan karena kemudahannya untuk diubah menjadi berbagai bentuk energi lain, sehingga tanpa kita sadari hampir semua peralatan rumah tangga, perkantoran dan industri yang kita gunakan saat ini menggunakan tenaga listrik sebagai sumber energinya.

Karena kebutuhan akan energi listrik yang telah begitu besar di masyarakat perkotaan, maka pada saat terjadi pemadaman masyarakat akan berusaha mencari pembangkit energi listrik lain untuk menggantikan sumber energi listrik dari PLN selama terjadi pemadaman bergilir. Saat ini genset untuk rumah tangga telah menjadi sumber energi listrik alternatif yang sangat diminati oleh masyarakat karena sifatnya yang portable dan mudah digunakan. Penggunaan genset ini menjadi semakin bertambah pada saat masuknya genset buatan China dengan berbagai kapasitas daya dan harga yang sangat kompetitif, sehingga pada saat terjadi pemadaman listrik bergilir, kita akan dapat melihat begitu banyak genset dihidupkan di daerah perkotaan, terutama pada malam hari.

Proses pemindahan sumber energi listrik dan *shutdown* genset rumah tangga ini, peneliti berusaha untuk membuat sebuah sistem sederhana yang dapat melakukan pemindahan sumber energi listrik dari genset ke PLN dan *shutdown* genset secara otomatis pada saat pemadaman bergilir telah berakhir. Sistem ini juga harus mampu untuk melepaskan hubungan dari genset ke jala-jala rumah jika terjadi sesuatu problem pada genset yang menyebabkan tegangan outputnya jatuh dan mengantisipasi blinking yang sering terjadi pada saat sumber daya PLN on kembali.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur saya panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat dan anugerahNya lah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Adapun judul dari Tugas Akhir ini ialah: **“PERENCANAAN SISTEM PEMINDAH SUMER DAYA DARI GENSET KE PLN SECARA OTOMATIS”**. Tugas Akhir inilah merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh bagi setiap mahasiswa Jurusan Teknik Elektro untuk memperoleh gelar kesarjanaannya.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis banyak menerima bantuan dari berbagai pihak sehingga dapat terselesaikan dalam tepat waktu. Oleh karena itu pada kesempatan ini peneliti ingin mengucapkan terimakasih yang tulus kepada:

1. Ibu Ir. Hj. Haniza, MT Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area
2. Bapak Ir. Yance Syarif Ketua Jurusan Teknik Elektro UMA sekaligus juga sebagai dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan kepada penulisan Tugas Akhir ini
3. Bapak Ir. H. Usman Harahap sebagai dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan kepada penulisan Tugas Akhir ini
4. Seluruh Staff Pengajar dan para Pegawai Jurusan Teknik Elektro UMA
5. Buat kedua orang tuaku tercinta yang selama ini selalu mendorong memberikan semangat doa, serta memberikan dukungan moril maupun material dalam penulisan Tugas Akhir saya ini

6. Buat istriku tersayang dan seluruh keluarga besar yang juga telah banyak mendukung dalam doa, semangat, pengertian dalam menjalani perkuliahan sampai penyelesaian Tugas Akhir ini, kiranya Tuhan Yang Maha Kuasa menyertai dan melindungi kita semua

7. Semua rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Elektro UMA yang juga membantu dalam hal bertukar pikiran dan diskusi kecil untuk penulisan Tugas Akhir ini, kiranya Tuhan Yang Maha Kuasa yang membalas budi baik anda semua

Mengingat keterbatasan kemampuan dan waktu yang ada, saya menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini mungkin masih belum sempurna, baik dari segi isinya maupun tata bahasanya. Oleh karena itu saya mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata saya mengucapkan terimakasih.

Medan, 25 Oktober 2010

Penulis,

Chrisman Anthonius Bangun

NIM: 07 812 0026

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Batasan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	5
1.5. Metode Penelitian.....	5
1.6. Sistematika Penelitian.....	6
BAB III. LANDASAN TEORI	
2.1. Daya Listrik.....	8
2.2. Blok Diagram Rangkaian.....	9
2.3. Komponen Antar Muka Mesin-Manusia.....	10
2.3.1. Push Button.....	11
2.3.1.1. Momentary Push Button (Saklar Tombol Tekan Sementara)...	12
2.3.1.2. Detended Push Button (Saklar Tombol Tekan Terkunci).....	12
2.3.2. Indicator Lamp (Lampu Indikasi).....	14

2.4. Kontaktor.....	15
2.4.1. Penggolongan / Kategori Penggunaan Kontaktor.....	18
2.4.2. Pemilihan Kontaktor.....	18
2.5. Relay.....	19
2.6. Timer Elektronik.....	20
2.7. MCB (Miniature Circuit Breaker).....	22
2.8. Dasar Rangkaian Kontrol.....	24
2.8.1. Rangkaian Kontrol 2 Kabel.....	24
2.8.2. Rangkaian Kontrol 3 Kabel.....	25
2.8.3. Rangkaian Kontrol Saling Mengunci / Interlock.....	26
2.8.4. Rangkaian Kontrol Berurutan.....	27
2.9. Dasar Sistem On / Off Pada Sistem Pengapian Mesin Bakar.....	28
2.9.1. Mesin Bakar Berbahan Bakar Bensin.....	29
2.9.2. Mesin Bakar Berbahan Bakar Solar / Diesel.....	30
 BAB III. PERANCANGAN RANGKAIAN	
3.1. Rangkaian Pemindah Sumber Daya.....	33
3.2. Rangkaian Kontrol Untuk Sumber Daya Dari Genset.....	34
3.3. Rangkaian Kontrol Untuk Sumber Daya Dari PLN.....	36
3.3.1. Sensor Tegangan Dari PLN Dengan Timer Untuk Pemutusan Sumber Daya Genset.....	37
3.3.2. Rangkaian Timer Untuk Penyambungan Sumber Daya PLN.....	38
3.3.3. Rangkaian Kontrol Pemindah Sumber Daya Ke PLN.....	39
3.3.4. Rangkaian Timer Untuk Shutdown Genset.....	41

BAB IV. ANALISA RANGKAIAN

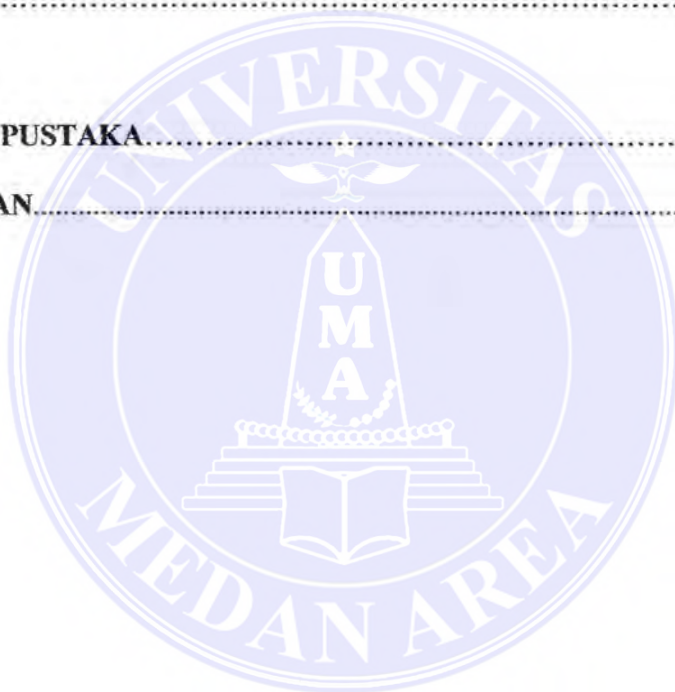
4.1. Analisa Rangkaian Pemindah Sumber Daya.....	43
4.2. Analisa Rangkaian Kontrol Untuk Sumber Daya Dari Genset.....	45
4.3. Analisa Rangkaian Kontrol Untuk Sumber Daya Dari PLN.....	46

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan.....	51
5.2. Saran.....	52

DAFTAR PUSTAKA	53
-----------------------------	----

LAMPIRAN	54
-----------------------	----



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Tenaga listrik telah lama menjadi salah satu kebutuhan primer bagi masyarakat, terutama pada daerah perkotaan karena kemudahannya untuk diubah menjadi berbagai bentuk energi lain, sehingga tanpa kita sadari hampir semua peralatan rumah tangga, perkantoran dan industri yang kita gunakan saat ini menggunakan tenaga listrik sebagai sumber energinya. Saat ini, energi listrik telah menjadi salah satu kebutuhan primer dalam kehidupan kita, baik pada saat tinggal di rumah ataupun pada saat sedang bekerja di kantor atau di industri.

Dengan pertumbuhan penduduk dan industri (dari industri rumah tangga sampai industri besar) yang cukup besar, maka kebutuhan akan adanya energi listrik ini juga tumbuh dengan cukup besar, bahkan jauh lebih besar dari pertumbuhan penduduk itu sendiri, karena pola hidup masyarakat (terutama di perkotaan) yang telah berubah karena faktor lingkungan. Misalnya dulu kita hanya menggunakan listrik untuk penerangan, melihat televisi dan mendengar radio. Saat ini kita menggunakan energi listrik untuk memasak, pendingin ruangan, pemanas ruangan, pengawet bahan makanan, computer, home theatre, home industri dan lain-lain yang rata-rata konsumsi energi listriknya cukup besar.

Sayangnya di negara kita ini, peningkatan kebutuhan akan energi listrik ini tidak diimbangi dengan peningkatan kemampuan memproduksi energi listrik yang cukup dan baik dari PLN, ditambah lagi dengan maraknya pencurian listrik, sehingga

sering terjadi pemadaman bergilir untuk mencegah kelebihan beban pada pembangkit. Dari tahun ke tahun, masalah pemadaman bergilir oleh PLN ini terus menjadi pembicaraan karena frekwensinya yang semakin sering.

Karena kebutuhan akan energi listrik yang telah begitu besar di masyarakat perkotaan, maka pada saat terjadi pemadaman masyarakat akan berusaha mencari pembangkit energi listrik lain untuk menggantikan sumber energi listrik dari PLN selama terjadi pemadaman bergilir. Saat ini genset untuk rumah tangga telah menjadi sumber energi listrik alternatif yang sangat diminati oleh masyarakat karena sifatnya yang portable dan mudah digunakan. Penggunaan genset ini menjadi semakin bertambah pada saat masuknya genset buatan China dengan berbagai kapasitas daya dan harga yang sangat kompetitif, sehingga pada saat terjadi pemadaman listrik bergilir, kita akan dapat melihat begitu banyak genset dihidupkan di daerah perkotaan, terutama pada malam hari.

Umumnya, genset untuk rumah tangga dihubungkan ke jaringan rumah dengan cara manual yang sederhana menggunakan kabel dan tiker. Beberapa rumah tangga yang menggunakan genset dengan kapasitas yang lebih besar, biasanya telah menggunakan ohm sakelar untuk pemindahan sumber daya dari PLN ke genset ataupun sebaliknya. Cara ini cukup sederhana dan murah, namun mempunyai 2 kelemahan utama, yaitu :

1. Saat pemadaman bergilir berakhir, sering kali kita terlupa atau malas menukar sumber energi listrik kita kembali ke PLN, sehingga genset akan terus hidup dan mengkonsumsi bahan bakar sampai beberapa jam kemudian, atau bahkan sampai bahan bakarnya habis. Hal ini tentu saja merupakan pemborosan bahan bakar dan akan memperpendek masa pakai (*life time*) dari genset tersebut.

2. Pada saat terjadi masalah, misalnya short circuit, maka mesin genset akan menjadi sangat terbebani dan putarannya menjadi sangat berat yang ditandai dengan jatuhnya tegangan jala-jala rumah. Hal ini dalam waktu yang tidak begitu lama akan dapat merusak genset itu sendiri, baik dari sisi generator ataupun mesin bakarnya.

Untuk mengatasi 2 kelemahan utama dari proses pemindahan sumber energi listrik dan *shutdown* genset rumah tangga ini, diusahakan untuk membuat sebuah sistem sederhana yang dapat melakukan pemindahan sumber energi listrik dari genset ke PLN dan *shutdown* genset secara otomatis pada saat pemadaman bergilir telah berakhir. Sistem ini juga harus mampu untuk melepaskan hubungan dari genset ke jala-jala rumah jika terjadi sesuatu problem pada genset yang menyebabkan tegangan outputnya jatuh dan mengantisipasi blinking yang sering terjadi pada saat sumber daya PLN on kembali.

1.2. Batasan Masalah

Permasalahan utama pada skripsi ini adalah bagaimana sebuah rangkaian kontrol listrik yang sederhana dan ekonomis dapat melakukan pemindahan sumber energi listrik dari genset ke PLN dan mematikan genset secara otomatis pada saat pemadaman bergilir telah berakhir. Sistem ini juga harus mampu untuk melepaskan jala-jala rumah tangga dari genset jika tegangan output genset menurun karena sesuatu sebab / masalah, sehingga problem pada genset tidak akan merambat ke peralatan listrik lainnya di dalam rumah.

Berdasarkan identifikasi permasalahan utama tersebut, maka penelitian skripsi ini akan dibatasi pada permasalahan pemindahan sumber energi listrik dari genset ke PLN dan *shutdown* genset secara otomatis serta kemampuan pemutusan hubungan genset ke jala-jala rumah jika terjadi sesuatu masalah pada saat genset digunakan yang menyebabkan jatuhnya tegangan output genset dan antisipasi masalah *blinking* yang sering terjadi pada sumber PLN pada saat ON kembali.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian skripsi yang berjudul “Perencanaan Sistem Pemindah Sumber Daya Dari Genset ke PLN Secara Otomatis” ini adalah :

1. Mengoptimalkan penggunaan genset rumah tangga dan bahan bakarnya hanya pada saat terjadi pemadaman bergilir oleh PLN dengan menerapkan pengetahuan yang didapat selama kuliah di Fakultas Teknik Elektro, Universitas Medan Area – Medan, terutama untuk mata kuliah Penggunaan dan Pengaturan Motor Listrik.
2. Mengefisienkan penggunaan bahan bakar pada genset dengan men-*shutdown* genset tepat pada waktunya setelah PLN hidup kembali.
3. Membentuk rangkaian dasar pemindah sumber daya otomatis yang dapat dikembangkan menjadi *Automatic Transfer Switch (ATS)* atau *Automatic Main Failure (AMF)* yang dapat dipasang pada genset dengan starter elektrik sehingga menjadi sistem *full automatic* (PLN padam, maka genset akan dihidupkan dan dihubungkan ke beban setelah *warming up*; PLN hidup lagi, maka beban dari genset akan dilepas, kemudian beban dibungkan ke sumber PLN dan genset di-*shutdown*)

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk menghasilkan sebuah *prototype* alat yang dapat digunakan di rumah tangga, kantor ataupun pabrik untuk melakukan proses pemindahan sumber daya dari genset ke PLN secara otomatis. *Prototype* ini sebaiknya dikemas pada sebuah panel yang sesuai sebelum digunakan permanen di rumah, kantor ataupun pabrik. *Prototype* ini dapat juga dikembangkan untuk menghasilkan sebuah sistem otomatis yang dikenal di pasaran dengan nama *Automatic Transfer Switch (ATS)* ataupun *Automatic Main Failure (AMF)*. Selanjutnya, produk-produk yang telah dikemas pada panel yang sesuai ini (baik *prototype* ataupun pengembangannya) dapat dipasarkan kepada pengguna-pengguna yang membutuhkan.

1.5. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Metode Literatur

Dalam hal ini dilakukan penelitian berdasarkan studi kepustakaan dan kajian dari buku-buku teks pendukung yang dapat menunjang penelitian tugas akhir.

2. Metode Diskusi

Dalam hal ini dilakukan diskusi dan konsultasi dengan dosen pembimbing dan teman-teman Kampus Universitas Medan Area Fakultas Teknik mengenai masalah-masalah yang timbul selama penelitian dan pembuatan rangkaian berlangsung.

3. Metode penelitian

Dalam hal ini dilakukan pembuatan maket rangkaian pemindah sumber daya ke PLN dan shutdown genset otomatis dan membuat rangkaian sederhana untuk simulasi kerja alat tersebut. Dengan cara ini, penulis dapat melihat pengaruh perubahan dari sumber daya PLN terhadap kerja otomatis rangkaian ini. Percobaan dengan peralatan yang lengkap dilakukan di Laboratorium Mesin-mesin Elektrik FT-UMA dan untuk mendapatkan data-data yang berhubungan dengan permasalahan dalam tugas akhir ini diambil dari Perpustakaan UMA.

1.6. Sistematika Penelitian

Gambaran skripsi ini sesara singkat dapat diuraikan pada sistematika penelitian sebagai berikut :

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini berisikan tentang gambaran umum mengenai tugas akhir yang memuat latar belakang, tujuan penelitian, pokok masalah, batasan masalah, metode penelitian dan sistematika penelitian.

BAB II. DASAR TEORI

Bab ini menjelaskan teori mengenai rangkaian dasar-dasar rangkaian dan keterangan-keterangan mengenai komponen yang digunakan pada alat ini, seperti rangkaian interlock, rangkaian on-off tiga kabel, kontaktor, timer dan lain-lain.

BAB III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN RANGKAIAN

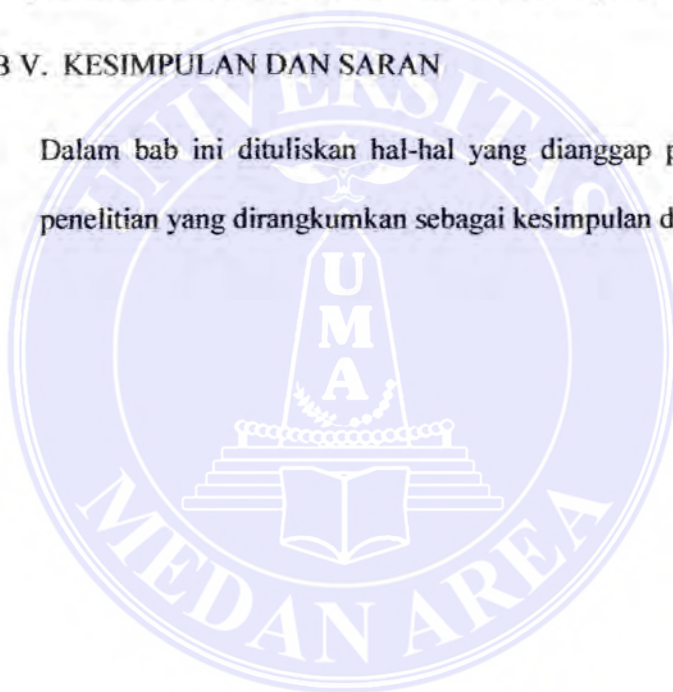
Bab ini menjelaskan tentang langkah-langkah perancangan dan pembuatan rangkaian pemindah sumber daya ke PLN dan shutdown genset otomatis

BAB IV. ANALISA RANGKAIAN

Bab ini menjelaskan tentang analisa blok demi blok dari rangkaian pemindah sumber daya ke PLN dan shutdown genset otomatis.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini dituliskan hal-hal yang dianggap penting di dalam penelitian yang dirangkumkan sebagai kesimpulan dan saran.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Daya Listrik

Daya (Power) adalah jumlah energi yang dibutuhkan untuk melakukan suatu usaha. Daya dinyatakan dengan simbol 'P' dan diberi satuan Watt (W), *Horse Power* (HP) ataupun *Paarde Kratch* (PK) untuk daya nyata (*true power*) dan VA untuk daya semu (*apparent power*).

Perhitungan daya listrik harus disesuaikan dengan sistem yang digunakan pada rangkaian listrik tersebut. Ada 3 jenis sistem dalam rangkaian listrik, yaitu :

1. Rangkaian listrik sistem DC
2. Rangkaian listrik sistem AC 1 fasa
3. Rangkaian listrik sistem AC 3 fasa.

Perhitungan dan hubungan daya pada masing-masing sistem rangkaian listrik tersebut diatas dapat diuraikan sebagai berikut :

$$\text{Daya pada sistem DC : } P = V.I = I^2 \cdot R \text{ Watt} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\text{Daya pada sistem } 1\Phi : P = V.I \cdot \cos \phi \text{ Watt (true power)} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$P = V.I \quad VA \text{ (apparent power)} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\text{Daya pada sistem } 3\Phi : P = \sqrt{3} \cdot V.I \cdot \cos \phi \text{ Watt (true power)} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$P = \sqrt{3} \cdot V.I \quad VA \text{ (apparent power)} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\text{Power Faktor} = \cos \phi = \frac{\text{True.Power}}{\text{Apparent.Power}} = \frac{\text{Watt}}{VA} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$1 \text{ HP} = 1 \text{ PK} = 746 \text{ Watt} \dots\dots\dots (2.7)$$

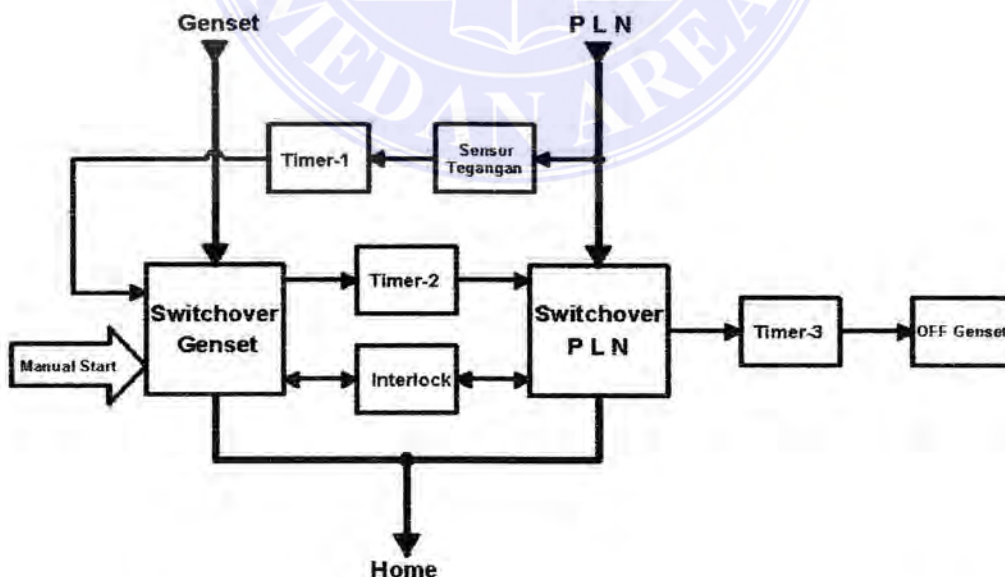
$$HP \text{ pada sistem } 1\Phi : HP = \frac{V.I.\cos\phi.E_{ff}}{746} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$HP \text{ pada sistem } 3\Phi : HP = \frac{\sqrt{3}.V.I.\cos\phi.E_{ff}}{746} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana E_{ff} adalah efisiensi dari suatu peralatan / komponen listrik yang dicari dengan persamaan : $E_{ff} = \frac{P_{INPUT}}{P_{OUTPUT}} \dots\dots\dots (2.10)$

2.2. Blok Diagram Rangkaian

Langkah awal yang dilakukan pada penelitian ini adalah perancangan blok diagram untuk rangkaian pemindah sumber daya otomatis dari genset ke PLN ini. Perancangan blok diagram ini dimulai dari blok diagram rangkaian daya dan dilanjutkan dengan blok diagram rangkaian kontrol, timer dan sensor tegangan masuk dari PLN-nya. Gambar 2.1 menunjukkan blok diagram dari rangkaian yang digunakan pada skripsi ini.



Gambar 2.1. Blok Diagram Rangkaian Pemindah Sumber Daya Otomatis Dari Genset ke PLN

Pada rangkaian yang digunakan dalam penelitian skripsi ini, dua buah kontaktor akan digunakan sebagai saklar elektromagnetik dengan hubungan *interlock* untuk pemindahan sumber energi listrik rumah tangga dari genset ke PLN dengan sebuah tundaan waktu, kemudian generator akan di-off-kan secara otomatis setelah tundaan waktu berikutnya berakhir.

Sistem di-start secara manual untuk memastikan pemilik genset memastikan kondisi gensetnya telah bekerja dengan baik dan benar serta mempunyai bahan bakar yang cukup sebelum dihubungkan ke jala-jala rumah tangga. Saat daya dari PLN telah ON kembali, maka sensor tegangan akan mendeteksi tegangan tersebut dan mengaktifkan timer-1 sebelum memutuskan sumber daya dari genset, sehingga jika terjadi *blink* dari PLN sebelum tundaan waktu timer-1 berakhir, sumber daya masih tetap terhubung ke genset. Saat tundaan waktu timer-1 berakhir, maka sumber daya dari genset akan diputus dan timer-2 akan diaktifkan. Saat tundaan waktu timer-2 berakhir, maka sumber daya PLN akan disambungkan ke jala-jala rumah dan timer-3 akan diaktifkan. Jika sambungan dari PLN telah mantap, maka setelah tundaan waktu timer-3 berakhir, genset akan segera di-*shutdown*.

2.3. Komponen Antar Muka Mesin-Manusia

Untuk mengetahui kondisi / memberikan perintah ke suatu rangkaian kontrol dari suatu sistem / mesin, kita membutuhkan komponen-komponen berupa saklar tekan / putar, lampu indikasi dan komponen antar muka mesin-manusia lainnya seperti sirene. Pada rangkaian kontrol yang lebih modern dan dilengkapi dengan PLC sistem yang cukup baik, umumnya digunakan *touch screen panel* sebagai komponen antar muka mesin – manusianya. Dengan *touch screen panel*, rangkaian kontrol tersebut akan nampak lebih *user friendly*, komunikatif dan canggih.

2.3.1. Push Button

Saklar tombol tekan (*push button*) adalah suatu komponen rangkaian listrik yang digunakan untuk memberikan perintah ke suatu rangkaian kontrol dari suatu sistem / mesin sehingga pengoperasian dari rangkaian kontrol / mesin tersebut dapat kita atur sesuai dengan yang kita inginkan, misalnya, : misalnya dari *start* ke *stop* dan sebaliknya ataupun dari otomatis ke manual dan sebaliknya.

Berdasarkan jumlah dan jenis kontakannya, *push button* dibagi menjadi 2, yaitu :

1. *Push Button* SPST (*Single Pole Single Throw*)
 - a. *Push Button* dengan 1 NO (*Normally Open*) kontak
 - b. *Push Button* dengan 1NC (*Normally Closed*) kontak
2. *Push Button* DPDT (*Double Pole Double Throw*)
 - a. *Push Button* dengan 2 NO (*Normally Open*) kontak
 - b. *Push Button* dengan 2NC (*Normally Closed*) kontak
3. *Push Button* dengan 1 NC dan 1 NO kontak

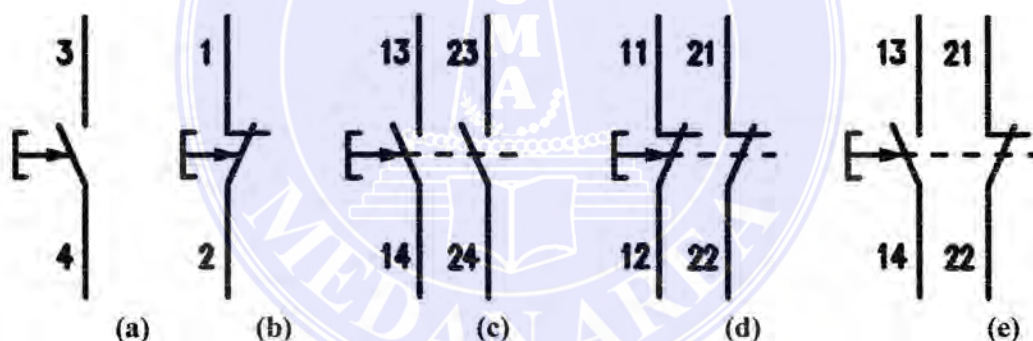
Normally Open (NO) kontak adalah kontak yang terbuka pada saat normalnya and akan menutup / tersambung pada saat *push button* di tekan. Terminal-terminal NO kontak pada komponen antar muka mesin-manusia, kontaktor dan kontak bantuannya (*auxiliary contacts*) akan mempunyai akan mempunyai kode angka dengan akhiran 3 dan 4, yaitu : 3 dan 4, 13 dan 14, 23 dan 24, 33 dan 34, serta 43 dan 44. Pada simbol NO kontak, bagian bergerak dari kontak tersebut akan berada di sebelah kiri dari garis koneksi komponen.

Normally Closed (NC) kontak adalah kontak yang tertutup / tersambung pada saat normalnya dan akan terbuka pada saat *push button* ditekan. Terminal-terminal NC kontak pada komponen antar muka mesin-manusia, kontaktor dan kontak

bantunya (*auxiliary contacts*) akan mempunyai akan mempunyai kode angka dengan akhiran 1 dan 2, yaitu : 1 dan 2, 11 dan 12, 21 dan 22, 31 dan 32, serta 41 dan 42. Pada simbol NC *kontak*, bagian bergerak dari kontak tersebut akan berada di sebelah kanan dari garis koneksi komponen.

2.3.1.1. Momentary Push Button (Saklar Tombol Tekan Sementara)

Saklar tombol tekan sementara adalah suatu saklar yang kontak-kontaknya hanya akan menyambungkan ataupun memutuskan suatu rangkaian listrik pada saat tombol tersebut ditekan. Ketika dilepaskan, maka kontak-kontak pada *push button* tersebut akan kembali ke posisi awalnya. Gambar saklar tombol tekan sementara untuk SPST dan DPDT dapat dilihat pada gambar 2.2



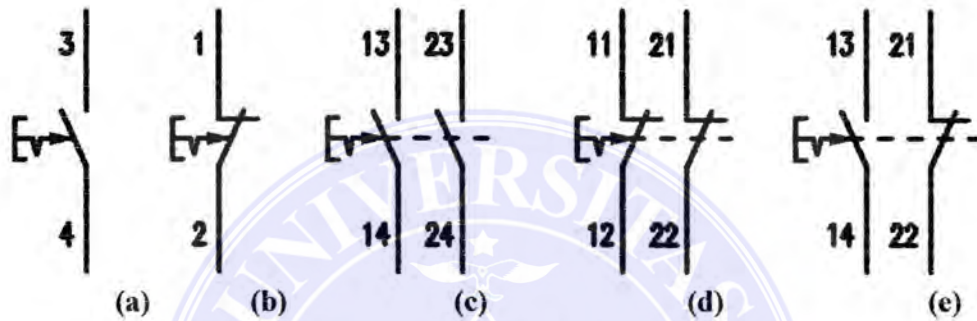
Gambar 2.2. Saklar Push Button (Saklar Tombol Tekan Sementara)

- (a) Normaly Open SPST
- (b) Normally Closed SPST
- (c) Normally Open DPDT
- (d) Normally Closed DPDT
- (e) DPDT Kombinasi (1NO + 1 NC)

2.3.1.2. Detended Push Button(Saklar Tombol Tekan Terkunci)

Saklar tombol tekan terkunci atau Detended Push Button adalah suatu saklar yang kontak-kontaknya akan menyambungkan ataupun memutuskan suatu rangkaian

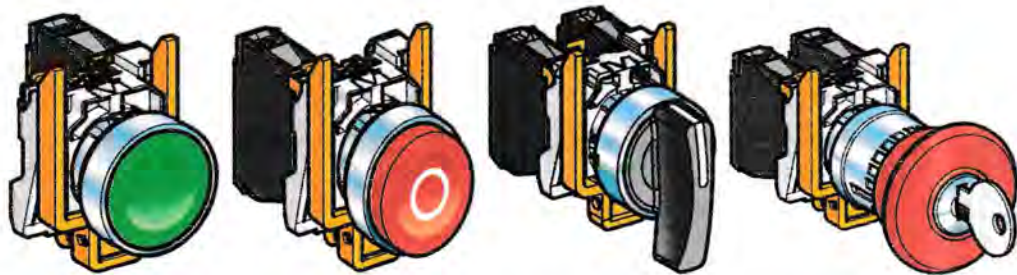
listrik pada saat dan setelah tombol tersebut ditekan. Ketika tombol ditekan dan dilepaskan lagi, maka kontak-kontak pada *push button* tersebut akan kembali keposisi awalnya. Simbol saklar tombol tekan terkunci untuk SPST dan DPDT dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Saklar Tombol Tekan Terkunci

- (a). Normally Open SPST
- (b). Normally Closed SPST
- (c). Normally Open DPDT
- (d). Normally Closed DPDT
- (e). DPDT Kombinasi (1NO + 1 NC)

Jenis *latching switch* lain sejenis *detended push button* yang umum digunakan adalah *Emergency Switch*, *Selector Switch* dan *Key Switch*. Beberapa contoh bentuk fisik dari *latching switch* dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Bentuk Fisik Push Button dan Selector Switch

2.3.2. Indicator Lamp (Lampu Indikasi)

Lampu indikasi adalah suatu komponen yang memberikan informasi mengenai keadaan rangkaian / mesin setelah atau sebelum suatu perintah diberikan melalui sebuah saklar. Lampu Indikasi juga berguna untuk memberikan informasi mengenai posisi kerusakan rangkaian / mesin jika suatu rangkaian / mesin tidak dapat bekerja sebagaimana mestinya. Lampu Indikasi tersedia dalam berbagai tegangan AC dan DC serta warna, sesuai dengan kebutuhan rangkaian kontrol. Umumnya tegangan lampu indikasi akan disesuaikan dengan tegangan kontrol (*control voltage*) pada rangkaian pengontrol sistem tersebut.

Saat ini, lampu indikasi yang paling dominan digunakan untuk semua tegangan, baik AC ataupun DC adalah lampu indikasi dengan LED (*Light Emiting Diode*). Dengan menggunakan LED, konsumsi daya dari lampu indikasi ini akan kecil sekali, sehingga panas yang dihasilkannya juga akan kecil, sehingga daya tahan bahan plastik pembuat lampu indikasi tersebut menjadi lebih baik. Disamping itu LED juga mempunyai umur yang jauh lebih panjang dari pada bola lampu, sehingga masalah padamnya lampu indikasi karena sesuatu sebab akan sangat berkurang. Beberapa lampu indikasi dengan warna berbeda yang disusun secara berurutan pada sebuah tiang diatas mesin dan dapat di program untuk memberikan indikasi yang berbeda-beda sesuai kebutuhan disebut dengan *tower light*.

Jenis lain dari lampu indicator yang umum digunakan adalah lampu indicator yang diletakkan di dalam saklar tombol tekan ataupun saklar pilih. Jenis ini dikenal dengan nama ***Illuminated Push Button*** dan ***Illuminated Selector Switch***. Jenis ini biasanya operator panel pada rangkaian-rangkaian dengan PLC sistem. Pada sistem seperti ini, panel utama umumnya dikumpulkan pada sebuah ruangan panel kontrol

(*control panel room*). Simbol dan beberapa bentuk lampu indicator dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. Simbol dan wujud Lampu indicator

- (a). Simbol Lampu Indikator
- (b). Berbagai Bentuk Lampu Indikator
- (c). Beberapa Lampu Indikator Dalam Bentuk Tower Light

2.4. Kontaktor

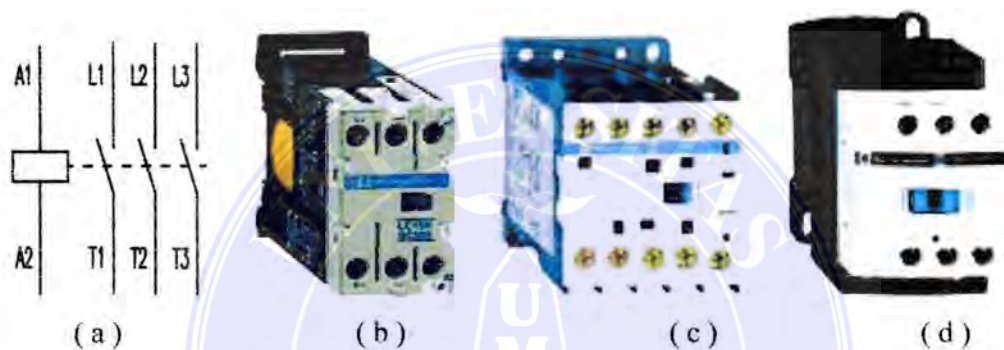
Kontaktor adalah suatu komponen yang paling banyak digunakan pada rangkaian kontrol. Penggunaannya sebagai sarana pemutus dan penghubung beban. Bekerjanya kontaktor berdasarkan adanya gaya elektromagnetik oleh arus yang mengalir pada belitan (*coil*). Magnet yang timbul akan menarik anker, dimana anker ini dikopel dengan kontak utama dan kontak bantu.

Kontaktor terdiri dari dua bagian utama yaitu :

1. Rangkaian Elektromagnetik, berupa koil dengan terminal A1 dan A2

2. Kontak-kontak yang bergerak dan kontak-kontak yang diam, berupa kontak-kontak utama dan kontak-kontak bantu yang terpasang fix (tetap) pada kontaktor tersebut.

Gambar 2.6 menunjukkan simbol dari sebuah kontaktor dan beberapa bentuk dari kontaktor dengan 1 atau 2 kontak bantu yang terpasang dengan tetap pada kontaktor tersebut.



Gambar 2.6. Simbol dan Wujud Magnetik Kontaktor

- (a). Simbol Kontaktor
 (b). Kontaktor Dengan 2 Kontak Utama
 (c). Kontaktor Dengan 3 Kontak Utama dan 1 Kontak Bantu
 (d). Kontaktor Dengan 3 Kontak Utama dan 2 Kontak Bantu

Jumlah kontak-kontak utama pada suatu kontaktor biasanya terbagi atas 2, 3 atau 4 kontak ditambah dengan 1 – 4 buah kontak Bantu yang terpasang dalam satu kemasan dengan berbagai bentuk rancangan, baik *normally open (NO)* maupun *normally close (NC)*, atau kombinasi kedua-duanya. Untuk keperluan control biasanya dibutuhkan lebih dari 4 kontak kontaktor, sehingga untuk memenuhi hal tersebut maka perlu digunakan kontak-kontak pembantu (*auxiliary contact*) lainnya baik yang bekerja secara seketika (*instantaneously*) ataupun dengan tundaan waktu (*time delay*). Kontak-kontak bantu ini umumnya dipasang dengan metode *slot-in* pada bagian atas kontaktor.

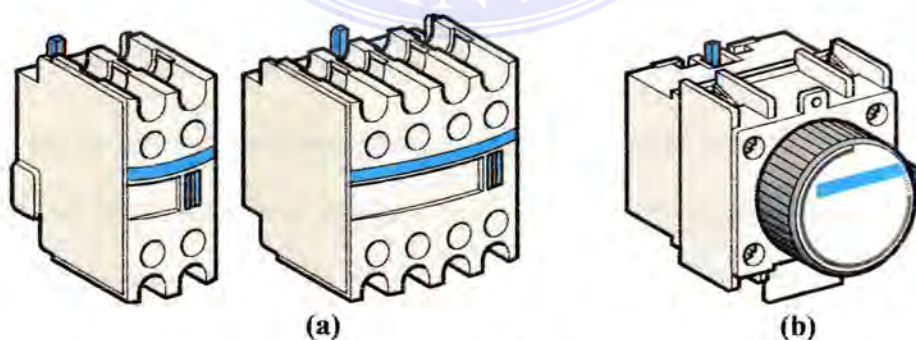
Kontak pembantu dengan tundaan waktu ini dibagi 2 yaitu :

1. *On-delay timer*
2. *Off-delay timer*

Tipe *On-Delay Timer* adalah pewaktu dimana pada saat kumparan kontaktor *energized*, maka kontak-nya baru bekerja (bertukar kondisi) setelah *setting* waktu yang ditentukan pada kontak bantu tersebut. Setelah aliran arus pada kumparan kontaktor terputus maka kontaknya langsung bekerja (bertukar kondisi) ke posisi semula.

Tipe *Off-Delay Timer* adalah pewaktu dimana pada saat kumparan kontaktor berenergi, maka kontaknya akan langsung ikut bekerja (bertukar kondisi) dan pada saat aliran arus pada kumparan kontaktor diputus, maka kontaknya tidak langsung ikut bekerja (bertukar kondisi) ke posisi semula, tetapi harus menunggu setelah *setting* dari pewaktu tersebut.

Gambar 2.7 menunjukkan bentuk-bentuk kontak bantu yang bekerja secara seketika (*instantenously*) ataupun dengan tundaan waktu (*time delay*).



Gambar 2.7. Kontak-Kontak Pembantu Yang Digunakan Pada Kontaktor
 (a). Bekerja Seketika (Instantenously)
 (b). Dengan Tundaan Waktu (Time Delay)

2.4.1. Penggolongan / Kategori Penggunaan Kontaktor

Kemampuan kontaktor yang digunakan menurut PUIL 87 pasal 520 H3 sekurang-kurangnya $115\% \times I$ nominal motor. Menurut rekomendasi IEC 158-1 tahun 1970 penggunaan kontaktor ini di kategorikan menjadi empat (4) bagian yaitu :

- a. AC1 : Digunakan pada sarana pemutus beban-beban yang mempunyai factor kerja lebih dari 0,95. contoh beban ini adalah pemanas, lampu pijar atau beban-beban yang bersifat non-induktif, sedikit induktif, dan beban resistif.
- b. AC2 : Digunakan pada sarana pemutus beban motor dengan factor kerja sekitar 0,65. contohnya pada saat pengasutan (*starting*), saat membalik fasa untuk berhenti (*plugging*) dan motor *slip ring*.
- c. AC3 : Digunakan pada sarana pemutus beban motor-motor induksi rotor sangkar yaitu pada saat pengasutan (*starting*) dan pengereman. Dimana factor kerja antara 0,35-0,65
- d. AC4 : Penggunaan kontaktor jenis ini adalah hampir sama dengan AC2 hanya beban motor bekerja secara terputus-putus (*inching*).

2.4.2. Pemilihan Kontaktor

Secara umum pemilihan kontaktor didasarkan pada jenis beban, kapasitas beban dan besar serta jenis tegangan *coil* yang ingin digunakan. Tegangan yang diberikan pada belitan magnet harus sesuai dengan rating tegangan dari kontaktor tersebut, sebagaimana yang tercantum pada papan namanya. Rating arus dari kontaktor harus disesuaikan pula dengan kapasitas dan jenis beban yang dilayani.

Dan secara umum, jenis beban itu dapat dibedakan menjadi beban distribusi, motor dan kapasitor, dimana:

Untuk beban distribusi, Arus Nominal (**I_n**) menjadi pertimbangan utama dalam pemilihan kapasitas kontaktor, umumnya besar arus yang digunakan $I \geq I_n$.

Untuk beban rotor, hal-hal yang menjadi pertimbangan utama adalah daya, tegangan kerja dan jumlah fasa motor tersebut. Untuk system DOL (Direct On Line) umumnya arus rating kontaktor $I \geq I_n$ motor, sedangkan untuk system start delta, rating arus kotaktor utama dan delta adalah $I \geq I_n / \sqrt{3}$ dan untuk kontaktor start $I \geq I / 3$.

Untuk beban kapasitor, maka daya reaktif (**P_r** , dalam KVAR), tegangan dan temperature menjadi pertimbangan utama. Untuk beban jenis ini, telah ada kontaktor khusus yang dirancang oleh pabrik. Namun demikian kontaktor standart dapat juga digunakan jika dilengkapi dengan choke induktansi yang sesuai. Rating daya pada kontaktor (**P**) harus memenuhi persamaan $P \geq P_r$.

Selain pada hal-hal diatas, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan pada pemilihan kontaktor, yaitu :

1. Frekuensi on-off dari kontaktor tersebut
2. Pengasutan dalam waktu yang panjang dan lonjakan arus yang tinggi
(beban berat dengan momen inersia yang besar)
3. Dan lain-lain

2.5. Relay

Secara umum kontaktor dan *relay* cukup identik . Perbedaannya terutama terletak pada rating arus kontak-kontak relay yang relatif lebih kecil dibandingkan

dengan kontaktor dan umumnya setiap kontak relay terdiri dari kontak pilihan NC dan NO dengan satu pin bersama (*common*). Jumlah kontak maksimum pada relay adalah 4 buah dan tidak bisa ditambah lagi kecuali dengan mempararel 2 buah relay atau lebih.

Dengan rating arus maksimum yang hanya 10 amper dan tegangan coil AC dan DC yang jauh lebih bervariasi dari kontaktor dan arus coil yang sangat kecil sampai beberapa mA, maka umumnya relay hanya digunakan untuk rangkaian control dan penyangga (*buffer*) pada suatu system control konvensional ataupun dengan PLC untuk menggerakkan magnetik kontaktor yang besar. Gambar 2.8 menunjukkan simbol relay DPDT dan beberapa bentuk relay dengan 2, 3 dan 4 kontak.



Gambar 2.8. Simbol dan Wujud Relay

(a). Simbol Relay DPDT

(b). Salah satu Wujud Relay 2P, 3P dan 4P

2.6. Timer Elektronik

Timer elektronik biasanya hanya disebut dengan dengan *timer* (pewaktu) saja.

Timer ini mempunyai prinsip kerja yang sama dengan *timer* mekanis pada kontak

bantu kontaktor, namun mempunyai jenis dan efek pengontrolan yang lebih bervariasi karena dikontrol secara elektrik dengan komponen-komponen elektronik.

Timer adalah suatu komponen kontrol yang memberikan efek penundaan saat ON atau OFF-nya komponen-komponen lain yang dikontrol oleh *timer* tersebut berdasarkan *setting* waktu yang diberikan pada *timer* tersebut.

Secara umum dikenal tiga macam jenis *timer* elektronik dengan berbagai variasi untuk *setting* waktunya, yaitu :

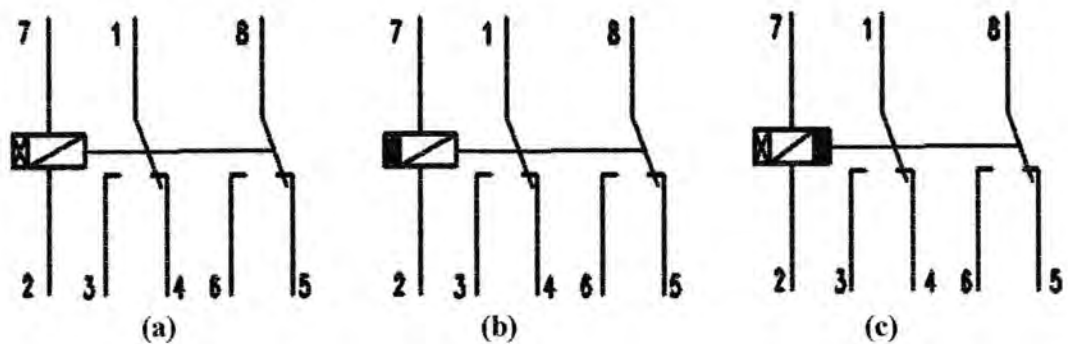
1. *Time-ON Delay Timer*
2. *Time-OFF Delay Timer*
3. *Time-ON/OFF Delay Timer/ Twin Timer*

Time-ON delay timer adalah suatu jenis *timer* yang akan memberikan efek penundaan waktu pada saat *timer* ini di-ON-kan, jadi relay *output* timer ini akan segera bekerja beberapa saat setelah timer ini di-ON-kan (sesuai dengan *setting* waktu *timer* tersebut) dan akan kembali ke posisi semula saat *timer* tersebut di-OFF-kan.

Time-OFF delay timer adalah suatu jenis *timer* yang akan memberikan efek penundaan waktu pada saat *timer* tersebut di-OFF-kan, jadi relay *output* timer ini akan segera bekerja saat timer ini di-on-kan dan kembali ke posisi semula beberapa saat (sesuai dengan *setting* waktu *timer* tersebut) setelah *timer* tersebut di-OFF-kan.

Time-ON/OFF delay timer atau *twin timer* adalah suatu jenis *timer* yang relay *output*nya akan ON dan OFF secara bergantian sesuai dengan *setting* waktu yang diberikan selama *timer* tersebut di-ON-kan.

Simbol ketiga jenis *timer* ini dapat dilihat pada gambar 2.9 sedangkan wujud aslinya dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.9. Simbol-Simbol Timer

- a. Time-ON Delay Timer
- b. Time-OFF Delay Timer
- c. Time-ON/OFF Delay Timer



Gambar 2.10 Wujud Asli Timer Elektronik

- a. Timer Dengan Tampilan Dan Setting Analog
- b. Timer Dengan Tampilan Dan Setting Digital

2.7. MCB (Miniature Circuit Breaker)

Secara umum MCB identik dengan MCCB (Moulded Case Circuit Breaker), hanya saja bentuknya lebih kecil dan biasanya digunakan sebagai pengaman hubung singkat dan beban lebih per beban (misalnya 1 buah motor, 1 buah transformator control, 1 buah *power supply* DC dan lain lain), sedangkan MCCB umumnya

digunakan sebagai pengaman hubung singkat dan beban lebih secara keseluruhan sistem (misalnya 1 buah panel kontrol).

Pemilihan MCB harus memenuhi beberapa hal sebagai berikut :

1. Standart MCB, yaitu SPLN 108 /SLI 175 bila digunakan oleh pemakai umum (instalasi perumahan) dan IEC 947-2 bila digunakan oleh ahlinya, umumnya pada aplikasi industri dengan kapasitas pemutusan tinggi.
2. Kapasitas pemutusan, dimana kapasitas pemutusan suatu pemutus tenaga harus lebih besar dari arus hubung singkat pada titik instalasi dimana pemutus tenaga tersebut dipasang.
3. Arus pengenal, dimana arus pengenal pemutus tenaga harus disesuaikan dengan besarnya arus beban yang dilewatkan kabel dan harus lebih kecil dari arus kabel yang diijinkan.
4. Tegangan kerja, dimana tegangan operasional pengenal pemutus tenaga harus lebih besar atau sama dengan tegangan system.
5. Jumlah kutub MCB.
6. Bentuk kurva trip (kurva C atau Kurva D), untuk menentukan besarnya magnetis trip terhadap arus pengenal.
7. Frekuensi system.
8. Aplikasi beban, yaitu tipe kabel yang diamankan, tembaga atau alumanium.

Gambar 2.11 menunjukkan simbol dan wujud asli dari MCB yang umum digunakan sebagai pengaman hubung singkat.



Gambar 2.11. Simbol MCB 1 & 3 Phase dan Wujud MCB 1 s/d 4 Pole

- a. Simbol MCB 1 Pole
- b. Simbol MCB 3 Pole
- c. Wujud MCB 1 Pole, 2 Pole, 3 Pole dan 4 Pole

2.8. Dasar Rangkaian Kontrol

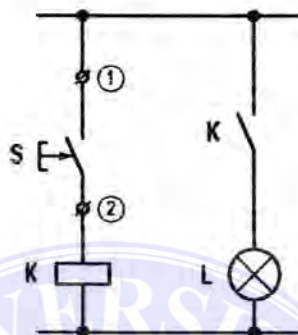
Secara umum, sebuah rangkaian dari suatu sistem pengontrol peralatan / mesin adalah merupakan kombinasi dari beberapa rangkaian kontrol dasar agar membentuk fungsi dan urutan kerja sesuai dengan yang diinginkan. Ada 4 jenis rangkaian kontrol dasar yang dikenal, yaitu :

1. Rangkaian kontrol 2 kabel
2. Rangkaian kontrol 3 kabel
3. Rangkaian kontrol saling mengunci / interlock
4. Rangkaian kontrol berurutan

2.8.1. Rangkaian Kontrol 2 Kabel

Pada gambar 2.12. dibawah ini diperlihatkan dasar dari rangkaian kontrol dua kabel dengan pengoperasian saklar tekan (*push button*).

Dengan menggunakan gambar 2.12 dibawah, dapat dilihat bahwa rangkaian kontrol dua kabel akan menunjukkan kondisi tertentu dari saklar tekan S. Apabila saklar tekan dioperasikan, maka koil kontaktor K akan mendapat tegangan dan kontakannya segera bekerja, sehingga lampu indikasi L menyala.



Gambar 2.12. Dasar Rangkaian Kontrol Dua Kabel

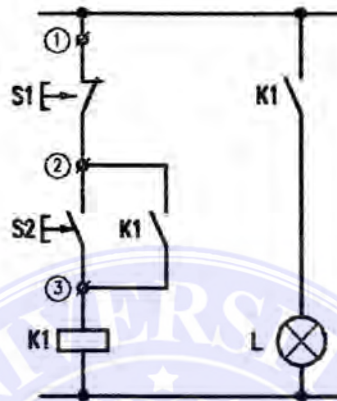
Dengan menggunakan *momentary push button* seperti gambar diatas, rangkaian 2 kabel ini umumnya digunakan untuk melakukan operasi *inching / jogging* pada motor-motor listrik. Jika digunakan *detended push button*, maka penggunaan rangkaian ini menjadi sangat umum dan banyak, misalnya starter motor listrik, instalasi penerangan rumah, dan lain lain.

Saklar tekan ini dapat diganti dengan saklar lain yang mempunyai kondisi ON/OFF karena pengaruh dari kondisi tertentu, misalnya *selector witch*, *pressure switch*, *limit switch*, dan lain-lain. Pada kondisi ini, rangkaian 2 kabel ini akan bekerja sebagai rangkaian safety dan kontak yang digunakan umumnya adalah kontak NC.

2.8.2. Rangkaian Kontrol 3 Kabel

Rangkaian kontrol tiga kabel adalah suatu kombinasi dari rangkaian kontrol dengan tombol *start*, *stop* dan *holding contact*. Rangkaian ini dikenal dengan nama *No*

Voltage Release Circuit, yang artinya saat tegangan dihilangkan dari rangkaian kontrol, maka semua kontaktor akan segera di-off-kan dan jika tegangan diberikan kembali, maka kontaktor akan tetap off. Dasar rangkaian kontrol 3 kabel dapat dilihat pada gambar 2.13.



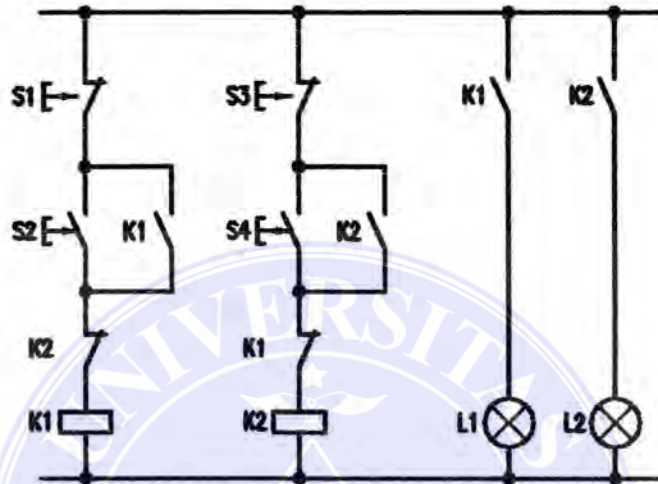
Gambar 2.13. Dasar Rangkaian Kontrol Tiga Kabel

Jika S_2 ditekan, maka konduktor K_1 akan mendapat tegangan dan segera menggerakkan kontak-kontaknya sehingga lampu L akan hidup. Salah satu kontak K_1 membentuk holding contact dengan S_2 , sehingga kontaktor K_1 akan tetap ON walaupun tekanan pada S_2 telah dilepas. Kontaktor K_1 akan OFF dan kembali keposisi semula saat S_1 ditekan. Pada saat yang bersamaan, lampu L akan padam.

2.8.3. Rangkaian Kontrol Saling Mengunci / Interlock

Rangkaian kontrol saling mengunci ini dapat dilihat pada gambar 2.14. Dengan rangkaian seperti ini, maka hanya akan ada satu kontaktor yang dapat di-on-kan pada suatu saat dan jika kontaktor lain tidak bekerja. Pada rangkaian di bawah, kontaktor K_1 hanya dapat dioperasikan jika kontaktor K_2 dalam keadaan tidak bekerja atau sebaliknya.

Rangkaian kontrol saling mengunci ini umumnya digunakan pada rangkaian pembalik putaran motor ataupun untuk pengaturan urutan kerja yang tidak boleh terjadi pada saat bersamaan, misalnya masuknya sumber daya dari PLN dan genset ke input suatu sistem tanpa rangkaian sinkronisasi.



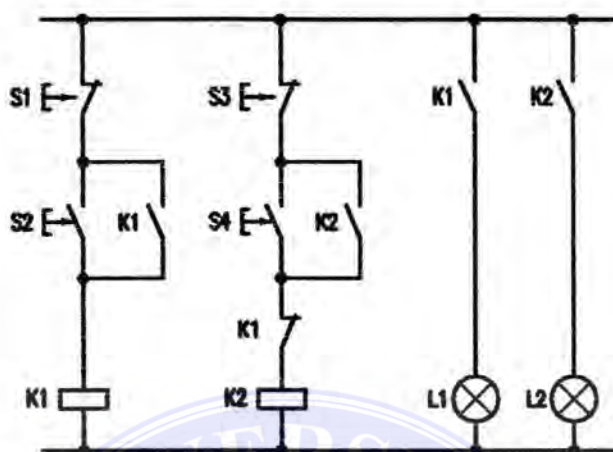
Gambar 2.14. Rangkaian Kontrol Saling Mengunci

2.8.4. Rangkaian Kontrol Berurutan

Dasar dari sebuah rangkaian kontrol berurutan dapat dilihat pada gambar 2.15 dibawah. Pada rangkaian kontrol berurutan, ada dua atau lebih kontaktor yang bekerja secara berurutan sesuai dengan urutan kerja yang diinginkan oleh rangkaian kontrol / mesin tersebut.. Pada rangkaian dibawah, kontaktor K_2 dapat bekerja setelah kontaktor K_1 bekerja terlebih dahulu dan kontaktor K_1 tidak tergantung pada kontaktor K_2 .

Applikasi yang umum dari rangkaian kontrol berurutan ini adalah sebagai rangkaian pengaman (safety) pada peralatan / mesin, dimana S1 akan ditukar dengan limit switch, pressure switch, temperature switch ataupun sensor dengan output digital lainnya. Selain itu, rangkaian ini juga selalu digunakan untuk mengoperasikan

mesin-mesin yang mempunyai bagian-bagian yang harus bekerja terlebih dahulu sebelum bagian yang lain boleh bekerja.



Gambar 2.15. Rangkaian Kontrol Berurutan

2.9. Dasar Sistem On / Off Pada Sistem Pengapian Mesin Bakar

Bagian yang paling penting pada suatu mesin bakar adalah sistem pengapian, dimana jika sistem ini tidak dapat bekerja dengan baik, maka mesin tersebut akan sulit untuk dihidupkan, kurang bertenaga dan boros pemakaian bahan bakarnya. Jika sistem ini gagal menghasilkan pengapian yang dibutuhkan oleh mesin bakar tersebut, maka mesin tersebut tidak akan dapat dihidupkan / mogok. Umumnya, sebuah mesin bakar akan di-on/off-kan dengan menggagalkan / mematikan sistem pengapian.

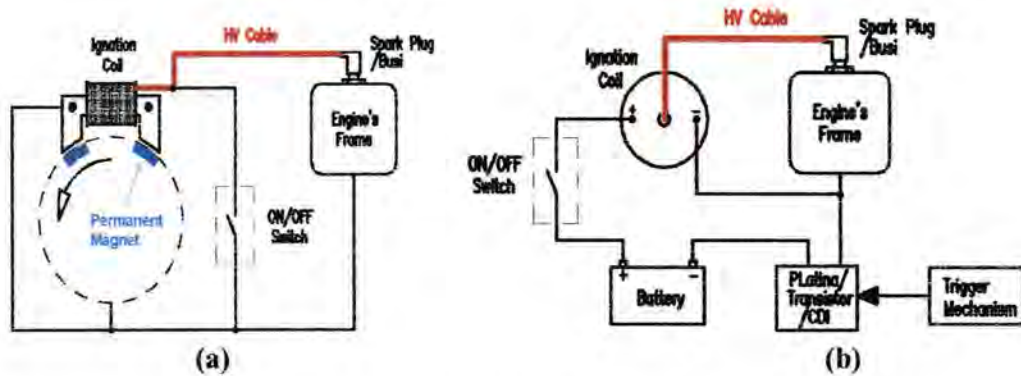
Pada dasarnya, sistem pengapian pada mesin bakar dapat dibedakan menjadi dua, yaitu sistem pengapian pada mesin bakar berbahan bakar bensin mesin berbahan bakar solar / diesel. Kedua sistem ini mempunyai perbedaan yang sangat mendasar karena bahan bakarnya juga mempunyai sifat yang sangat berbeda. Bensin mempunyai sifat mudah terbakar (*flammable*) pada suhu kamar, sedangkan solar / diesel membutuhkan suhu yang cukup tinggi agar mudah terbakar.

2.9.1. Mesin Bakar Berbahan Bakar Bensin

Ciri-ciri yang paling umum untuk sistem pengapian pada mesin berbahan bakar bensin adalah adanya busi (*spark plug*) yang memberikan percikan bunga api ke dalam ruang bakar (*cylinder*) pada saat mendekati akhir dari proses kompresi udara dan bensin di ruang bakar tersebut. Bunga api ini akan segera membakar uap bensin dan udara yang telah dimampatkan oleh piston di dalam ruang bakar itu dan menghasilkan energi yang akan mendorong piston turun ke bawah untuk memutar poros utama dan menggerakkan beban.

Bunga api pada busi dihasilkan oleh belitan tegangan tinggi yang diinduksi oleh sebuah belitan tegangan rendah dengan sumber DC yang terputus-putus menggunakan platina, transistor atau CDI (*Capacitive Discharge Ignation*) dengan *trigger input* dari poros utama ataupun dari magnet tetap yang berputar mengikuti putaran poros utama mesin. Pada mesin bakar yang sederhana dengan satu *cylinder*, umumnya sistem pengapian menggunakan magnet tetap, sedangkan pada mesin bakar satu *cylinder* yang lebih baik dan mesin bakar dengan *multi cylinder*, sistem pengapian telah menggunakan platina, transistor atau CDI.

Mesin dengan sistem pengapian menggunakan magnet tetap yang berputar umumnya akan di-off-kan dengan cara membumikan belitan tegangan tingginya, sehingga tidak akan ada bunga api yang timbul di busi. Mesin bakar dengan sistem pengapian platina, transistor atau CDI akan di-off-kan dengan cara memutus hubungan tegangan DC pada belitan tegangan rendahnya. Rangkaian dari kedua sistem pengapian pada mesin berbahan bakar bensin ini dapat dilihat pada gambar 2.16.



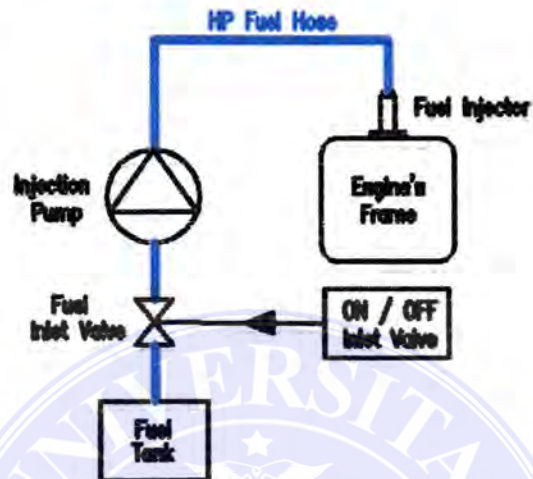
Gambar 2.16. Sistem ON/OFF Mesin Berbahan Bakar Bensin
 (a). Sistem Pengapian Dengan Magnet Tetap
 (b). Sistem Pengapian Dengan Platina / Transistor / CDI

2.9.2. Mesin Bakar Berbahan Bakar Solar / Diesel

Ciri utama mesin solar / diesel adalah adanya pompa injeksi bertekanan tinggi yang akan memompakan bahan bakar melewati sebuah nozzle dengan ukuran tertentu sehingga terjadi panas yang sangat tinggi pada saat bahan bakar keluar dari nozzle tersebut, akibatnya bahan bakar tersebut akan terbakar pada saat keluar dari nozzle bersama-sama dengan udara yang telah dimampatkan di dalam *cylinder*. Sistem ini akan sama pada mesin bakar diesel *cylinder* tunggal maupun multi *cylinder*. Pada mesin-mesin multi *cylinder* yang modern, kita akan dapat menjumpai lebih dari satu pompa injeksi terpasang pada mesin tersebut.

Karena sistem pengapiannya yang unik dan tidak menggunakan energi listrik, maka mesin bakar solar / diesel hanya akan dapat di-off-kan dengan menutup aliran bahan bakar ke pompa injeksinya, sehingga tidak akan ada bahan bakar yang dipompakan ke dalam ruang bakar.

Valve untuk menutup dan membuka aliran bahan bakar ini dapat digerakkan secara mekanis (*pneumatic valve*) ataupun secara elektrik (*solenoid valve*). Ilustrasi dari sistem ini dapat dilihat pada gambar 2.17.



Gambar 2.17. Sistem ON/OFF Mesin Berbahan Bakar Solar / Diesel



BAB III

PERANCANGAN RANGKAIAN

Sistem pemindah sumber daya otomatis dari genset ke PLN ini dibangun dengan menggunakan 2 buah rangkaian pengontrol yang disuplai secara terpisah dari genset dan PLN. Untuk rangkaian pengontrol sumber daya dari genset akan menggunakan sumber tegangan dari genset dan untuk rangkaian pengontrol sumber daya dari PLN akan menggunakan sumber daya dari PLN. Kedua rangkaian ini mempunyai hubungan saling mengunci (*interlock*), sehingga pada suatu saat hanya akan ada satu rangkaian yang dapat bekerja. *Interlocking* merupakan pengaman utama pada sistem pemindah sumber daya dari genset ke PLN ini, karena jika genset yang digunakan di rumah tangga terhubung secara langsung ke sumber daya PLN yang sedang bertegangan, baik pada saat genset itu sedang mati atau hidup, maka akan dapat mengakibatkan kerusakan berat dan bahkan kebakaran pada genset tersebut. Jika sampai terjadi kebakaran, maka resiko rumah akan ikut terbakar juga sangat besar, karena setiap genset untuk rumah tangga pasti memiliki tanki bahan bakar yang sangat dekat dengan dengan mesin penggerak dan generatornya.

Kedua rangkaian kontrol ini dapat di-on/off-kan secara manual menggunakan sebuah *latching switch* dengan kontak NO ganda yang terpisah (S1.2a, S1.2b). Hal ini sangat berguna jika kita merasakan adanya suatu keanehan pada tegangan yang masuk dari generator atau PLN, maka kita dapat segera memutuskan sambungan jala-jala rumah kita dari kedua sumber daya tersebut dengan menggunakan *latching switch* ini. Dengan cara ini, potensi kerusakan dan kerugian yang lebih besar pada genset dan peralatan elektrik di rumah dapat dihindari.

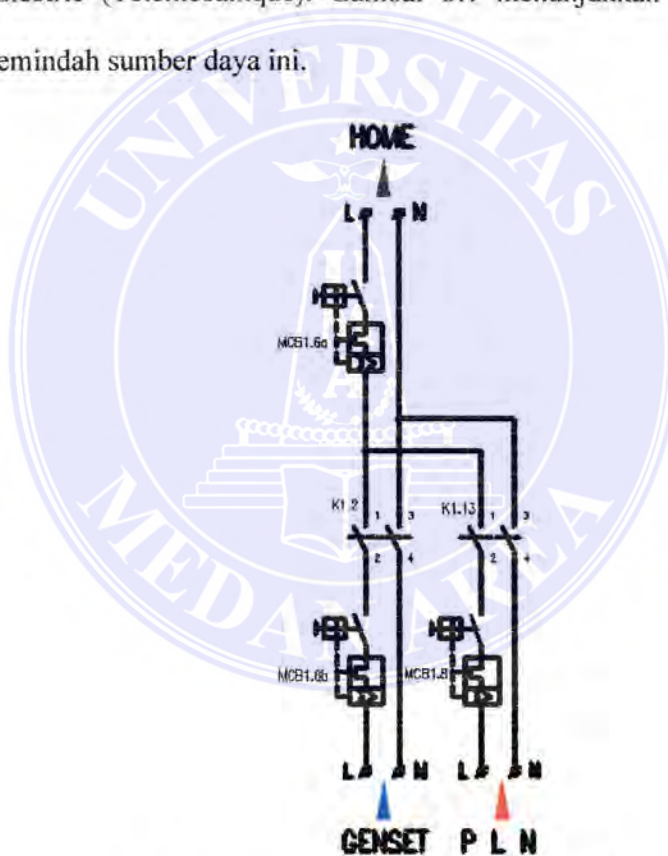
3.1. Rangkaian Pemindah Sumber Daya

Rangkaian ini dibangun dengan 2 buah kontaktor (K1.2 dan K1.13), dimana kontaktor K1.3 digunakan untuk menghubungkan genset ke jala-jala rumah, sedangkan kontaktor K1.14 digunakan untuk menghubungkan PLN ke jala-jala rumah. Rangkaian ini dilengkapi dengan MCB 1 fasa pada setiap input dan outputnya (MCB1.6a, MCB1.6b dan MCB1.8). Kapasitas dari MCB disesuaikan dengan kapasitas beban yang akan dipikulnya pada tegangan kerja 220 VAC. MCB-MCB ini akan memberikan pengamanan yang cukup baik terhadap hubung singkat dan beban lebih jika terjadi sesuatu yang tidak diinginkan, baik pada peralatan listrik dan jala-jala di rumah tangga ataupun pada sumber energi listrik untuk jala-jala rumah tangga tersebut (PLN / Genset).

Kontak-kontak yang digunakan untuk rangkaian ini adalah kontak-kontak utama / kutub / pole dari kontaktor, sehingga kapasitas penyambungan akan sesuai dengan label *name plate* pada kontaktor tersebut untuk tegangan 220 VAC. Hal ini harus diperhatikan dengan baik dan benar, karena pada umumnya kapasitas dari sebuah kontaktor didasarkan pada tegangan 380 atau 400 VAC. Misalnya untuk rumah tangga dengan kapasitas daya terpasang dari PLN sebesar 2200 VA, maka pemutus daya utamanya akan mempunyai batas arus maksimum 10 ampere, dengan demikian kita dapat menggunakan kontaktor dengan kemampuan kontak utama untuk melewati arus yang sama atau lebih besar dari 10 ampere, misalnya type SN10 dari Mitsubishi atau LC1-D12 dari Schneider Electric (Telemecanique).

Jika generator yang digunakan lebih besar kapasitasnya dari daya terpasang pada rumah tersebut, maka kapasitas daya rata-rata (*rated power*) dari generator tersebut yang digunakan sebagai acuan untuk menentukan besarnya arus yang dapat

dilewatkan oleh kontak-kontak utama kontaktor tersebut dengan aman. Misalnya daya terpasang pada sebuah rumah adalah 2200 VA. Pemilik rumah menggunakan genset dengan daya keluaran maksimum 4500 VA dan daya keluaran rata-rata 4200 VA dengan $\cos\phi = 1$ sebagai back up sumber daya di rumah tersebut. Jika rumah tersebut akan dipasang sistem pemindah sumber daya otomatis ini, maka kontaktor yang digunakan harus dapat melewati arus sebesar $4200 \text{ watt} / 220 \text{ VAC} = 19,09$ ampere, misalnya type SN20 dari Mitsubishi atau LC1-D18 ataupun LC1-D25 dari Schneider Electric (Telemecanique). Gambar 3.1 menunjukkan diagram lengkap rangkaian pemindah sumber daya ini.



Gambar 3.1. Rangkaian Pemindah Sumber Daya

3.2. Rangkaian Kontrol Untuk Sumber Daya Dari Genset

Rangkaian kontrol ini didasarkan pada rangkaian kontrol 3 kabel yang telah sedikit dimodifikasi. Rangkaian pengontrol ini dibangun secara sederhana dengan

menggunakan sebuah kontaktor (K1.2), *push button* untuk *start* (S1.2) dan salah satu kontak dari *selector switch* S1.2 untuk meng-off-kan semua sistem. Sebuah lampu indikator (LI.4) dihubungkan secara paralel dengan koil kontaktor K1.3 untuk memberikan indikasi ON pada kontaktor tersebut.

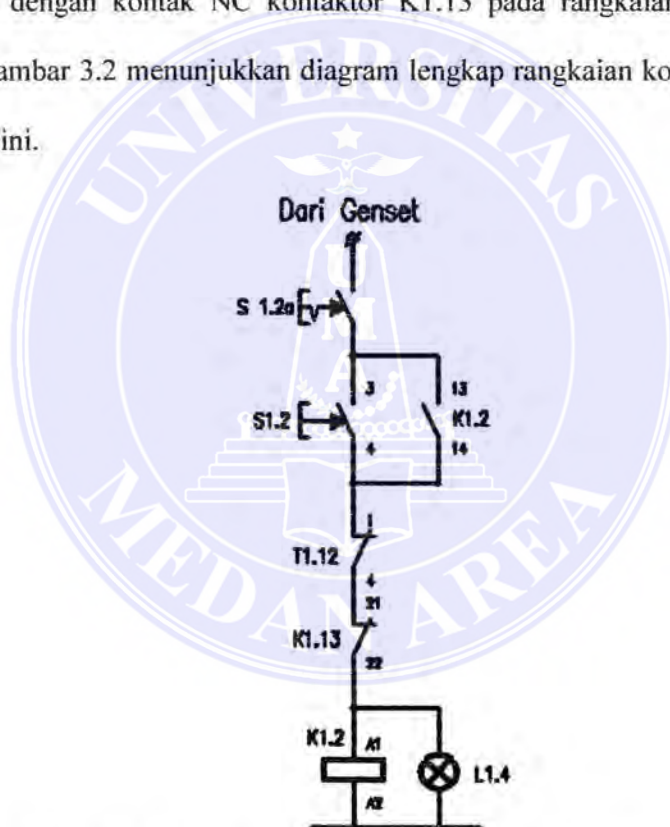
Kontaktor K1.3 pada rangkaian pengontrol sumber daya dari genset ini di hubungkan dalam bentuk rangkaian 3 kabel (*no voltage release*) dengan *push button* S1.2, kontak NO kontaktor K1.2 dan sebuah *latching switch* S1.3a untuk meng-OFF-kannya. Rangkaian 3 kabel ini akan memberikan perlindungan yang baik terhadap jatuhnya tegangan dari genset karena sesuatu sebab. Jika kontak-kontak kontaktor ini menjadi terbuka karena tegangan genset yang rendah, maka rangkaian ini tidak akan dapat ON dengan sendirinya setelah tegangan genset kembali normal. Hal ini memberikan kesempatan pada kita untuk memeriksa dan memastikan apa yang menjadi penyebab jatuhnya tegangan genset tersebut sebelum dihubungkan kembali ke jala-jala rumah sehingga dapat mencegah resiko kerusakan / kebakaran yang mungkin terjadi jika masalah dari genset tersebut benar-benar ada.

Koil dari kontaktor K1.3 ini mempunyai spesifikasi tegangan 208 – 220 VAC pada frekwensi 50 Hz. Saat kontaktor masih dalam kondisi OFF, jika tegangan genset jatuh menjadi sekitar 190 VAC, maka kontaktor tersebut tidak akan dapat di-on-kan. Jika kontaktor telah ON, maka kontak-kontak tersebut akan terlepas pada saat tegangan genset jatuh menjadi sekitar 170 VAC. Hal ini akan memberikan perlindungan terhadap peralatan rumah tangga dari beroperasi dengan tegangan suplai dibawah spesifikasinya.

Rangkaian 3 kabel ini juga dilengkapi dengan hubungan interlock (saling mengunci) dengan kontaktor K1.13 untuk sumber daya dari PLN. Hal ini dilakukan

dengan menyambungkan sebuah kontak NC dari kontaktor K1.13 secara seri dengan koil kontaktor K1.2 pada rangkaian kontrol 3 kabel ini. Hubungan interlock ini berguna untuk mencegah kedua kontaktor ini (K1.2 dan K1.13) menjadi *ON* pada saat yang bersamaan karena akan merusak genset dan menimbulkan kebakaran di rumah / kantor yang menggunakan alat ini.

Untuk meng-OFF-kan rangkaian ini secara otomatis, maka sebuah kontak NC dari timer (T1.12) untuk sensor tegangan masuk dari PLN (R1.12) disambungkan di secara seri dengan kontak NC kontaktor K1.13 pada rangkaian kontrol 3 kabel tersebut. Gambar 3.2 menunjukkan diagram lengkap rangkaian kontrol sumber daya dari genset ini.



Gambar 3.2. Rangkaian Kontrol Untuk Sumber Daya Dari Genset

3.3. Rangkaian Kontrol Untuk Sumber Daya Dari PLN

Rangkaian kontrol ini dibangun secara sederhana dengan menggunakan sebuah kontaktor (K1.13), relay untuk sensor tegangan masuk dari PLN (R1.11),

timer untuk menunda pemutusan sumber daya genset dari jala-jala rumah (T1.12), *timer* untuk menunda waktu penyambungan sumber daya PLN ke jala-jala rumah (T1.15), *timer* untuk menunda proses *shutdown* genset (T1.16) dan lampu indikator (L1.14) untuk menandakan kontaktor ini telah *ON*. Semua rangkaian ini dibangun dengan kombinasi beberapa rangkaian pengontrol 2 kabel dan berurutan untuk memungkinkan proses otomatisasi dapat berjalan dengan baik.

3.3.1. Sensor Tegangan PLN Dengan Timer Untuk Pemutusan Sumber Daya Genset

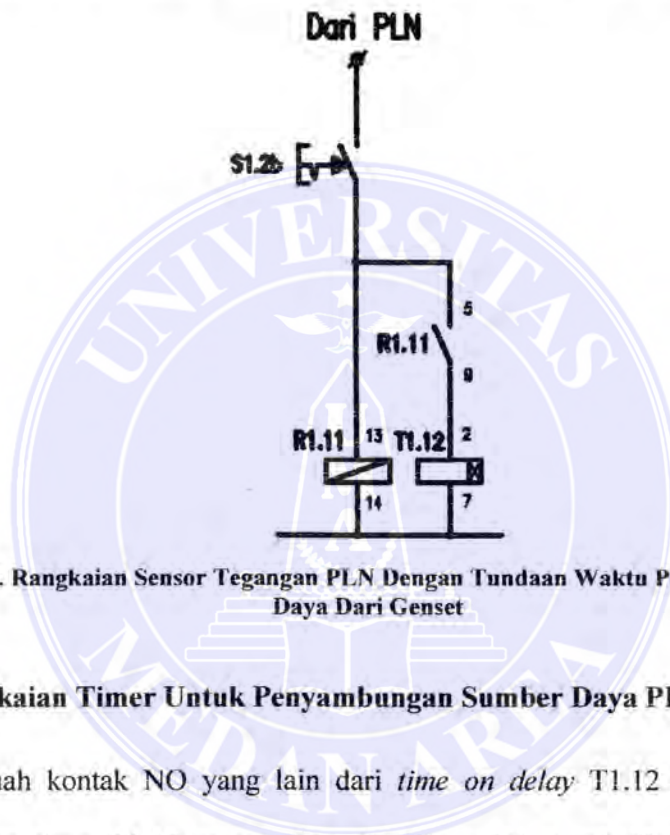
Sebuah relay (R1.11) dengan tegangan koil 220 VAC digunakan sebagai sensor tegangan masuk dari PLN. Selain sebagai sensor adanya tegangan, relay ini juga berfungsi sebagai sensor cukup tidaknya level tegangan yang masuk dari PLN. Hal ini memberikan perlindungan kepada peralatan di rumah kita dari bekerja pada tegangan dibawah spesifikasinya jika tegangan PLN yang masuk menjadi rendah karena sesuatu sebab, misalnya adanya gangguan pada transformator distribusi.

Koil dari relay ini mempunyai range tegangan 200 – 220 VAC, sehingga jika tegangan PLN yang masuk jatuh sampai sekitar 190 VAC, maka relay ini tidak akan dapat *ON* dan tegangan dari PLN dianggap belum ada (*not ready*). Pada saat relay telah *ON*, jika tegangan PLN jatuh sampai sekitar 170 VAC, maka kontak relay ini akan membuka dan sumber tegangan dari PLN akan dilepas.

Sensor tegangan ini juga dilengkapi dengan sebuah *timer* (T1.12) untuk menunda pemutusan sumber tegangan genset. Tundaan waktu ini berguna untuk memastikan bahwa tegangan PLN yang masuk itu bukanlah tegangan sesaat (*blinking*) yang dapat terjadi karena masalah pada sistem distribusi PLN ataupun

karena masalah lainnya, misalnya karena induksi medan magnet yang disebabkan oleh terjadinya petir yang kuat pada saat hari hujan. Tundaan waktu ini sebaiknya diset agak panjang dengan waktu minimal yang disarankan adalah sekitar 30 detik.

Diagram lengkap rangkaian sensor tegangan PLN dengan timer untuk pemutusan sumber daya dari genset ini dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3. Rangkaian Sensor Tegangan PLN Dengan Tundaan Waktu Pemutusan Sumber Daya Dari Genset

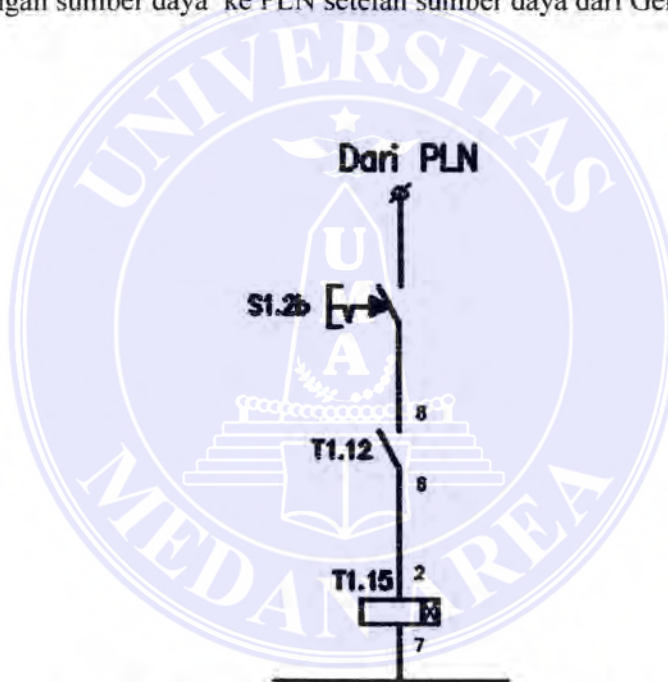
3.3.2. Rangkaian Timer Untuk Penyambungan Sumber Daya PLN

Sebuah kontak NO yang lain dari *time on delay* T1.12 digunakan untuk mengaktifkan *timer* T1.15 secara otomatis. *Timer* ini memberikan tundaan waktu selama yang dibutuhkan sebelum menyambungkan sumber daya PLN ke jala-jala rumah / kantor setelah sumber daya genset diputus. Rangkaian *timer* ini sebenarnya merupakan rangkaian 2 kabel dengan sedikit modifikasi dan dapat di *on/off*-kan secara manual menggunakan salah satu kontak *latching switch* S1.2b. Rangkaian timer untuk penyambungan sumber daya dari PLN ini akan membentuk sebuah

rangkaian kontrol berurutan dengan rangkaian sensor sensor tegangan PLN dengan tundaan waktu pemutusan sumber daya dari genset.

Saat timer ini di-on-kan dan setting waktunya telah tercapai, maka kontak-kontak relaynya akan berubah kondisi dan akan meng-on-kan kontaktor K1.13. Gambar 3.4 menunjukkan rangkaian timer untuk penyambungan sumber daya dari PLN setelah sumber daya dari genset diputus.

Gambar 3.4 menunjukkan diagram rangkaian kontrol timer untuk penyambungan sumber daya ke PLN setelah sumber daya dari Genset diputus



Gambar 3.4. Rangkaian Timer Untuk Penyambungan Sumber Daya Ke PLN Setelah Sumber Daya Ke Genset Diputus

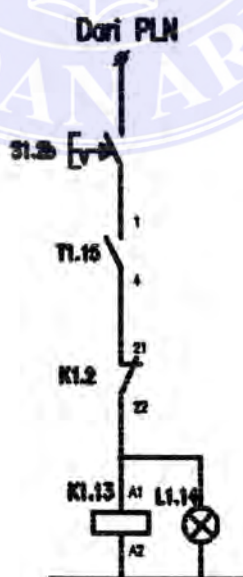
3.3.3. Rangkaian Kontrol Pemindah Sumber Daya Ke PLN

Rangkaian ini merupakan rangkaian kontrol 2 kabel menggunakan kontaktor K1.13, kontak NC kontaktor K1.2, salah satu kontak NO timer T1.15 dan latching switch S1.2b. Latching switch S1.2b berguna untuk meng-on/off-kan rangkaian ini secara manual.

Kontak NC dari kontaktor K1.2 yang dipasang secara seri dengan koil kontaktor K1.13 akan membentuk rangkaian saling mengunci (*interlock*) diantara kedua kontaktor tersebut yang merupakan perlindungan untuk mencegah kedua sumber daya untuk sistem ini (genset dan PLN) terhubung ke jala-jala rumah pada waktu yang bersamaan.

Kontak NO *timer* T1.15 akan memberikan tundaan waktu untuk *ON* pada rangkaian ini. *Timer* T1.15 adalah *time on delay timer* yang aktif bersamaan dengan saat di-*off*-kannya kontaktor K1.2 oleh *timer* T1.12. Saat *setting* waktu dari *timer* T1.15 ini tercapai, maka kontak-kontaknya akan segera berubah posisi untuk meng-*on*-kan kontaktor K1.13.

Rangkaian pemindah sumber daya ke PLN ini akan membentuk sebuah rangkaian kontrol berurutan dengan rangkaian timer untuk penyambungan sumber daya PLN. Gambar 3.5 menunjukkan diagram lengkap rangkaian kontrol pemindah sumber daya ke PLN.



Gambar 3.5. Rangkaian Kontrol Pemindah Sumber Daya Ke PLN

3.3.4. Rangkaian Timer Untuk Shutdown Genset

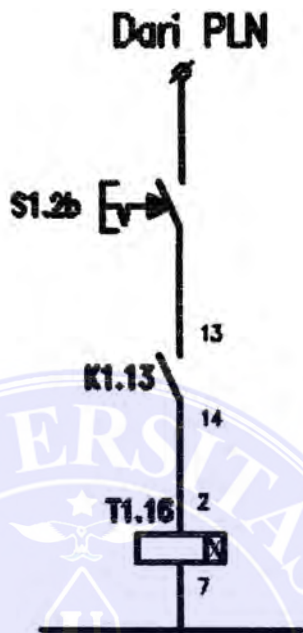
Rangkaian ini merupakan rangkaian 2 kabel yang dibangun dari sebuah *timer* T1.16 dengan salah satu kontak NO dari kontaktor K1.13 dan latching switch S1.2b. Rangkaian ini akan memastikan bahwa timer T1.16 hanya akan bekerja setelah kontaktor K1.13 telah benar-benar ON. Rangkaian timer untuk shutdown genset ini akan membentuk sebuah rangkaian kontrol berurutan dengan rangkaian kontrol pemindah sumber daya ke PLN.

Rangkaian timer ini berguna untuk memastikan bahwa sumber daya PLN telah benar-benar tersambung dengan baik ke jala-jala rumah sebelum genset di-*shutdown*. Jika karena sesuatu hal, kontaktor K1.14 menjadi *OFF* sebelum *setting* waktu *timer* T1.16 ini berakhir, maka generator tidak akan di-*off*-kan.

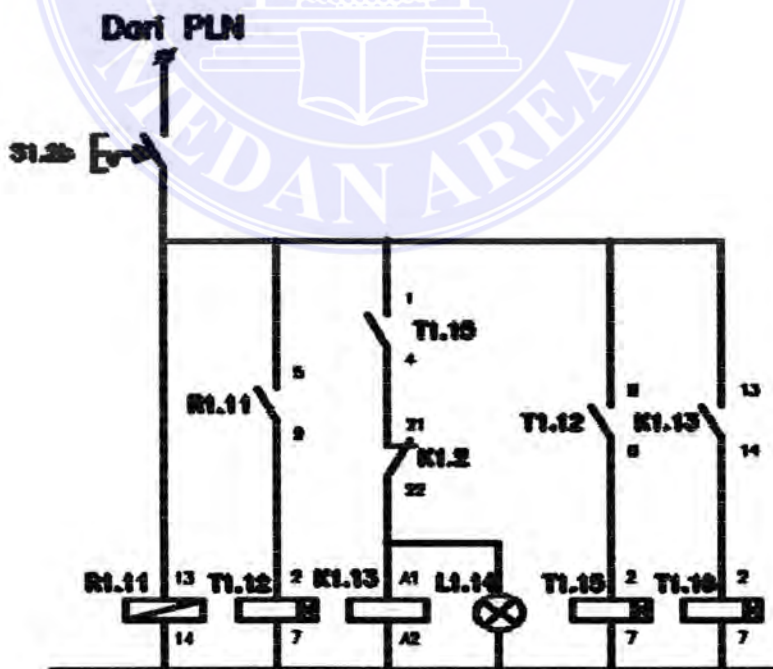
Untuk shutdown genset sendiri, kita dapat menggunakan kontak NC atau NO dari timer T1.16 ini. Jika menggunakan mesin bakar berbahan bakar bensin dengan sistem pengapian magnet bergerak yang melewati inti besi kumparan tegangan tinggi untuk busi, maka kita menggunakan kontak NO untuk membumikan koil tegangan tinggi tersebut. Jika menggunakan pengapian dengan baterai (sistem platina, transistor atau CDI), maka gunakan kontak NC untuk membuka sambungan dari baterai ke sistem pengapian tersebut.. Kemudian jika kita menggunakan *prime mover* mesin bakar berbahan bakar solar (diesel), maka kita menggunakan kontak NC untuk meng-*off*-kan tegangan ke *solenoid valve* bahan bakar mesin tersebut.

Gambar 3.6 menunjukkan rangkaian *timer* untuk *shutdown* genset ini dan gambar 3.7 menunjukkan kombinasi dari rangkaian pada gambar 3.3, 3.4, 3.5 dan 3.6. Dengan gambar 3.7, kita dapat melihat dengan jelas bahwa seluruh rangkaian ini

membentuk sebuah rangkaian kontrol berurutan dari rangkaian yang pertama sampai rangkaian terakhir.



Gambar 3.6. Rangkaian Kontrol Timer Untuk Shutdown Genset



Gambar 3.7. Rangkaian Kontrol Untuk Sumber Daya Dari PLN

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari analisa rangkaian dan perencanaan prototype alat yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Ditinjau dari proses kerja prototype alat yang dibuat, rangkaian sistem pemindah sumber daya otomatis dari genset ke PLN ini telah dapat digunakan dengan baik dan aman di rumah-rumah dan di kantor-kantor.
2. Hal yang paling penting untuk dilakukan pada proses pembuatan alat ini adalah menyesuaikan besarnya kapasitas kontaktor dan MCB yang digunakan dengan kapasitas daya terpasang di rumah / kantor tersebut. Kemudian ukuran kabel juga harus disesuaikan dengan kapasitas daya terpasang itu
3. Penggunaan alat ini pada rumah / kantor akan mengefisienkan penggunaan bahan bakar pada saat terjadi mati lampu (*power trip*) yang disebabkan oleh terlupanya kita untuk segera mematikan genset setelah sumber daya PLN hidup kembali. Hal ini hampir rutin terjadi pada saat mati lampu terjadi di siang hari ataupun pada saat menjelang jam tidur di malam hari.
4. Prototype alat ini dapat menjelaskan salah satu proses pensaklaran secara otomatis yang diaplikasikan pada pemindahan sumber daya dari genset ke PLN.
5. Prototype alat ini menunjukkan bahwa mahasiswa Fakultas Teknis Elektro – UMA dapat membuat rangkaian pemindah sumber daya otomatis dari genset ke PLN.

5.2 Saran

1. Rangkaian pemindah sumber daya otomatis ini dapat dikembangkan untuk penggunaan pada genset-genset 3 phasa, misalnya pada rumah-rumah yang mempunyai usaha rumah tangga, kantor-kantor dan pabrik-pabrik baik besar ataupun kecil yang menggunakan sumber daya 3 phasa. Saat digunakan pada sumber daya 3 phasa, maka hitungan-hitungan yang digunakan untuk menentukan besarnya kapasitas kontaktor juga harus menggunakan formula perhitungan 3 phasa, yaitu :

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I = 1,732 \cdot 380 \cdot I \approx 658 \cdot I \text{ VA}$$

$$I = \frac{P_{3\phi} (VA)}{658} \text{ Amp}$$

2. Penelitian untuk prototype alat ini dapat dilanjutkan untuk membuat sebuah sistem pemindahan sumber daya genset ke PLN dan sebaliknya yang otomatis penuh, sehingga tidak ada proses manual yang dilakukan baik pada saat PLN padam ataupun setelah PLN hidup kembali. Sistem yang telah otomatis penuh ini di pasaran dikenal dengan nama *Automatic Transfer Switch (ATS)* ataupun *Automatic Main Failure (AMF)*.

DAFTAR PUSTAKA

- Moberg, A. Gerald, 1987 *“AC and DC Motor Control”*, John Wiley & Son, New York – USA.
- Junior, John M. Paschal, 2001, *“EC & M’s Electrical Calculation Handbook”*, The McGraw Hill Companies, New York – USA.
-,, *“Principles of Internal Combustion Engines, 8th Edition”*, The Army Institute for Professional Development, USA.
-, 2005, *“Electrical Installation Handbook-1, Protection & Control Devices, 3rd Edition”*, ABB SACE, Bergamo – Italy.
-, 2005, *“Electrical Installation Handbook-2, Electrical Devices, 3rd Edition”*, ABB SACE, Bergamo – Italy
-, 1999, *“Short Form Catalogue, Low Voltage Product”*, ABB Control s.a, Paris - France.
-, 2006, *“Motor Starters Solution, Control & Protection Component”*, Schneider Electric, Germany.
-,, *“Products & Services Catalogue for Industrial Automation”*, Omron Electronics Pte Ltd, Singapore.
-,, *“Siemens’ Courses, Basic of Control Components ”*, Siemens AG, Germany.