

STUDI SISTEM KONTROL MESIN PENGERING SARUNG TANGAN KARET DI PT. INTAN HEVEA INDUSTRY

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Ujian Sarjana**

Oleh :

**SUROTO
NIM. : 01 812 0020**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2006**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)7/12/23

RINGKASAN

PT. INTAN HEVEA INDUSTRY merupakan industri yang bergerak dalam bidang produksi sarung tangan karet yang mana hasil produksinya di ekspor ke luar negri. Untuk memenuhi standar internasional maka dalam proses produksi banyak peralatan mesin yang dipergunakan. Salah satunya adalah mesin pengering tumbler dryer.

Mesin pengering tumbler dryer ini menggunakan motor induksi tiga fasa sebagai penggerak. Untuk menjalankan motor-motor pada mesin pengering tersebut dipergunakan rangkaian kontrol yang mengatur waktu perputaran maupun arah putaran motor-motor tersebut. Rangkaian kontrol juga digunakan untuk mengatur temperature (suhu) pengeringan sarung tangan dan lamanya waktu operasi mesin.

Karena mesin pengering ini merupakan salah satu mesin pada proses produksi (bagian dari produksi), maka diharapkan agar kerusakan ataupun hal-hal yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi pada mesin sehingga mesin tidak dapat beroperasi tidak terjadi.

ABSTRACT

PT. INTAN HEVEA INDUSTRY is the industry that produces rubber gloves which will be exported overseas. To fulfill the demand of the customer so the rubber gloves which are produced must adjust to standard that is made by the international standard organization. To fulfill all the standard so there are so many equipments used in the production process. One of them is tumbler dryer machine.

This tumbler dryer machine is using the three phase induction motor as motor. To run the motors on the drying machines, they use controller to set the rotation time and the motor rotation. Controller is also used to control the temperature and the duration time for machine to operate.

This drying machine is one of the production machines (part of production), because of that, so any problem that could make the drying machine cannot work properly should not happen.

DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Permasalahan.....	1
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penulisan.....	2
1.5 Metoda Penulisan.....	3
1.5.1 Studi Lapangan.....	3
1.5.2 Studi Kepustakaan.....	3
1.6 Metoda Pembahasan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Motor Induksi.....	5
2.1.1 Medan Magnet Putar.....	6

2.1.2 Prinsip Kerja Motor Induksi	8
2.1.3 Daya Pada Motor Induksi Tiga Fasa	9
2.1.4 Arah Putaran Motor.....	11
2.1.5 Pengasutan Motor Induksi.....	12
2.1.5.1 Pengasutan Langsung.....	13
2.1.5.2 Pengasutan Wye-Delta (Bintang-Segitiga).....	14
2.1.5.3 Pengasutan Dengan Tahanan Depan.....	16
2.1.5.4 Pengasutan Dengan Oto-Transformator.....	17
2.1.6 Pemilihan Motor Induksi Tiga Fasa.....	18
2.1.7 Pemeliharaan Motor Induksi	20
2.2 Komponen Kontrol.....	21
2.2.1 Kontaktor.....	21
2.2.2 Timer Relay.....	24
2.2.3 Relay.....	26
2.2.4 Saklar Pilih (<i>Selector Switch</i>).....	27
2.2.5 <i>Limit Switch</i>	27
2.2.6 <i>Push Button</i> (Tombol Tekan).....	28
2.2.7 <i>Solenoid Valve</i> (Katup Solenoid).....	29
2.2.8 Termostat.....	30
2.2.9 Lampu Indikator (Lampu Tanda).....	31
2.2.10 <i>Buzzer</i>	31
2.2.11 Unit Pengapian (<i>Ignition Unit</i>).....	32
2.3 * Komponen Pengaman.....	33
2.3.1 <i>Thermal Over Load Relay</i> (TOR).....	33

2.3.2 Sekering (<i>Fuse</i>).....	34
2.3.3 <i>Mini Circuit Breaker</i> (MCB).....	35

BAB III STUDI SISTEM KONTROL MESIN PENGERING

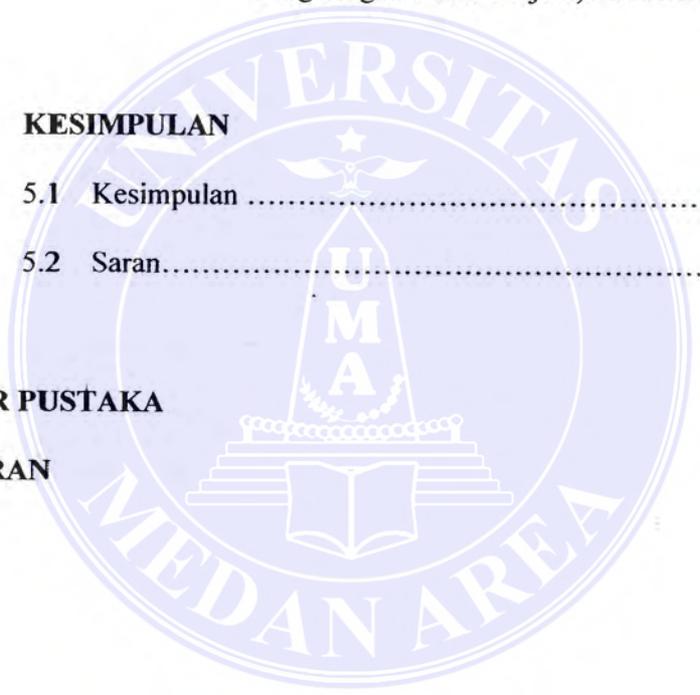
SARUNG TANGAN KARET TUMBLER DRYER

3.1 Mesin <i>Tumbler Dryer</i>	38
3.2 Cara Pengoperasian Mesin <i>Tumbler</i>	41
3.3 Prinsip Kerja Rangkaian Kontrol Motor Induksi Tiga Fasa Pada Mesin <i>Tumbler Dryer</i>	42
3.4 Pengontrolan Suhu Otomatis.....	45
3.5 Sumber Panas.....	46
3.6 Program <i>Hot & Cold</i>	46

BAB IV MENENTUKAN KOMPONEN KONTROL

4.1 Menentukan Komponen Kontrol.....	49
4.1.1 Pemilihan Penghantar.....	49
4.1.2 Menghitung Besarnya Arus Beban.....	51
4.1.3 Menentukan Nilai Nominal Pengaman Beban.....	52
4.2 Analisa Data.....	53
4.2.1 Motor Penggerak Utama.....	53
4.2.2 Motor Hisap (Exhaust Fan).....	54
4.3 Gangguan Yang Umum Terjadi Pada Mesin <i>Tumbler Dryer</i>	55
4.3.1 Gangguan Mekanik.....	55

4.3.2	Gangguan Listrik.....	55
4.4	Pelacakan Gangguan Dan Perbaikan.....	56
4.4.1	Pelacakan Gangguan Dan Perbaikan	
	Motor Induksi Tiga Fasa.....	56
4.4.2	Pelacakan Gangguan Dan Perbaikan Mesin Tumbler..	58
4.4.2.1	Mesin Tidak Dapat Beroperasi.....	58
4.4.2.2	Program Hot Tidak Bekerja Normal (Proses Pengeringan Tidak Terjadi).....	60
BAB V KESIMPULAN		
5.1	Kesimpulan	63
5.2	Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Sejalan dengan perkembangan pengetahuan dan teknologi yang semakin maju, maka kebutuhan manusia pun semakin bertambah. Untuk memenuhi kebutuhan manusia tersebut industri-industri pun semakin banyak dibangun. Untuk meningkatkan hasil produksi dan meningkatkan kualitas dari hasil produksi tersebut pihak industri menggunakan mesin untuk penunjang proses produksi.

PT. INTAN HEVEA INDUSTRY merupakan industri yang bergerak dalam bidang produksi sarung tangan karet yang mana hasil produksinya di ekspor ke luar negeri. Untuk memenuhi permintaan para konsumen maka sarung tangan karet yang dihasilkan harus sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh badan standarisasi internasional. Untuk memenuhi standar tersebut maka dalam proses produksi banyak peralatan mesin yang dipergunakan. Salah satunya adalah mesin pengering *tumbler dryer*.

Mesin pengering *tumbler dryer* ini menggunakan motor induksi tiga fasa sebagai penggerak. Untuk menjalankan motor-motor tersebut pada mesin dipergunakan rangkaian kontrol yang mengatur waktu perputaran maupun arah putaran motor tersebut.

Motor induksi merupakan motor arus bolak balik yang paling banyak digunakan di industri, dikarenakan bentuknya yang sederhana, kokoh serta mudah dalam perawatannya.

2. Untuk melihat langsung aplikasi dari peralatan listrik di lapangan dan membandingkannya dengan apa yang diperoleh secara teoritis dibangku kuliah.
3. Menambah wawasan penulis tentang masalah kelistrikan di dunia industri.
4. Menambah wawasan penulis dan pemahaman penulis dalam menyusun data dilapangan serta menuangkannya dalam bentuk tulisan ilmiah yang bermanfaat bagi penulis sendiri dan orang lain.

1.5 Metoda Penulisan

1.5.1 Studi Lapangan

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis melaksanakan studi lapangan melalui pengamatan langsung operasi dari mesin yang digunakan. Pada studi lapangan ini penulis mencatat data-data motor, komponen kontrol dan komponen pengaman yang digunakan sebagai bahan untuk penulisan. Dengan mengamati secara langsung pengoperasian mesin pengering *tumbler dryer* maka penulis mengetahui cara kerja rangkaian kontrol dari mesin *tumbler dryer* tersebut di lapangan dengan bantuan operator *tumbler* dan *maintener*.

1.5.2 Studi Kepustakaan

Untuk mengetahui cara kerja rangkaian kontrol dari mesin pengering *tumbler dryer* maka penulis mempelajari buku-buku mengenai dasar teori dari aplikasi peralatan listrik yang digunakan atau berhubungan dengan masalah yang dijumpai di lapangan.

1.6 Metode Pembahasan

Untuk mempermudah penulisan, membuat tugas akhir ini lebih rinci dan lebih sistematis serta sesuai dengan tujuan penulisan yang sebenarnya, maka penulis menyajikannya dalam bab perbab dimana tiap bab berisikan pembahasan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang permasalahan, pembatasan masalah serta tujuan penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Merupakan bab yang berisi teori-teori yang ada kaitannya dengan permasalahan dan pemecahan maupun judul dari tugas akhir ini.

BAB III STUDI SISTEM KONTROL MESIN PENGERING SARUNG TANGAN KARET TUMBLER DRYER

Berisi tentang cara pengoperasian mesin pengering *tumbler dryer* dan prinsip kerja dari rangkaian kontrol mesin pengering tersebut.

BAB IV MENENTUKAN KOMPONEN KONTROL

Berisi tentang penentuan besaran nominal komponen pada rangkaian kontrol motor induksi, mencari serta mengatasi gangguan pada mesin tumbler.

BAB V KESIMPULAN

Merupakan kesimpulan dari seluruh kegiatan akhir dalam bentuk pernyataan dan saran yang diperlukan.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Motor Induksi

Motor induksi merupakan motor arus bolak-balik yang sangat luas pemakaiannya. Hal ini disebabkan karena kesederhanaannya konstruksi, kokoh dan karakteristik kerja yang baik. Konstruksi motor induksi terdiri dari dua bagian yaitu stator (bagian yang diam) dan rotor (bagian yang berputar). Stator dihubungkan dengan sumber arus bolak-balik satu fasa atau tiga fasa. Rotor tidak dihubungkan dengan sumber arus bolak-balik akan tetapi rotor mendapat arus akibat tegangan induksi yang dibangkitkan oleh stator. Oleh karena itu motor arus bolak-balik ini dinamakan motor induksi karena prinsip kerjanya berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Dimana tegangan/arus rotor timbul karena induksi medan putar stator yang memotong konduktor rotor. Interaksi medan putar stator dan rotor yang timbul akan menyebabkan rotor berputar untuk operasi sebagai motor, kecepatan perputaran rotor harus lebih rendah dari kecepatan medan putar stator.

Motor induksi terdiri dari dua jenis yaitu:

1. Motor induksi rotor sangkar
2. Motor induksi rotor belit

Kedua motor mempunyai prinsip kerja yang sama dan bentuk stator yang sama akan tetapi mempunyai bentuk rotor yang berbeda.

Keuntungan penggunaan motor arus bolak-balik dibandingkan motor arus searah adalah :

1. Motor AC harganya lebih murah dibandingkan dengan motor DC pada kapasitas daya yang sama.
2. Memerlukan biaya perawatan dan perbaikan yang lebih sedikit.
3. Mempunyai bentuk fisik yang lebih kecil dibandingkan dengan motor DC pada kapasitas yang sama.
4. Tidak memerlukan pengubah arus AC menjadi DC (pada umumnya sumber daya yang tersedia adalah arus AC).

2.1.1 Medan Magnet Putar

Motor induksi tiga fasa bekerja akibat timbulnya medan magnet putar yang dihasilkan oleh arus stator yang mengalir pada ketiga-tiga fasa belitan stator bila stator dihubungkan dengan sumber tiga fasa. Pada saat belitan stator dihubungkan dengan sumber tiga fasa, maka mengalir arus yang merupakan fungsi waktu. Arus ini akan menghasilkan fluksi yang juga fungsi waktu. Adanya jarak setiap belitan dan beda fasa arus dalam belitan, maka fluksi yang dihasilkan oleh setiap fasa bergabung membentuk fluksi yang bergerak mengelilingi permukaan stator pada kecepatan yang konstan. Fluksi ini disebut medan putar. Terbentuknya medan putar dapat dilihat dengan memperhatikan arah aliran arus melalui ketiga fasa pada berbagai saat yang berurutan.

Perhatikan Gambar 2.1. Selisih waktu dimisalkan pada interval 60° pada gelombang arus. Misalkan arus dalam Gambar 2.1b bernilai positif, maka dalam Gambar 2.1a arus sedang mengalir sesuai arah panah. Sebagai contoh, pada waktu

(1) arus fasa R dan T positif dan S negatif, maka arus fasa R dan T sedang

UNIVERSITAS MEDAN AREA

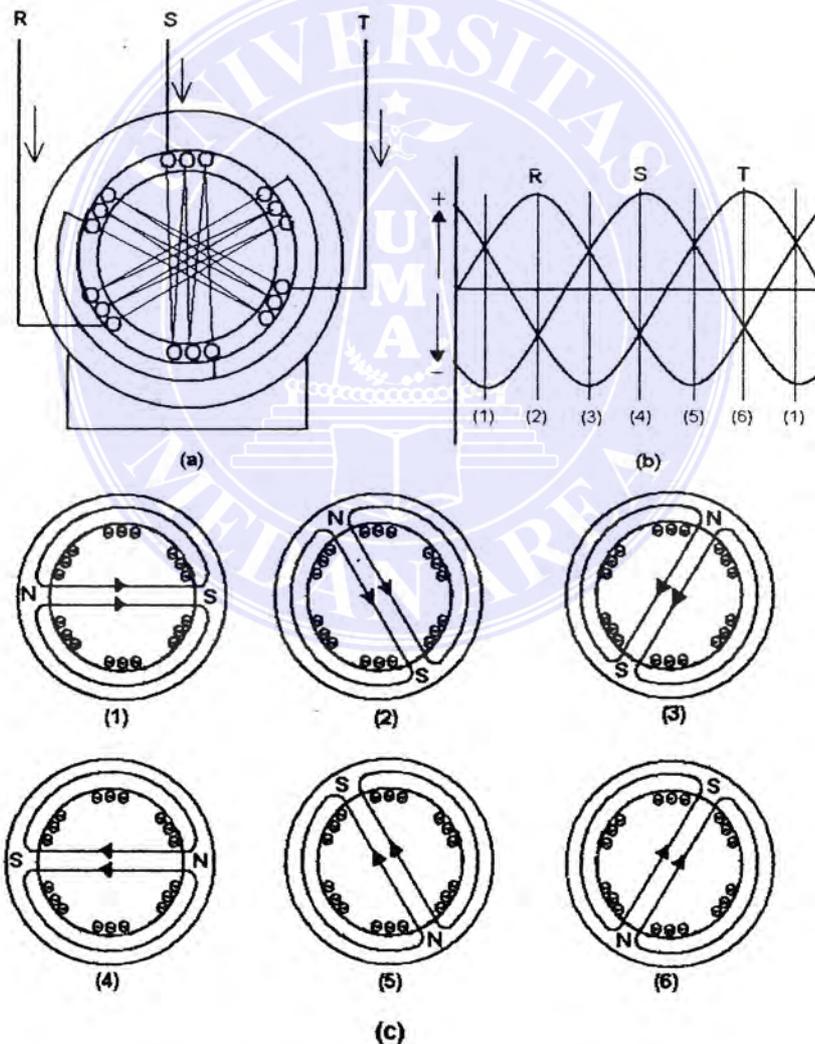
mengalir menuju rotor atau sesuai dengan arah panah dan pada fasa S arus keluar

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area (repository.uma.ac.id)7/12/23

dari rotor atau melawan arah anak panah. Pada waktu (2) arus fasa R positif sedangkan fasa T dan S negatif maka arus fasa R sedang mengalir menuju rotor sesuai arah panah dan fasa T serta fasa S keluar dari rotor atau melawan arah panah. Pada waktu (3) arus fasa R dan S mengalir sesuai arah panah sedangkan fasa T berlawanan dengan arah panah. Demikian seterusnya, pada Gambar 2.1c dapat dilihat arah arus dalam konduktor stator pada masing-masing dari keenam waktu yang berbeda.



Gambar 2.1. Pembangkitan medan putar

Medan yang dihasilkan oleh arus yang mengalir dalam ketiga belitan fasa stator bergerak mengelilingi permukaan stator. Oleh karena itu medan tersebut dinamakan medan putar yang merupakan prinsip dasar dari motor induksi tiga fasa.

2.1.2 Prinsip Kerja Motor Induksi

Apabila sumber daya arus bolak-balik dihubungkan pada kumparan stator, maka akan timbul medan putar dengan kecepatan sebesar :

$$n_s = \frac{120f}{p} \dots\dots\dots(2-1)$$

Dimana :

n_s = kecepatan sinkron (rpm)

f = frekuensi

p = jumlah kutub

Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor akibatnya pada kumparan rotor (medan) akan timbul tegangan induksi (ggl) sebesar :

$$E_r = 4,44.f_2.N_2.\Phi_m \dots\dots\dots(2-2)$$

Dimana :

E_r = GGL (tegangan) induksi pada saat rotor berputar

f_2 = frekwensi arus rotor

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)7/12/23

N_2 = jumlah lilitan rotor

Φ_m = fluksi maksimum

Karena kumparan rotor merupakan rangkaian tertutup, maka tegangan induksi E_r pada rotor akan menghasilkan arus I . Adanya arus I di dalam medan magnet akan menimbulkan gaya (F) pada rotor yang cukup besar untuk memikul kopel beban, rotor akan berputar searah dengan medan putar stator. Seperti telah dijelaskan diatas, tegangan induksi timbul karena terpotong batang konduktor (rotor) oleh medan putar stator artinya 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) yang besarnya :

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\% \dots\dots\dots(2-3)$$

Bila $n_r = n_s$ maka tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada kumparan jangkar rotor, dengan demikian tidak dihasilkan kopel. Jadi kopel motor timbul bila $n_r < n_s$. Slip berubah – ubah besarnya dari 100% pada saat start hingga 0% pada saat motor diam.

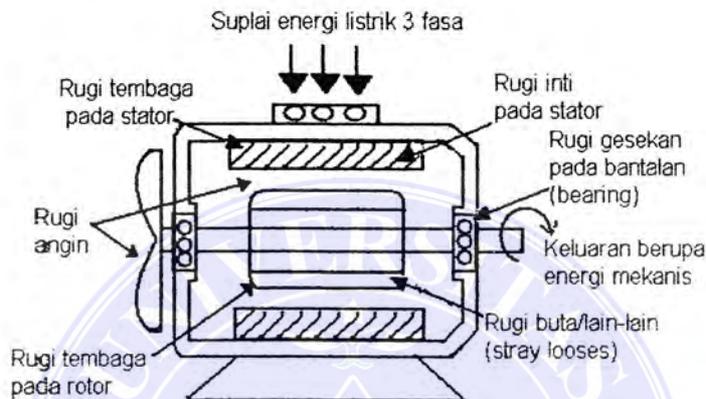
2.1.3 Daya Pada Motor Induksi Tiga Fasa

Daya suatu motor induksi tiga fasa dapat ditentukan dengan persamaan :

$$P_{in} = \sqrt{3} \cdot V_1 \cdot I_1 \cos\phi \text{ (Watt)} \dots\dots\dots(2-4)$$

Daya yang dibutuhkan motor induksi ini tidak semuanya diubah menjadi daya mekanik pada poros motor karena terjadi rugi-rugi. Jika P_{in} stator = P_{in} rotor +

Rugi tembaga atau rugi stator, maka $P_{\text{out rotor}} = P_{\text{in rotor}} - \text{Rugi Cu rotor}$. Daya out put rotor ini dikonversikan ke energi mekanik, dimana sebagian daya tersebut akan hilang karena terjadi rugi-rugi angin dan gesek. Untuk lebih jelasnya perhatikan Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Rugi-rugi pada motor induksi

Rugi besi stator (terdiri dari rugi eddy dan hysteresis) tergantung dari frekuensi suplai dan rapat fluksi dalam inti besi. Dalam praktek adalah tetap. Oleh karena itu rugi besi dari rotor diabaikan sebab kecil sekali dibanding rugi tembaga (Cu). Untuk lebih jelasnya perhatikan tingkatan daya pada Gambar 2.3 seperti di bawah ini.



Gambar 2.3 Tingkatan daya dalam motor induksi.

$$\text{Efisiensi motor} = \frac{\text{Daya output}}{\text{Daya input}} \times 100\% \dots\dots\dots(2-5)$$

$$\text{Faktor daya motor} = \frac{\text{Daya aktif}}{\text{Daya semu}} = \frac{P}{S} \dots\dots\dots(2-6)$$



2.1.4 Arah Putaran Motor

Dalam prakteknya arah putar sebuah motor ditentukan secara eksperimental. Akan tetapi adakalanya arah putaran harus diketahui terlebih dahulu, misalnya untuk motor-motor besar dengan kecepatan putaran tinggi dan dengan *ventilator* atau sistem pelumasan yang kerjanya tergantung pada arah putar poros motornya. Karena itu oleh pabrik-pabrik motor listrik di negara-negara Eropa telah dibuat ketentuan sebagai berikut :

Arah putar sebuah motor, dilihat menghadap sisi puli porosnya, akan kekanan (putaran searah jarum jam) kalau terminal U dihubungkan dengan fasa R, terminal V dengan fasa S dan terminal W dengan fasa T. Ketentuan diatas berlaku untuk motor-motor yang kotak terminalnya berada di tempat normal yaitu disebelah kanan rumah motor, kalau dilihat menghadap sisi pulinya.

Untuk motor-motor dengan kaki kotak terminalnya harus berada disebelah kiri rumah motornya dibalik karena itu kalau dihubungkan dengan urutan fasa U – R, V – S, W – T, motornya akan berputar kekiri dilihat menghadap sisi pulinya. Jadi untuk mengubah arah putaran dari motor induksi tiga fasa cukup dengan menukar salah satu fasa seperti terlihat pada Gambar 2.4 di bawah ini :



Gambar 2.4 Cara membalik putaran motor.

2.1.5 Pengasutan Motor induksi

Secara umum motor induksi dapat dijalankan (distart) dengan menghubungkan motor secara langsung dengan sumber listrik. Motor yang distart pada tegangan penuh (nominal) menghasilkan kopel start yang besar akan tetapi mengambil arus start yang sangat besar sekali, 5 sampai 6 kali arus beban penuhnya. Arus yang sangat besar ini menyebabkan terjadi penurunan tegangan pada sistem yang dapat mengganggu operasi peralatan lainnya yang bekerja pada saluran yang sama, misalnya terjadi kedipan (*flicker*) pada lampu pijar, peralatan proteksi, komputer dan lain sebagainya.

Kopel motor induksi berbanding lurus dengan kuadrat tegangan yang diberikan pada motor, atau dinyatakan dengan :

$$T \propto V^2$$

Jika tegangan selama start dikurangi hingga mencapai 80% dari tegangan nominal, maka kopel start menjadi $0,8^2$ atau 64% dari kopel apabila diberi tegangan penuh. Pengurangan tegangan pada waktu start akan mengurangi arus start dan pada saat yang sama menambah waktu percepatan karena kopel start

yang kurang. Jenis beban yang akan distart juga harus menjadi perhatian dalam menentukan cara start yang digunakan. Sebagai contoh, jika beban tertentu akan rusak bila start dengan tiba-tiba dan harus dipercepat secara perlahan-lahan maka harus digunakan cara start dengan tegangan yang diturunkan. Beberapa cara untuk menstart motor induksi rotor sangkar adalah:

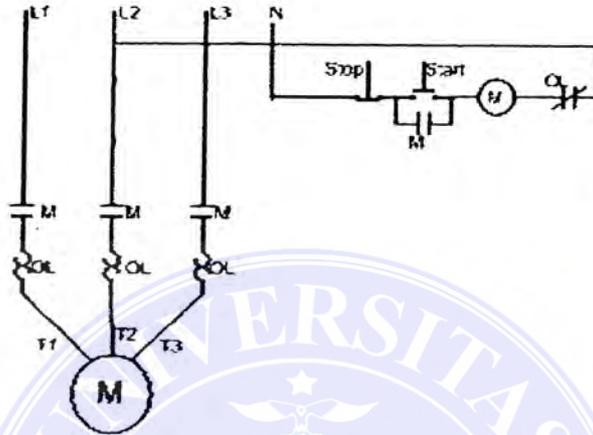
- a. Dengan cara start langsung
- b. Start *Wye-delta*
- c. Start dengan tahanan depan
- d. Start dengan oto-transformator
- e. Start dengan tahanan rotor (khusus motor induksi rotor belit)

Semua cara yang disebutkan diatas dapat dilakukan pada motor induksi 1 fasa maupun tiga fasa, sedangkan start *Wye-delta* hanya dapat dilakukan pada motor induksi 3 fasa.

2.1.5.1 Pengasutan Langsung

Motor induksi yang distart langsung ke jala-jala PLN akan menarik arus yang sangat besar sekali. Oleh karena itu cara seperti ini hanya dilakukan pada motor induksi dengan rating daya yang relatif kecil. Rating daya motor induksi yang dapat dilakukan pengasutan langsung adalah yang kurang dari 1,5 sampai 2,25 kW. Pengasutan langsung adalah metode pengasutan motor yang sederhana dan tidak mahal. Pengasutan langsung ini dilakukan dengan menggunakan *contactor* (kontaktor) dan *thermal over load relay* (TOR) melalui saklar *push button*.

Gambar 2.5 berikut ini akan memperlihatkan bagaimana penggunaan kontaktor sebagai pengontrol start langsung yang dilengkapi dengan tombol tekan (*push button*).



Gambar 2.5 Rangkaian kontrol pengasutan langsung

Prinsip kerjanya adalah sebagai berikut, bila tombol start ditekan maka coil (kumparan) kontaktor M akan terenergis sehingga kontak-kontak yang tadinya terbuka kini tertutup dan motorpun bekerja. Motor akan terus bekerja selama tombol stop belum ditekan.

2.1.5.2 Pengasutan *Wye-Delta* (Bintang-Segitiga)

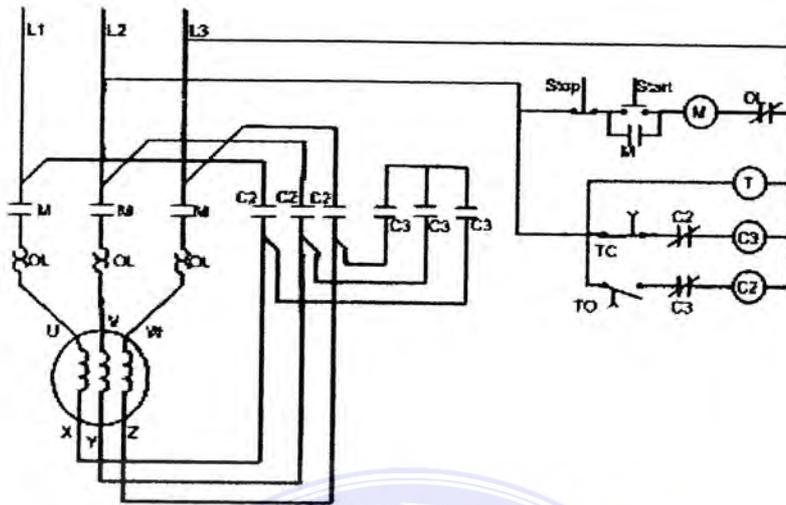
Pengasutan dengan cara bintang-segitiga ini bertujuan untuk menurunkan tegangan apit sehingga arus awalnya akan turun.

Dalam hal ini maka motor dipasang lebih dahulu dalam hubungan bintang sebagaimana terlihat pada gambar sehingga tegangan apit efektif adalah $\sqrt{3}$ lebih rendah, kemudian setelah arus agak menurun dilanjutkan dengan hubungan segitiga.

Pada saat start belitan stator dihubungkan secara *Wye* (bintang) dan setelah hampir mencapai putaran nominalnya belitan stator dihubungkan secara delta. Proses ini dilakukan dengan menggunakan saklar *Wye-delta*. Yang dapat dilakukan secara manual ataupun otomatis dengan menggunakan kontaktor dan timer. Saat motor induksi distart (posisi *Wye*) masing-masing belitan akan mendapat tegangan sebesar tegangan line (V_L) masing-masing belitan, sedangkan pada posisi normal masing-masing belitan mendapat tegangan sebesar tegangan fasa (V_P), dimana $V_P = 1,73 V_L$. Syarat suatu motor induksi dapat distart dengan cara *wye delta* adalah ke enam ujung belitan stator harus dikeluarkan dari motor dan diletakkan pada enam buah terminal. Cara menghubungkan ketiga belitan menjadi hubungan bintang maupun segi tiga seperti terlihat pada Gambar 2.6a dan cara pengasutan dengan sistem bintang-segitiga dapat dilihat pada Gambar 2.6b.



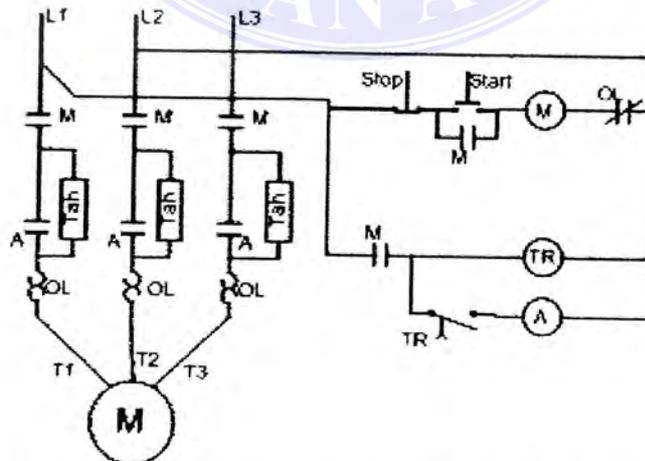
Gambar 2.6a Hubungan Bintang –Segitiga



Gambar 2.6b Pengasutan dengan *Wye-delta*

2.1.5.3 Pengasutan Dengan Tahanan Depan

Pada Gambar 2.7 terlihat cara pengasutan dengan tahanan depan. Pengasutan dengan tahanan depan berarti mengurangi tegangan yang masuk ke stator motor, karena adanya drop tegangan pada tahanan depan. Pada saat start tahanan depan dalam kondisi maksimum. Setelah mencapai nominal tahanan depan dihubung singkat.



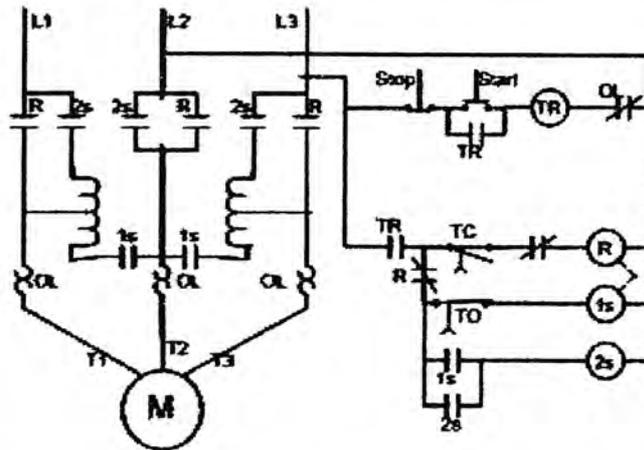
Gambar 2.7 Pengasutan dengan tahanan depan

Terminal L1, L2, dan L3 dihubungkan dengan sumber daya dan terminal T1, T2, dan T3 dihubungkan dengan terminal stator. Prinsip kerja: mula-mula kontaktor M bekerja (menutup) dan motor mendapat pasokan daya jaringan listrik melalui tahanan karena pada saat ini kontaktor A belum bekerja. Setelah beberapa saat timer TR menutup kontak TR sehingga kontaktor A terenergis menutup kontak-kontak. Pada saat ini motor telah mendapat pasokan listrik secara langsung.

2.1.5.4 Pengasutan dengan Autotransformator

Pengasutan dengan cara ini berarti mengatur tegangan yang masuk ke rangkaian stator menggunakan pengatur tegangan yaitu autotransformator, perhatikan Gambar 2.8. Sebelum motor induksi distart, tegangan output autotransformator = 0. kemudian tegangan dinaikkan sampai putaran motor mencapai nominal. Untuk sistem tiga fasa diperlukan autotransformator tiga fasa.

Pengasutan dengan autotransformator sangat cocok untuk menjalankan motor-motor yang besar, cara ini sangat cocok digunakan karena trafo ini tidak mengambil daya, tetapi dengan cara memberikan tegangan *line* pada belitan stator motor secara berangsur-angsur, sehingga akan mengurangi arus awal dan torsi start.



Gambar 2.8 Pengasutan dengan autotransformator

Prinsip kerja dari Gambar 2.8 di atas adalah sebagai berikut. Pada saat tombol start ditekan kontaktor TR terenergis, sehingga kontaktor 1s dan 2s terenergis menghubungkan motor ke tap yang dipilih sebelumnya pada autotransformator. Setelah suatu penundaan waktu, selama motor melakukan percepatan, kontak timer relay TO membuka dan kontak TC menutup, yang memindahkan motor dari autotransformator ke saluran dengan melepaskan kontaktor start 1s dan 2s dan menutup kontaktor kerja R.

2.1.6 Pemilihan Motor Induksi Tiga Fasa

Untuk memudahkan dalam memilih motor induksi yang sesuai maka diperlukan pengklasifikasian motor induksi tersebut. Adapun klasifikasi motor induksi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Motor kelas A, torsi start sekitar 125 sampai dengan 175% torsi nominal dengan arus start sekitar 5 sampai dengan 7 kali arus nominal. Motor ini umumnya dijalankan (distart) dengan tegangan tidak penuh.

2. Motor kelas B, biasanya distart langsung dengan tegangan penuh. Reaktansi relatif tinggi, arus start 4,5 sampai dengan 5 kali arus nominal dengan torsi 125 sampai dengan 175%. $\cos \Phi$ motor kelas A.
3. Motor kelas C, menggunakan rotor sangkar ganda (double squirrel cage), biasanya distart dengan tegangan penuh. Arus start 4,5 sampai dengan 5 kali arus nominal dengan torsi start sekitar 2 kali torsi nominal.
4. Motor kelas D, reaktansi relatif tinggi digunakan untuk pelayanan yang startingnya sangat berat. Efisiensi motor ini selalu lebih rendah dibandingkan efisiensi motor kelas A, B, dan C. motor distart dengan tegangan penuh dengan arus start 4 sampai dengan 5 kali arus nominal. Sedangkan torsi awalnya sekitar 2 sampai 3 kali torsi nominal.

Menurut standar NEMA untuk desain motor jenis rotor sangkar adalah:

- kelas A : torsi start normal, dan arus start normal.
- Kelas B : torsi start normal, dan arus start rendah.
- Kelas C : torsi start tinggi, dan arus start rendah.
- Kelas D : torsi start tinggi, slip tinggi (resistansi rotor tinggi)

Pemilihan motor-motor yang sesuai dengan pengaruh-pengaruh luar adalah juga sangat perlu, tidak hanya terhadap fungsi peralatan atau motor itu sendiri, tetapi juga untuk tercapainya keamanan. Motor yang direncanakan untuk pengaruh luar yang tidak normal telah di tes menurut spesifikasi motor yang sesuai dengan hasil pengujian.

2.1.7 Pemeliharaan Motor Induksi

Pada umumnya motor induksi dirancang agar prosedur perawatan minimal. Sedangkan untuk pemeliharaan motor induksi adalah meliputi pemeliharaan bagian luar motor, pelumasan, dan bagian dalam motor.

Untuk bagian luar motor yang perlu diperhatikan adalah kebersihan rangka motor dan sirip-sirip pendingin motor serta kelengkapannya, seperti kipas pendingin, tutup kipas pendingin, keberadaan kapasitor (untuk jenis motor kapasitor). Dengan kebersihan dan kelengkapan yang terjaga maka proses pendinginan tetap terjaga, sehingga motor tidak mengalami panas yang berlebih pada waktu beroperasi, yang mana dapat memperpanjang usia pemakaian motor tersebut.

Untuk masalah pelumasan umumnya berkaitan dengan kondisi bearing. Kondisi bearing dapat diperiksa dengan mendengarkan bunyi ketika motor beroperasi. Jika bunyi yang dihasilkan oleh motor terdengar halus berarti kondisi bearing masih bagus, sedangkan jika suaranya terdengar berisik (bising), maka kondisi bearing sudah mulai rusak. Selain dengan mendengar suaranya, untuk mengetahui kondisi bearing dapat juga dilakukan dengan memutar poros rotor (kipas pendingin), untuk merasakan apakah putaran masih ringan atau sudah macet.

Hal yang tak kalah pentingnya adalah masalah kebersihan bagian dalam motor. Untuk kebersihan bagian dalam motor dapat dilakukan secara periodik untuk jangka waktu yang cukup lama, karena umumnya rangka motor cukup rapat untuk mencegah debu masuk ke bagian dalam motor.

2.2 Komponen Kontrol

2.2.1 Kontaktor

Kontaktor adalah peralatan listrik yang bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Pada kontaktor terdapat sebuah belitan yang mana bila dialiri arus listrik akan timbul medan magnet pada inti besinya, yang akan membuat kontakannya tertarik oleh gaya magnet yang timbul tadi. Kontak Bantu NO (*Normally Open*) akan menutup dan kontak Bantu NC (*Normally Close*) akan membuka.

Kontak pada kontaktor terdiri dari kontak utama dan kontak Bantu. Kontak utama digunakan untuk rangkaian daya sedangkan kontak Bantu digunakan untuk rangkaian kontrol.

Didalam suatu kontaktor elektromagnetik terdapat kumparan utama yang terdapat pada inti besi. Kumparan hubung singkat berfungsi sebagai peredam getaran saat kedua inti besi saling melekat.

Apabila kumparan utama dialiri arus, maka akan timbul medan magnet pada inti besi yang akan menarik inti besi dari kumparan hubung singkat yang dikopel dengan kontak utama dan kontak Bantu dari kontaktor tersebut. Hal ini akan mengakibatkan kontak utama dan kontak bantu akan bergerak dari posisi normal dimana kontak NO akan tertutup sedangkan NC akan terbuka. Selama kumparan utama kontaktor tersebut masih dialiri arus, maka kontak-kontaknya akan tetap pada posisi operasinya.

Apabila pada kumparan kontaktor diberi tegangan yang terlalu tinggi maka akan menyebabkan berkurangnya umur atau merusak kumparan kontaktor tersebut. Tetapi jika tegangan yang diberikan terlalu rendah maka akan

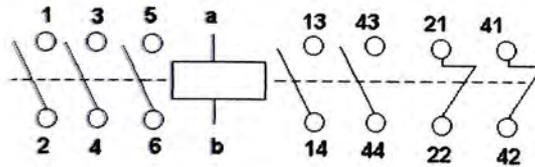
menimbulkan tekanan antara kontak-kontak dari kontaktor menjadi berkurang. Hal ini menimbulkan bunga api pada permukaannya serta dapat merusak kontak-kontaknya. Besarnya toleransi tegangan untuk kumparan kontaktor adalah berkisar 85% - 110% dari tegangan kerja kontaktor.

Agar penggunaan kontaktor dapat disesuaikan dengan beban yang akan dikontrol, maka pada setiap kontaktor selalu dilengkapi dengan plat nama antara lain berisi data-data mengenai :

- a. Perusahaan pembuat kontaktor
- b. Nomor seri pembuatan
- c. Tegangan nominal beban
- d. Tegangan kerja kontaktor
- e. Kategori penggunaan
- f. Kemampuan arus yang dapat dialirkan
- g. Kelas operasi

Kontak-kontak pada kontaktor ini dibagi atas dua bagian yaitu kontak utama dan kontak Bantu. Terminal 1, 3, 5 dihubungkan ke suplai (terminal masukan), terminal nomor 2,4 dan 6 dihubungkan ke rangkaian utama atau beban (terminal keluar). Untuk kontak Bantu yang menutup saat beroperasi atau *normally close* (NC) dan kontak Bantu yang akan membuka saat beroperasi atau *normally open* (NO) adalah kontak Bantu nomor 13-14, 43-44, dan 21-22 serta 41-42. terminal a dan Ab adalah *coil* (kumparan) yang dihubungkan ke suplai yang merupakan kumparan magnet. Beban yang dihubungkan ke kontak NO akan beroperasi bila kontaktor bekerja dan beban yang dihubungkan ke kontak NC akan beroperasi bila kontaktor tidak bekerja.

Berikut ini akan diperlihatkan gambaran simbol kontaktor beserta penomorannya (Gambar 2.9) dan bentuk fisik kontaktor (Gambar 2.10).



Gambar 2.9 Simbol dan penomorannya kontaktor



Gambar 2.10 Bentuk fisik kontaktor

Penggunaan kontaktor AC sesuai dengan rekomendasi IEC 158-1 tahun 1970 dapat dikategorikan atas beberapa jenis yaitu:

- AC1 digunakan untuk segala beban AC dengan faktor daya tidak kurang 0.95, misalnya pemanas atau beban non induktif.
- AC2 digunakan untuk motor slip ring dengan operasi terjadi pembalikan putar atau gerakan mula. Jenis kontaktor ini hanya

mampu memutuskan arus 2,5 x In. kategori ini banyak digunakan untuk mesin perkakas.

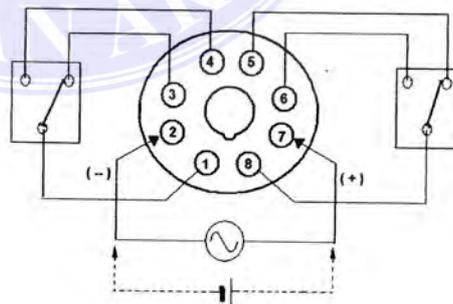
- AC3 digunakan pada motor induksi rotor sangkar yang selama pengoperasiannya selalu mengalami pengereman. Jenis ini mampu memutuskan 6-7 In. banyak dipakai pada motor penggerak, pompa konveyer, refrigerator dan lain-lain.
- AC4 digunakan pada motor induksi rotor sangkar yang bekerja secara terputus-putus dalam periode, dan adanya kerja motor membalik putaran.

2.2.2 Timer Relay

Timer Relay adalah merupakan automat waktu yang dapat digunakan untuk menghubungkan dan memutuskan rangkaian dengan penyetelan waktu. Bentuk fisik serta susunan kaki dari *timer relay* diperlihatkan pada Gambar 2.11 berikut.



a. Bentuk fisik



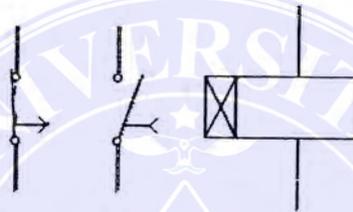
b. Susunan kaki *timer*

Gambar 2.11 Bentuk fisik dan susunan kaki *timer*

Ditinjau dari segi operasinya *timer relay* dibagi atas tiga jenis :

1. *Timer* Operasi Lambat Pemutusan Cepat

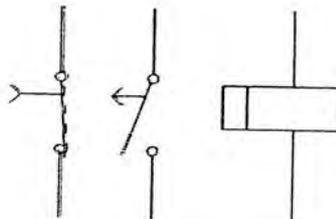
Bila terminal *coil* (kumparan) diberi tegangan maka kontak bantu nya tidak langsung bekerja. Tetapi beberapa saat kemudian tergantung setting waktu, kontak Bantu akan bekerja menutup atau membuka. Simbol *timer* operasi lambat pemutusan cepat terlihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Simbol *timer* operasi lambat pemutusan cepat.

2. *Timer* Operasi Cepat Pemutusan Lambat

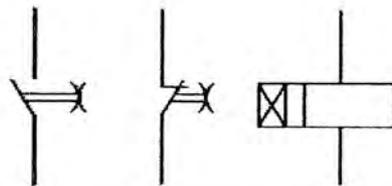
Jika terminal koil diberi tegangan kerja maka kontak bantu nya akan bekerja langsung. Tetapi jika tegangan koil terputus maka kontak bantu nya tidak langsung bekerja tetapi beberapa saat kemudian tergantung setting waktunya kontak Bantu tersebut akan bekerja menutup atau membuka. Simbol *timer* operasi cepat pemutusan lambat terlihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Simbol *timer* operasi cepat pemutusan lambat.

3. *Timer* Kombinasi

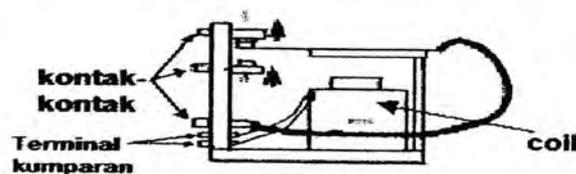
Untuk operasi lambat atau operasi cepat, pemutusan lambat atau pemutusan cepat jenis ini dapat digunakan. Gambar 2.14 memperlihatkan simbol *timer* kombinasi.



Gambar 2.14 Simbol *timer* kombinasi

2.2.3 Relay

Relay adalah peralatan listrik yang cara kerjanya persis seperti timer relay, hanya saja pada timer relay, relay bekerja berdasarkan waktu sedangkan relay disini bekerja berdasarkan tegangan suplai. Relay berfungsi sebagai saklar otomatis yang hanya bekerja bila diberi tegangan. Pada relay terdapat kumparan dan kontak-kontak. Prinsip kerjanya adalah sama seperti pada kontaktor yaitu apabila kumparan diberi tegangan suplai maka pada kumparan akan timbul induksi elektromagnetik (medan magnet) yang akan menarik kontak, sehingga kontak-kontak NO akan menutup dan kontak-kontak NC akan membuka. Gambar 2.15 berikut ini memperlihatkan gambar bagian-bagian dari sebuah relay.



Gambar 2.15 bagian-bagian relay

2.2.4 Saklar Pilih (*Selector switch*)

Saklar pilih digunakan untuk menentukan operasi mana yang akan dijalankan pada mesin *tumbler*. Pada mesin *tumbler* terdapat dua pilihan operasi yaitu *Hot* dan *Cold*.

Sakelar pilih terdiri dari sebuah poros yang dapat berputar dan mempunyai satu atau lebih piringan. Pada piringan-piringan ini terdapat lekuk-lekuk pada porosnya dan dipasang alat pelayanan. Saklar ini dilengkapi dengan alat penahan pada setiap kedudukan. Oleh karenanya pada setiap kedudukan saklar, poros dan piringan-piringannya akan ditahan pada kedudukan itu.

Ada juga *selector switch* yang tidak memiliki alat penahan, melainkan dilengkapi dengan pegas. Kalau saklar demikian diputar disuatu kedudukan dan kemudian dilepas, poros dan piringan-piringannya akan selalu kembali ke kedudukan semula yaitu kedudukan nol. Jumlah kontak yang terdapat pada suatu saklar tergantung pada jenis saklarnya.

2.2.5 *Limit Switch*

Limit switch (saklar batas) adalah saklar yang bekerja secara otomatis jika rating pembatasnya dilampaui, apabila *limit switch* tersentuh atau tertekan, saklar tersebut akan memutuskan/menghubungkan rangkaian.

Limit switch digunakan sebagai perangkat indera didalam rangkaian kontrol untuk menstart, menstop atau membalik putaran motor listrik. *Limit switch* dapat juga digunakan sebagai perangkat kontrol lain untuk operasi yang teratur atau saklar darurat untuk menghindari fungsi yang tidak baik pada mesin atau motor listrik tersebut.

2.2.6 Push Button (Tombol Tekan)

Push button atau tombol tekan merupakan suatu saklar yang sering digunakan untuk pengontrolan motor-motor listrik yang dikombinasikan dengan kontaktor dan relay. *Push button* terbagi atas empat bagian yaitu:

1. *Push button* ON (*Normally Open*)
2. *Push button* OFF (*Normally Closed*).
3. *Push button* ON-OFF
4. *Push button* ON-OFF-ON

Keempat jenis *push button* ini sering dipergunakan dalam kontrol motor listrik. *Push button* tipe ON identik dengan kontak-bantu NO dari kontaktor. *Push button* tipe OFF identik dengan kontak-bantu NC, sedangkan *push button* tipe ON-OFF identik dengan gabungan kontak NO dan NC daripada kontaktor. *Push button* ini dioperasikan secara manual dengan menekan tombol operasinya. Selama tombol operasi tersebut tetap ditekan maka tombolnya akan bekerja tetapi bila tombolnya dilepas maka tombolnya akan kembali pada posisi normalnya.

Simbol *push button* tipe ON dan tipe OFF seperti diperlihatkan pada Gambar 2.16 berikut.



Gambar 2.16 simbol *push button* tipe ON dan OFF

2.2.7 Solenoid Valve (Katup Solenoid)

Katup (keran) merupakan peralatan mekanik yang dirancang untuk mengontrol aliran fluida seperti air, minyak, udara atau gas. Selain katup yang dioperasikan secara manual, katup yang bekerja secara elektrik sering juga digunakan di industri karena katup ini dapat dikontrol dari tempat yang jauh sehingga dapat diletakkan pada suatu industri tertentu. Katup solenoid adalah katup yang bekerja secara listrik. Katup solenoid ini sering juga digunakan atau dioperasikan secara elektromagnetik dimana magnet dibangkitkan oleh fluks magnet yang berasal dari inti dan belitan yang ada pada peralatan tersebut.

Bila suatu *armatur* (pelindung) dari besi diletakkan dalam daerah medan magnet kumparan maka armatur tersebut akan tertarik ke arah kumparan. Gerakan armatur ini digunakan dalam mengoperasikan katup. Bila diberikan arus listrik maka katup akan membuka dan bila aliran listrik tidak ada maka katup akan kembali menutup seperti pada keadaan semula. Gambar 2.17 berikut ini menunjukkan bentuk fisik dari sebuah katup solenoid.



Gambar 2.17 *Solenoid valve* (katup solenoid)

Suplai air utama dihubungkan (masuk) dari lubang 1 (*inlet*). bila tidak ada arus listrik yang mengalir kedalam kumparan maka air tidak dapat melewati katup

karena terhalang oleh armatur yang terbuat dari logam yang mengandung besi. Bila kumparan dialiri arus listrik maka armatur akan tertarik ketengah-tengah kumparan, sehingga air dapat mengalir keluar melalui lubang 2 (*outlet*).

2.2.8 Termostat

Termostat merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengatur temperatur pada suatu sistem, sehingga temperatur sistem tersebut sesuai dengan temperatur yang diinginkan (telah diseting sebelumnya). Termostat merupakan peralatan listrik yang digunakan untuk menghubungkan dan memutuskan rangkaian listrik secara otomatis berdasarkan perubahan suhu. Dengan mengontrol aliran energi panas kedalam atau keluar sistem, karenanya termostat bekerja memanaskan atau mendinginkan sesuai dengan temperatur yang diinginkan.

Termostat dirancang dengan beragam bentuk dan digunakan pada bermacam-macam pengukuran temperatur (sensor suhu). Jenis – jenis termostat antara lain:

1. Bi Metal, digunakan sebagai sensor suhu secara mekanik.
2. *Thermistor*, digunakan sebagai sensor suhu secara elektronik.
3. *Thermocouple*, digunakan sebagai sensor suhu secara bidang listrik.

Pada mesin *tumbler dryer* digunakan termokopel PT 100 sebagai sensor suhu. Gambar termokopel PT 100 seperti terlihat pada Gambar 2.18 dibawah ini.



Gambar 2.18 Termokopel PT 100

Termokopel PT 100 adalah termokopel tipe T (terbuat dari bahan tembaga dan konstantan) yang memiliki range (daerah pengukuran) efektif dari -200°C sampai 100°C .

2.2.9 Lampu Indikator (Lampu Tanda)

Lampu indikator adalah lampu penanda yang digunakan untuk menyatakan kondisi kerja pada saat itu. Dengan adanya lampu penanda, maka kita dapat mengetahui apakah motor sedang beroperasi atau tidak, apakah tegangan dari jala-jala PLN ada (masuk ke rangkaian) atau tidak, dan lain sebagainya.

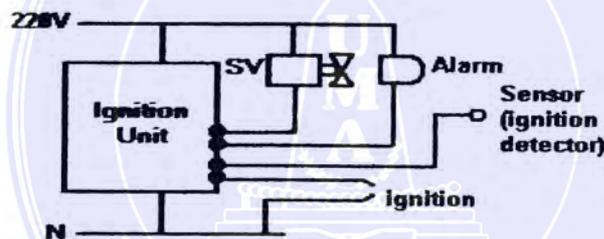
Terdapat beberapa warna pada lampu indikator, yang mana masing-masing warna menyatakan kondisi kerja yang berlainan. Misalnya warna merah menyatakan kondisi tidak normal atau bahaya. Warna hijau menyatakan kondisi kerja normal atau posisi *run* (operasi). Warna kuning menyatakan peringatan atau hati-hati, dan lain sebagainya.

2.2.10 Buzzer (Bel)

Buzzer atau bel listrik digunakan sebagai indikator untuk menyatakan kondisi kerja pada saat itu. Biasanya dihubungkan dengan kegagalan suatu operasi (peringatan) atau telah selesainya suatu operasi. Misalnya pada saat terjadi kelebihan beban dikarenakan motor yang rusak atau terjadi hubung singkat pada motor.

2.2.11 Unit pengapian (*ignition unit*)

Ignition unit (unit pengapian) adalah komponen listrik yang dirancang untuk digunakan sebagai pengapian pada pembakaran gas LNG. *Ignition unit* menghasilkan percikan api yang dapat digunakan untuk pemicu pembakaran gas. Sebagai media pembakaran gas LNG digunakan burner. Pada *ignition unit* juga terdapat sensor yang dapat mendeteksi apakah percikan api normal atau tidak, jika tidak normal maka *ignition unit* akan membunyikan alarm sebagai tanda bahwa api tidak hidup. Gambar rangkaian *ignition unit* seperti terlihat pada Gambar 2.19 dibawah ini.



Gambar 2.19 Rangkaian *ignition unit*

Prinsip kerjanya adalah sebagai berikut, jika *ignition unit* mendapatkan suplai tegangan (220 V AC) maka *ignition unit* akan mensuplai tegangan kepada *solenoid valve* untuk membuka katup gas LNG. Bersamaan dengan itu *ignition unit* akan menghasilkan percikan api untuk membakar gas yang keluar melalui katup solenoid tadi dan *burner*. Jika api tidak hidup (gas tidak terbakar) maka *ignition unit* akan mensuplai tegangan kepada alarm sehingga alarm berbunyi.

2.3 Komponen Pengaman

2.3.1 *Thermal Over Load Relay (TOR)*

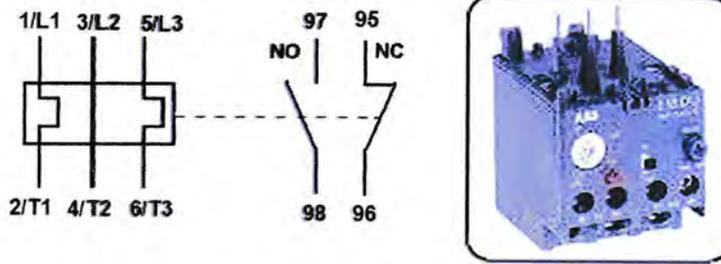
Thermal Over load relay atau relay beban lebih selalu dipasang seri dengan beban yang berfungsi sebagai pengaman beban lebih. Apabila terjadi kelebihan beban, hubungan singkat, atau gangguan lainnya yang mengakibatkan naiknya arus secara otomatis, relay ini akan bekerja memutuskan arus listrik dengan beban. Sehingga keamanan beban terjaga.

Over load relay memiliki kontak Bantu NO dan NC. Kontak Bantu NC dipergunakan sebagai pengontrol operasi dari kontaktor penghubung suplai daya ke kumparan motor. Apabila terjadi gangguan arus beban lebih pada saat motor beroperasi, maka kontak Bantu NC akan membuka sehingga suplai daya akan terputus ke kontaktor dan akibatnya motor akan berhenti beroperasi.

Prinsip kerja dari suatu TOR adalah berdasarkan panas yang timbul karena adanya arus listrik yang mengalir melewati arus nominal motor. Energi panas tersebut akan diubah menjadi energi mekanik oleh logam bi metal. Akibatnya kontak NC akan terbuka sehingga operasi motor diamankan oleh pengaman TOR berhenti bekerja. Adapun kerja TOR ini tergantung kepada gangguan arus beban lebih yang terjadi dan lamanya gangguan berlangsung

Pada TOR terdapat selektor untuk memilih batasan nilai arus yang diinginkan yang biasanya disesuaikan dengan besar arus nominal beban yang akan dihubungkan.

Gambar 2.20 berikut ini menampilkan bentuk fisik dan simbol dari TOR.



a. Simbol

b. Bentuk fisik

Gambar 2.20 Bentuk fisik dan simbol TOR

2.3.2 Sekering (*Fuse*)

Sekering digunakan untuk mengamankan rangkaian dari arus yang berlebihan. Sebuah sekering dihubungkan seri dengan masing-masing hantaran yang tidak ditanahkan (L1, L2, L3).

Arus nominal sekering adalah nilai yang sudah ditentukan oleh pabrik yaitu besarnya arus yang dijamin oleh pabrik untuk tidak menyebabkan kerusakan pada sekering yang bekerja terus-menerus pada kondisi normal tanpa terjadi peleburan pada bagian elemennya atau tanpa terjadi keadaan yang memburuk karena arus tersebut pada sekering.

Untuk mengamankan motor induksi dalam hubung singkat dibutuhkan pengaman lebur dengan penentuan ratingnya dapat ditentukan dengan perkiraan kasar seperti di bawah ini:

- Pengaman cepat = 3 x Arus nominal
- Pengaman lambat = 2 x Arus nominal

Menurut PUIL 2000 setelan maksimum pengaman lebur (fuse) yang diizinkan adalah $400\% \times$ arus nominal motor yang diamankan terhadap arus hubung singkat.

Berdasarkan karakteristiknya aksi kerja fuse, fuse dibagi dua :

1. Sekering aksi cepat.
2. Sekering aksi lambat.

Agar perencanaan suatu rangkaian kontrol dapat dicapai dengan baik, maka penentuan besar pengaman harus disesuaikan dengan luas penampang penghantar yang akan digunakan.

2.3.3 Mini Circuit Breaker (MCB)

MCB merupakan peralatan switching dan pemutus arus yang berfungsi untuk memutuskan tegangan listrik baik pada saat operasi normal maupun dalam keadaan tidak normal. MCB biasanya dilengkapi dengan pengaman termis untuk beban lebih dan pengaman relay untuk hubung singkat.

Pada operasi normal MCB dipergunakan untuk membuka suatu rangkaian listrik, misalnya untuk keperluan perawatan. Pada keadaan operasi tidak normal, misalnya pada saat terjadi gangguan arus lebih maka pada keadaan ini MCB akan membuka kontakannya secara otomatis sehingga rangkaian yang terganggu akan segera dilokalisasi. Berdasarkan pemakaian dan tingkat kepekaan dapat diklasifikasikan atas:

a. MCB dengan karakteristik G

MCB ini terdiri atas dua macam:

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)7/12/23

1. MCB tipe G yang dirancang dengan kondisi tripping magnetiknya baru akan bekerja apabila terjadi kenaikan arus sebesar 7 – 10 kali arus nominal. Untuk kenaikan arus 7 kali arus nominal, MCB akan trip pada waktu diatas 0,5 detik, dan untuk 10 kali arus nominal MCB trip dibawah 0,5 detik.
2. MCB tipe G dengan kondisi tripping untuk kenaikan arus enam kali arus nominal.

b. MCB karakteristik L

Pada umumnya pada kondisi tripping magnetiknya baru dapat bekerja apabila terjadi kenaikan arus 3 –5 kali arus nominal. MCB tipe Listrik ini merupakan tingkat pengaman yang lebih sensitive dibanding MCB tipe G. biasanya MCB type L digunakan pada instalasi rumah tangga, gedung-gedung perkantoran atau yang bersifat komersil, dimana pada umumnya tempat-tempat tersebut banyak menggunakan beban yang sifatnya resistif atau induktif ringan.

c. MCB karakteristik K

Kondisi tripping magnetiknya baru akan bekerja apabila terjadi kenaikan arus 8 – 12 kali arus nominal. Biasanya digunakan untuk mengamankan kabel-kabel instalasi listrik dan beban induktif berat atau motor-motor penggerak mesin-mesin induktif yang langsung distart dengan tegangan penuh. Operasi MCB dapat dilakukan dengan dua cara. :

1. Operasi thermal yaitu operasi pemutus oleh MCB karena gangguan beban lebih pada kondisi normal. Pada saat terjadi gangguan lebih

pada suatu rangkaian maka secara otomatis bimetal akan memutuskan rangkaian karena terjadi perbedaan temperatur yang disebabkan oleh arus yang mengalir melebihi batas harga nominal.

2. Operasi magnetik yaitu operasi pemutus oleh MCB karena terjadi gangguan hubung singkat, maka relay elektromagnetik akan terenergis dan berubah menjadi magnet yang akan menarik kontak-kontaknya sehingga akan dapat memutuskan rangkaian.

MCB yang digunakan pada mesin *tumbler dryer* adalah MCB tipe G



BAB III

STUDI SISTEM KONTROL MESIN PENGERING SARUNG TANGAN KARET TUMBLER DRYER

3.1 Mesin *Tumbler Dryer*

Mesin pengering *tumbler dryer* adalah salah satu mesin produksi yang digunakan di PT. INTAN HEVEA INDUSTRY untuk mengeringkan sarung tangan karet hasil produksi. Selain untuk pengeringan mesin ini juga berfungsi untuk mengurangi kadar tepung yang ada pada sarung tangan. Kadar tepung pada sarung tangan hanya dapat berkurang jika sarung tangan tersebut telah cukup kering. Karena mesin ini merupakan salah satu mesin pada proses produksi (bagian dari produksi), maka diharapkan agar kerusakan ataupun hal-hal yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi pada mesin sehingga mesin tidak dapat beroperasi tidak terjadi.

Penampilan dari mesin pengering *tumbler dryer* ini sama seperti mesin pengering pakaian. Pada bagian depan terdapat pintu untuk memasukan bahan (sarung tangan) yang terletak di tengah-tengah mesin. Di bagian atas (di sebelah atas pintu) terdapat tombol tekan untuk mengoperasikan (menghidupkan atau mematikan mesin), lampu indikator, saklar pilih (*Hot/Cold*), *timer relay (Hot/Cold)*, dan *temperature controller* untuk mengatur temperatur suhu pengeringan.

Mesin ini menggunakan dua buah motor induksi tiga fasa. Motor pertama sebagai penggerak utama (*tumbling / memutar bahan*) dan motor kedua sebagai

penghisap tepung (*Exhaust Fan*). Data kedua motor tersebut adalah sebagai berikut.

1. Motor Penggerak Utama

Motor ini berfungsi sebagai penggerak tumbling tempat sarung tangan dikeringkan. Motor ini akan menggerakkan (memutar) tumbling tersebut dengan arah putaran yang selalu berubah-ubah setiap 1 menit. Cara pengasutan yang dilakukan pada motor ini adalah pengasutan langsung karena daya motor ini di bawah 2,25 KW.

Untuk menggerakkan (memutar) tumbling tersebut pada motor dipasang puli lalu digunakan V-belt untuk menghubungkan puli motor tersebut dengan puli tumbling dengan perbandingan puli antara motor dengan tumbling $\pm 2 : 20$. Dari perbandingan puli tersebut dapat diketahui bahwa kecepatan putaran antara motor dengan tumbling tidak sama. Kecepatan putaran motor lebih besar dibandingkan dengan putaran tumbling.

Data spesifikasi motor penggerak utama (M1) ini adalah sebagai berikut :

Type	= AEFV
Pole (P)	= 2 kutub
Daya (P)	= 1,5 KW
Arus (I)	= 3,1 A (Y) / 5,4 A (Δ)
Tegangan (V)	= 380 V (Y) / 220 V (Δ)
n_r	= 3430 rpm
Slip (S)	= 81 %
Frekuensi (f)	= 60 Hz

Bearing = 6205ZZ

2. Motor hisap (Exhaust Fan / M2)

Sesuai dengan namanya motor ini berfungsi untuk menghisap hawa panas yang dihasilkan dari api *burner* agar masuk ke dalam *tumbler*. Hawa panas inilah yang digunakan untuk pengeringan sarung tangan karet hasil dari mesin produksi. Selain untuk menghisap hawa panas agar masuk ke dalam *tumbler*, motor ini juga sekaligus menghisap tepung yang berterbangan di dalam *tumbler* pada saat *tumbler* di operasikan (proses *tumbling*) dan membuangnya keluar.

Prinsip kerja dari motor hisap ini adalah dengan membuang udara yang ada di dalam mesin *tumbler* ke luar dengan menggunakan kipas, yang mana sudu-sudu kipas di buat sedemikian rupa sehingga dapat digunakan untuk membuang udara.

Cara pengasutan yang digunakan untuk motor hisap ini adalah pengasutan langsung. Data spesifikasi dari motor hisap ini adalah sebagai berikut :

Type = AEEF
 Pole (*P*) = 4 kutub
 Daya (*P*) = 0,37 KW
 Arus (*I*) = 1,15A / 2A (*Y/Δ*)
 Tegangan (*V*) = 380V / 220V (*Y/Δ*)
 n_r = 1370 rpm
 Frekuensi (*f*) = 50 Hz
 Bearing = 6202ZZ

3.2 Cara Pengoperasian Mesin *Tumbler*

Sebelum mesin *tumbler* digunakan untuk mengeringkan sarung tangan karet hasil produksi sebaiknya di lakukan pengetesan apakah mesin dalam kondisi normal atau tidak. Langkah langkah pengetesan adalah sebagai berikut ;

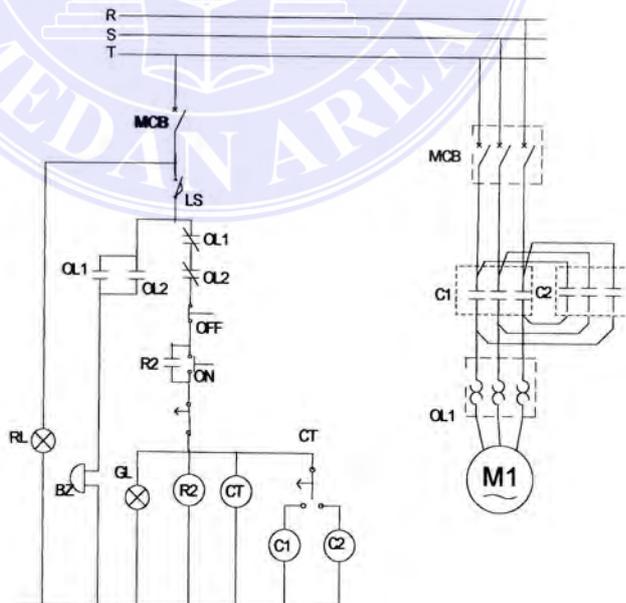
1. Periksa apakah lampu indikator *power* menyala, lampu indikator ini menunjukkan ada atau tidaknya tegangan yang masuk ke rangkaian mesin *tumbler dryer* tersebut.
2. Pastikan saklar pilih (*selector switch*) pada posisi *Hot*.
3. Atur timer *Hot* dan *Cold* sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan (penyetelan *timer Hot* maupun *Cold* tidak boleh dilakukan pada kondisi hidup mesin).
4. Atur temperatur dengan memutar jarum penunjuk pada *temperature controller* sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
5. Pastikan palap gas pada posisi open dan tidak ada kebocoran gas.
6. Tutup pintu mesin lalu hidupkan mesin dengan menekan tombol *run* (saklar *push button* yang berwarna hijau).
7. Lihat apakah api burner menyala (hidup) dan terhisap kedalam *tumbler*.
8. Periksa apakah api hidup dan mati sesuai dengan penunjukan pada lampu indikator ON dan OFF yang terdapat pada *temperature controller*.
9. Jika sesuai, matikan mesin dan mesin siap untuk digunakan.

3.3 Prinsip Kerja Rangkaian Kontrol Motor Induksi Tiga Fasa Pada Mesin

Tumbler dryer

Pengontrolan motor induksi tiga fasa yang dilakukan pada mesin tumbler dryer adalah pengaturan arah putaran motor yang diterapkan pada motor penggerak (tumbling). Putaran yang diinginkan disini adalah putaran yang dapat berubah – ubah arahnya dengan sendirinya, untuk itu digunakan *cyclic timer*. *Cyclic timer* adalah timer yang bekerja secara otomatis setiap satu menit dengan jeda waktu selama 6 detik. Jadi motor akan bergerak (berputar) kekanan selama satu menit, setelah satu menit motor diam selama enam detik untuk kemudian bergerak (berputar) kearah yang berlawanan selama satu menit. Setelah satu menit berputar ke arah yang berlawanan (kekiri), motor diam lagi selama 6 detik lalu kembali berputar kekanan, begitu seterusnya.

Gambar rangkaian motor penggerak seperti terlihat pada Gambar 3.1 di bawah ini :



Gambar 3.1 Rangkaian motor penggerak

Jika MCB di ON kan maka lampu RL menyala menandakan arus sudah masuk ke rangkaian. Pada saat pintu tumbler terbuka , limit switch (LS) masih dalam keadaan OFF. Limit switch disini berfungsi sebagai pengaman, karena jika pintu tidak ditutup maka arus tidak masuk ke rangkaian sehingga walaupun tombol RUN ditekan (dioperasikan) mesin tidak akan hidup. Hal ini dilakukan untuk menghindari terjadinya kecelakaan pada waktu operator menggunakan mesin (mengeluarkan bahan yang telah selesai di tumbler).

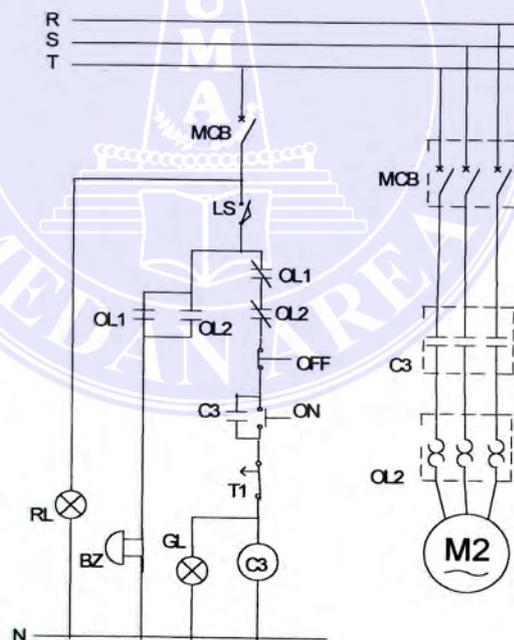
Setelah pintu tumbler dryer ditutup maka limit switch akan berubah menjadi ON dan arus masuk ke rangkaian. Jika tombol RUN (tombol ON) dioperasikan (ditekan) maka arus akan mengalir dan Relay R2 bekerja menghubungkan kontak R2, lampu indikator RUN (yang berwarna hijau) hidup dan *Cyclic Timer* bekerja menghubungkan kontak CT ke kontaktor C1. Dengan beralihnya kontak CT ke kontaktor C1, maka kontaktor C1 bekerja sedangkan kontaktor C2 tidak bekerja, pada saat ini motor akan berputar kekanan, setelah satu menit kemudian *Cyclic Timer* akan membuka kontak CT (kontak CT pada posisi netral) sehingga motor berhenti berputar. Setelah 6 detik kemudian kontak CT beralih ke kontaktor C2 dan kontaktor C2 bekerja. Dengan bekerjanya kontaktor C2 maka urutan fasa tegangan suplai pada motor berubah sehingga motor bekerja (berputar) ke arah yang berlawanan (ke kiri). Setelah satu menit motor beroperasi maka motor akan mati (berhenti beroperasi) karena kontak *Cyclic Timer* CT membuka (posisi netral). Setelah 6 (enam) detik kemudian kontak CT kembali terhubung ke kontaktor C1 dan motorpun beroperasi (berputar ke kanan) begitu seterusnya sampai program *Hot & cold* selesai atau sampai tombol *Stop* (*push button* yang berwarna merah) ditekan. Spesifikasi

komponen pada rangkaian motor penggerak dapat dilihat pada Tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3.1 Spesifikasi komponen kontrol motor penggerak

No	Nama	Simbol	Merek	tipe	V (volt)	I (Amp)	F (Hz)	Jlh
1	Breaker	MCB	Merlin Gerin	NC45a	400	20	50	1
2	Kontaktor	C1, C2	Kasuga	MUF10-4	440	20	50	2
3	Cyclic timer	CT	Cikachi	TWB	240	5	50	1
4	Over load	TOR1	Mitsubishi	TH-N12KP	380	2,5	50	1
5	Relay	R2	OMRON	MK2P-1	250	10	50	1

Sedangkan untuk motor hisap (*exhaust fan*) dihubungkan secara langsung dan terus bekerja selama mesin beroperasi. Gambar rangkaian motor penghisap terlihat pada Gambar 3.2 berikut:



Gambar 3.2 Rangkaian motor penghisap

Setelah mesin dihidupkan maka arus mengalir dan kontaktor C3 bekerja

menutup kontak C3 dan menghidupkan lampu indikator RUN (lampu yang

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area Access From (repository.uma.ac.id)7/12/23

berwarna hijau). Dengan menutupnya kontak-kontak kontaktor C3 maka arus akan mengalir mensuplai motor dan motorpun bekerja.

Motor akan berhenti bekerja manakala program *Hot* dan *Cold* telah selesai atau tombol *Stop* ditekan. Untuk spesifikasi komponen pada rangkaian motor hisap dapat dilihat pada Tabel 3.2 di bawah ini.

Tabel 3.2 Spesifikasi komponen kontrol motor hisap

No	Nama	Simbol	Merek	tipe	V (volt)	I (Amp)	F (Hz)	Jlh
1	Breaker	MCB	Merlin Gerin	NC45a	400	20	50	1
2	Kontaktor	C3	Kasuga	MUF10-4	440	20	50	1
3	Over load	TOR2	Mitsubishi	TH-N12KP	380	2,5	50	1

3.4 Pengontrolan Suhu Otomatis

Untuk pengontrolan suhu otomatis disini menggunakan *temperature controller* sebagai pengontrol suhu dan termokopel PT 100 sebagai sensor suhu. Pada *temperature controller* terdapat tombol yang dapat di putar untuk mengatur derajat suhu sesuai dengan keinginan. *Temperature controller* adalah relay yang bekerja berdasarkan tinggi rendahnya temperatur. Termokopel PT 100 berfungsi sebagai sensor panas, jika panas yang ada tidak sesuai dengan penunjukan jarum pada *temperature controller* maka termokopel akan memberikan informasi kepada *temperature controller* untuk menghubungkan kontak relay agar ignition unit bekerja. Setelah temperatur yang ada sesuai dengan penunjukan jarum pada *temperature controller* maka termokopel akan memberikan informasi kepada *temperature controller* untuk membuka kembali kontak relay agar ignition unit berhenti beroperasi.

Jadi perubahan suhu dibaca oleh termokopel dan diterjemahkan oleh *temperature controller*.

3.5 Sumber Panas

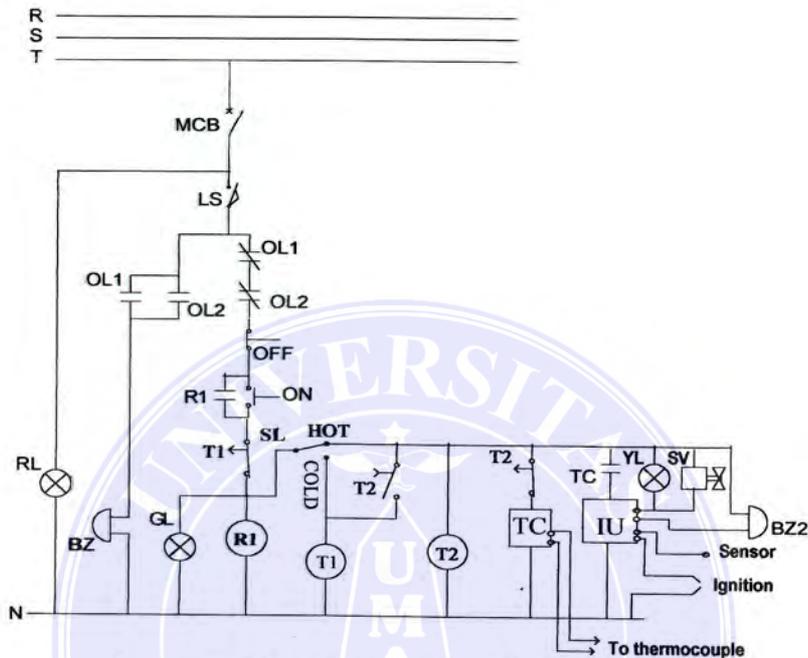
Pada mesin *tumbler dryer* sumber panas didapatkan dari pembakaran gas LNG dengan menggunakan burner. Pada PT. INTAN HEVEA INDUSTRY gas LNG diperoleh dari saluran distribusi gas negara. Sedangkan untuk membakar gas tersebut digunakan mancis listrik (*ignition unit*).

3.6 Program *Hot & Cold*

Pada mesin *tumbler dryer* terdapat dua program yaitu program *Hot* dan program *Cold*. Program *Hot* adalah program untuk pengeringan. Jika kita menjalankan program *Hot* maka mesin akan beroperasi sebagai mesin pengering. Program *Cold* adalah program pendinginan. Setelah bahan sarung tangan dikeringkan selama beberapa waktu dengan temperatur yang tertentu, sebelum bahan dikeluarkan dari mesin terlebih dahulu bahan didinginkan. Hal ini dilakukan untuk menjaga kualitas dari sarung tangan karet tersebut. Rangkaian program *Hot* dan *Cold* terlihat pada Gambar 3.3.

Setelah mesin dihidupkan sedangkan saklar pilih (*selector switch*) pada posisi *Hot* maka mesin akan beroperasi sebagai pengering. Pada kondisi ini yang bekerja adalah timer *Hot* (T2). Dengan bekerjanya timer *Hot* maka *Temperature Controller* (TC) bekerja. *Temperature Controller* mendapat masukan dari termokopel mengenai perubahan temperatur di dalam mesin *tumbler dryer*. Jika temperatur yang terbaca oleh termokopel masih kurang dari setingan yang dilakukan pada *Temperature Controller* (TC) maka TC akan memerintahkan *ignition unit* untuk bekerja membuka *valve* gas dan membakar gas tersebut, setelah temperatur yang di tetapkan tercapai maka TC akan memerintahkan

ignition unit untuk berhenti bekerja. *Temperature Controller* hanya bekerja selama timer *Hot* bekerja (dialiri arus) dan *ignition unit* bekerja selama *Temperature Controller* bekerja.



Gambar 3.3 Rangkaian program *Hot* dan *Cold*

Setelah waktu yang di tetapkan pada timer *Hot* terlampaui maka timer *Hot* berhernti bekerja dan beralih ke timer *Cold* (T1) yang bekerja. Pada kondisi ini mesin melakukan proses pendinginan dengan menghisap hawa panas yang berada di dalam tumbler dan membuangnya keluar.

Setelah waktu yang di set pada timer *Cold* terlampaui maka kontak T1 terbuka dan mesinpun berhenti beroperasi (mati dengan sendirinya) Spesifikasi komponen pada rangkaian program *Hot* dan *Cold* terlihat pada Tabel 3.2 di bawah ini.

Tabel 3.3 Spesifikasi komponen kontrol program *Hot* dan *Cold*

No .	Nama	Simbol	Merck	tipe	V (volt)	I (Amp)	F (Hz)	Jlh .
1	Breaker	MCB	Merlin Gerin	NC45a	400	20	50	1
2	Relay	R1	OMRON	MK2P-1	250	10	50	1
3	Timer	T1,T2	OMRON	H3CR	240	5	50/60	1
4	Selector sw.	SL	Hanyoung	CR253	250	5	50	1
5	Temp.Contr.	TC	Hanyoung	PKMNR	220	1	50	1

Pada program *Hot*, waktu yang diperlukan untuk mencapai suatu nilai suhu tergantung pada besarnya tekanan gas LNG dan banyaknya pasokan gas.



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Motor induksi yang digunakan pada mesin tumbler dryer adalah motor induksi tiga fasa rotor sangkar dengan pengasutan langsung.
2. Pengontrolan dilakukan pada arah putaran dan waktu perputaran motor .
3. Sistem kontrol yang digunakan cukup sederhana.

5.2 Saran

1. Gunakanlah mesin sesuai prosedur pemakaian agar tidak terjadi hal-hal yang tidak diinginkan.
2. Untuk menjaga agar mesin dapat terus bekerja normal hendaknya dilakukan perawatan berkala baik dalam segi kelistrikan maupun mekanik.
3. Dalam mencari letak gangguan lakukan bertahap sesuai dengan diagram aliran.
4. Untuk mengamankan rangkaian dari arus yang berlebihan gunakanlah sekering, karena pada rangkaian belum terdapat sekering pengaman.
5. Disini hanya dibahas pengaturan arah putaran motor, untuk lebih melengkapi pengetahuan mengenai pengaturan motor induksi pelajari pengaturan kecepatan dan daya motor dari buku maupun media lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Abdul Kadir, 1981, *Mesin Tak Serempak*, Djambatan, Bandung.
2. Badan Standarisasi Nasional, 2000, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000*, SNI, Jakarta.
3. Eugene C. Lister, Hanapi Gunawan, Ir, Drs, 1993, *Mesin Dan Rangkaian Listrik Edisi Keenam*, Erlangga, Jakarta.
4. Harten Van. P & Setiawan, E., 1983, *Instalasi Listrik Arus Kuat 1*, Bina Cipta, Bandung.
5. Harten Van. P & Setiawan, E., 1983, *Instalasi Listrik Arus Kuat 3*, Bina Cipta, Bandung.
6. K.R. Ammon, 1983, *Electrical Design Semester IV*, TEDC, Bandung
7. Mhd. Soelaiman Prof., Ts, & Mabuchi Magarisawa, 1984, *Mesin Tak Serempak Dalam Praktek*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
8. Muslimin M, Ir, 1998, *Teori-Soal-Penyelesaian Teknik Tenaga Listrik*, Armico, Bandung.
9. Mochtar Wijaya, S. T., 2001, *Dasar-Dasar Mesin Listrik*, Djambatan, Jakarta.
10. Robert L. McIntyre, Rexlosee, 1991, *Industrial Motor Control Fundamentals Fourth Edition*, Mcgraw-Hill.
11. Zuhail, 1988, *Dasar Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya*, PT. Gramedia, Pustaka Umum, Jakarta.
12. <http://en.wikipedia.org/wiki/thermocouple>.
13. <http://en.wikipedia.org/wiki/thermostat>