



LAUHIL MAHFUDZ HAYUSMAN



DASAR INSTALASI TENAGA LISTRIK



Diterbitkan Atas Kerjasama
Deepublish dengan Politeknik Banjarmasin



DASAR INSTALASI TENAGA LISTRIK

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

DASAR INSTALASI TENAGA LISTRIK

Lauhil Mahfudz Hayusman



DASAR INSTALASI TENAGA LISTRIK

Penulis :
Lauhil Mahfudz Hayusman

ISBN :
978-623-7694-12-0

ISBN Elektronik :
978-623-7694-40-3

Editor dan Penyunting :
Faris Ade Irawan

Desain Sampul dan Tata Letak :
Rahma Indera; Eko Sabar Prihatin

Penerbit :
POLIBAN PRESS
Anggota APPTI (Asosiasi Penerbit Perguruan Tinggi Indonesia)
no.004.098.1.06.2019
Cetakan Pertama, 2020

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit

Redaksi :
Politeknik Negeri Banjarmasin, Jl. Brigjen H. Hasan Basry,
Pangeran, Komp. Kampus ULM, Banjarmasin Utara
Telp: (0511)3305052
Email: press@poliban.ac.id

Diterbitkan pertama kali oleh :
Poliban Press, Banjarmasin, Oktober 2020

Dicetak oleh :
PERCETAKAN DEEPUBLISH
Jl.Rajawali, G. Elang 6, No 3, Drono, Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman
Jl.Kaliurang Km.9,3 – Yogyakarta 55581
Telp/Faks: (0274) 4533427
Website: www.deepublish.co.id
www.penerbitdeepublish.com
E-mail: cs@deepublish.co.id

Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Lauhil Mahfudz Hayusman — Cet. 1. — **Dasar Instalasi Tenaga Listrik**, Banjarmasin:
Poliban Press, Oktober 2020.

xiv; 100 hlm.; 15.5x23 cm

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Poliban Press karena telah mempercayakan proses percetakan buku *Dasar Instalasi Tenaga Listrik* kepada Penerbit Deepublish. Semoga buku ini dapat memberikan manfaat kepada seluruh pembaca dan kerja sama ini dapat terus terjalin.



KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah Swt. atas limpahan rahmat dan karunianya sehingga buku *Dasar Instalasi Tenaga Listrik* tahun 2020 telah dapat diselesaikan. Buku ini merupakan pengantar bagi Mahasiswa Diploma III Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Banjarmasin.

Terima kasih disampaikan kepada Joni Riadi S.S.T., M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Banjarmasin dan Nurmahaludin, S.T., M.T. selaku Ketua Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat beserta sekretaris dan staf. Terima kasih juga disampaikan kepada Faris Ade Irawan, Reza Fauzan, Eko Sabar Prihatin dan Rahma Indera yang telah berkontribusi dalam editing serta seluruh tim Poliban Press dan semua pihak yang telah ikut membantu dalam penyelesaian buku ini.

Kami menyadari masih terdapat kekurangan dalam buku ini untuk itu kritik dan saran terhadap penyempurnaan buku ini sangat diharapkan. Semoga buku ini dapat memberi manfaat bagi semua pihak.

Banjarmasin, September 2020

Poliban Press

PRAKATA

Buku ajar *Dasar Instalasi Tenaga Listrik* ini memuat materi kuliah Desain Instalasi Listrik 1 yang diberikan kepada mahasiswa tingkat dua di Program Studi Teknik Listrik D-3 Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Banjarmasin.

Buku ajar ini memuat materi tentang dasar-dasar dalam mendesain suatu instalasi kendali motor listrik tiga fasa khususnya instalasi kendali *Direct On Line* (DOL). Dalam buku ajar ini materi-materi dasar diberikan, seperti pengenalan simbol dan diagram sirkit kendali, komponen-komponen kendali instalasi motor listrik, prinsip kerja motor listrik tiga fasa, cara pengasutan motor listrik, cara membaca *name plate* motor listrik, cara menghubungkan motor listrik dengan hubungan bintang atau segitiga, mengoperasikan motor listrik dari satu tempat, mengoperasikan motor listrik dari dua tempat, membalik arah putaran motor listrik, mengoperasikan motor listrik secara bergantian, mengoperasikan motor listrik secara berurutan, mengoperasikan motor listrik menggunakan sistem *running-jogging* dan mengoperasikan motor listrik menggunakan *time delay relay* (*on delay* dan *off delay timer*). Untuk mendukung penguasaan terhadap materi-materi tersebut diberikan contoh soal dan latihan soal disetiap materinya. Di samping itu, penggunaan perangkat lunak (EKTS-*Electrical Control Techniques Simulator*) sebagai salah satu *tool* simulator yang digunakan untuk melatih nalar dan logika awal mahasiswa dalam mendesain dan menguji diagram sirkit kendali DOL sebelum kegiatan praktik sesungguhnya dilakukan.

Terselesaikannya penulisan buku ajar ini berkat bantuan dari berbagai pihak, karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada Direktur Politeknik Negeri Banjarmasin (POLIBAN), Kepala Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M) POLIBAN, Ketua Jurusan Teknik Elektro POLIBAN, Ketua Program Studi Teknik Listrik D-3 POLIBAN, rekan-rekan Dosen dan PLP di lingkungan Program Studi Teknik Listrik D-3 POLIBAN.

Penulis menyadari kekurangan dan kesalahan dalam buku ajar ini pasti ada. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran guna perbaikan di masa yang akan datang. Akhir kata semoga buku ajar ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Banjarmasin, 26 Juni 2020

Lauhil Mahfudz Hayusman

DAFTAR ISI

UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
KATA PENGANTAR	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB 1 SIMBOL DAN DIAGRAM SIRKIT KENDALI	1
1.1. Simbol Komponen-Komponen Instalasi Tenaga Listrik	1
1.2. Diagram Sirkuit Daya dan Sirkuit Kendali.....	5
1.3. Instalasi Motor Listrik	7
1.4. Contoh Soal	8
1.5. Soal Latihan.....	11
BAB 2 KOMPONEN KENDALI DAN INSTALASI MOTOR	12
2.1. <i>Miniatur Circuit Breaker</i> (MCB).....	12
2.2. Kontaktor.....	18
2.3. <i>Thermal Over Load</i> (TOR).....	21
2.4. <i>Time Delay Relay</i> (TDR).....	24
2.5. Kabel Listrik	27
2.6. <i>Pilot Lamp</i>	32
2.7. <i>Pushbutton</i>	34
2.8. Contoh Soal	36
2.9. Soal Latihan.....	39

BAB 3	MOTOR INDUKSI 3 FASA DAN CARA PENGASUTANNYA	41
3.1.	Motor Induksi 3 Fasa	41
3.2.	Cara Pengasutan Motor Induksi 3 Fasa	50
3.3.	Contoh Soal	51
3.4.	Latihan Soal.....	54
BAB 4	MENGOPERASIKAN MOTOR LISTRIK 3 FASA DENGAN STARTER DOL DARI SATU TEMPAT	56
4.1.	Rangkaian Kendali.....	56
4.2.	Kalimat Kendali.....	57
4.3.	Rangkaian Daya.....	58
4.4.	Contoh Soal	59
4.5.	Latihan Soal.....	60
BAB 5	MENGOPERASIKAN MOTOR LISTRIK 3 FASA DENGAN STARTER DOL DARI DUA TEMPAT	61
5.1.	Rangkaian Kendali.....	61
5.2.	Kalimat Kendali.....	63
5.3.	Rangkaian Daya.....	64
5.4.	Contoh Soal	65
5.5.	Soal Latihan.....	66
BAB 6	MENGOPERASIKAN MOTOR LISTRIK 3 FASA DENGAN STARTER DOL DAN MEMBALIK ARAH PUTARAN	67
6.1.	Rangkaian Kendali.....	68
6.2.	Kalimat Kendali.....	69
6.3.	Rangkaian Daya.....	70
6.4.	Contoh Soal	71
6.5.	Soal Latihan.....	73
BAB 7	MENGOPERASIKAN MOTOR LISTRIK 3 FASA DENGAN STARTER DOL SECARA BERURUTAN	74
7.1.	Rangkaian Kendali.....	74
7.2.	Kalimat Kendali.....	75
7.3.	Rangkaian Daya.....	76

7.4.	Contoh Soal	77
7.5.	Soal Latihan.....	78
BAB 8	MENGOPERASIKAN MOTOR LISTRIK 3 FASA DENGAN <i>STARTER</i> DOL MENGGUNAKAN <i>ON</i> <i>DELAY TIMER</i>	80
8.1.	Rangkaian Kendali.....	80
8.2.	Kalimat Kendali.....	81
8.3.	Rangkaian Daya.....	82
8.4.	Contoh Soal	83
8.5.	Latihan Soal.....	84
BAB 9	MENGOPERASIKAN MOTOR LISTRIK 3 FASA DENGAN <i>STARTER</i> DOL MENGGUNAKAN <i>OFF</i> <i>DELAY TIMER</i>	85
9.1.	Rangkaian Kendali.....	85
9.2.	Kalimat Kendali.....	86
9.3.	Rangkaian Daya.....	87
9.4.	Contoh Soal	88
9.5.	Latihan Soal.....	90
BAB 10	MENGOPERASIKAN MOTOR LISTRIK 3 FASA DENGAN <i>STARTER</i> DOL MENGGUNAKAN <i>SISTEM RUNNING-JOGGING</i>	91
10.1.	Rangkaian Kendali.....	91
10.2.	Kalimat Kendali.....	93
10.3.	Rangkaian Daya.....	94
10.4.	Contoh Soal	95
10.5.	Latihan Soal.....	96
	DAFTAR PUSTAKA.....	97
	GLOSARIUM	99

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Diagram pengawatan <i>starter</i> DOL.....	6
Gambar 1.2	(a) Diagram sirkit daya (b) diagram sirkit kendali <i>starter</i> DOL motor listrik 3 fasa	8
Gambar 2.1	(a) Bentuk MCB 3 fasa (b) Bentuk MCB 1 fasa.....	13
Gambar 2.2	Bagian-bagian MCB	14
Gambar 2.3	<i>Name plate</i> MCB 3 fasa	15
Gambar 2.4	Pemutusan hubungan arus listrik dengan suhu tinggi	17
Gambar 2.5	Pemutusan hubungan arus listrik secara magnetik.....	17
Gambar 2.6	Bentuk kontaktor.....	18
Gambar 2.7	Bagian-bagian Kontaktor.....	19
Gambar 2.8	<i>Thermal Overload Relay</i> (TOR).....	21
Gambar 2.9	Bagian-bagian TOR	22
Gambar 2.10	Prinsip kerja <i>Thermal Overload Relay</i> (TOR).....	23
Gambar 2.11	Bentuk <i>Time Delay Relay</i> (TDR) merek OMRON H3CR	24
Gambar 2.12	Bagian <i>timer Omron</i> tipe H3CR	26
Gambar 2.13	Kabel listrik NYA	29
Gambar 2.14	Kabel listrik NYM	29
Gambar 2.15	Kabel listrik NYAF	30
Gambar 2.16	Bentuk dan warna <i>pilot lamp</i>	33
Gambar 2.17	Ukuran/diameter <i>pilot lamp</i>	34
Gambar 2.18	Bentuk <i>pushbutton</i>	34
Gambar 2.19	Tombol <i>pushbutton NO/NC</i>	35
Gambar 3.1	Konstruksi motor induksi	42
Gambar 3.2	Skematik diagram motor induksi rotor belitan	43
Gambar 3.3	Bentuk gelombang sinusoida dan timbulnya medan putar pada stator motor induksi.....	44

Gambar 3.4	<i>Name plate</i> motor induksi 3 fasa.....	46
Gambar 3.5	Hubungan segitiga (<i>delta</i>) belitan motor listrik	47
Gambar 3.6	(a) Bentuk hubungan <i>delta</i> (b) hubungan <i>delta</i> pada terminal motor listrik.....	48
Gambar 3.7	Hubungan bintang belitan motor listrik.....	48
Gambar 3.8	(a) Bentuk hubungan bintang (b) Hubungan bintang pada terminal motor listrik	49
Gambar 4.1	Rangkaian kendali <i>starter</i> DOL dari satu tempat	57
Gambar 4.2	Rangkaian daya <i>starter</i> DOL dari satu tempat.....	58
Gambar 5.1	Rangkaian kendali <i>starter</i> DOL dari dua tempat	62
Gambar 5.2	Rangkaian daya <i>sarter</i> DOL dari dua tempat	64
Gambar 6.1	Cara mengubah arah putaran motor listrik	68
Gambar 6.2	Rangkaian kendali <i>starter</i> DOL dan membalik arah putaran.....	69
Gambar 6.3	Rangkaian daya <i>starter</i> DOL dan membalik arah putaran.....	70
Gambar 7.1	Rangkaian kendali <i>starter</i> DOL secara berurutan.....	75
Gambar 7.2	Rangkaian daya <i>starter</i> DOL secara berurutan.....	76
Gambar 8.1	Rangkaian kendali <i>starter</i> DOL menggunakan <i>on delay timer</i>	81
Gambar 8.2	Rangkaian daya <i>starter</i> DOL menggunakan <i>on delay timer</i>	82
Gambar 9.1	Rangkaian kendali <i>starter</i> DOL menggunakan <i>off delay timer</i>	86
Gambar 9.2	Rangkaian daya <i>starter</i> DOL menggunakan <i>off delay timer</i>	87
Gambar 10.1	Rangkaian kendali <i>starter</i> DOL menggunakan sistem <i>running-jogging</i>	92
Gambar 10.2	Rangkaian daya <i>starter</i> DOL menggunakan sistem <i>running-jogging</i>	94

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Simbol komponen-komponen instalasi tenaga listrik	1
Tabel 2.1	Skema kontaktor	20
Tabel 2.2	Kapasitas arus kontaktor dan nilai tegangan <i>coil</i> kontaktor	21
Tabel 2.3	Pengenal inti atau rel	27
Tabel 2.4	KHA terus menerus yang diperbolehkan	31
Tabel 3.1	Cara pengasutan motor listrik 3 fasa	50
Tabel 4.1	Material kerja	56
Tabel 5.1	Material kerja	61
Tabel 6.1	Material kerja	68
Tabel 7.1	Material kerja	74
Tabel 8.1	Material kerja	80
Tabel 9.1	Material kerja	85
Tabel 10.1	Material kerja	92

BAB 1

SIMBOL DAN DIAGRAM SIRKIT KENDALI

Capaian Pembelajaran:

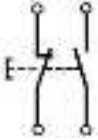


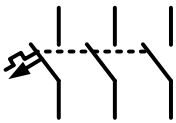
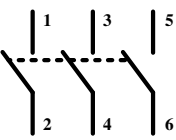
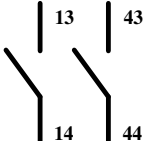
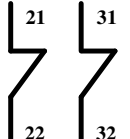
1. Mampu menjelaskan simbol-simbol peralatan kendali *starter* motor listrik.
2. Mampu menjelaskan dan mengidentifikasi terminal-terminal berdasarkan standar yang berlaku.
3. Mampu menjelaskan dan membedakan antara diagram sirkit daya dan diagram sirkit kendali *starter* motor.
4. Mampu menggambar dan membaca gambar diagram skematik *starter* motor.

1.1. Simbol Komponen-Komponen Instalasi Tenaga Listrik

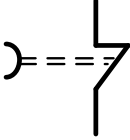
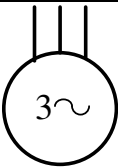


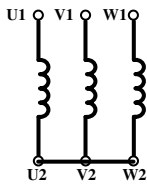
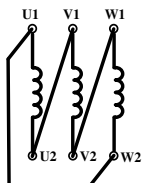
Untuk dapat menggambar instalasi tenaga listrik dengan benar dan tepat, diperlukan pemahaman mengenai beberapa jenis simbol atau lambang yang digunakan untuk menggambar diagram sirkit kendali, diagram sirkit daya dan diagram pengawatan untuk instalasi tenaga listrik. Tabel 1.1 menunjukkan simbol atau lambang beberapa komponen-komponen yang digunakan pada instalasi tenaga listrik.

Tabel 1.1 Simbol komponen-komponen instalasi tenaga listrik

No	Simbol Dasar	Nama	Keterangan
1.		<i>Pushbutton NO</i>	Digunakan sebagai tombol tekan <i>start</i>
2.		<i>Pushbutton NC</i>	Digunakan sebagai tombol tekan <i>stop</i>

No	Simbol Dasar	Nama	Keterangan
3.		<i>Pushbutton</i> <i>NO/NC</i>	Digunakan untuk aplikasi rangkaian <i>running-jogging</i>
4.		MCB 1 fasa	Pengaman arus hubung singkat dan beban lebih 1 fasa
5.		<i>Earth leakage</i> <i>circuit</i> <i>breaker</i> (ELCB)	Pengaman arus bocor
6.		MCB 3 fasa	Pengaman arus hubung singkat dan beban lebih 3 fasa
7.		Kontaktor	Kontak utama
8.		Kontaktor	Kontak bantu <i>normally close</i> (NC)
9.		Kontaktor	Kontak bantu <i>normally open</i> (NO)

No	Simbol Dasar	Nama	Keterangan
10.		Koil	Bagian kumparan suatu kontaktor/relai
11.		<i>Thermal Overload Relay (TOR)</i>	Terminal input/output <i>thermal overload relay</i>
12.		Kontak <i>NO Thermal Overload Relay</i>	
13.		Kontak <i>NC Thermal Overload Relay</i>	
14.		<i>Pilot Lamp</i>	Lampu yang digunakan sebagai penanda kondisi (Contoh: Motor berputar/Motor berhenti)
15.		Relai <i>Timer</i>	Kumparan relai dengan kerja tunda (<i>relai</i>)
16.		Kontak <i>NO Timer</i>	Kontak <i>on delay timer</i> pada kondisi <i>NO</i>

No	Simbol Dasar	Nama	Keterangan
18.		Kontak <i>NC</i> <i>Timer</i>	Kontak <i>off delay timer</i> pada kondisi <i>NC</i>
19.		Motor listrik tiga fasa	Motor listrik arus bolak-balik dengan ujung stator dihubungkan bintang atau segitiga
20.		Penghantar/ Kabel	Penghantar: fasa R (merah), fasa S (kuning), fasa T (hitam), Netral (biru), Pentanahan (loreng hijau-kuning)
21.		Pentanahan	
22.		Kumparan Motor listrik 3 fasa	Kumparan motor listrik dengan ujung terminal stator dihubungkan secara Bintang
23.		Kumparan Motor listrik 3 fasa	Kumparan motor listrik dengan ujung terminal stator dihubungkan secara Segitiga

Penomoran Kontaktor

Berdasarkan standar *IEC (international electrotechnical commission)* penandaan nomor pada kontak untuk kontaktor adalah:

1. A1 dan A2: Koil, Kontak yang digunakan sebagai *input* tegangan rendah (220 Volt).

2. 1 3 5: Kontak yang digunakan sebagai *input* sumber tegangan pada rangkaian utama (380 Volt).
3. 2 4 6: Kontak yang digunakan sebagai *output* menuju ke beban atau ke TOR pada rangkaian utama.
4. 13 & 14, 23 & 24, 33 & 34, 43 & 44, 53 & 54, 63 & 64, 73 & 74, 83 & 84, 93 & 94: Kontak bantu pada kontaktor kondisi *normally open* (NO).
5. 11 & 12, 21 & 22, 31 & 32, 41 & 42, 51 & 52, 61 & 62, 71 & 72, 81 & 82, 91 & 92: Kontak bantu pada kontaktor kondisi *normally close* (NC)

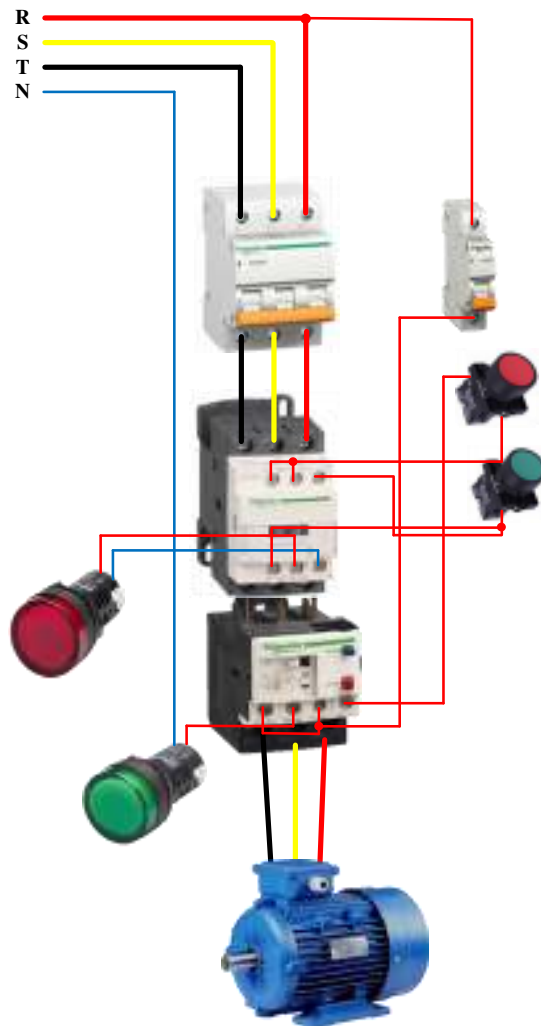
Penomoran *Thermal Overload Relay* (TOR)

1. 1 3 5: Kontak yang digunakan sebagai input sumber tegangan atau *input* dari kontaktor pada rangkaian utama (380 Volt).
2. 2 4 6: Kontak yang digunakan sebagai *output* menuju ke motor listrik pada rangkaian utama.
3. 95 & 95: Kontak bantu *normally close* pada TOR.
4. 96 & 97: Kontak bantu *normally open* pada TOR

1.2. Diagram Sirkit Daya dan Sirkit Kendali

Gambar instalasi tenaga listrik dibedakan menjadi dua bagian yaitu diagram sirkit daya (*power circuit*) dan diagram sirkit kendali (*control circuit*). Tujuannya adalah untuk memungkinkan proses pengendalian mesin listrik tanpa menggunakan peralatan-peralatan yang berarus tinggi. Peralatan seperti kontaktor, motor listrik, *thermal overload relay* (TOR) atau peralatan lainnya yang berarus besar dapat dilakukan pengawatan dan dikendalikan menggunakan sistem kendali yang hanya memerlukan tegangan dan arus kecil. Sebagai contoh untuk menggerakkan sebuah kontaktor (kontak bantu) yang semula berkondisi *normally open* (NO) menjadi *normally close* (NC) hanya dengan memberikan tegangan rendah sebesar 220 Volt pada koil kontaktor tersebut. Atau ketika ingin menambahkan lampu indikator (*pilot lamp*) sebagai penanda motor listrik mulai beroperasi atau berhenti beroperasi, dengan menambahkan kontak bantu kontaktor yang diberi tegangan rendah pada koil kontaktor tersebut.

Diagram sirkit daya menyediakan tegangan dan arus besar yang digunakan sebagai sumber (catu daya) motor listrik 3 fasa. Sedangkan diagram sirkit kendali menyediakan tegangan dan arus kecil yang digunakan sebagai sumber (catu daya) untuk relai, saklar, *timer*, *pilot lamp*. Gambar 1.1 menunjukkan diagram pengawatan untuk *starter Direct On Line (DOL)*.

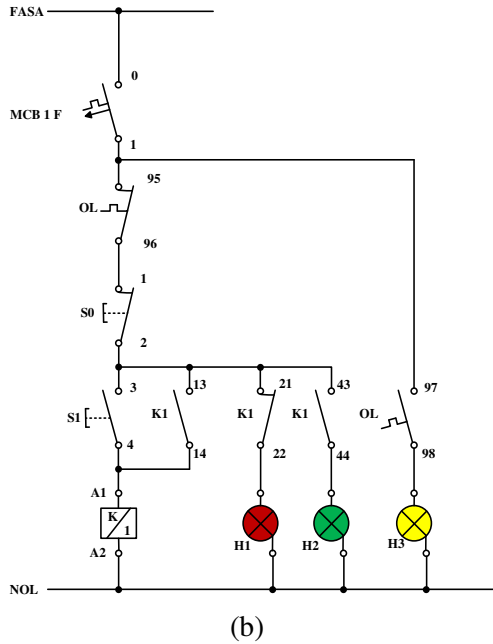
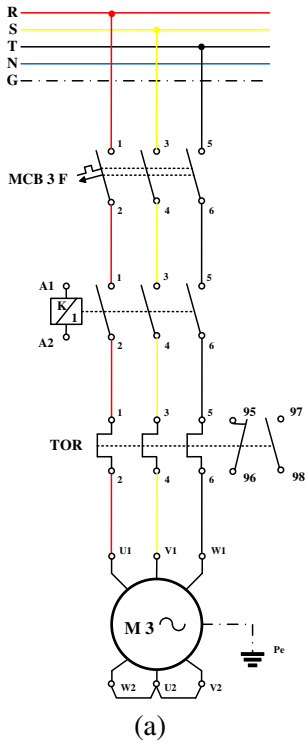


Gambar 1.1 Diagram pengawatan *starter DOL*

Diagram pengawatan *starter* DOL pada Gambar 1.1 terdiri dari diagram sirkit daya dengan garis tebal, ini menunjukkan kabel atau penghantar yang digunakan berarus besar. Sedangkan diagram sirkit kendali dibuat dengan garis tipis, ini menunjukkan kabel atau penghantar yang digunakan berarus kecil. Konduktor yang melewati konduktor lain yang tidak melakukan kontak ditandai dengan persilangan tanpa titik. Sedangkan yang melakukan kontak ditandai dengan titik.

1.3. Instalasi Motor Listrik

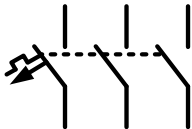
Instalasi motor listrik adalah bagaimana memasang instalasi pada motor listrik agar dapat berkerja/beroperasi secara optimal. Keberhasilan pengoperasian sebuah motor listrik bukan saja ditentukan pada saat motor berhasil dijalankan (*running*), tetapi juga ditentukan oleh proses awal motor berputar (*start*) dan proses motor diberhentikan (*stop*). Untuk bisa merancang, memasang dan mengoperasikan instalasi motor tentunya pengetahuan dan penguasaan terhadap komponen-komponen pembangun instalasi motor listrik harus dipahami. Mulai dari prinsip kerja, pemilihan komponen, penentuan kapasitas, penentuan pengaman, proses perakitan dan pengoperasian serta *troubleshooting* dari instalasi motor yang sudah dibangun. Gambar 1.2 memperlihatkan diagram sirkit daya dan diagram sirkit kendali starter *direct on-line* motor listrik 3 fasa untuk instalasi motor listrik di bawah 5 kW.



Gambar 1.2 (a) Diagram sirkit daya (b) diagram sirkit kendali *starter* DOL motor listrik 3 fasa

1.4. Contoh Soal

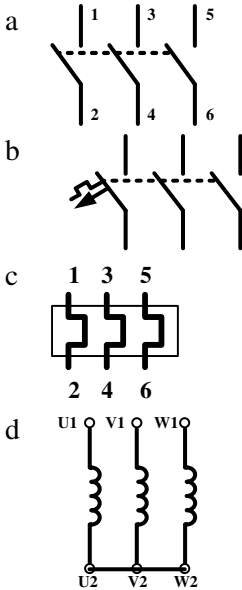
1. Gambar di bawah ini merupakan simbol dari komponen:



- Kontaktor
- TOR
- MCB 3 fasa
- Pilot lamp

Jawaban: c

2. Gambar di bawah ini yang tepat menunjukkan simbol dari kontaktor adalah:



Jawaban: a

3. Terminal motor listrik 3 fasa yang dihubungkan dengan sumber tegangan adalah:

- U_2, V_2, W_2
- U_1, V_1, W_1
- L_1, L_2, L_3
- R_1, R_2, R_3

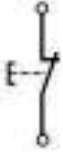
Jawaban: b

4. Manakah pernyataan yang benar di bawah ini:

- Jenis tombol tekan yang digunakan untuk dapat mengoperasikan motor listrik 3 fasa adalah tombol tekan *normally close*.
- Hubungan bintang dilakukan dengan cara menghubungkan masing-masing ujung terminal motor U_2, V_2, W_2 menjadi satu.
- Jenis *miniatur circuit breaker* yang digunakan untuk diagram sirkit kendali adalah MCB 3 fasa.
- Hubungan bintang dilakukan dengan cara menghubungkan masing-masing ujung terminal motor U_1, V_1, W_1 menjadi satu.

Jawaban: b

5. Gambar di bawah ini menunjukkan simbol dari peralatan:



- a. *Pushbutton NO*
- b. *Pushbutton NC*
- c. *Pushbutton NO/NC*
- d. MCB 1 fasa

Jawaban: b

6. Kontak bantu *thermal overload relay* dengan kode nomor 95 dan 96, memiliki kondisi awal:
- a. Terbuka
 - b. Tertutup
 - c. Mati
 - d. Mengunci

Jawaban: b

7. Terminal pada kontaktor yang dihubungkan dengan penghantar netral adalah:
- a. Terminal A1
 - b. Kontak bantu 13
 - c. Terminal A2
 - d. Kontak bantu 14

Jawaban: c

8. Terminal keluaran MCB 1 fasa pada diagram sirkit kendali dihubungkan dengan:
- a. Terminal Kontaktor A1
 - b. Terminal TOR 95
 - c. Terminal TOR 96
 - d. Terminal Kontaktor A1

Jawaban: b

9. Ujung kumparan U_1 dihubungkan dengan W_2 , V_1 dengan U_2 dan W_1 dengan V_2 adalah cara untuk menghubungkan motor listrik 3 fasa secara:
- Direct on line*
 - Bintang
 - Segitiga
 - Langsung

Jawaban: c

10. Terminal 97 pada TOR dihubungkan dengan terminal:
- Pilot lamp*
 - Pushbutton NC*
 - Terminal 95 TOR
 - Output MCB 1 fasa.*

Jawaban: d

1.5. Soal Latihan

- Jelaskan perbedaan antara diagram sirkit daya dan diagram sirkit kendali?
- Gambarkan simbol *pushbutton* yang digunakan sebagai tombol tekan pada aplikasi rangkaian *starter DOL running jogging*.
- Gambarkan diagram sirkit kendali dan diagram pengawatan untuk menyalakan lampu indikator menggunakan komponen-komponen sebagai berikut: MCB 1 fasa, kontaktor, 2 *pilot lamp*, *pushbutton stop* dan *push button start*.

BAB 2

KOMPONEN KENDALI DAN INSTALASI MOTOR

Capaian Pembelajaran:

1. Mampu menjelaskan bentuk, simbol, fungsi dan prinsip kerja komponen-komponen kendali *starter* motor: pemutus rangkaian listrik (*miniatur circuit breaker*), kontaktor, *thermal overload relay* (*TOR*) dan alat pengukur, saklar dan lampu indikator.
2. Mampu menjelaskan bentuk, simbol, fungsi dan prinsip kerja macam-macam saklar kendali:
3. Mampu memilih dan menentukan kapasitas komponen-komponen kendali *starter* motor.

2.1. *Miniatur Circuit Breaker* (MCB)

MCB adalah sebuah perangkat elektromekanikal yang berfungsi sebagai pelindung rangkaian listrik dari arus yang berlebih. Dengan kata lain, MCB dapat memutuskan arus listrik secara otomatis ketika arus listrik yang melewati MCB tersebut melebihi nilai kapasitas MCB tersebut. Namun saat arus dalam kondisi normal, MCB dapat berfungsi sebagai saklar yang bisa menghubungkan atau memutuskan arus listrik secara manual.



Gambar 2.1 (a) Bentuk MCB 3 fasa (b) Bentuk MCB 1 fasa

MCB pada dasarnya memiliki fungsi yang hampir sama dengan *sekering (fuse)* yaitu memutuskan aliran arus listrik suatu rangkaian ketika terjadi kelebihan arus. Terjadinya kelebihan arus listrik ini bisa disebabkan adanya hubung singkat (*short circuit*) ataupun adanya beban lebih (*overload*). Namun MCB dapat di-ON-kan kembali ketika rangkaian listrik sudah normal, sedangkan *fuse/sekering* yang terputus akibat gangguan arus lebih tersebut tidak dapat digunakan lagi.

Jenis-jenis MCB

Menurut karakteristik *trip*-nya, ada tiga tipe utama dari MCB, yaitu: tipe B, tipe C, dan tipe D

- MCB tipe B adalah tipe MCB yang akan *trip* ketika arus beban lebih besar 3 sampai 5 kali dari arus maksimum atau arus nominal MCB. MCB tipe B merupakan karakteristik *trip* tipe standar yang biasa digunakan pada bangunan domestik.
- MCB tipe C adalah tipe MCB yang akan *trip* ketika arus beban lebih besar 5 sampai 10 kali arus nominal MCB. Karakteristik *trip* MCB tipe ini akan menguntungkan bila digunakan pada peralatan listrik dengan arus yang lebih tinggi, seperti lampu, kelistrikan motor dan lain sebagainya.
- MCB tipe D adalah tipe MCB yang akan *trip* ketika arus beban lebih besar 8 sampai 12 kali arus nominal MCB. Karakteristik *trip* MCB tipe D merupakan karakteristik *trip* yang biasa digunakan pada

peralatan listrik yang dapat menghasilkan lonjakan arus besar seperti, transformator, dan kapasitor.

Bagian-bagian MCB

Bagian-bagian MCB dapat dilihat pada Gambar 2.2

1. *Actuator Lever* atau *toggle switch*, sebagai *On* dan *Off* MCB selain itu berguna untuk indikator MCB pada kondisi *on* atau *off*
2. *Switch* Mekanis, berfungsi sebagai mekanik pemutus arus listrik.
3. Kontak arus listrik sebagai penyambung dan pemutus arus listrik.
4. Terminal berfungsi sebagai tempat penyambungan kabel listrik ke MCB dengan model *screw*.
5. Bimetal, yang berfungsi sebagai *thermal trip*.
6. Baut untuk kalibrasi sudah *disetting* oleh pabriknya.
7. *Solenoid, coil* atau lilitan yang berfungsi sebagai *magnetic trip* dan bekerja apabila terjadi hubung singkat arus listrik.
8. Pemadam busur api jika terjadi percikan api saat terjadi pemutusan atau pengaliran balik arus listrik.



Gambar 2.2 Bagian-bagian MCB

Cara membaca *name plate* MCB

Informasi-informasi yang terdapat pada MCB penting untuk dipahami, agar tidak terjadi kesalahan dalam pemilihan MCB yang akan dipasang. Berikut ini akan dijelaskan informasi-informasi yang terdapat pada *name plate* MCB seperti yang terlihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Name plate MCB 3 fasa

Keterangan Gambar 2.3:

1. *Merek*:
Merupakan identitas produsen MCB
2. *Nomor Model*:
Setiap MCB dilengkapi dengan nomor model, hal ini dimaksudkan untuk mempermudah konsumen dan produsen/penjual untuk mengetahui spesifikasi MCB jika ada keluhan dari konsumen.
3. *Nilai Kurva dan Batas arus MCB*:
Gambar 2.3 di atas memperlihatkan nilai kurva MCB dan batas arus sebesar C16, ini menandakan bahwa MCB tersebut karakteristik kurvanya bertipe C yang bermakna MCB tipe ini akan *trip* apabila arus beban lebih 5 sampai 10 kali arus nominal MCB. Sedangkan angka 16 adalah batas arus listrik dalam satuan Ampere.
4. *Tegangan Operasional*:
Menyatakan nilai tegangan kerja dari MCB dalam satuan Volt. Nilai tegangan kerja untuk listrik 3 fasa adalah 400 Volt, sedangkan nilai tegangan kerja 230 Volt atau 240 Volt.
5. *Kapasitas Breaking Capacity*:
Breaking capacity MCB atau kapasitas pemutusan MCB adalah kemampuan MCB untuk menahan arus gangguan. Pada Gambar 2.3 tertulis 6000 ini memiliki makna bahwa MCB tersebut mampu menahan arus gangguan sampai 6.000 Ampere, jika arus gangguan melebihi 6.000 Ampere maka MCB akan rusak.

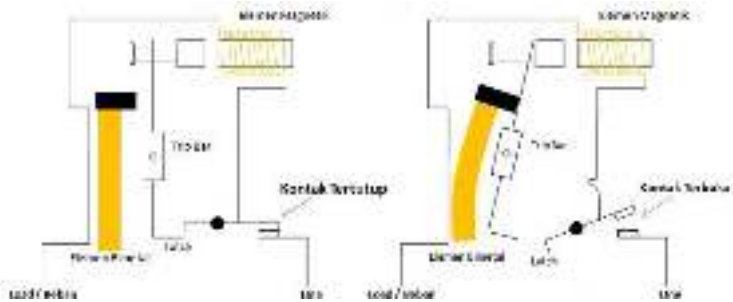
6. *Kelas Energi:*
Bermakna bahwa MCB tersebut memiliki kelas energi bernilai 3. Kelas energi adalah karakteristik energi maksimum dari arus listrik yang dapat melalui MCB. Kelas energi pada MCB dapat diklasifikasikan menjadi 3, yaitu kelas 1, kelas 2 dan kelas 3.
7. *Indikator Status (ON/OFF):*
Indikator ini bertujuan untuk memberikan informasi kondisi operasi dari MCB, apakah pada posisi beroperasi (*I.ON*) atukah lagi tidak beroperasi (*I.OFF*).
8. *Simbol Operasi MCB:*
Simbol operasi MCB menunjukkan jumlah *pole* pada MCB. Gambar 2.3 menunjukkan bahwa MCB memiliki jumlah 3 *pole*.

Prinsip kerja *Miniature Circuit Breaker* (MCB)

Pada kondisi Normal, MCB berfungsi sebagai sakelar manual yang dapat menghubungkan (*ON*) dan memutuskan (*OFF*) arus listrik. Pada saat terjadi kelebihan beban (*Overload*) ataupun hubung singkat (*Short Circuit*), MCB akan beroperasi secara otomatis dengan memutuskan arus listrik yang melewatinya. Secara visual, kita dapat melihat perpindahan knob atau tombol dari kondisi *ON* menjadi kondisi *OFF*. Pengoperasian otomatis ini dilakukan dengan dua cara seperti yang terlihat pada Gambar 2.4 dan Gambar 2.5 di bawah ini yaitu dengan cara *Magnetic Tripping* (Pemutusan hubungan arus listrik secara Magnetik) dan *Thermal Tripping* (Pemutusan hubungan arus listrik secara *Thermal*).

1. *Thermal Tripping* (Pemutusan Hubungan Arus Listrik dengan Suhu Tinggi)

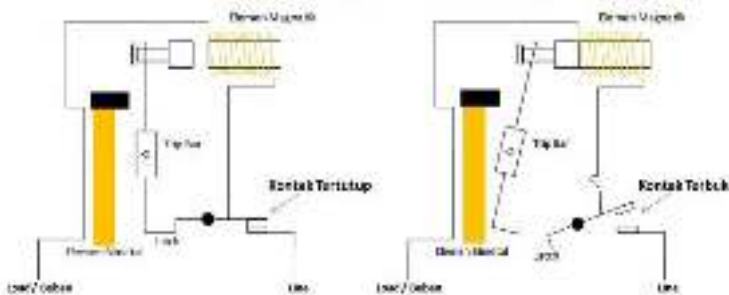
Pada saat kondisi kelebihan beban (*Overload*), arus yang mengalir melalui bimetal menyebabkan suhu bimetal itu sendiri menjadi tinggi. Suhu panas tersebut mengakibatkan bimetal melengkung sehingga memutuskan kontak MCB (*Trip*).



Gambar 2.4 Pemutusan hubungan arus listrik dengan suhu tinggi

2. *Magnetic Tripping* (Pemutusan Hubungan Arus Listrik secara Magnetik)

Ketika terjadi Hubung Singkat Rangkaian (*Short Circuit*) secara mendadak ataupun Kelebihan Beban yang sangat tinggi (*Heavy Overload*), *Magnetic Tripping* atau pemutusan hubungan arus listrik secara Magnetik akan diberlakukan. Pada saat terjadi hubungan singkat ataupun kelebihan beban berat, Medan magnet pada *Solenoid* MCB akan menarik *Latch* (palang) sehingga memutuskan kontak MCB (*Trip*).



Gambar 2.5 Pemutusan hubungan arus listrik secara magnetik

Cara Menentukan Kapasitas MCB

Untuk menentukan kapasitas MCB yang akan digunakan adalah menggunakan ketentuan:

- Nilai minimum : $125\% \times I_n$
- Nilai maksimum : $250\% \times I_n$

* I_n = Arus nominal

Untuk menentukan kapasitas MCB terlebih dahulu menentukan nilai arus dengan persamaan sebagai berikut:

- Sistem kelistrikan 1 fasa

$$I = \frac{P}{V \times I \times \cos \varphi} \dots\dots\dots (2-1)$$

- Sistem kelistrikan 3 fasa

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi} \dots\dots\dots (2-2)$$

Keterangan:

I : Arus (Ampere)

P : Daya aktif (Watt)

V : Tegangan (Volt)

Cos φ : Faktor daya

$\sqrt{3}$: Konstanta untuk sistem 3 fasa

2.2. Kontaktor

Kontaktor merupakan komponen listrik yang berfungsi untuk menyambungkan atau memutuskan arus listrik AC. Kontaktor adalah alat elektro magnetik yang prinsip kerjanya berdasarkan prinsip medan magnet. Biasanya kontaktor digunakan untuk sistem kelistrikan 3 fasa dan digunakan untuk menjalankan motor listrik. Gambar 2.6 memperlihatkan bentuk dari kontaktor



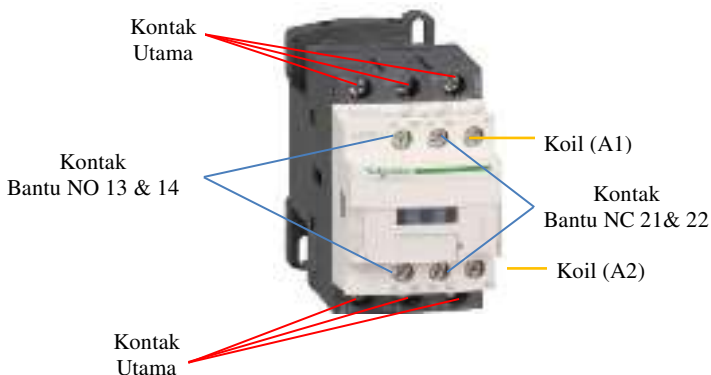
Gambar 2.6 Bentuk kontaktor

Fungsi dan Aplikasi Kontaktor

Kontaktor berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan arus listrik dengan daya listrik besar yang diaplikasikan untuk kendali motor listrik, kontrol penerangan, distribusi daya listrik pada industri atau di perumahan dan sistem *Automatic Transfer Switch (ATS)*.

Bagian-bagian Kontaktor

Secara umum bagian-bagian kontaktor ada tiga macam yaitu *coil*, kontak utama dan kontak bantu (*normally open/normally close*) seperti yang terlihat pada Gambar 2.7. Kontak utama *NO* pada sisi atas digunakan sebagai *input* dari sumber 3 fasa dengan kode 1L₁, 3L₂, 5L₃. Sedangkan pada bagian bawah digunakan sebagai *output* atau *input* menuju ke beban (*load*) dengan kode 2T₁, 4T₂, 6T₃. Kontak bantu pada kontaktor memiliki dua kondisi yaitu kontak bantu *normally open* (NO) dengan kode 13 dan 14 yang berfungsi sebagai kontak pengunci yang bertujuan untuk mengunci kontaktor agar terus bekerja walau perintah bekerja (*push button start*) sudah dilepas. Kontak bantu *normally close* (NC) dengan kode 21 dan 22 dapat dihubungkan ke lampu indikator (*pilot lamp*) sebagai penanda sistem sudah diaktifkan (MCB *ON*) namun belum dijalankan (*Push Button Start*). Koil A1 dan A2 pada kontaktor digunakan untuk menggerakkan/mengubah kondisi kontak yang semula *NO* menjadi *NC* atau sebaliknya yang dihubungkan dengan sumber 220 Volt yang dikendalikan melalui *push button start* atau *stop*.



Gambar 2.7 Bagian-bagian Kontaktor

Prinsip kerja Kontaktor

Prinsip kerja kontaktor sama seperti *relay*, dalam kontaktor terdapat beberapa saklar yang dikendalikan secara elektromagnetik. Pada suatu kontaktor terdapat beberapa saklar dengan jenis *normally open* (NO) dan *normally close* (NC) dan sebuah kumparan atau *coil* elektromagnetik untuk mengendalikan saklar tersebut. Apabila koil elektromagnetik kontaktor diberikan arus listrik maka saklar pada kontaktor akan terhubung, atau berubah kondisinya, yang semula terbuka menjadi tertutup dan sebaliknya yang awalnya tertutup menjadi terbuka. Untuk memahami prinsip kerja kontaktor dapat dilihat pada Tabel 2.1 skema kontaktor berikut.

Tabel 2.1 Skema kontaktor

Kontak	Notasi		Jenis Kontak	Penggunaan
	Huruf	Angka		
Utama	L ₁ L ₂ L ₃	1 3 5	NO	Sumber 3 Fasa
	T ₁ T ₂ T ₃	2 4 6	NO	Ke beban
Bantu	-	13 14	NO	Pengunci
		33 34		Fungsi Lain
		dsb		
	-	21 22	NC	Pengaman dan fungsi lain
		61 62		
		dsb		
Coil	A1 dan A2	-	-	Menggerakkan Kontak pada kontaktor

Cara Menentukan Kapasitas Kontaktor

Cara memilih dan menentukan kapasitas kontaktor yaitu perhatikan: jenis beban, kapasitas beban, frekuensi *on-off*, *starting*, nilai tegangan *coil* dan nilai arus kontaktor. Di mana kontaktor yang akan dipasang nilai arusnya harus lebih besar dari nilai arus nominal motor ($I_{\text{kontaktor}} > I_n$) atau nilai daya kontaktor sama dengan daya motor berdasarkan *name plate*. Tabel 2.2. memperlihatkan berbagai macam kapasitas arus kontaktor dan nilai tegangan koil kontaktor.

Tabel 2.2 Kapasitas arus kontaktor dan nilai tegangan *coil* kontaktor

Kapasitas Arus Kontaktor (Ampere)	Nilai Tegangan <i>Coil</i> (Volt AC)
6	24
9	110
12	220
16	380
18	24 V _{DC}
20	
25	
32	
38	
40	
50	
dsb	

2.3. *Thermal Over Load (TOR)*

TOR adalah peralatan *switching* yang peka terhadap suhu dan akan membuka atau menutup kontaktor pada saat suhu yang terjadi melebihi batas yang ditentukan atau peralatan kontrol listrik yang berfungsi untuk memutuskan jaringan listrik jika terjadi beban lebih. Beban lebih yang diakibatkan dari pembebanan motor yang melebihi kemampuan motor listrik. Umumnya beban lebih tersebut disebabkan oleh beban mekanik. Beban yang terlalu berat pada motor sehingga motor listrik berhenti secara mendadak tetapi arus listrik masih mengalir.



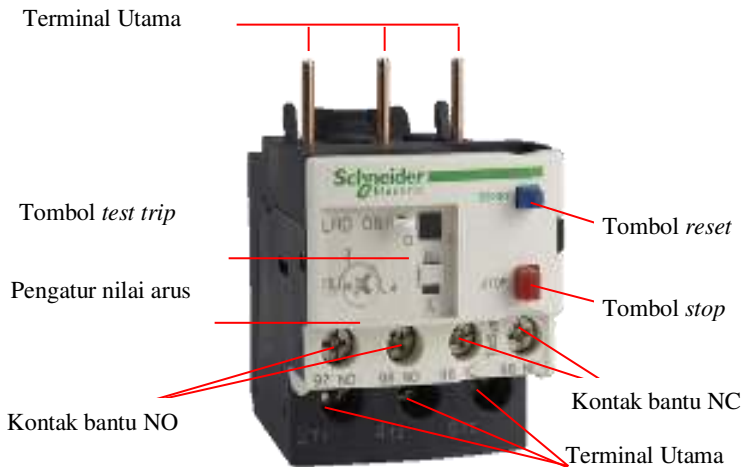
Gambar 2.8 *Thermal Overload Relay (TOR)*

Fungsi TOR

TOR berfungsi sebagai pengaman motor listrik dari beban lebih pada sebuah rangkaian kontrol *Direct On Line* maupun *Star Delta*, jadi motor yang dikontrol tidak akan terbakar di saat beban lebih.

Bagian-bagian TOR

TOR memiliki tiga kontak terminal utama yang digunakan sebagai penghubung antara kontaktor (1, 3, 5) dengan motor listrik. TOR memiliki dua kontak bantu *NO* (97 & 98) dan *NC* (95 & 96). Kontak *NO* dan *NC* ini biasanya digunakan sebagai pengontrolan rangkaian dan indikator adanya gangguan. Jenis TOR seperti yang terlihat pada Gambar 2.9 memiliki pengatur arus dan fasilitas tombol *test trip* yang digunakan untuk mengetahui apakah TOR yang telah dirangkai dapat bekerja sesuai dengan yang dikehendaki.

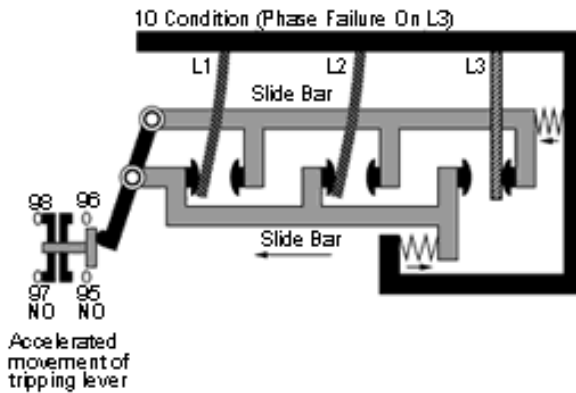


Gambar 2.9 Bagian-bagian TOR

Prinsip Kerja TOR

TOR bekerja memutuskan rangkaian dengan cara mendeteksi panas yang diakibatkan oleh arus yang mengalir pada elemen bimetal yang terdapat pada *thermal overload relay* itu sendiri. Pada Gambar 2.10 adalah gambaran bagian dalam dari *thermal overload relay*. Di dalam *thermal*

overload relay terdapat *switch* yang digerakkan oleh tuas *slide bar* dan penggerak *slide bar* tersebut adalah bimetal yang terhubung dengan masing-masing fasa arus listrik. Dalam keadaan normal terminal *NC* (95 & 96) terhubung, dan arus ke *coil* terhubung. bila salah satu bimetal tersebut panas maka bimetal tersebut akan melengkung dan menggerakkan *slide bar* sehingga menekan *switch* *NO*, *NC* dan secara otomatis arus ke *coil* juga akan terputus.



Gambar 2.10 Prinsip kerja *Thermal Overload Relay* (TOR)

Cara menentukan *setting* arus TOR

Agar TOR dapat bekerja sebagai pengaman motor listrik dari beban lebih maka pengaturan arus pada TOR harus di-*setting*. Sehingga tidak terlalu jauh melebihi arus motor listrik setelah mendapatkan beban. Kalau pengaturan arus terlalu jauh maka TOR tidak akan maksimal mengamankan motor. Namun sebaliknya, jika pengaturan arus TOR sama atau di bawah arus nominal motor listrik maka akan mengakibatkan kerja TOR terlalu sensitif.

Sebagai contoh, diketahui data motor listrik yaitu 3 fasa 1,5 HP, 380 V, $\text{Cos } \varphi = 0,85$.

$$1 \text{ HP} = 0,746 \text{ kW} = 746 \text{ W}$$

$$1,5 \text{ HP} = 1119 \text{ W}$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \text{Cos } \varphi}$$

$$I = \frac{1119}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,85}$$

$$I = 2 \text{ A}$$

$$TOR = 2 \times 10 \%$$

$$TOR = 0,2 \text{ A}$$

Jadi untuk kapasitas motor listrik 1,5 HP *setting*-an TOR adalah $I + TOR = 2 + 0,2 = 2,2 \text{ A}$

Cara memilih spesifikasi *Thermal Overload Relay* (TOR)

Untuk memilih spesifikasi TOR yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut:

- Aplikasi TOR.
- Tegangan kerja.
- Merek Kontaktor dan TOR harus sama, karena dudukan atau *socket* pada TOR sudah disesuaikan untuk merek tersebut. Jika beda merek biasanya harus memotong komponen TOR agar bisa masuk ke kontaktor.
- Maksimal beban motor yang akan diamankan. Contoh jika motor beban maksimal adalah 2,2 A, maka di pilih TOR dengan *range* pengamannya 1-3 A.

2.4. *Time Delay Relay* (TDR)

TDR sering disebut juga *relay timer* atau *relay* penunda batas waktu banyak digunakan dalam instalasi motor terutama instalasi yang membutuhkan pengaturan waktu secara otomatis. Peralatan kontrol ini dapat dikombinasikan dengan peralatan kontrol lain, contohnya dengan kontaktor, *thermal overload relay*, dsb.



Gambar 2.11 Bentuk *Time Delay Relay* (TDR) merek OMRON H3CR

Fungsi TDR

Fungsi dari peralatan kontrol ini adalah sebagai pengatur waktu bagi peralatan yang dikendalikannya. *Timer* ini dimaksudkan untuk mengatur waktu hidup atau mati dari kontaktor atau untuk mengubah sistem bintang ke segitiga dalam *delay* waktu tertentu.

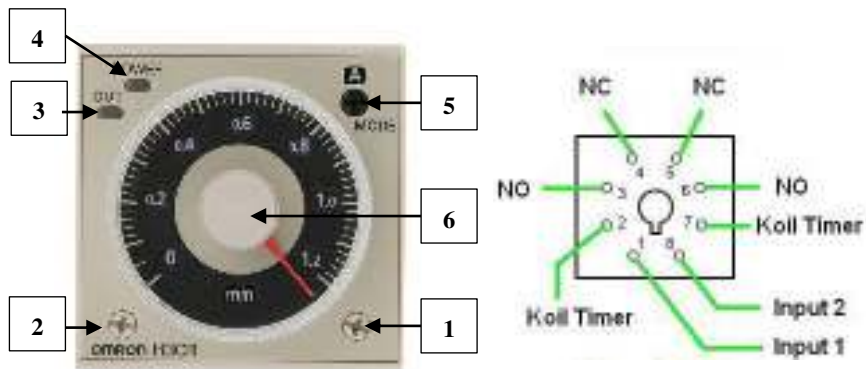
Jenis TDR

Timer dapat dibedakan dari cara kerjanya yaitu *timer* yang bekerja menggunakan induksi motor dan menggunakan rangkaian elektronik.

- *Timer* yang bekerja dengan prinsip induksi motor akan bekerja bila motor mendapat arus listrik sehingga memutar gigi mekanis dan menarik serta menutup kontak secara mekanis dalam jangka waktu tertentu.
- *Timer* yang menggunakan prinsip elektronik, terdiri dari rangkaian R dan C yang dihubungkan seri atau paralel. Bila tegangan sinyal telah mengisi penuh kapasitor, maka relai akan terhubung. Lamanya waktu tunda diatur berdasarkan besarnya pengisian kapasitor.

Bagian-bagian TDR

Bagian *input timer* biasanya dinyatakan sebagai kumparan (*coil*) dan bagian *output*-nya sebagai kontak *NO* atau *NC*. Pada umumnya *timer* memiliki 8 buah kaki yang 2 di antaranya merupakan kaki *coil* sebagai contoh pada Gambar 2.12 di bawah adalah TDR *type H3CR* dengan 8 kaki yaitu kaki 2 dan 7 adalah kaki *coil*, sedangkan kaki yang lain akan berpasangan *NO* dan *NC*, kaki 1 akan *NC* dengan kaki 4 dan *NO* dengan kaki 3. Sedangkan kaki 8 akan *NC* dengan kaki 5 dan *NO* dengan kaki 6. Kaki-kaki tersebut akan berbeda tergantung dari jenis *relay timer*-nya.



Gambar 2.12 Bagian timer Omron tipe H3CR

Keterangan Gambar 2.12:

1. *Unit time selector*: digunakan untuk menentukan jenis waktu yang diinginkan, yaitu detik, menit, dan jam.
2. *Time range selector*: digunakan untuk menentukan rentang waktu yang digunakan. Misalkan, *unit timer* yang digunakan adalah detik, maka rentang bisa dipilih 0-5 detik atau 0-10 detik dsb.
3. *Out indicator*: digunakan untuk mengetahui kondisi kontak setelah waktu *setting*-annya tercapai. Misalnya pada TDR diharapkan kontak akan bekerja dalam waktu 3 detik, maka dalam waktu 3 detik lampu indikator akan menyala menandakan kontak bekerja baik dalam kondisi *NO* maupun *NC*.
4. *Power indicator*: sebagai penanda saat TDR mulai bekerja atau bisa juga sebagai penanda kedipan detik.
5. *Mode selector*: digunakan untuk mengubah fungsi dari TDR, apakah berfungsi sebagai *ON delay* atau *Off Delay*.
6. *Knop (set time)*: digunakan untuk menentukan besaran waktu yang diinginkan, misalnya pada posisi 3 dengan unit waktu misalnya *second* (detik).

Prinsip Kerja TDR

Bagian *input timer* biasanya dinyatakan sebagai kumparan (*coil*) dan bagian *output*-nya dinyatakan sebagai kontak *NO* atau kontak *NC*. Kumparan pada *timer* akan bekerja bila mendapatkan sumber arus.

Apabila telah mencapai batas waktu yang diinginkan maka secara otomatis *timer* akan mengunci dan membuat kontak *NO* menjadi *NC* atau sebaliknya kontak *NC* menjadi *NO*.

Pada saat *timer* diberi sumber tegangan, maka *timer* akan mulai menghitung, ketika jumlah hitungan aktual/*visual* sama dengan pengaturan pada *timer* (jarum merah), maka kontak *output timer* akan bekerja.

2.5. Kabel Listrik

Kabel listrik adalah suatu penghantar yang digunakan sebagai wadah untuk menghantarkan arus listrik pada suatu jaringan listrik dari satu tempat ke tempat lainnya. Semua penghantar yang digunakan harus dibuat dari bahan yang memenuhi syarat, sesuai dengan tujuan penggunaannya, serta telah diperiksa dan diuji menurut standar penghantar yang dikeluarkan atau diakui oleh instansi yang berwenang. Ukuran penghantar dinyatakan dalam ukuran luas penampang penghantar intinya dan satuannya dinyatakan dalam mm². Tabel 2.3 memperlihatkan kode pengenal atau lambang dari penghantar.

Tabel 2.3 Pengenal inti atau rel

Inti atau rel	Pengenal		
	Dengan huruf	Dengan lambang	Dengan warna
1	2	3	4
A. Instalasi arus bolak-balik : fase satu fase dua fase tiga netral	L / R L2 / S L3 / T N		merah kuning hitam biru
B. Instalasi perlengkapan listrik : fase satu fase dua fase tiga	U / X V / Y W / Z		merah kuning hitam

Inti atau rel	Pengenalan		
	Dengan huruf	Dengan lambang	Dengan warna
1	2	3	4
C. Instalasi arus searah : positif negatif kawat tengah	L + L - M	+ -	tidak ditetapkan tidak ditetapkan biru
D. Penghantar netral	N		biru
E. Penghantar pembumian	PE		lorange hijau-kuning

Sumber: PUIL 2000

Jenis-jenis kabel listrik

Jenis kabel listrik yang digunakan pada perkuliahan/praktik ini berspesifikasi LV (*low voltage*). Berikut beberapa jenis kabel listrik untuk tegangan rendah, baik kabel yang berbahan tembaga dan berbahan aluminium.

1. Kabel listrik tipe NYA

Spesifikasi:

- Kabel NYA terbuat dari bahan tembaga
- Kabel jenis ini biasa digunakan untuk instalasi rumah.
- Kabel jenis ini dipakai untuk instalasi jaringan udara, bukan untuk kabel tanah.
- Dipasang di dalam pipa *conduit* atau bisa dipasang terbuka tanpa pipa namun di tempat kering.
- Berbahan isolasi *Poly Vinyl Chloride* (PVC) satu lapis.
- Penghantar berbahan tembaga tunggal.



Gambar 2.13 Kabel listrik NYA

2. Kabel listrik tipe NYM

Spesifikasi:

- Kabel NYM terbuat dari bahan tembaga.
- Kabel ini sering dipakai untuk instalasi rumah.
- Dapat dipakai untuk pemasangan kabel di dalam beton kering (plasteran).
- Pemasangan menggunakan pipa *conduit* atau bisa juga dipasang terbuka namun di tempat kering.
- Berbahan isolasi *Poly Vinyl Chloride (PVC)* tiga lapisan.
- Penghantar berbahan tembaga tunggal.

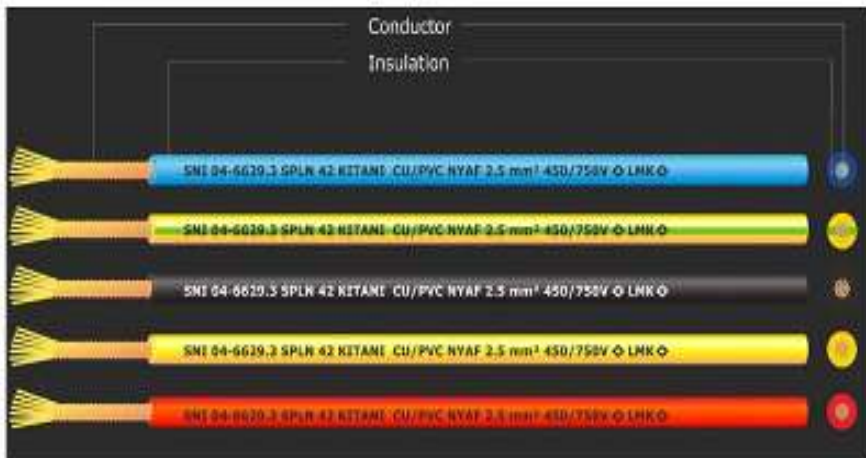


Gambar 2.14 Kabel listrik NYM

3. Kabel listrik tipe NYAF

Spesifikasi:

- Kabel NYAF terbuat dari bahan tembaga.
- Kabel ini sering dipakai juga untuk instalasi rumah dan digunakan untuk kabel di dalam peralatan listrik.
- Dapat dipakai untuk pemasangan kabel di dalam beton kering (plasteran).
- Pemasangan menggunakan pipa *conduit* atau bisa juga dipasang terbuka namun di tempat kering.
- Berbahan isolasi *Poly Vinyl Chloride* (PVC) satu lapis.
- Pengantar berbahan tembaga serabut fleksibel.



Gambar 2.15 Kabel listrik NYAF

Menentukan ukuran kabel listrik

Untuk menentukan ukuran kabel yang akan digunakan untuk pemasangan suatu instalasi listrik harus diketahui terlebih dahulu seberapa besar beban arus (ampere) maksimal yang akan ditanggung kabel penghantar tersebut. Setelah beban arus maksimal diketahui, selanjutnya bisa ditentukan ukuran kabel penghantar sesuai dengan Tabel 2.4 kemampuan hantar arus (KHA)

Tabel 2.4 KHA terus menerus yang diperbolehkan

Jenis Penghantar	Luas penampang nominal mm ²	KHA terus menerus		KHA pengenal gawai proteksi	
		Pemasangan dalam pipa ⁽²⁾ sesuai 7.13	Pemasangan di udara ⁽²⁴⁾ sesuai 7.12.1	Pemasangan dalam pipa	Pemasangan di udara
1	2	A	A	A	A
	0,5	2,5	-	2	-
	0,75	7	15	4	10
	1	11	19	6	10
	1,5	15	24	10	20
NYFA	2,5	20	32	16	25
NYFAF					
NYFAZ	4	25	42	20	35
NYFAD	6	33	54	25	50
NYA	10	45	73	35	63
NYAF					
NYFAw	16	61	98	50	80
NYFAFw	25	83	129	63	100
NYFAZw	35	103	158	80	125
NYFADw	50	132	198	100	160
dan NYL	70	165	245	125	200
	95	197	292	180	250
	120	235	344	250	315
	150	-	391	-	315
	185	-	448	-	400
	240	-	528,5	-	400
	300	-	608	-	500
	400	-	728	-	630
	500	-	830	-	630

Sumber: PUIL 2000

Contoh menentukan ukuran kabel listrik:

Suatu instalasi listrik 3 fasa, memiliki beban maksimal tiap fasanya sebesar 200 Ampere, maka ukuran kabel listrik yang akan digunakan sebaiknya memiliki kemampuan hantar arus sebesar:

125 % x Arus maksimal

125 % x 200 = 250 Ampere

Sehingga ukuran kabel yang digunakan sebesar 95 mm²

Arti Kode Huruf Kabel

Jenis kabel yang digunakan pada instalasi rumah, instalasi panel kendali skala kecil yaitu kabel *NYA*, kabel *NYAF* dan kabel *NYM*. Huruf pada jenis-jenis kabel tersebut memiliki masing-masing arti sebagai berikut:

- Kabel *NYA*:
 - N : Kabel berinti tembaga
 - Y : Kabel berisolasi PVC
 - A : Kabel berinti satu/tunggal
- Kabel *NYAF*:
 - N : Kabel berinti tembaga
 - Y : Kabel berisolasi PVC
 - A : Kabel berinti satu/tunggal
 - F : Penghantar kawat berserabut
- Kabel *NYM*
 - N : Kabel berinti tembaga
 - Y : Kabel berisolasi PVC
 - M : Kabel berinti lebih dari satu
- Kabel *NYMHY*
 - N : Kabel berinti tembaga
 - Y : Kabel berisolasi PVC
 - M : Kabel berinti lebih dari satu
 - H : Kabel fleksibel (serabut)
 - Y : Kabel dengan selubung luar berisolasi PVC

2.6. Pilot Lamp

Pilot lamp atau lampu indikator merupakan komponen yang digunakan sebagai lampu tanda. Lampu-lampu tersebut digunakan untuk berbagai keperluan misalnya untuk lampu indikator pada panel penunjuk fasa R, S dan T atau L₁, L₂ dan L₃. Selain itu *pilot lamp* digunakan sebagai indikator bekerjanya suatu sistem kendali. Sebagai contoh, *pilot lamp* merah menyala sebagai indikator bahwa motor listrik dalam kondisi tidak beroperasi dan jika *pilot lamp hijau* menyala sebagai indikator motor listrik dalam kondisi beroperasi.



Gambar 2.16 Bentuk dan warna *pilot lamp*

Prinsip kerja

Pilot lamp bekerja ketika ada tegangan masuk pada terminal fasa dan netral. Jika tegangan telah masuk, ditandai dengan menyalnya lampu atau *led* pada *pilot lamp*.

Tegangan kerja pada *pilot lamp*

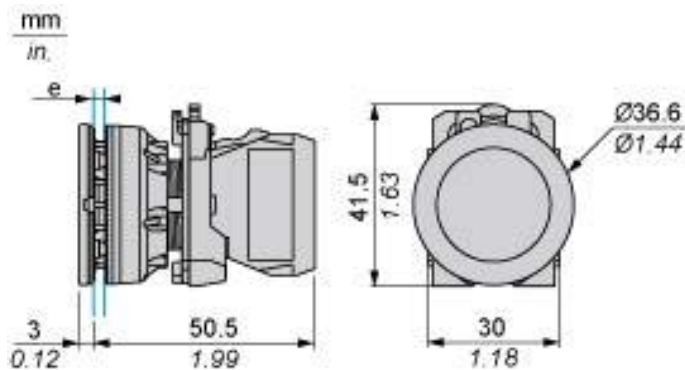
Pilot lamp mempunyai banyak tegangan kerja untuk bisa menyala/ beroperasi, mulai dari tegangan 24 VDC, tegangan 110 VAC s.d 120 VAC, tegangan 230 VAC s.d. 240 VAC.

Indikator Fasa R, S, T pada Panel Distribusi

Sebagai indikator pada panel distribusi, untuk fasa R menggunakan *pilot lamp* berwarna merah. Fasa S menggunakan *pilot lamp* berwarna kuning. Fasa T menggunakan *pilot lamp* berwarna hijau. Sedangkan untuk indikator pada tombol kontrol: *Run/jalan* menggunakan *pilot lamp* berwarna hijau. *Stop/berhenti* menggunakan *pilot lamp* berwarna merah. *Alarm/fault* menggunakan *pilot lamp* berwarna kuning.

Diameter *Pilot Lamp*

Terdapat diameter lubang yang bisa disesuaikan, berikut beberapa diameter umum pada *pilot lamp* yaitu ukuran 22 mm, 25 mm, 30 mm dan 30,5 mm.



Gambar 2.17 Ukuran/diameter *pilot lamp*

2.7. *Pushbutton*

Pushbutton atau tombol tekan berfungsi sebagai pemutus atau penyambung arus listrik dari sumber ke beban. *Pushbutton* adalah salah satu komponen panel listrik yang memiliki fungsi seperti saklar, namun bedanya *pushbutton* memiliki pegas di dalamnya dan akan kembali ke posisi semula saat ditekan.

Bentuk dan Karakteristik *Pushbutton*

Pushbutton memiliki dua jenis kontak, yaitu *pushbutton* kontak *NO* dan *Pushbutton* kontak *NC* seperti yang terlihat pada Gambar 2.18.



Gambar 2.18 Bentuk *pushbutton*

Pushbutton kontak *NC* berwarna merah difungsikan sebagai tombol *stop*. Sedangkan *pushbutton* kontak *NO* berwarna hijau difungsikan sebagai tombol *start*

Jenis-jenis *Pushbutton*

Pushbutton dibedakan menjadi beberapa tipe, yaitu:

- Tipe *Normally Open* (NO)

Tombol ini disebut juga dengan tombol *start* karena kontak akan menutup bila ditekan dan kembali terbuka bila dilepaskan. Bila tombol ditekan maka kontak bergerak akan menyentuh kontak tetap sehingga arus listrik akan mengalir.

- Tipe *Normally Close* (NC)

Tombol ini disebut juga dengan tombol *stop* karena kontak akan membuka bila ditekan dan kembali tertutup bila dilepaskan. Kontak bergerak akan lepas dari kontak tetap sehingga arus listrik akan terputus.

- Tipe *Normally Close* (NC) dan *Normally Open* (NO)

Tipe kontak ini memiliki 4 buah terminal baut, sehingga bila tombol tidak ditekan maka sepasang kontak akan *NC* dan kontak lain akan *NO*, bila tombol ditekan maka kontak tertutup akan membuka dan kontak yang membuka akan tertutup. Tipe *pushbutton* ini biasa digunakan untuk tombol dalam menjalankan/memberhentikan sistem *crane*.



Gambar 2.19 Tombol *pushbutton* NO/NC

Prinsip kerja

Pushbutton On, adalah tombol *NO* (*Normally Open*), saat *push button* dalam keadaan normal (tidak ditekan), maka posisi terminal di dalamnya dalam keadaan tidak terhubung (terbuka), sebaliknya saat *pushbutton On* ditekan maka terminal di dalamnya akan terhubung (tertutup).

Pushbutton Off, adalah tombol jenis *NC (normally Close)*, saat *push button* dalam keadaan normal (tidak ditekan), maka posisi terminal di dalamnya dalam keadaan terhubung (tertutup), sebaliknya saat *pushbutton off* ditekan maka terminal di dalamnya akan terputus (terbuka).

2.8. Contoh Soal

1. Kemampuan hantar arus suatu penghantar listrik ditentukan berdasarkan:
 - a. Jenis konduktor
 - b. Luas penampang penghantar
 - c. Lokasi pemasangan & suhu
 - d. Semua jawaban benar

Jawaban: d

2. Jenis-jenis kabel yang umum kita ketahui antara lain: *NYA, NYAF, NYM, NYY* dll. Huruf *N* dan *A* bermakna:
 - a. *N* = Inti tembaga, *A* = Kabel tunggal
 - b. *N* = Inti tembaga, *A* = Isolasi PVC
 - c. *N* = Inti Aluminium, *A* = Kabel tunggal
 - d. *N* = Inti Aluminium *A* = Isolasi PVC

Jawaban: a

3. *MCB* merupakan singkatan dari:
 - a. *Moulded case breaker*
 - b. *Moulded circuit breaker*
 - c. *Miniature case breaker*
 - d. *Miniature circuit breaker*

Jawaban: d

4. Peralatan yang dapat memutuskan arus listrik ketika terjadi gangguan arus lebih yang disebabkan oleh hubung singkat dan beban lebih pada tegangan rendah adalah:
 - a. *MCB*
 - b. Kontaktor
 - c. *LBS*
 - d. *MCCB*

Jawaban: a

5. Untuk menentukan kapasitas MCB yang akan digunakan pada instalasi kelistrikan dengan menggunakan ketentuan sbb:
- MCB = $110\% \times I_n$
 - MCB = $125\% \times I_n$
 - MCB = $1,1 I_n$
 - Jawaban a & c benar

Jawaban: b

6. Apabila daya terpasang diketahui 2200 VA, maka pengaman (MCB) yang harus dipasang sebesar:
- 2 A
 - 4 A
 - 10 A
 - 6 A

Jawaban: c

7. Angka 13-14 & 21-22 pada kontaktor merupakan angka pada:
- Kontak Utama
 - Koil
 - Kontak bantu
 - Jawaban a dan c benar

Jawaban: c

8. Kontak bantu dengan kondisi *normally open* pada kontaktor adalah:
- 43-44
 - 21-22
 - 31-32
 - Jawaban b dan c benar

Jawaban: a

9. Kontak bantu dengan kondisi *normally close* pada kontaktor adalah:
- | | |
|------------------|------------------|
| a. 21-22 & 31-32 | c. 13-14 & 21-22 |
| b. 31-32 & 43-44 | d. 13-14 & 43-44 |

Jawaban: a

10. Pada saat kontaktor belum bekerja, kedudukannya membuka. Bila kontaktor bekerja kontak menutup/terhubung. Kondisi tersebut adalah:
- Kondisi kontak *normally close*
 - Kondisi kontak *normally open*

- c. Kondisi kontak menutup
- d. Kondisi kontak rusak.

Jawaban: b

11. Kontak utama pada kontaktor digunakan pada sirkit daya untuk:
- a. Menghubungkan sumber daya listrik 3 fasa dengan rangkaian kendali
 - b. Menghubungkan sumber daya listrik 1 fasa dengan rangkaian kendali
 - c. Menghubungkan sumber daya listrik 3 fasa dengan motor listrik
 - d. Menghubungkan sumber daya listrik 1 fasa dengan beban

Jawaban: c

12. Peralatan yang berfungsi sebagai pengaman motor listrik dari beban lebih pada rangkaian kendali *starter* DOL ataupun bintang segitiga adalah:
- a. MCB
 - b. *Fuse*
 - c. MCCB
 - d. TOR

Jawaban: d

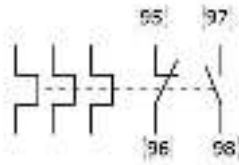
13. Tipe MCB yang akan *trip* ketika arus beban lebih sebesar 3-5 kali dari arus nominal MCB adalah:
- a. MCB tipe B
 - b. MCB tipe C
 - c. MCB tipe D
 - d. MCB tipe A

Jawaban: a

14. Pada saat kondisi kelebihan beban, arus mengalir melalui bimetal menyebabkan suhu bimetal menjadi tinggi. Suhu tinggi tersebut mengakibatkan bimetal melengkung sehingga memutuskan kontak MCB. Penjelasan tersebut merupakan cara kerja MCB berdasarkan:
- a. *Magnetic tripping*
 - b. *Thermal tripping*
 - c. *MCB tripping*
 - d. *Bimetal tripping*

Jawaban: b

15. Gambar di bawah ini menunjukkan simbol dari:

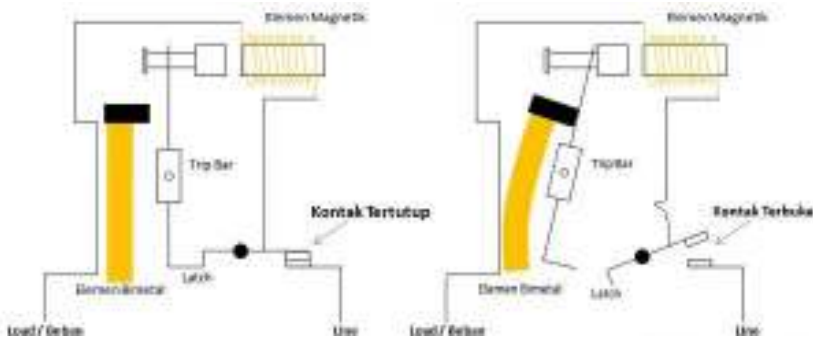


- TOR
- MCB
- Kontaktor
- Push Button

Jawaban: a

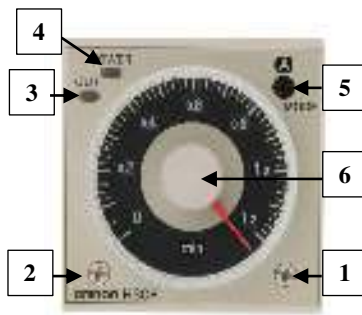
2.9. Soal Latihan

- Sebutkan dan jelaskan jenis-jenis *miniature circuit breaker* (MCB) yang saudara ketahui?
- Sebutkan bagian-bagian dari *miniature circuit breaker* (MCB). Dan bagian manakah yang berfungsi sebagai *magnetic trip* yang bekerja pada saat terjadi hubung singkat arus listrik?
- Gambar di bawah ini menunjukan cara kerja *miniature circuit breaker* (MCB) berdasarkan?



- Sebutkan bagian-bagian dari kontaktor!
- Kontak bantu dengan notasi angka 13-14 pada kontaktor memiliki jenis kontak? dan digunakan sebagai?
- Jelaskan fungsi dari *thermal overload relay* (TOR)?

7. Kontak bantu *NO* pada *thermal overload relay* (TOR) ditunjukkan dengan notasi angka?
8. Diketahui data motor listrik 3 fasa memiliki daya sebesar 1,5 HP, tegangan 380 V, $\text{Cos} = 0,85$. Hitunglah berapa *setting*-an TOR yang digunakan untuk data motor tersebut.
9. Pada gambar di bawah ini, bagian yang digunakan untuk menentukan jenis waktu yang diinginkan ditunjukkan dengan no? dan disebut dengan apa?



10. Pada soal no. 9, bagian yang digunakan untuk mengubah fungsi dari *Time Delay Relay*, apakah berfungsi menjadi *on delay timer* atau *off delay timer* ditunjukkan pada no? Dan disebut dengan?

BAB 3

MOTOR INDUKSI 3 FASA DAN CARA PENGASUTANNYA

Capaian Pembelajaran:

1. Mampu menjelaskan bagian-bagian dan prinsip kerja motor induksi 3 fasa, arus nominal dan arus beban penuh motor induksi 3 fasa dan *name plate* motor induksi 3 fasa.
2. Mampu menentukan hubungan motor induksi 3 fasa: hubungan delta dan hubungan bintang.
3. Mampu mengaplikasikan kendali *starter* DOL motor induksi 3 fasa: diagram sirkit kendali dan diagram sirkit daya.

3.1. Motor Induksi 3 Fasa

Motor arus bolak-balik (Motor AC) adalah suatu mesin yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik atau tenaga gerak, di mana tenaga gerak ini berupa perputaran pada poros motor. Salah satu jenis dari motor listrik 3 fasa adalah motor induksi. Motor induksi banyak dipakai dikalangan industri, ini berkaitan dengan beberapa keuntungan yaitu:

- Konstruksi sederhana dan daya tahan kuat.
- Harga relatif murah dan perawatan mudah.
- Tidak membutuhkan sikat, sehingga rugi gesekan bisa dikurangi.
- Efisiensi tinggi.

Sedangkan kekurangan motor induksi:

- Proses pengaturan kecepatan motor induksi dapat mempengaruhi efisiensi.
- Kecepatan motor induksi akan menurun seiring dengan bertambahnya beban.
- Kopel awal mutunya rendah.

- Arus *starting* yang cukup tinggi, berkisar antara 5–6 kali arus nominal motor induksi.

Konstruksi Motor Induksi 3 Fasa

Konstruksi motor induksi terdiri dari tiga bagian utama yaitu stator, rotor dan celah udara, seperti yang terlihat pada Gambar 3.1.

- Stator: Merupakan bagian yang diam dan mempunyai kumparan yang dapat menginduksikan medan elektromagnetik kepada kumparan rotornya.
- Rotor: Merupakan bagian yang bergerak akibat adanya induksi magnet dari kumparan stator yang diinduksikan kepada kumparan rotor.
- Celah udara: Tempat berpindahnya energi dari stator ke rotor.



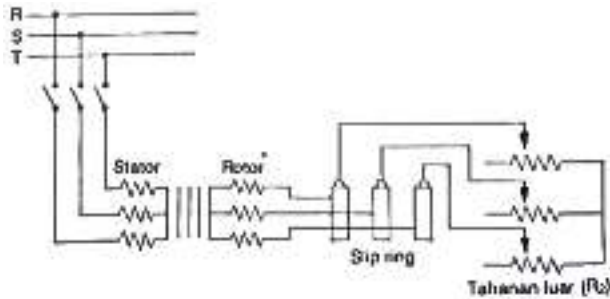
Gambar 3.1 Konstruksi motor induksi

Motor induksi 3 fasa dapat dibedakan berdasarkan jenis rotornya, yaitu motor induksi dengan rotor sangkar dan motor induksi dengan rotor belitan.

- **Motor induksi rotor belitan**

Motor induksi jenis ini mempunyai rotor dengan belitan kumparan tiga fasa sama seperti kumparan stator. Kumparan stator dan rotor juga mempunyai jumlah kutub yang sama. Seperti yang terlihat pada Gambar 3.2 penambahan tahanan luar sampai harga tertentu dapat membuat kopel mula mencapai harga kopel maksimumnya. Kopel mula yang besar memang diperlukan pada waktu start. Motor induksi dengan rotor belitan memungkinkan penambahan (pengaturan) tahanan luar. Tahanan luar yang dapat diatur ini dihubungkan ke rotor melalui cincin. Selain untuk menghasilkan kopel mula yang besar, tahanan luar tadi diperlukan untuk

membatasi arus mula yang besar pada saat start. Di samping itu dengan mengubah-ubah tahanan luar, kecepatan motor dapat diatur.



Gambar 3.2 Skematik diagram motor induksi rotor belitan

- Motor induksi rotor sangkar

Motor induksi jenis ini mempunyai rotor dengan kumparan yang terdiri dari beberapa batang konduktor yang disusun sedemikian rupa sehingga menyerupai sangkar tupai. Konstruksi rotor seperti ini sangat sederhana bila dibandingkan dengan rotor mesin listrik lainnya. Dengan demikian harganya pun murah. Karena konstruksinya yang demikian, padanya tidak mungkin diberikan pengaturan tahanan luar seperti pada motor induksi dengan motor belitan. Untuk membatasi arus mula yang besar, tegangan sumber harus dikurangi dan biasanya digunakan *autotransformator* atau saklar bintang-segitiga.

Prinsip kerja Motor Induksi

- Apabila sumber tegangan 3 fasa dipasang pada kumparan stator, timbullah medan putar dengan kecepatan:

$$n_s = \frac{120f}{p} \dots\dots\dots (3-1)$$

- Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor. Akibatnya pada umpanan rotor akan timbul ggl induksi sebesar:

$$E_{2s} = 4,44f_2N_2 \dots\dots\dots (3-2)$$

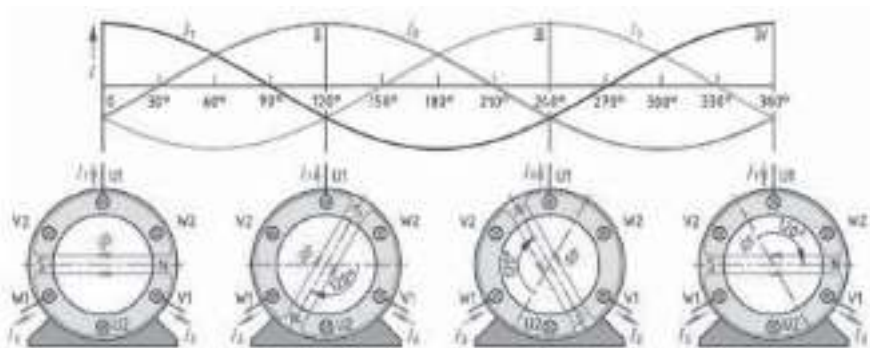
(untuk satu fasa), E_{2s} : Tegangan induksi pada saat rotor berputar.

- Karena kumparan rotor merupakan rangkaian tertutup, ggl (E) akan menghasilkan arus.
- Adanya arus (I) di dalam medan magnet menimbulkan gaya (F) pada rotor.
- Bila Kopel mula yang dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor cukup besar untuk memikul kopel beban, rotor akan berputar searah dengan putar stator
- Agar tegangan terinduksi diperlukan adanya perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator (n_s) dengan kecepatan berputar rotor (n_r).
- Perbedaan kecepatan antara n_r dan n_s disebut slip (S) dinyatakan dengan persamaan:

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\% \dots\dots\dots (3-3)$$

- Bila n_r dan n_s tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada kumparan jangkar rotor, dengan demikian tidak dihasilkan kopel. Kopel motor akan ditimbulkan apabila n_r lebih kecil dari n_s .

Prinsip kerja motor induksi dapat dijelaskan dengan gelombang sinusoidal seperti yang terlihat pada Gambar 3.3, terbentuknya medan putar pada stator motor induksi. Tampak stator dengan dua kutub, dapat diterangkan dengan empat kondisi sebagai berikut:



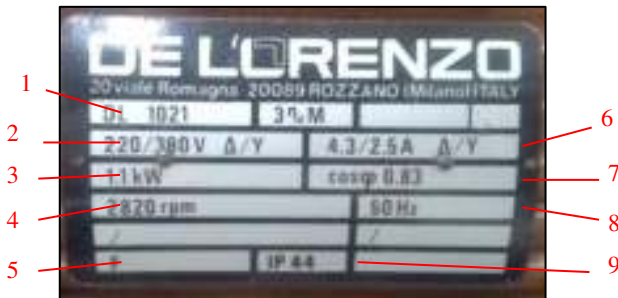
Gambar 3.3 Bentuk gelombang sinusoida dan timbulnya medan putar pada stator motor induksi

1. Saat sudut 0° . Arus I_1 bernilai positif dan arus I_2 dan arus I_3 bernilai negatif dalam hal ini belitan V_2 , U_1 dan W_2 bertanda silang (arus meninggalkan pembaca), dan belitan V_1 , U_2 dan W_1 bertanda titik (arus listrik menuju pembaca). Terbentuk fluk magnet pada garis horizontal sudut 0° . Kutub S (*South* = Selatan) dan kutub N (*North* = Utara).
2. Saat sudut 120° . Arus I_2 bernilai positif dan arus I_1 dan arus I_3 bernilai negatif dalam hal ini belitan W_2 , V_1 , dan U_2 bertanda silang (arus meninggalkan pembaca), dan belitan W_1 , V_2 , U_1 dan W_1 bertanda titik (arus listrik menuju pembaca). Garis fluk magnet kutub S dan N bergeser 120° dari posisi awal.
3. Saat sudut 240° . Arus I_3 bernilai positif dan arus I_1 dan arus I_2 bernilai negatif dalam hal ini belitan U_2 , W_1 , dan V_2 , bertanda silang (arus meninggalkan pembaca), dan belitan U_1 , W_2 , dan V_1 bertanda titik (arus listrik menuju pembaca). Garis fluk magnet kutub S dan N bergeser 120° dari posisi kedua.
4. Saat sudut 360° . Posisi ini sama dengan sudut 0° , di mana kutub S dan N kembali ke posisi awal.

Dari keempat kondisi di atas saat sudut 0° , 120° , 240° dan 360° dapat dijelaskan terbentuknya medan putar pada stator, medan magnet putar stator akan memotong belitan rotor. Kecepatan medan putar stator ini sering disebut kecepatan sinkron, tidak dapat diamati dengan alat ukur tetapi dapat dihitung secara teoritis dengan persamaan (3-1).

Name Plate Motor Induksi

Name plate motor listrik ini berisikan informasi-informasi penting mengenai motor listrik. Memahami *name plate*, merupakan langkah awal untuk bisa memahami hubungan belitan motor 3 fasa. Ada banyak informasi yang disajikan pada *name plate* tersebut, mulai dari data pabrikan: merek, *series* dan *type*, nomor katalog; data elektrik: tegangan, arus, *power factor*, kecepatan, daya; data mekanis: massa, *frame*. Gambar 3.4 memperlihatkan contoh *name plate*



Gambar 3.4 Name plate motor induksi 3 fasa

Keterangan Gambar 3.4:

1. DL 1021: Menunjukkan tipe/model dari motor listrik tersebut. Jika terdapat kerusakan/permasalahan pada motor tersebut, *user* bisa langsung menyebutkan kodenya untuk mempermudah oleh pihak distributor/produsen.
2. 220/380V Δ/Y : Menunjukkan tegangan kerja motor untuk bisa beroperasi normal. Tegangan 220 V untuk hubungan delta dan tegangan 380 V untuk hubungan bintang. Jika tegangan kerja tersebut tidak terpenuhi maka kinerja motor akan terpengaruh.
3. 1,1 kW: Menunjukkan besaran *ouput* daya motor dalam satuan kW, pada motor jenis lain terdapat juga dalam satuan daya HP (*Horse Power*). 1 HP = 0,746 kW = 746 W.
4. 2820 rpm: Menunjukkan jumlah putaran motor per menit pada saat motor bekerja normal. Jumlah putaran ini dipengaruhi langsung oleh jumlah kutub dan frekuensi.
5. F: Menunjukkan kemampuan isolasi belitan bertahan pada suhu operasi tertentu. Untuk kelas isolasi F, temperatur operasional maksimum yang diperbolehkan 155 °C. Berdasarkan standar *NEMA*, kelas isolasi terdiri dari kelas isolasi A, B, F dan H.
6. 4,3/2,3 A Δ/Y : Menunjukkan besarnya arus nominal motor bekerja pada beban penuh. Parameter arus ini penting untuk diketahui sebagai acuan untuk pemilihan jenis dan besar kabel untuk instalasi motor dan juga untuk penentuan proteksi motor.
7. $\cos \phi$ 0,83: Merupakan nilai faktor daya yang didapat pada pengujian motor pada beban penuh. Nilai faktor daya akan berubah

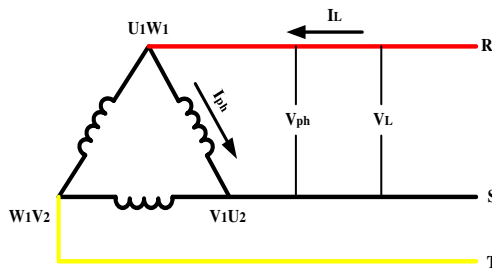
sesuai dengan berapa persen motor tersebut memikul beban. Semakin tinggi beban yang dipikul motor semakin tinggi pula *power factor* yang dihasilkan.

8. 50 Hz: Merupakan besaran frekuensi yang harus diterima motor agar berputar dengan jumlah putaran sesuai dengan *name plate*-nya.
9. *IP 44: Ingress Protection* atau tingkat perlindungan, merupakan tingkat ketahanan motor terhadap debu dan air. *IP 44* memiliki makna, motor tersebut aman dari benda padat berukuran 1 mm dan aman dari semprotan air dari semua arah selama 10 menit.

Hubungan Motor Induksi 3 Fasa

1. Hubungan *Delta*

Pada hubungan belitan ini bisa dilakukan dengan menghubungkan salah satu ujung tiap pasang belitan dengan salah satu pangkal belitan lainnya. Misalkan penamaan pasangan belitan itu adalah U_1-U_2 , V_1-V_2 , W_1-W_2 maka ujung pangkal belitan yang dihubungkan adalah U_1W_2 , $V_1 U_2$, $W_1 V_2$ seperti yang terlihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Hubungan segitiga (*delta*) belitan motor listrik

Hubungan Delta berlaku persamaan:

$$I_A = I_B = I_C = I_L \dots\dots\dots (3-4)$$

$$I_L = \sqrt{3}I_{ph} \dots\dots\dots (3-5)$$

$$V_{AB} = V_{BC} = V_{CA} = V_{L-L} \dots\dots\dots (3-6)$$

$$V_{L-L} = V_{ph} \dots\dots\dots (3-7)$$

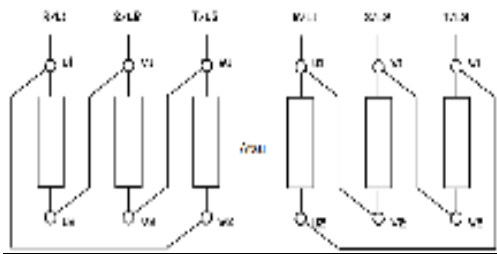
Keterangan:

V_{L-L} : Tegangan antar fasa

V_{ph} : Tegangan fasa netral

I_L : Arus antar fasa

I_{ph} : Arus fasa netral



(a)

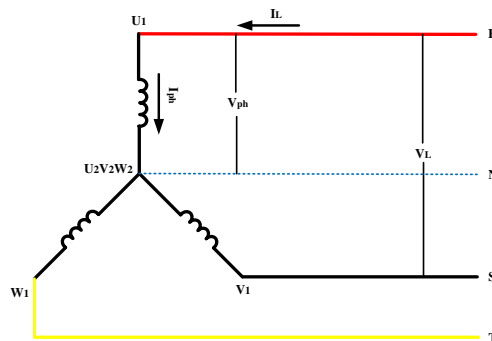


(b)

Gambar 3.6 (a) Bentuk hubungan *delta* (b) hubungan *delta* pada terminal motor listrik

2. Hubungan Bintang

Pada hubungan belitan ini bisa dilakukan dengan menghubungkan salah satu ujung tiap pasang belitan menjadi satu. Misalkan penamaan pasangan belitan itu adalah U_1-U_2 , V_1-V_2 , W_1-W_2 maka ujung belitan U_2 , V_2 , W_2 dihubungkan menjadi satu, seperti yang terlihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.7 Hubungan bintang belitan motor listrik

Hubungan bintang berlaku persamaan:

$$I_A = I_B = I_C = I_L \dots\dots\dots (3-8)$$

$$I_L = I_{ph} \dots\dots\dots (3-9)$$

$$V_{AB} = V_{BC} = V_{CA} = V_{L-L} \dots\dots\dots (3-10)$$

$$V_{L-L} = \sqrt{3}V_p \dots\dots\dots (3-11)$$

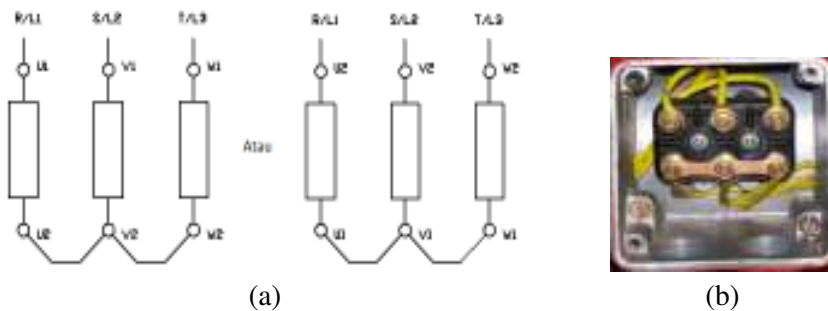
Keterangan:

V_{L-L} : Tegangan antar fasa

V_{ph} : Tegangan fasa netral

I_L : Arus antar fasa

I_{ph} : Arus fasa netral



Gambar 3.8 (a) Bentuk hubungan bintang (b) Hubungan bintang pada terminal motor listrik

Jaringan distribusi tegangan rendah PLN umumnya memiliki tegangan 220/380 V. Tegangan 220 V untuk tegangan 1 fasa (fasa-netral), sedangkan tegangan 380 V digunakan untuk tegangan 3 fasa (fasa-fasa). Sebuah motor harus digunakan dalam hubungan bintang (delta) atau hubungan segitiga (star) tergantung pada tegangan jaringannya. Tegangan motor biasanya dapat dilihat pada *name plate*. Contoh nilai tegangan motor listrik 3 fasa adalah 220/380 V Δ/Y atau 380/660 V Δ/Y .

Jika sebuah motor memiliki nilai tegangan 220/380V Δ/Y , motor ini harus digunakan dalam hubungan bintang, sehingga kumparan-kumparan motor akan mendapatkan nilai tegangan yang sama dengan tegangan listrik 3 fasa PLN. Jika motor tersebut digunakan dalam hubungan delta, maka kumparan motor tersebut akan terbakar, karena nilai tegangan setiap kumparan hanya mampu dilewati oleh tegangan 220 V, sedangkan tegangan listrik 3 fasa PLN sebesar 380 V.

3.2. Cara Pengasutan Motor Induksi 3 Fasa

Pengasutan motor induksi dimaksudkan agar tidak terjadi lonjakan arus mula (arus *starting*) dan TORsi awal yang kecil. Arus mula yang tinggi ini berkisar antara lima sampai delapan kali arus nominal motor. Lonjakan arus mula yang besar dapat mengakibatkan terjadinya gangguan dalam jaringan listrik, seperti penurunan tegangan sesaat (kedip tegangan). Tabel 3.1 di bawah ini memperlihatkan beberapa petunjuk mengenai cara pengasutan motor listrik 3 fasa.

Tabel 3.1 Cara pengasutan motor listrik 3 fasa

No	Daya	Cara Pengasutan
1.	< 5 kW	Dihubungkan langsung dengan jaringan (<i>DOL = Direct On-Line</i>)
2.	5,5 kW s.d 22 kW	Dihubungkan dengan saklar bintang segitiga (Y- Δ)
3.	22 kW s.d 150 kW	Dihubungkan dengan <i>auto trafo</i>

Pengasutan sistem DOL (*Direct On Line*)

Jenis pengasutan ini adalah yang umum dipakai terutama untuk daya motor listrik di bawah 5 kW. Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pengasutan secara langsung (*DOL*) ini antara lain:

1. Arus meningkat 5 s.d 7 kali arus beban penuh.
2. Torsi berkisar antara 1,5 s.d 2,5 kali TORsi beban penuh.
3. Terjadi *drop* tegangan pada start awal
4. Untuk daya motor listrik yang besar, tidak disarankan menggunakan pengasutan jenis ini.

Pengasutan sistem Bintang-Segitiga

Pengasutan dengan metode bintang segitiga ini memanfaatkan penurunan tegangan yang dicatu ke motor saat motor terhubung dalam rangkaian star. Pada waktu pengasutan, yakni saat stator berada pada rangkaian bintang, arus motor hanya mengambil sepertiga (30%) dari arus motor jika motor diasut dengan metode *DOL*. Karena TORsi motor berbanding lurus dengan arus, maka TORsi motor pada rangkaian bintang menjadi sepertiga dari TORsi pada rangkaian delta. Ketika motor sudah mencapai kecepatan nominalnya maka hubungan belitan stator motor

diubah menjadi delta. Karena itu, metode ini hanya dapat digunakan untuk motor yang belitan statornya terhubung delta pada kondisi normal. Di samping itu, metode ini digunakan untuk aplikasi di mana TORsi beban pada waktu pengasutan sangat rendah. Motor yang memikul beban lebih besar daripada 50% TORsi nominal motor tidak dapat menggunakan metode ini.

Pengasutan sistem Autotrafo

Metode pengasutan ini digunakan untuk menjalankan motor rotor sangkar tiga fasa dengan cara memperkecil tegangan masuk ke motor melalui *autotrafo*. *Autotrafo* memiliki beberapa tap yang dapat digunakan untuk memberikan tegangan motor yang lebih rendah pada waktu pengasutan. Aksi transformator ini mengakibatkan arus jaringan lebih kecil daripada arus motor sehingga tidak terjadi *voltage dip* (penurunan tegangan sesaat) pada jaringan. Pada pengasutan ini, motor induksi dihubungkan seri dengan *autotrafo* melalui tap pada belitan sekundernya dan memberikan TORsi pengasutan yang besar.

3.3. Contoh Soal

1. Diketahui data motor listrik 3 fasa yaitu 1,5 HP, 380 Volt, $\text{Cos } \varphi$ 0,85. Berapakah nilai arus nominal motor listrik tersebut:
 - a. 0,2 A
 - b. 2 A
 - c. 4 A
 - d. 6 A

Jawaban: b

2. Motor listrik 3 fasa dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu:
 - a. Motor AC & Motor DC
 - b. Motor Induksi & Motor sinkron
 - c. Motor Asinkron & Motor Induksi
 - d. Motor sinkron & Motor AC

Jawaban: b

3. Beberapa keuntungan penggunaan motor induksi, kecuali:
 - a. Konstruksi sederhana dan daya tahan kuat
 - b. Harga relatif murah dan perawatan mudah

- c. Tidak membutuhkan sikat, sehingga rugi gesekan bisa dikurangi
- d. Arus *starting* rendah/kecil

Jawaban: d

4. Konstruksi motor induksi terdiri dari tiga bagian utama, yaitu stator, rotor dan celah udara. Bagian motor induksi yang bergerak disebut:
- a. Celah udara
 - b. Stator
 - c. Rotor
 - d. *Air gap*

Jawaban: c

5. Bagian pada motor induksi yang berfungsi sebagai tempat berpindahnya energi dari stator ke rotor disebut dengan:
- a. Celah udara
 - b. Rotor
 - c. Stator
 - d. Poros motor

Jawaban: a

6. Apabila sumber tegangan 3 fasa dipasang pada kumparan stator, maka timbul medan putar dengan kecepatan:
- a. $\frac{120xF}{P}$
 - b. $\frac{120xf}{P}$
 - c. $\frac{60xF}{P}$
 - d. $\frac{60xf}{P}$

Jawaban: b

7. Medan putar stator, umumnya dituliskan dengan simbol:
- a. N_r
 - b. n_r
 - c. n_s
 - d. N_s

Jawaban: c

8. Perbedaan kecepatan antara rotor dan medan putar stator disebut dengan:
- Kecepatan motor
 - Kecepatan rotor
 - Slip
 - Semua jawaban salah

Jawaban: c

9. Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai slip adalah:
- $\frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\%$
 - $\frac{n_s - n_r}{n_r} \times 100\%$
 - $\frac{n_r - n_s}{n_s} \times 100\%$
 - $\frac{n_r - n_s}{n_r} \times 100\%$

Jawaban: a

10. Informasi apa saja yang dapat diperoleh dari *name plate* motor listrik:
- Daya, arus, tegangan, faktor daya, kecepatan
 - Data pabrikan, data elektrik, data mekanis
 - Merek, *series*, tipe, nomor katalog, daya, arus, tegangan, faktor daya, kecepatan
 - Data pabrikan, daya arus, tegangan, faktor daya, kecepatan, jumlah kutub

Jawaban: b

11. Pada *name plate* yang menunjukkan kemampuan isolasi belitan bertahan pada suhu operasi tertentu disebut dengan:
- Efisiensi
 - IP
 - Kelas isolasi
 - Faktor daya

Jawaban: c

12. Perbandingan antara daya *output* dengan daya input dalam persen disebut dengan:
- Efisiensi
 - Kecepatan

- c. *Power factor*
- d. Daya motor

Jawaban: a

13. Jika diketahui daya motor listrik sebesar 5 HP, berapakah daya motor listrik tersebut dalam satuan Watt:
- a. 0,746 Watt
 - b. 3.730 Watt
 - c. 746 Watt
 - d. 3,730 Watt

Jawaban: b

14. Jika motor listrik dihubungkan bintang, maka nilai tegangan *line-nya* adalah:
- a. $V_L = \sqrt{3} \times V_{ph}$
 - b. $V_L = V_{ph}$
 - c. $V_L = V_{AB} = V_{BC} = V_{CD}$
 - d. $V_L = 3 \times V_{ph}$

Jawaban: a

15. Hubungan bintang pada motor listrik dilakukan dengan cara:
- a. Menghubungkan terminal U_2, V_2, W_2 menjadi satu
 - b. Menghubungkan $U_1-W_2, V_1-U_2, W_1-V_2$
 - c. Menghubungkan terminal U_1, V_1, W_1 menjadi satu
 - d. Semua jawaban salah

Jawaban: a

3.4. Latihan Soal

1. Gangguan-gangguan apakah yang akan timbul apabila sebuah motor kapasitas besar dihubungkan langsung dengan jaringan listrik?
2. Jelaskan dengan singkat cara-cara pengasutan motor 3 fasa?
3. Diketahui tegangan motor listrik 3 fasa sebesar 220 V Δ / 380 Y. Jika ingin dihubungkan langsung dengan jaringan listrik PLN, maka hubungan yang tepat adalah? Berikan penjelasan dari jawaban saudara?
4. Tiga buah resistor dijadikan beban tiga fasa, dihubungkan bintang terukur nilai arus $I_1=I_2=I_3$ sebesar 2,3 A. Kemudian dihubungkan

secara segitiga terukur nilai arus $I_1=I_2=I_3$ sebesar 6,9 A. Jika diketahui tegangan sebesar 400 Volt, faktor daya 0,9. Hitunglah:

- a. Besarnya daya aktif pada saat hubungan bintang?
 - b. Besarnya daya aktif pada saat hubungan segitiga?
 - c. Perbandingan daya aktif pada saat hubungan bintang dan segitiga?
5. Jelaskan disertai ilustrasi cara mengubah arah kecepatan motor listrik 3 fasa?

BAB 4

MENGOPERASIKAN MOTOR LISTRIK 3 FASA DENGAN *STARTER* DOL DARI SATU TEMPAT

Capaian Pembelajaran:

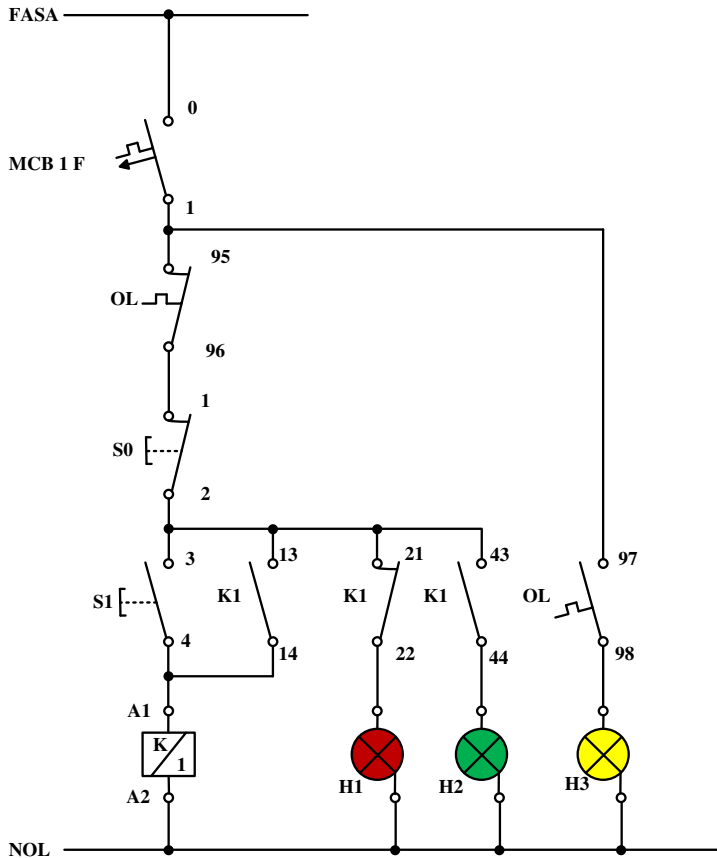
1. Mampu menjelaskan rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL dari satu tempat.
2. Mampu merancang rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL dari satu tempat.
3. Mampu memasang rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL dari satu tempat.
4. Mampu mengoperasikan rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL dari satu tempat.

4.1. Rangkaian Kendali

Gambar 4.1 menunjukkan rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL dari satu tempat yang dibangun dari beberapa material kerja seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Material kerja

No.	Material Kerja	Qty
1.	Kontaktor Utama, Tegangan <i>Coil</i> 220 Volt, 50 Hz	1
2.	<i>Thermal Overload Relay</i> (TOR)	1
3.	<i>Pushbutton Stop</i>	1
4.	<i>Pushbutton Start</i>	1
5.	MCB 3 Fasa	1
6.	MCB 1 Fasa	1
7.	Lampu Indikator (<i>Pilot Lamp</i>)	3
8.	Kabel Penghubung	Secukupnya
9.	Motor Induksi 3 Fasa	1
10.	<i>Terminal Box</i> Listrik	1
11.	Skun Kabel 4 Warna (R, S, T, N)	1 bks

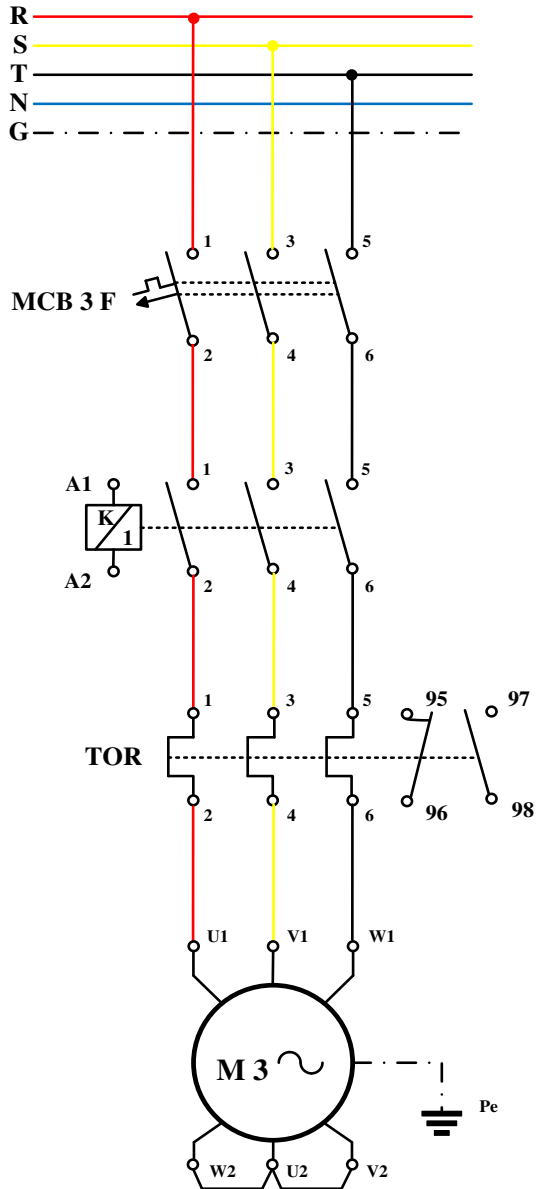


Gambar 4.1 Rangkaian kendali *starter* DOL dari satu tempat

4.2. Kalimat Kendali

1. S1 ditekan, koil kontaktor (K1) bekerja motor berputar dan menghidupkan lampu indikator (H2). S1 dilepas motor tetap berputar, disebabkan kontak 13-14 pada K1 mengunci (*self-holding*).
2. S0 ditekan, aliran daya listrik terputus, koil kontaktor (K1) tidak bekerja (melepas), motor berhenti berputar, mematikan lampu indikator H2 dan menghidupkan lampu indikator (H1).

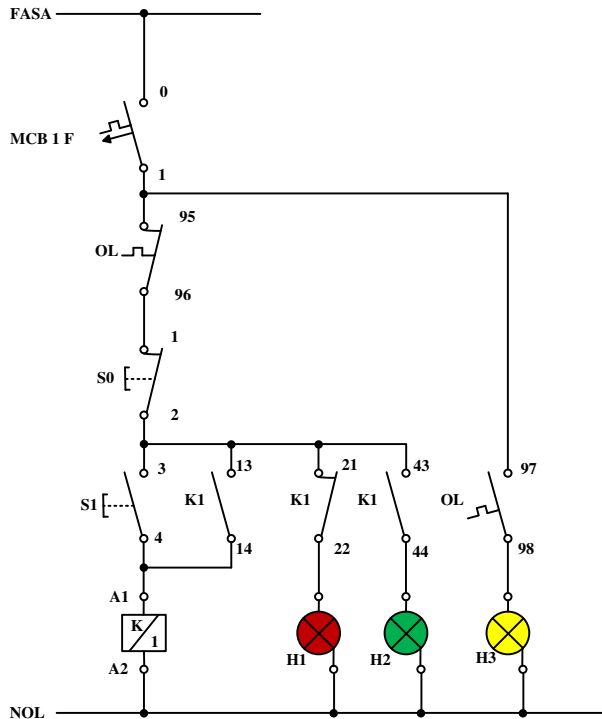
4.3. Rangkaian Daya



Gambar 4.2 Rangkaian daya *starter* DOL dari satu tempat

4.4. Contoh Soal

- Gambar di bawah ini merupakan diagram dari rangkaian:



- Starter DOL dari 2 tempat
- Starter DOL secara berurutan
- Starter DOL dari 1 tempat
- Starter DOL secara bergantian

Jawaban: c

- Gambar pada soal No.1 merupakan diagram rangkaian:

- Sirkuit daya
- Sirkuit utama
- Sirkuit DOL
- Sirkuit kendali

Jawaban: d

- Manakah pernyataan yang paling tepat di bawah ini:

- Pada saat S1 ditekan, coil kontaktor K1 aktif, kontak bantu 13-14 (K1) bekerja, lampu indikator H2 menyala, lampu indikator H1 dan H3 mati.

- b. Pada saat S1 ditekan, kontaktor K1 bekerja, lampu indikator H2 menyala, lampu indikator H1 dan H3 mati.
- c. Pada saat S1 ditekan, koil kontaktor K1 aktif, kontak bantu 13-14 (K1) bekerja, lampu indikator H1 menyala, lampu indikator H2 dan H3 mati.
- d. Pada saat S1 ditekan, kontaktor K1 bekerja, lampu indikator H2 dan H1 menyala, lampu indikator H3 mati.

Jawaban: a

- 4. Untuk membuat rangkaian kendali DOL dari 1 tempat, material kerja yang dibutuhkan adalah:
 - a. *Pushbutton stop, pushbutton start, MCB 3 fasa, MCB 1 fasa, pilot lamp, kontaktor, TOR*
 - b. *Thermal Overload Relay, Kabel, terminal box, pushbutton stop, pushbutton start, MCB 3 fasa, MCB 1 fasa, pilot lamp*
 - c. *Pushbutton stop, MCB 3 fasa, pilot lamp, kontaktor, TOR, kabel, pushbutton start, terminal box, MCB 1 fasa, motor induksi 3 fasa*
 - d. *Pushbutton stop, pushbutton start, MCB 3 fasa, MCB 1 fasa, pilot lamp, kontaktor, TOR, terminal box*

Jawaban: c

- 5. Pada saat kapan lampu indikator H3 bekerja (menyala)?

Jawaban:

Pada saat terjadi gangguan (*overload*) sehingga peralatan pengaman motor (*thermal overload relay/TOR*) bekerja, kontak bantu 95-96 yang semula *NO* menjadi *NC* menyalakan lampu indikator H3.

4.5. Latihan Soal

- 1. Buatlah gambar diagram pengawatan *starter* DOL untuk menjalankan motor listrik 3 fasa dari satu tempat.
- 2. Gambar dan simulasikan *starter* DOL untuk menjalankan motor listrik 3 fasa dari satu tempat menggunakan *software* EKTS. Hasilnya di-*print* pada kertas A4.

BAB 5

MENGOPERASIKAN MOTOR LISTRIK 3 FASA DENGAN STARTER DOL DARI DUA TEMPAT

Capaian Pembelajaran:

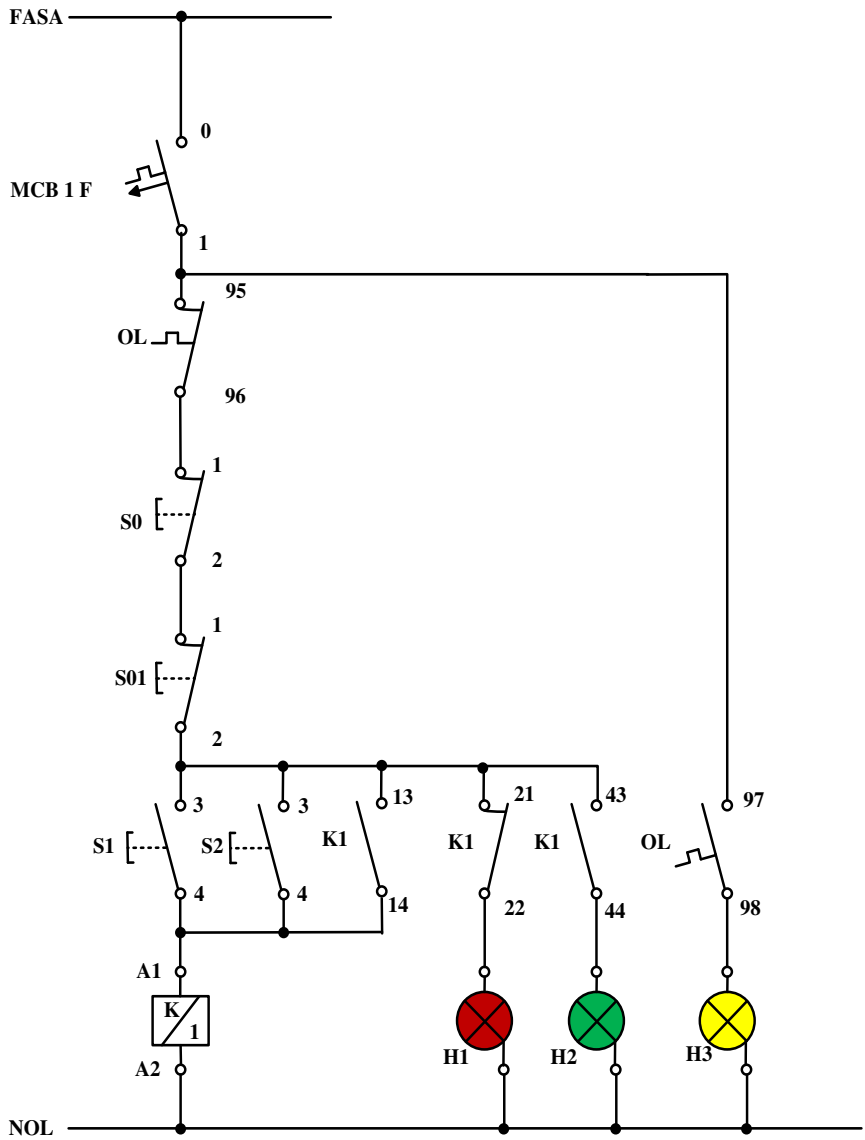
1. Mampu menjelaskan rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL dari dua tempat.
2. Mampu merancang rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL dari dua tempat.
3. Mampu memasang rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL dari dua tempat.
4. Mampu mengoperasikan rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL dari dua tempat.

5.1. Rangkaian Kendali

Gambar 5.1 menunjukkan rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL dari dua tempat yang dibangun dari beberapa material kerja seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Material kerja

No.	Material Kerja	Qty
1.	Kontaktor Utama, tegangan <i>coil</i> 220 Volt, 50 Hz	1
2.	<i>Thermal Overload Relay</i> (TOR)	1
3.	<i>Pushbutton Stop</i>	2
4.	<i>Pushbutton Start</i>	2
5.	MCB 3 Fasa	1
6.	MCB 1 Fasa	1
7.	Lampu Indikator (<i>Pilot Lamp</i>)	3
8.	Kabel Penghubung	Secukupnya
9.	Motor Induksi 3 Fasa	1
10.	<i>Terminal Box</i> Listrik	1
11.	Skun Kabel 4 Warna (R, S, T, N)	1 bks

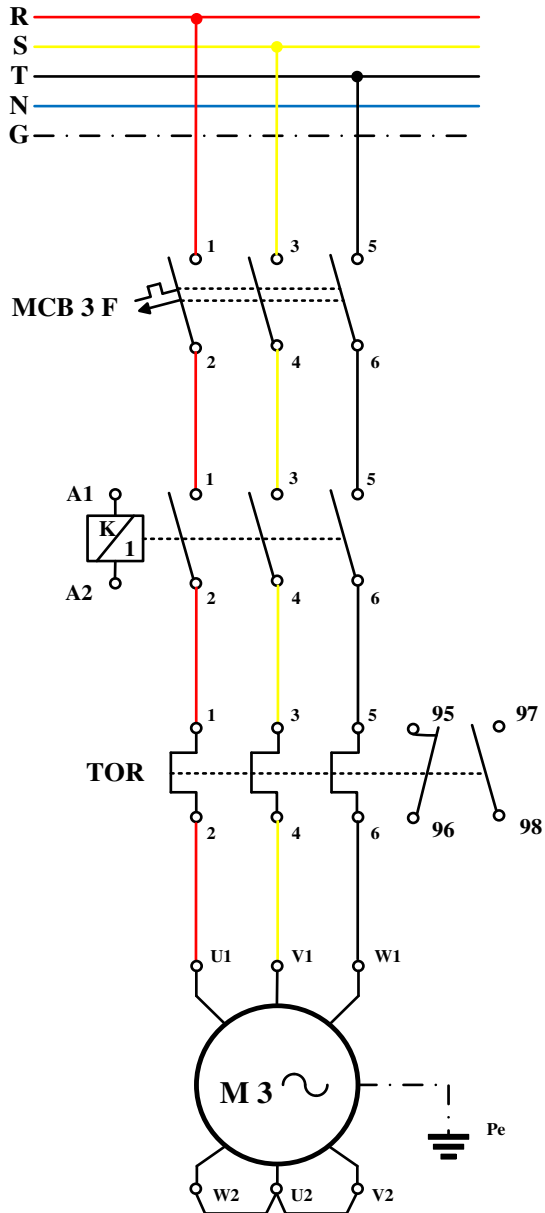


Gambar 5.1 Rangkaian kendali *starter* DOL dari dua tempat

5.2. Kalimat Kendali

1. S1 ditekan, koil kontaktor (K1) bekerja motor berputar dan menhidupkan lampu indikator (H2). S1 dilepas motor tetap berputar, disebabkan kontak 13-14 pada K1 mengunci (*self-holding*).
2. S0 ditekan, aliran daya listrik terputus, koil kontaktor (K1) tidak bekerja (melepas), motor berhenti berputar mematikan lampu indikator (H2) dan menhidupkan lampu indikator (H1).
3. S2 ditekan, koil kontaktor (K1) bekerja motor berputar dan menhidupkan lampu indikator (H2). S1 dilepas motor tetap berputar, disebabkan kontak 13-14 pada K1 mengunci (*self-holding*).
4. S01 ditekan, aliran daya listrik terputus, koil kontaktor (K1) tidak bekerja (melepas), motor berhenti berputar mematikan lampu indikator (H2) dan menhidupkan lampu indikator (H1).
5. Apabila terjadi beban lebih, *thermal overload relay* akan bekerja, kontak 95-96 akan membuka, kontak 97-98 akan menutup dan menhidupkan lampu indikator (H3).

5.3. Rangkaian Daya



Gambar 5.2 Rangkaian daya *sarter* DOL dari dua tempat

- b. Kontaktor, TOR, *pushbutton stop*, *pushbutton start*, MCB 3 fasa, MCB 1 fasa, 3 unit *pilot lamp*, kabel, motor induksi, *terminal box* listrik.
- c. Kontaktor, TOR, 1 unit *pushbutton stop*, 2 unit *pushbutton start*, MCB 3 fasa, MCB 1 fasa, 3 unit *pilot lamp*, kabel, motor induksi, *terminal box* listrik, skun kabel.
- d. Kontaktor, TOR, 2 unit *push buttonstop*, 2 unit *pushbutton start*, MCB 3 fasa, MCB 1 fasa, 3 unit *pilot lamp*, kabel, motor induksi, *terminal box* listrik, rel omega, kabel duct, skun kabel

Jawaban: d

- 3. Manakah pertanyaan yang paling benar di bawah ini:
 - a. S2 ditekan, Koil aktif, K1 bekerja, H1 menyala.
 - b. S2 ditekan, Koil aktif, K1 bekerja, H2 menyala
 - c. S2 ditekan, koil aktif, K1 bekerja, H2 menyala, H1 dan H3 mati.
 - d. S2 ditekan, koil aktif, K1 tidak bekerja, H2 menyala, H1 dan H3 matik

Jawaban: c

- 4. Pada saat S1 dilepas (Gambar soal no.1), lampu indikator H2 tetap menyala dan motor tetap berputar. Hal ini dikarenakan?
 - a. K1 mengunci.
 - b. Koil kontaktor bekerja.
 - c. Kabel penghubung ke H2 tidak terputus.
 - d. S1 ditekan.

Jawaban: a

- 5. Pada soal no.1, lampu indikator H1 berfungsi sebagai?

Jawaban:

Berfungsi sebagai penanda bahwa motor listrik berhenti berputar.

5.5. Soal Latihan

- 1. Buatlah gambar diagram pengawatan *starter DOL* untuk menjalankan motor listrik 3 fasa dari dua tempat.
- 2. Gambar dan simulasikan *starter DOL* untuk menjalankan motor listrik 3 fasa dari dua tempat menggunakan *software* EKTS. Hasilnya di-*print* pada kerta A4.

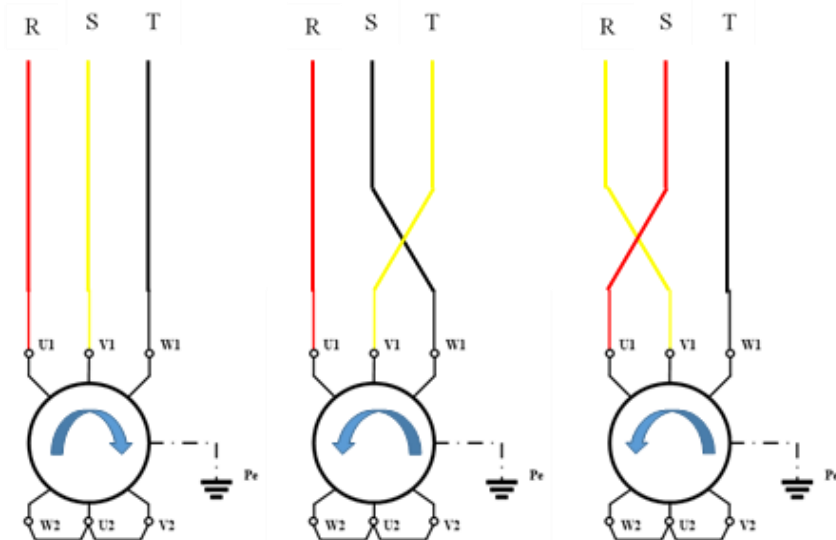
BAB 6

MENGOPERASIKAN MOTOR LISTRIK 3 FASA DENGAN STARTER DOL DAN MEMBALIK ARAH PUTARAN

Capaian Pembelajaran:

1. Mampu menjelaskan rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL dan membalik arah putaran.
2. Mampu merancang rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL dan membalik arah putaran.
3. Mampu memasang rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL dan membalik arah putaran.
4. Mampu mengoperasikan rangkaian kendali motor 3 fasa dengan *starter* DOL dan membalik arah putaran.

Ketentuan untuk dapat mengubah arah putaran motor listrik 3 fasa, dilakukan dengan cara mengubah posisi kabel, jika sebelumnya urutan fasanya R-S-T maka urutan fasanya dirubah menjadi R-T-S atau S-R-T seperti yang terlihat pada Gambar 6.1.



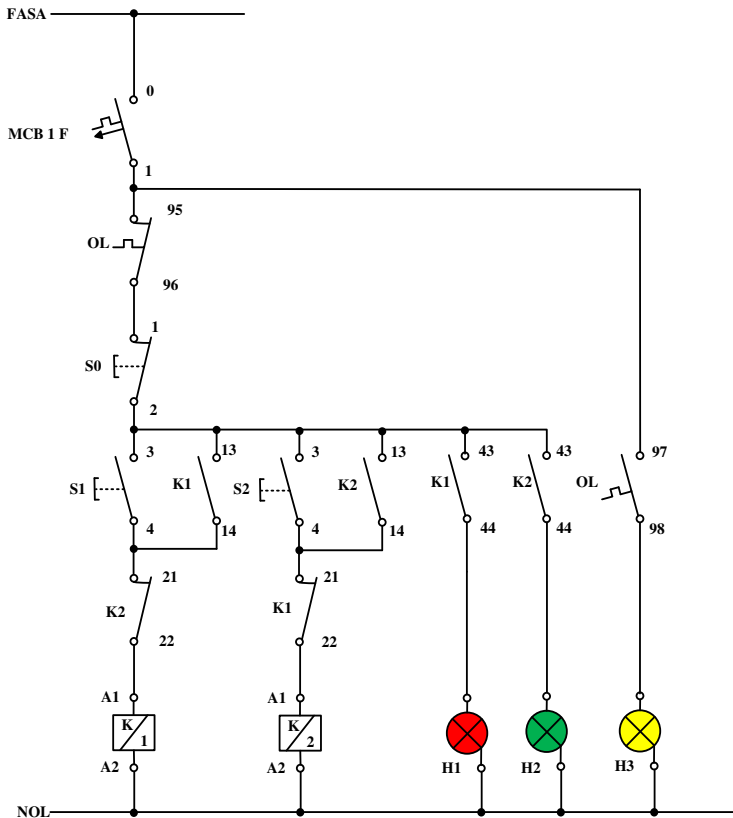
Gambar 6.1 Cara mengubah arah putaran motor listrik

6.1. Rangkaian Kendali

Gambar 6.2 menunjukkan rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL dan membalik arah putaran yang dibangun dari beberapa material kerja seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6.1

Tabel 6.1 Material kerja

No.	Material Kerja	Qty
1.	Kontaktor Utama, tegangan <i>coil</i> 220 Volt, 50 Hz	2
2.	<i>Thermal Overload Relay</i> (TOR)	1
3.	<i>Pushbutton Stop</i>	1
4.	<i>Pushbutton Start</i>	2
5.	MCB 3 Fasa	1
6.	MCB 1 Fasa	1
7.	Lampu Indikator (<i>Pilot Lamp</i>)	3
8.	Kabel Penghubung	Secukupnya
9.	Motor Induksi 3 Fasa	1
10.	<i>Terminal Box</i> Listrik	1
11.	Skun Kabel 4 Warna (R, S, T, N)	1 bks



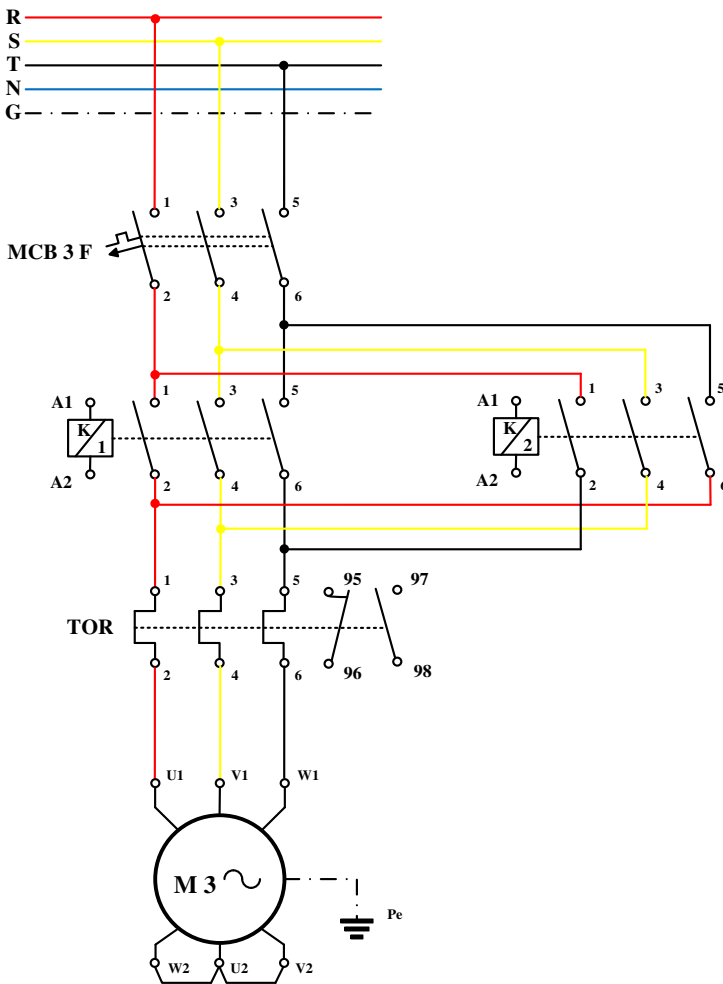
Gambar 6.2 Rangkaian kendali *starter* DOL dan membalik arah putaran

6.2. Kalimat Kendali

1. S1 ditekan, koil kontaktor (K1) bekerja motor berputar ke kanan dan menghidupkan lampu indikator (H1). S1 dilepas motor tetap berputar, disebabkan kontak 13-14 pada K1 mengunci (*self-holding*).
2. S0 ditekan, aliran daya listrik terputus, koil kontaktor (K1) tidak bekerja (melepas), motor berhenti berputar.
3. S2 ditekan, koil kontaktor (K2) bekerja motor berputar ke kiri dan menghidupkan lampu indikator (H3). S2 dilepas motor tetap berputar, disebabkan kontak 13-14 pada K2 mengunci (*self-holding*).

4. S0 ditekan, aliran daya listrik terputus, koil kontaktor (K2) tidak bekerja (melepas), motor berhenti berputar.
5. Apabila terjadi beban lebih, *thermal overload relay* akan bekerja, kontak 95-96 akan membuka, kontak 97-98 akan menutup dan menhidupkan lampu indikator (H3).

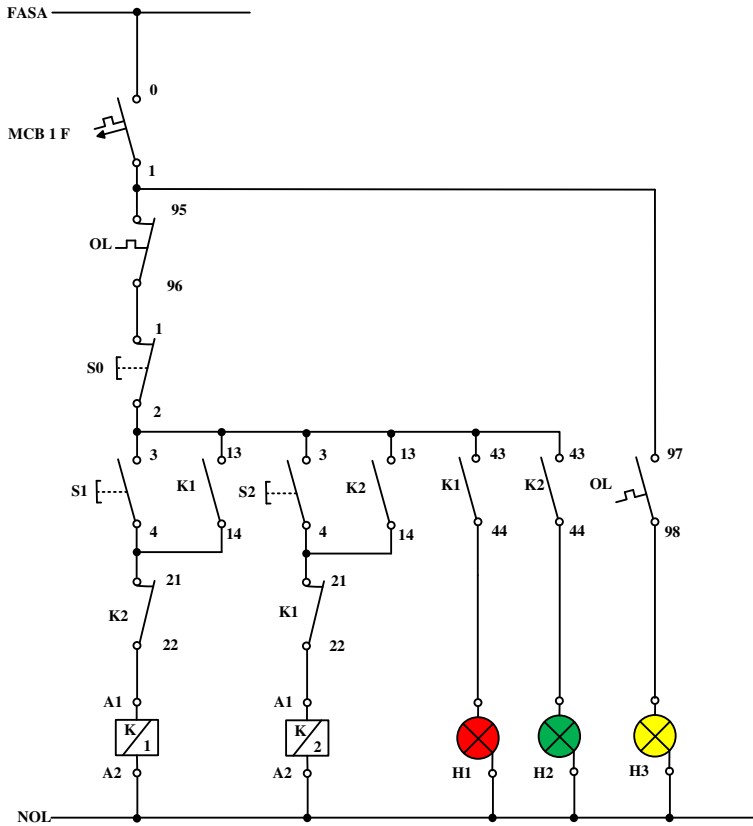
6.3. Rangkaian Daya



Gambar 6.3 Rangkaian daya *starter* DOL dan membalik arah putaran

6.4. Contoh Soal

- Gambar di bawah ini merupakan diagram dari rangkaian



- Starter* DOL membalik arah putaran motor
- Starter* DOL dari 2 tempat
- Starter* DOL secara bergantian
- Starter* DOL secara berurutan

Jawaban: a

- Manakah pernyataan yang paling tepat di bawah ini:
 - S1 ditekan, koil K1 aktif, kontak bantu K1 13-14 menutup, kontak bantu K1 21-22 membuka, lampu indikator H1 menyala, lampu indikator H2 dan H3 mati.

- b. S1 ditekan, K2 bekerja, lampu indikator H2 menyala, lampu indikator H1 dan H3 aktif.
- c. Pada saat terjadi beban lebih, TOR bekerja, lampu indikator H3 mati, lampu indikator H1 dan H2 menyala.
- d. S2 ditekan, koil K2 aktif, kontak bantu K2 13-14 mengunci, lampu indikator H2 menyala, lampu indikator H1 dan H3 mati.

Jawaban: a

- 3. Cara yang digunakan untuk membalik arah putaran motor listrik 3 fasa yaitu:
 - a. Terminal U dihubungkan dengan fasa R, Terminal V dihubungkan dengan fasa S, terminal W dihubungkan dengan fasa T.
 - b. U-R, V-S, W-T
 - c. U₁-R, V₁-S, W₁-T
 - d. U₁-R, V₁-T, W₁-S

Jawaban: d

- 4. Gambar pada soal no 1, fungsi dari kontak bantu K2 NC 21-22 sebagai:
 - a. Pengunci, agar pada saat tombol S2 ditekan, tombol S1 tidak berfungsi.
 - b. Pengunci, agar pada saat tombol S2 ditekan, koil K2 tidak berfungsi.
 - c. Pengunci, agar pada saat tombol S1 ditekan, koil K1 aktif, tombol S2 tidak berfungsi
 - d. Jawaban a dan c benar.

Jawaban: d

- 5. Pada soal no. 1, lampu indikator yang menunjukkan bahwa motor tidak bekerja/berhenti berputar adalah:
 - a. Lampu indikator H1
 - b. Lampu indikator H2
 - c. Lampu indikator H3
 - d. Tidak ada

Jawaban: d

6.5. Soal Latihan

1. Perbaiki rangkaian kendali pada Gambar 6.2 agar pada saat tombol stop (S0) ditekan, motor berhenti berputar dan ada lampu indikator yang akan menyala.
2. Buatlah gambar diagram pengawatan *starter* DOL membalik arah putaran dengan perbaikan yang saudara sudah lakukan pada soal no.1

BAB 7

MENGOPERASIKAN MOTOR LISTRIK 3 FASA DENGAN STARTER DOL SECARA BERURUTAN

Capaian Pembelajaran:

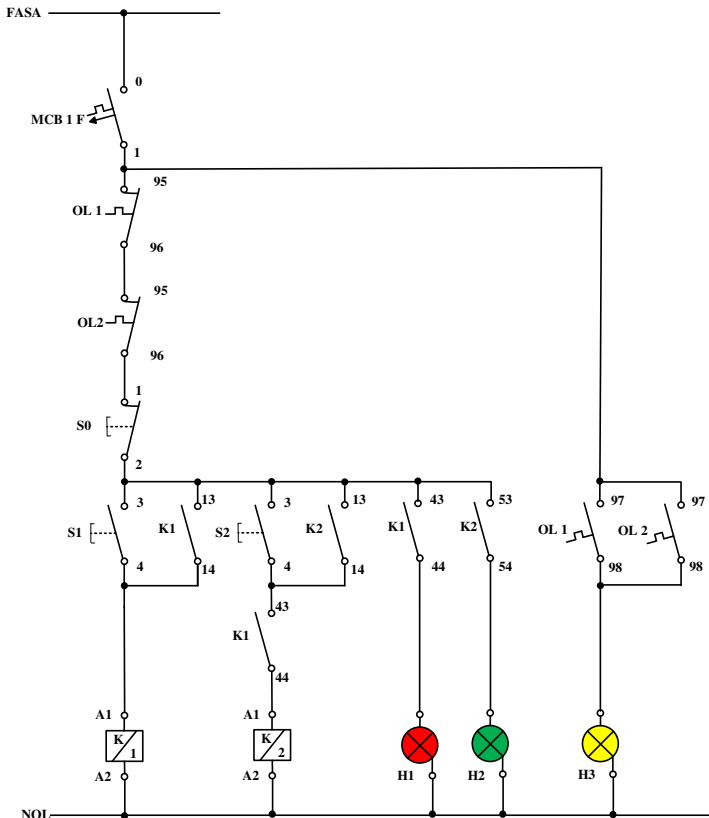
1. Mampu menjelaskan rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL secara berurutan.
2. Mampu merancang rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL secara berurutan.
3. Mampu memasang rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL secara berurutan.
4. Mampu mengoperasikan rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL secara berurutan.

7.1. Rangkaian Kendali

Gambar 7.1 menunjukkan rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL secara berurutan yang dibangun dari beberapa material kerja seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7.1.

Tabel 7.1 Material kerja

No.	Material Kerja	Qty
1.	Kontaktor Utama, tegangan <i>coil</i> 220 Volt, 50 Hz	2
2.	<i>Thermal Overload Relay</i> (TOR)	2
3.	<i>Pushbutton Stop</i>	1
4.	<i>Pushbutton Start</i>	2
5.	MCB 3 Fasa	1
6.	MCB 1 Fasa	1
7.	Lampu Indikator (<i>Pilot Lamp</i>)	3
8.	Kabel Penghubung	Secukupnya
9.	Motor Induksi 3 Fasa	2
10.	<i>Terminal Box</i> Listrik	1
11.	Skun Kabel 4 Warna (R, S, T, N)	1 bks



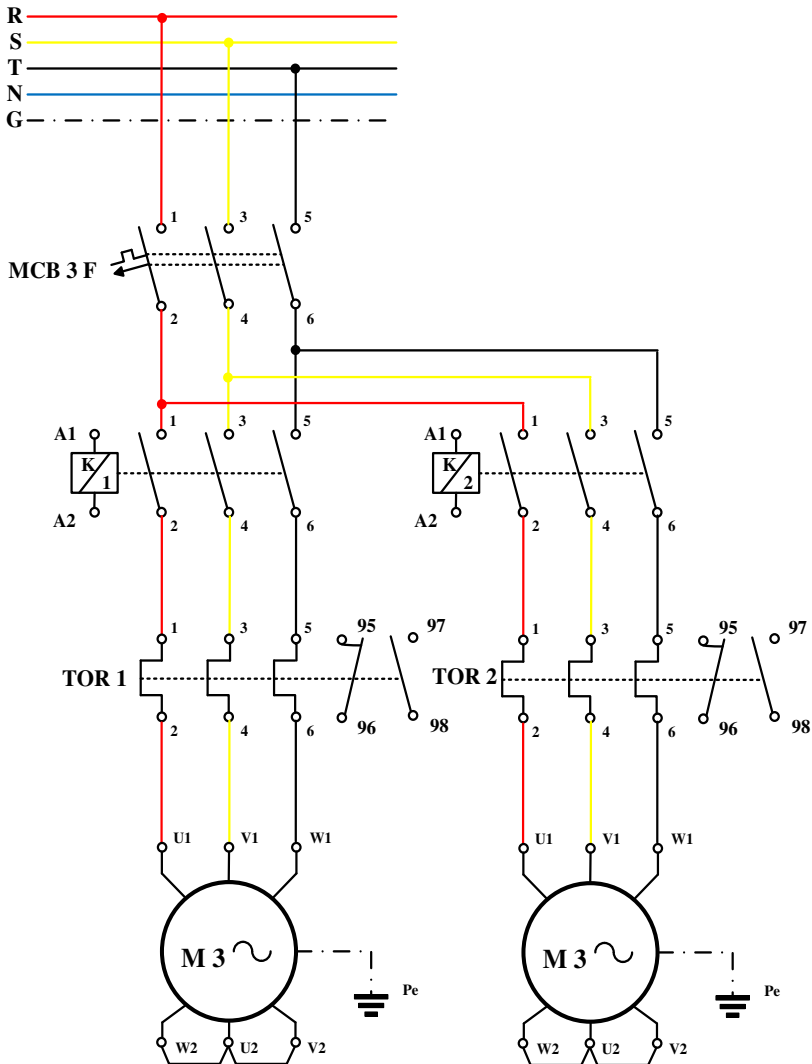
Gambar 7.1 Rangkaian kendali *starter* DOL secara berurutan

7.2. Kalimat Kendali

1. S1 ditekan koil kontaktor (K1) bekerja, motor satu berputar dan menghidupkan lampu indikator (H1). S1 dilepas motor satu tetap berputar, disebabkan kontak 13-14 pada K1 mengunci (*self-holding*)
2. S2 ditekan koil kontaktor (K2) bekerja, motor dua berputar dan menghidupkan lampu indikator (H2). S2 dilepas motor dua tetap berputar, disebabkan kontak 13-14 pada K1 mengunci (*self-holding*).
3. Sebelum motor satu berputar, apabila S2 ditekan maka motor dua tidak akan berputar.
4. S0 ditekan, motor satu dan motor 2 akan berhenti berputar.

5. Apabila terjadi beban lebih, *thermal overload relay* akan bekerja, kontak 95-95 akan membuka, kontak 97-98 akan menutup, menghidupkan lampu indikator (H3).

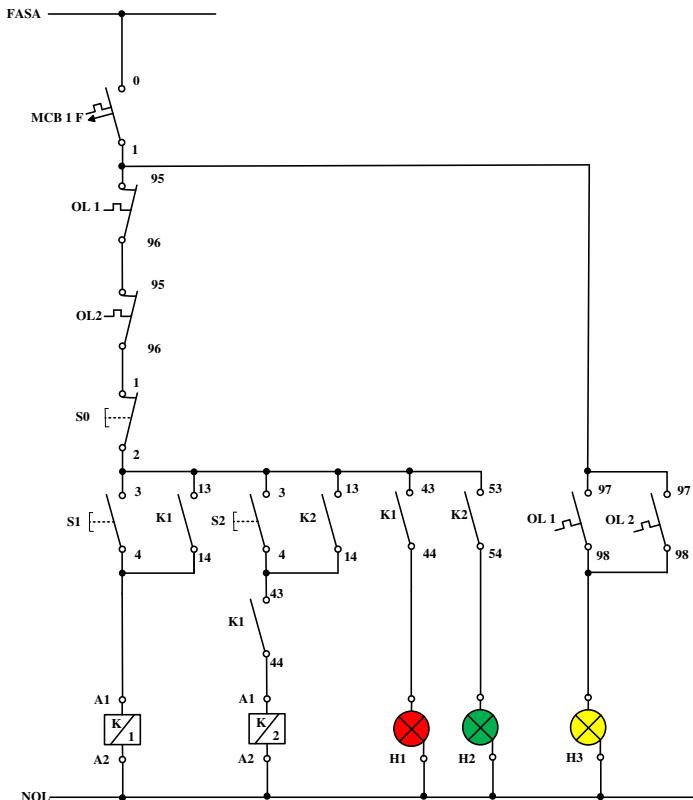
7.3. Rangkaian Daya



Gambar 7.2 Rangkaian daya starter DOL secara berurutan

7.4. Contoh Soal

1. Gambar di bawah ini merupakan diagram dari rangkaian:



- a. Starter DOL dari 2 tempat
- b. Starter DOL secara bergantian
- c. Starter DOL secara berurutan
- d. Starter DOL menggunakan sistem TDR

Jawaban: c

2. Untuk membuat rangkaian kendali *starter* DOL secara berurutan untuk mengoperasikan tiga unit motor listrik, maka dibutuhkan Kontaktor berapa sebanyak?
 - a. 1 unit kontaktor
 - b. 2 unit kontaktor

- c. 3 unit kontaktor
- d. 4 unit kontaktor

Jawaban c

- 3. Pada soal no. 1, jika ingin menambahkan lampu indikator bahwa motor berhenti berputar pada saat tombol S0 ditekan, maka perlu ditambahkan:
 - a. 1 lampu indikator dan NC K1 dan NC K2
 - b. 1 lampu indikator dan 2 NC K1
 - c. 1 lampu indikator dan NO K1 dan NO K2
 - d. 1 lampu indikator dan 2 NO K2

Jawaban: c

- 4. Manakah pernyataan di bawah ini yang paling tepat:
 - a. S1 ditekan, Koil K1 aktif, kontak bantu K1 13-14 menutup, Motor 1 berputar dan lampu indikator (H1) menyala.
 - b. S1 ditekan, Koil K1 aktif, kontak bantu K1 13-14 & kontak bantu K1 43-44 menutup, Motor 1 berputar dan lampu indikator (H1) menyala.
 - c. S2 ditekan, Koil K2 aktif, kontak bantu K2 13-14 menutup, Motor 2 berputar dan lampu indikator (H2) menyala.
 - d. S2 ditekan, Koil K2 aktif, kontak bantu K2 13-14 & kontak bantu K1 43-44 menutup, Motor 2 berputar dan lampu indikator (H2) menyala.

Jawaban: b

- 5. Gambar pada soal no.1, apakah bisa mengoperasikan Motor 2 tanpa terlebih dahulu mengoperasikan Motor 1?
 - a. Bisa
 - b. Tidak bisa, karena kontak bantu K1 43-44 masih terbuka
 - c. Bisa jika ditambahkan kontak bantu K2
 - d. Tidak bisa, karena kontak bantu K1 13-14 masih terbuka

Jawaban: b

7.5. Soal Latihan

- 1. Perbaiki rangkaian kendali pada Gambar 7.2 agar motor satu (H1) dan motor dua (H2) pada saat tombol stop (S0) ditekan, motor tersebut (H1 dan H2) tidak berhenti bersamaan.

2. Perbaiki rangkaian kendali pada Gambar 7.2 pada saat motor satu dan motor dua diberhentikan, ada lampu indikator yang akan menyala.
3. Buatlah gambar diagram pengawatan *starter* DOL secara berurutan dengan perbaikan yang saudara sudah lakukan pada soal no.1 dan soal no.2.
4. Buatlah gambar diagram kendali *starter* DOL secara bergantian.
5. Buatlah gambar diagram daya *starter* DOL secara bergantian.
6. Buatlah gambar diagram pengawatan *starter* DOL secara bergantian.

BAB 8

MENGOPERASIKAN MOTOR LISTRIK 3 FASA DENGAN *STARTER* DOL MENGGUNAKAN *ON DELAY TIMER*

Capaian Pembelajaran:

1. Mampu menjelaskan rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL menggunakan *on delay timer*.
2. Mampu merancang rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL menggunakan *on delay timer*.
3. Mampu memasang rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL menggunakan *on delay timer*.
4. Mampu mengoperasikan rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL menggunakan *on delay timer*.

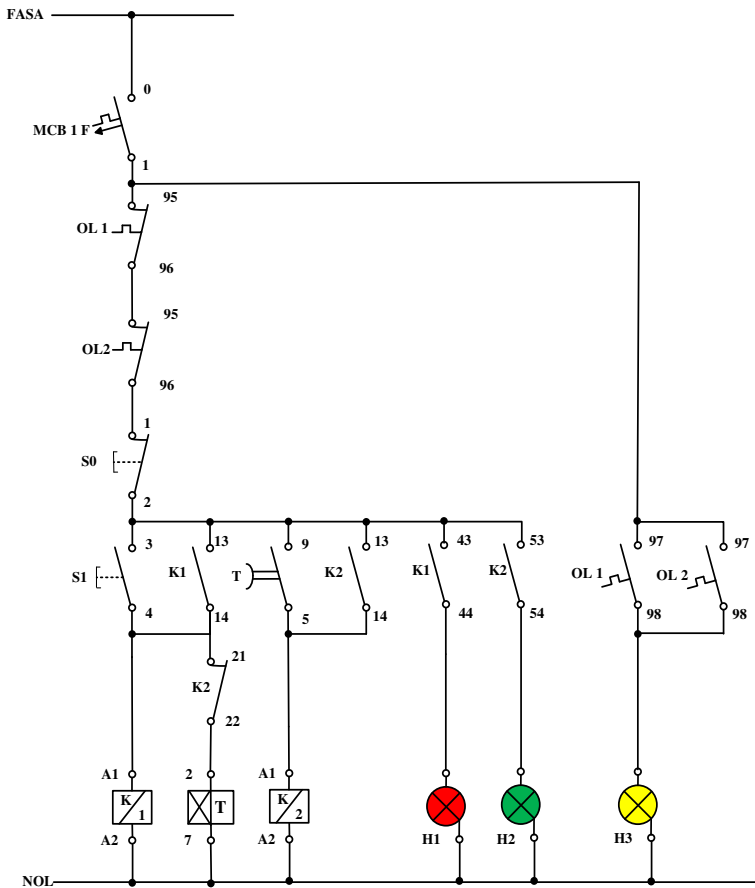
8.1. Rangkaian Kendali

Gambar 8.1 menunjukkan rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL menggunakan *on delay* timer yang dibangun dari beberapa material kerja seperti yang ditunjukkan pada Tabel 8.1

Tabel 8.1 Material kerja

No.	Material Kerja	Qty
1.	Kontaktor Utama, Tegangan <i>Coil</i> 220 Volt, 50 Hz	2
2.	<i>Thermal Overload Relay</i> (TOR)	2
3.	<i>Pushbutton Stop</i>	1
4.	<i>Pushbutton Start</i>	1
5.	MCB 3 Fasa	1
6.	MCB 1 Fasa	1
7.	Lampu Indikator (<i>Pilot Lamp</i>)	3
8.	Kabel Penghubung	Secukupnya
9.	Motor Induksi 3 Fasa	2

No.	Material Kerja	Qty
10.	<i>Time Delay Relay (TDR) Omron</i>	1
11.	Soket TDR 8 kaki	1
12.	<i>Terminal Box</i> Listrik	1
13.	Skun Kabel 4 Warna (R, S, T, N)	1 bks



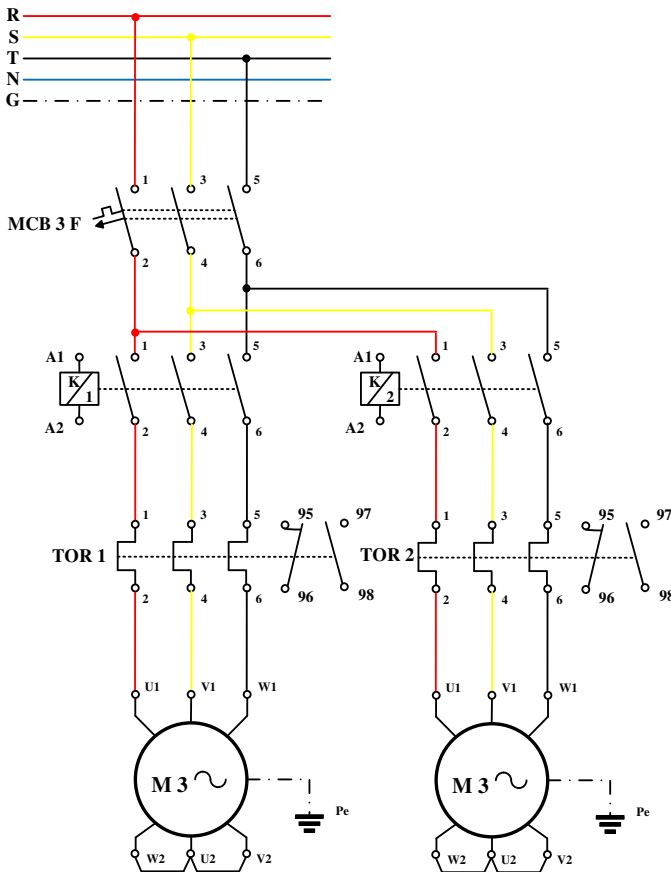
Gambar 8.1 Rangkaian kendali *starter DOL* menggunakan *on delay timer*

8.2. Kalimat Kendali

1. S1 ditekan, koil kontaktor (K1) bekerja, TDR mendapatkan suplai arus listrik, motor satu berputar dan menghidupkan lampu indikator (H1).

2. Setelah set waktu tercapai TDR bekerja, koil kontaktor (K2) bekerja, motor dua berputar dan menhidupkan lampu indikator (H2).
3. S0 ditekan, suplai arus listrik terputus, motor satu dan motor dua berhenti berputar.
4. Apabila terjadi beban lebih, *thermal overload relay* akan bekerja, kontak 95-96 akan membuka, kontak 97-98 akan menutup menhidupkan lampu indikator (H3).

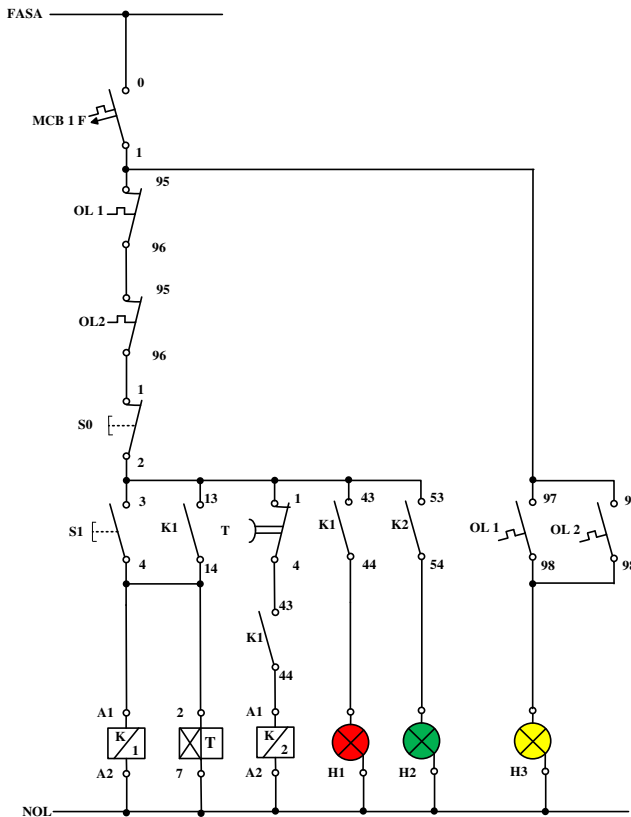
8.3. Rangkaian Daya



Gambar 8.2 Rangkaian daya *starter* DOL menggunakan *on delay timer*

8.4. Contoh Soal

- Gambar di bawah ini merupakan diagram dari rangkaian:



- Starter DOL secara bergantian
- Starter DOL menggunakan *sistem off delay timer*
- Starter DOL secara berurutan
- Starter DOL menggunakan *sistem on delay timer*

Jawaban: b

- Gambar pada soal no.1, apabila S1 ditekan peralatan-peralatan mana yang berkerja, kecuali?
 - Koil K1 dan Koil K2
 - Lampu indikator H1 dan H2 menyala

- c. TDR
- d. Lampu indikator H3

Jawaban: d

3. Gambar pada soal no.1, apabila TDR sudah mencapai hitungan waktunya, lampu indikator mana yang menyala?
- a. Lampu indikator H2
 - b. Lampu Indikator H1
 - c. Lampu indikator H3
 - d. Tidak ada lampu indikator yang menyala

Jawaban: b

4. *Timer Omron* tipe H3CR, terdiri dari 8 kaki yang memiliki fungsi yang berbeda-beda. Bagian *output* ditunjukkan pada kaki nomor?
- a. 3,4,5,6
 - b. 1,2,3,4
 - c. 5,6,7,8
 - d. 1,2,7,8

Jawaban: a

5. Pada kaki *timer Omron* tipe H3CR yang merupakan koil timer yaitu:
- a. Kaki 4 dan 5
 - b. Kaki 3 dan 6
 - c. Kaki 1 dan 8
 - d. Kaki 2 dan 7

Jawaban: d

8.5. Latihan Soal

1. Perbaiki rangkaian kendali pada Gambar 8.1, pada saat tombol *stop* (S0) ditekan ada lampu indikator yang menyala (menandakan motor satu dan motor dua berhenti berputar).
2. Buatlah gambar diagram pengawatan untuk *starter DOL* menggunakan *on delay timer* dengan perbaikan yang saudara sudah lakukan pada soal no.1.
3. Gambar dan simulasikan *starter DOL* untuk menjalankan motor listrik 3 fasa menggunakan *on delay timer* dengan *software* EKTS. Hasilnya di-*print* pada kertas A4.

BAB 9

MENGOPERASIKAN MOTOR LISTRIK 3 FASA DENGAN *STARTER* DOL MENGGUNAKAN *OFF DELAY TIMER*

Capaian Pembelajaran:

1. Mampu menjelaskan rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL menggunakan *off delay timer*.
2. Mampu merancang rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL menggunakan *off delay timer*.
3. Mampu memasang rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL menggunakan *off delay timer*.
4. Mampu mengoperasikan rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL menggunakan *off delay timer*.

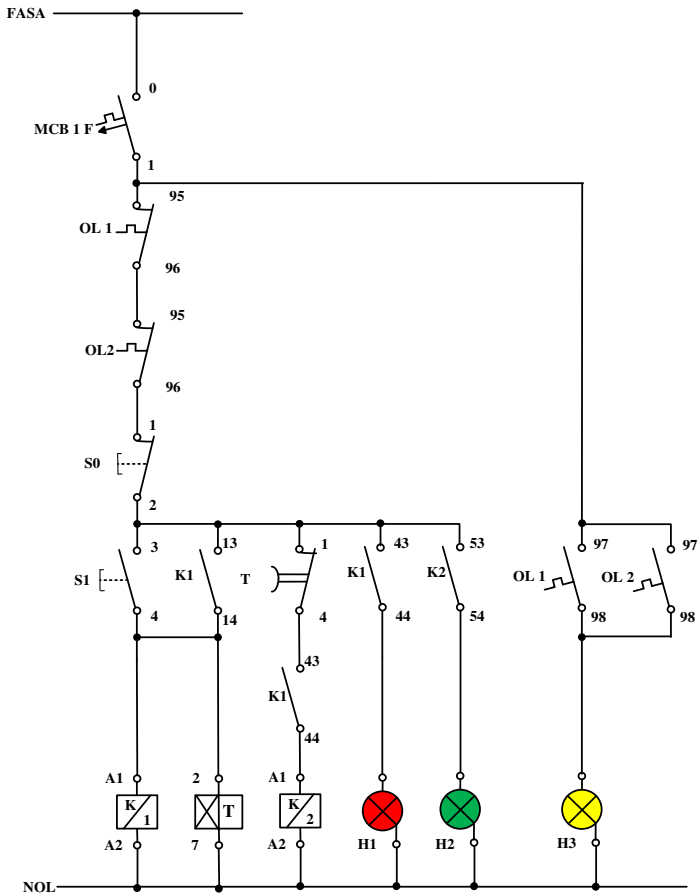
9.1. Rangkaian Kendali

Gambar 9.1 menunjukkan rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL menggunakan *off delay timer* yang dibangun dari beberapa material kerja seperti yang ditunjukkan pada Tabel 9.1.

Tabel 9.1 Material kerja

No.	Material Kerja	Qty
1.	Kontaktor Utama, Tegangan <i>Coil</i> 220 Volt, 50 Hz	2
2.	<i>Thermal Overload Relay</i> (TOR)	2
3.	<i>Pushbutton Stop</i>	1
4.	<i>Pushbutton Start</i>	1
5.	MCB 3 Fasa	1
6.	MCB 1 Fasa	1
7.	Lampu Indikator (<i>Pilot Lamp</i>)	3
8.	Kabel Penghubung	Secukupnya
9.	Motor Induksi 3 Fasa	2

No.	Material Kerja	Qty
10.	Time Delay Relay (TDR)	1
11.	Soket TDR 8 kaki	1
12.	Terminal Box Listrik	1
13.	Skun Kabel 4 Warna (R, S, T, N)	1 bks



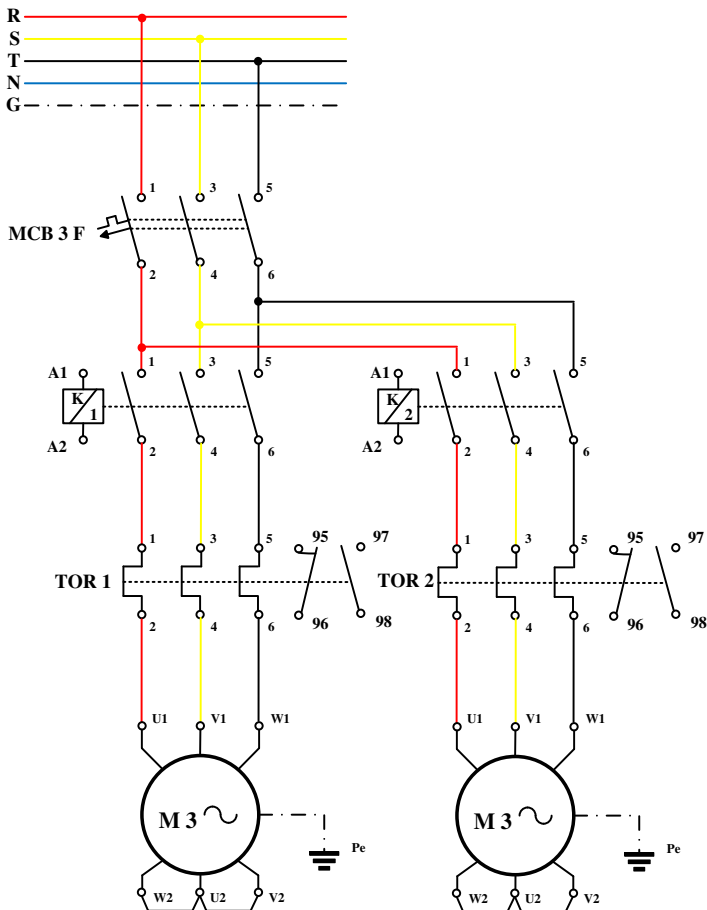
Gambar 9.1 Rangkaian kendali starter DOL menggunakan *off delay timer*

9.2. Kalimat Kendali

1. S1 ditekan, koil kontaktor (K1 dan K2) bekerja, TDR mendapatkan suplai arus listrik, motor satu dan motor dua berputar menghidupkan lampu indikator (H1 dan H2).

2. Setelah set waktu tercapai, TDR bekerja kontaktor K2 tidak bekerja, motor berhenti berputar dan lampu indikator (H2) mati. Motor satu tetap berputar dan lampu indikator (H1) tetap menyala.
3. S0 ditekan, suplai arus listrik terputus, motor satu berhenti berputar.
4. Apabila terjadi beban lebih, *thermal overload relay* akan bekerja, kontak 95-96 akan membuka, kontak 97-98 akan menutup menghidupkan lampu indikator (H3).

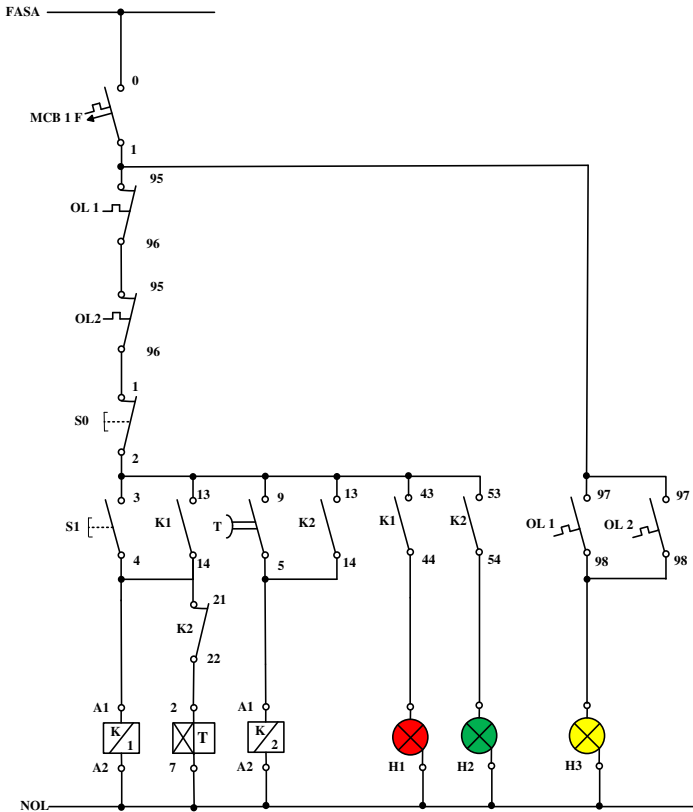
9.3. Rangkaian Daya



Gambar 9.2 Rangkaian daya starter DOL menggunakan *off delay timer*

9.4. Contoh Soal

1. Gambar di bawah ini merupakan diagram dari rangkaian:



- Starter DOL* secara bergantian
- Starter DOL* menggunakan sistem *off delay timer*
- Starter DOL* secara berurutan
- Starter DOL* menggunakan sistem *on delay timer*

Jawaban: d

- Manakah pertanyaan di bawah ini yang benar, kecuali:
 - MCB ditekan (kondisi *ON*) lampu indikator H1 dan H2 menyala.
 - S1 ditekan, K1 bekerja, TDR mendapatkan suplai listrik, Lampu indikator H1 menyala, lampu indikator H2 mati.

- c. Setelah setingan waktu TDR tercapai, *timer* bekerja, K2 bekerja, lampu indikator H2 menyala.
- d. Setelah setingan waktu TDR tercapai, *timer* bekerja, K2 (13-14) menutup, K2 (21-22) membuka, lampu indikator H2 menyala.

Jawaban: a

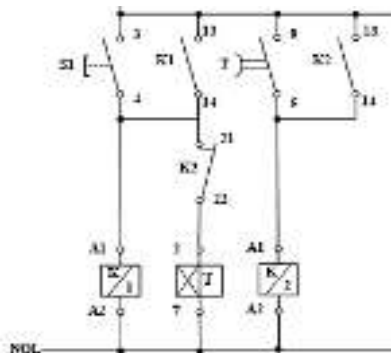
- 3. Fungsi kontak bantu K2 (21-22) pada Gambar soal no.1 sebagai:
 - a. Kontak *NC*
 - b. Kontak *NO*
 - c. Pemutus aliran listrik ke koil *timer*.
 - d. Koil *timer*.

Jawaban: c

- 4. Jika diinginkan suatu kondisi (Pada Gambar soal no.1), apabila setingan waktu **TDR** tercapai lampu indikator H2 menyala dan lampu indikator H1 mati. Maka perlu dilakukan perubahan/penambahan:
 - a. Tambahkan Kontak Bantu K2 **NC** di atas kontak bantu K1 **NO** jalur lampu indikator H1.
 - b. Tambahkan Kontak Bantu K2 **NC** di bawah kontak bantu K1 **NO** jalur lampu indikator H1.
 - c. Tambahkan Kontak Bantu K1 **NC** di atas kontak bantu K2 **NO** jalur lampu indikator H2.
 - d. Tambahkan Kontak Bantu K1 **NC** di bawah kontak bantu K2 **NO** jalur lampu indikator H2.

Jawaban: b

- 5. Gambar di bawah ini terdapat notasi penomoran yang salah, yaitu:



- a. 13 dan 14
- b. 3 dan 4
- c. 21 dan 22
- d. 9 dan 5

Jawaban: d

9.5. Latihan Soal

1. Perbaiki rangkaian kendali pada Gambar 9.1, agar pada saat motor berhenti berputar, ada lampu indikator yang menyala.
2. Buatlah rangkaian kendali, rangkaian daya dan diagram pengawatan untuk menjalankan dua buah motor listrik 3 fasa bergantian secara otomatis menggunakan *Time Delay Relay* (TDR).

BAB 10

MENGOPERASIKAN MOTOR LISTRIK 3 FASA DENGAN *STARTER* DOL MENGGUNAKAN SISTEM *RUNNING-JOGGING*

Capaian Pembelajaran:

1. Mampu menjelaskan rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL menggunakan sistem *running-jogging*.
2. Mampu merancang rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL menggunakan sistem *running-jogging*.
3. Mampu memasang rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL menggunakan sistem *running-jogging*.
4. Mampu mengoperasikan rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan *starter* DOL menggunakan sistem *running-jogging*.

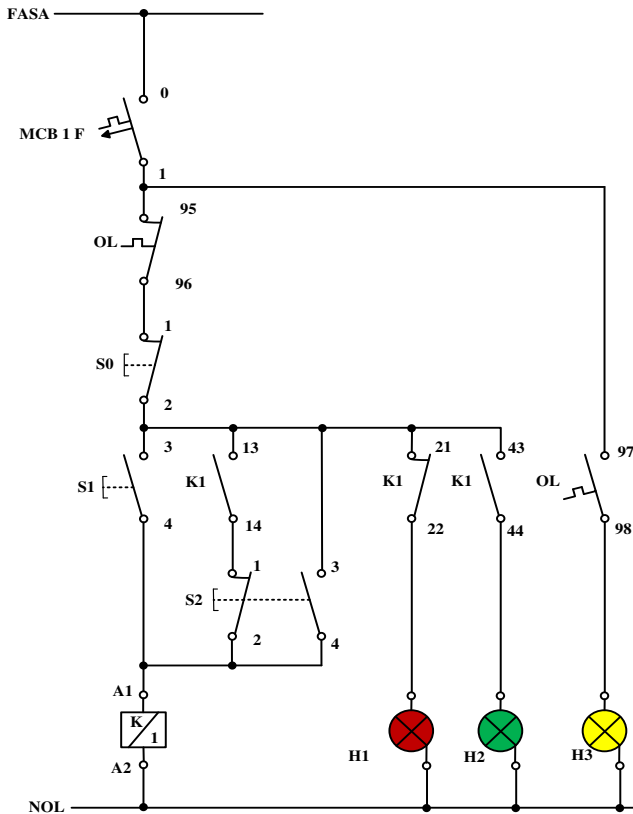
Rangkaian kendali *running-jogging* adalah sebuah rangkaian yang pada dasarnya mirip dengan rangkaian DOL (BAB 4-Mengoperasikan motor listrik 3 fasa dengan starter DOL dari satu tempat), di mana hanya bisa beroperasi secara terus menerus (*running*) ketika tombol *push button* ditekan. Sedangkan rangkaian kendali *running-jogging* dapat dioperasikan dengan dua kondisi, yaitu *running* pada saat tombol *push button* ditekan motor akan berputar dan *jogging* pada saat tombol *push button* dilepas motor akan berhenti berputar. Hal ini dapat dilakukan (*running-jogging*) dengan menambahkan satu tombol *push button* yang di dalamnya ada dua kontak yaitu *NC* dan *NO* yang berada dalam satu mekanisme.

10.1. Rangkaian Kendali

Gambar 10.1 menunjukkan rangkaian kendali motor listrik 3 fasa dengan starter DOL menggunakan sistem *running-jogging* yang dibangun dari beberapa material kerja seperti yang terlihat pada Tabel 10.1.

Tabel 10.1 Material kerja

No.	Material Kerja	Qty
1.	Kontaktor Utama, Tegangan Coil 220 Volt, 50 Hz	1
2.	<i>Thermal Overload Relay (TOR)</i>	1
3.	<i>Pushbutton Stop</i>	1
4.	<i>Pushbutton Start</i>	1
5.	<i>Push Button Start (1 NO/1 NC Double Contact)</i>	1
5.	MCB 3 Fasa	1
6.	MCB 1 Fasa	1
7.	Lampu Indikator (<i>Pilot Lamp</i>)	3
8.	Kabel Penghubung	Secukupnya
9.	Motor Induksi 3 Fasa	1

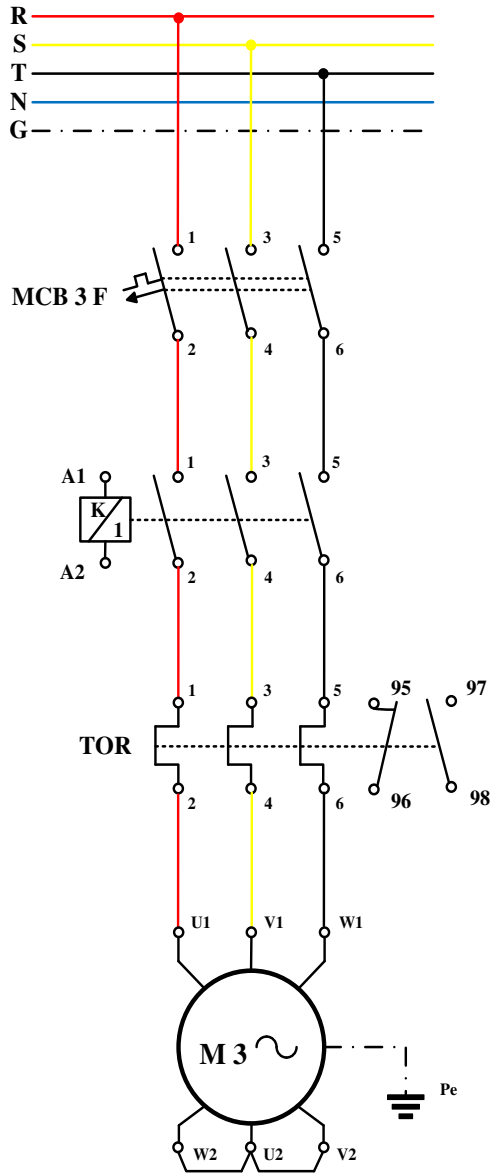


Gambar 10.1 Rangkaian kendali *starter DOL* menggunakan sistem *running-jogging*

10.2. Kalimat Kendali

1. S1 ditekan, koil kontaktor (K1) bekerja, motor berputar dan menhidupkan lampu indikator (H2). S1 dilepas motor tetap berputar, disebabkan kontak 13-14 pada K1 mengunci (*self-holding*).
2. S0 ditekan, aliran listrik terputus, kontaktor K1 melepas, motor berhenti berputar, lampu indikator (H2) mati dan lampu indikator (H1) menyala.
3. S2 ditekan, koil kontaktor (K1) bekerja, motor berputar dan menhidupkan lampu indikator (H2).
4. S2 dilepas, koil kontaktor (K1) tidak bekerja, motor berhenti berputar dan lampu indikator (H1) menyala.
5. Apabila terjadi beban lebih, *thermal overload relay* akan bekerja, kontak 95-96 akan membuka, kontak 97-98 akan menutup menhidupkan lampu indikator (H3).

10.3. Rangkaian Daya



Gambar 10.2 Rangkaian daya *starter* DOL menggunakan sistem *running-jogging*

10.4. Contoh Soal

1. Tombol tekan yang digunakan agar dapat mengoperasikan motor listrik sesaat selama tombol ditekan disebut dengan?
 - a. *Push button* NO
 - b. *Push button* NC
 - c. *Push button* NO/NC
 - d. *Push button* kombinasi

Jawaban: c

2. Manakah pernyataan di bawah ini yang benar:
 - a. S1 ditekan, Koil K1 aktif, Kontaktor K1 bekerja, H2 menyala.
 - b. S1 ditekan, Koil K1 aktif, Kontaktor K1 bekerja, H2 menyala. S1 dilepas, Kontaktor K1 tetap bekerja, H2 tetap menyala.
 - c. S2 ditekan, Koil K1 aktif, Kontaktor K1 bekerja, H2 menyala. S2 dilepas, Kontaktor K1 tidak bekerja, H2 mati
 - d. Semua jawaban benar

Jawaban: d

3. Pada saat kapan lampu indikator H1 menyala?
 - a. Tombol S1 ditekan
 - b. Tombol S1 dilepas
 - c. Tombol S2 ditekan
 - d. Tombol S2 dilepas

Jawaban: d

4. Pada saat MCB di aktifkan (kondisi *ON*), lampu indikator mana yang menyala?
 - a. Lampu indikator H1
 - b. Lampu indikator H2
 - c. Lampu indikator H3
 - d. Tidak ada lampu indikator yang menyala

Jawaban: a

5. Simbol *pushbutton* yang digunakan untuk tombol *running-jogging* di bawah ini adalah?

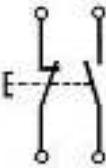
a



b



c



d Jawaban a dan b yang benar

Jawaban: c

10.5. Latihan Soal

1. Buatlah gambar diagram pengawatan *starter* DOL untuk menjalankan motor listrik 3 fasa dengan sistem *running-jogging*.
2. Gambar dan simulasikan *starter* DOL untuk menjalankan motor listrik 3 fasa dengan sistem *running-jogging* menggunakan *software* EKTS. Hasilnya di-*print* pada kerta A4.

DAFTAR PUSTAKA

- Anthony, Z. 2011. Penggunaan Kontaktor Sebagai Sistem Pengaman Motor Induksi 3 Fasa Terhadap Kehilangan 1 Fasa Sistem Tenaga. *Jurnal Momentum*. 11(2), 80-83.
- Badruzzaman, Y. 2012. Pengasutan Konvensional Motor Induksi Tiga Fasa. *Jurnal Teknik Elektro Terapan*. 1(1), 41-47.
- Badan Standar Nasional. 2000. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000*. Jakarta.
- Chapman, S.J. 1985. *Electrical Machinery Fundamental*. 5th Edition. Mc Graw- Hill: Australia.
- Husodo, B. Y, dan Irsyad, H. 2017. Analisa Pengasutan Motor Induksi 3 Fasa 2500 kW Sebagai Penggerak Fan pada Bag Filter. *Jurnal SINERGI*. 21(3), 173-178.
- Harten, P.V., dan Setiawan, E. 1985. *Instalasi Listrik Arus Kuat 3*. Bandung: Binacipta.
- Hambali, I. 2010. *Analisis Pengaruh Harmonisa Terhadap Unjuk Kerja Miniature Circuit Brekaer (MCB) 2A dan 4A*. Skripsi. Teknik Elektro. Universitas Indonesia: Jakarta.
- Pradika, H. dan Moediyono. 2012. Thermal Overload Relay Sebagai Pengaman Overload pada Miniatur Gardu Induk Berbasis Programmable Logic Controller. *Jurnal Gema Teknologi*. 17(2), 80-85.
- Sitompul, J. 2012. Karakteristik MCB sebagai Pemutus dan Penghubung Merespons Terjadinya Gangguan Catu Daya Instalasi Pengelolaan Limbah Radio Aktif. *Prosiding Hasil Penelitian dan Kegiatan PTLR*. 783-790.

Sudaryana, I.G.S. 2015. Pemanfaatan Relay Tunda Waktu dan Kontaktor pada Panel Hubung Bagi (PHB) untuk Praktek Pengasutan Starting Motor Star Delta. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*. 12(2), 131-142

Teknik Elektro UM. 2016. *Modul dan Jobsheet Praktikum Workshop Instalasi Tenaga*. Teknik Elektro, Universitas Negeri Malang: Malang.

Theraja, B.L. 1978. "A Textbook Of Electrica Technology. In *System of Unit*. S. Chand & Company Ltd: New Delhi.

Zuhal. 1980. *Dasar Tenaga Listrik*. Bandung: ITB.

<https://teknikelektronika.com/arti-kode-pada-MCB-miniature-circuit-breaker/>

<https://www.se.com/ww/en/product-range/1885-tesys-lrd/>

GLOSARIUM

<i>auxiliary contact</i>	: kontak bantu pada kontaktor, dapat berupa kontak bantu <i>normally open</i> atau kontak bantu <i>normally close</i>
<i>coil</i>	: kumparan atau lilitan pada kontaktor, relai dan <i>timer</i>
<i>direct on line</i>	: menghubungkan motor listrik secara langsung dengan sumber listrik PLN
diagram sirkit kendali	: diagram yang dibuat hanya dengan satu garis dan menyediakan daya untuk sistem kendali
diagram sirkit daya	: diagram yang dibuat dengan tiga garis dan menyediakan daya untuk motor listrik
hp	: <i>horse power</i> , 1 hp = 746 kilowatt
ip	: <i>ingrees protection</i> atau tingkat perlindungan
kha	: kemampuan hantar arus suatu penghantar (kabel)
MCB	: perlatan listrik yang digunakan sebagai pengaman <i>overload</i> dan <i>short circuit</i>
<i>name plate</i>	: papan nama suatu perlatan
<i>normally open</i>	: pada saat tidak dialiri arus listrik kondisinya terbuka (relai, kontaktor, <i>thermal overload relay</i> , <i>circuit breaker/miniature circuit breaker</i>)
<i>normally close</i>	: pada saat tidak dialiri arus listrik kondisinya tertutup (relai, kontaktor, <i>thermal overload relay</i> , <i>circuit breaker/miniature circuit breaker</i>)
<i>overload</i>	: kondisi yang melebihi kemampuan kerja suatu peralatan
<i>pilot lamp</i>	: lampu penanda atau lampu indikator

<i>pushbutton</i>	:	tombol tekan untuk menghidupkan atau mematikan peralatan listrik (motor listrik, lampu indikator dsb)
<i>puil</i>	:	persyaratan umum instalasi listrik
rpm	:	putaran motor listrik dalam menit
rotor	:	bagian motor listrik yang berputar
stator	:	bagian motor listrik yang diam
<i>short circuit</i>	:	gangguan yang terjadi pada sistem kelistrikan di mana ada dua penghantar yang memiliki beda tegangan yang saling terhubung
<i>trip</i>	:	padamnya perlatan atau instalasi listrik akibat gangguan
<i>thermal overload relay</i>	:	peralatan pengaman motor listrik dari beban lebih.
U_1, V_1, W_1	:	terminal motor listrik tiga fasa yang dihubungkan dengan sumber tegangan pln
U_2, V_2, W_2	:	terminal motor listrik tiga fasa yang digunakan untuk menghubungkan motor secara bintang atau segitiga

DASAR INSTALASI TENAGA LISTRIK

LAUHIL MAHFUDZ HAYUSMAN

Tenaga listrik dibedakan menjadi dua bagian yaitu diagram sirkit daya (*power circuit*) dan diagram sirkit kendali (*control circuit*). Tujuannya adalah untuk memungkinkan proses pengendalian mesin listrik tanpa menggunakan peralatan-peralatan yang berarus tinggi. Peralatan seperti kontaktor, motor listrik, *thermal overload relay* (*TOR*) atau peralatan lainnya yang berarus besar dapat dilakukan pengawatan dan dikendalikan menggunakan sistem kendali yang hanya memerlukan tegangan dan arus kecil. Sebagai contoh untuk menggerakkan sebuah kontaktor (kontak bantu) yang semula berkondisi *normally open* (*NO*) menjadi *normally close* (*NC*) hanya dengan memberikan tegangan rendah sebesar 220 Volt pada koil kontaktor tersebut atau ketika ingin menambahkan lampu indikator (*pilot lamp*) sebagai penanda motor listrik mulai beroperasi atau berhenti beroperasi dengan menambahkan kontak bantu kontaktor yang diberi tegangan rendah pada koil kontaktor tersebut.



Penerbit: Politeknik Negeri

Redaksi :

Politeknik Negeri Banjarmasin, Jl. Brigjen H. Hasan Basri

Pangeran, Kamp. Kampus ULM, Banjarmasin Utara

Telp : 05113330562

Email : press@politeknik.ac.id

9 796237 894403

