ANALISIS SISTEM PENGASUTAN MOTOR INDUKSI PADA PT. PERKEBUNAN NUSANTARA (PABRIK GULA TAKALAR)

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Makassar

Oleh

MUH. DZUL JALALI WAL IKRAM

105820081911

ANDI AKMAL SARBANI

105820082711

PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK
JURUSAN ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2018

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. III

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221
Website : www.unismuh.ac.id, email : unismuh@gmail.com
Website : http//teknik.unismuh.makassar.ac.id

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana teknik (ST) Progra Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

Judul Skripsi : **ANALISIS SISTEM KONTROL PENGASUTAN MOTOR LISTRIK PT. PERKEBUNAN NUSANTARA XIV (PERSERO) PABRIK GULA TAKALAR**

NAMA : 1. MUH. DZUL JALALI WAL IKRAM

: 2. ANDI AKMAL

STAMBUK : 1. 105 82 00819 11

: 2. 105 82 00827 11

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng	**Ir. Abd. Hafid ,MT**

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Adriani, ST.,M.T
NBM : 1244026

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
FAKULTAS TEKNIK
GEDUNG MENARA IQRA LT. III
Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221
Website : www.unismuh.ac.id, email : unismuh@gmail.com
Website : http//teknik.unismuh.makassar.ac.id

بسم الله الرحمن الرحيم

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **MUH. DZUL JALALI WAL IKRAM** dan **ANDI AKMAL. S** dengan nomor induk Mahasiswa 105820081911 dan 105820082711, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0005/SK-Y/20201/091004/2018,, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Kamis tanggal 24 Mei 2018.

Makassar, 6 Ramadhan 1439 H
24 Mei 2018 M

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum
   a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar
      Dr. H. Abdul Rahman Rahim, S.E., M.M : .....
   b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
      Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, M.T : .....
2. Penguji
   a. Ketua : Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.sc : .....
   b. Sekertaris : Andi Abd Halik Lateko, ST .,MT : .....
   3. Anggota : 1. Suriyani, ST .,MT : .....
      2. Andi Faharuddin, ST .,MT : .....
      3. Adriani, ST .,MT : .....

Mengetahui :

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng	**Ir. Abd. Hafid ,MT**

Dekan :

Ir. Hamzah Al Imran, ST., M.T
NBM : 855 500

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

Puja dan puji yang tak menepi melantun indah kepada Allah swt. Tuhan yang mengatur segala apa yang ada di langit dan di bumi. Tuhan yang telah melimpahkan rahmat dan hidayat sehingga skripsi ini bisa terselesaikan dalam bentuk yang sederhana guna memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun Judul Tugas Akhir ini adalah: Analisis Sistem Pengasutan Motor Induksi Pada PT. Perkebunan Nusantara (Pabrik Gula Takalar). Serta salawat dan salam tak lupa kita curahkan kepada baginda Rasulullah Saw beserta sahabat-sahabatnya yang tak kenal lelah menghitung peluh untuk keselamatan umat manusia.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak mungkin terwujud tanpa bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang tidak terhingga terutama kepada:

1. Bapak Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM, sebagai Rektor, atas segala kebijakan dan perjuangannya membangun Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak Hamzah Al Imran, ST, MT sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

3. Bapak Dr. Umar Katu, ST,MT., Sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Bapak/Ibu dosen serta staf pegawai pada fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Bapak Dr.H.Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng Sebagai pembimbing 1, dan Bapak Ir. Abd. Hafid, MT selaku pembimbing II yang telah membimbing kami.
5. Terkhusus Ayahanda dan Ibunda tercinta, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan dan kasih sayang serta do'a dan pengorbanan terutama dalam bentuk materi dalam menyelesaikan proses study.
6. Saudara-saudaraku serta rekan mahasiswa fakultas Teknik terkhusus angkatan 2011 yang keakraban dan persaudaraannya banyak membantu menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari sebagai manusia biasa yang tidak terlepas dari segala khilaf dan keterbatasan sehingga skripsi ini masih jauh dari kuncup kesempurnaan. Olehnya itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat konstruktif.

Akhirnya, penulis berharap semoga segala aktivitas senantiasa bernilai ibadah di sisi Allah swt. Amin

Makassar, Mei 2018

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul..... I

ABSTRAK..... II

KATA PENGANTAR..... III

Daftar isi..... IV

Daftar Gambar..... V

Daftar Tabel..... VI

BAB I PENDAHULUAN..... 1

A. Latar Belakang..... 1
B. Batasan Masalah..... 3
C. Rumusan Masalah..... 3
D. Tujuan Penelitian..... 3
E. Manfaat Penelitian..... 3

BAB II LANDASAN TEORI DAN KERANGKA PIKIR..... 5

A. Kajian Teori..... 5
1. Sistem Kontrol Pengasutan..... 5
2. Evaluasi Sistem Pengasutan Motor Listrik..... 5
3. Jenis Motor Listrik..... 6
4. Motor Induksi 3 Fasa..... 9
5. Komponen Peralatan Sistem Kontrol Motor..... 16
6. Metode Pengasutan Motor Induksi 3 Fasa..... 27
B. Kerangka Pikir..... 38

BAB III METODE PENELITIAN..... 40

A. Jenis Penelitian..... 40
B. Tempat dan Waktu Penelitian..... 40
C. Objek Penelitian..... 40

D. Variabel Penelitian 40
E. Definisi Operasional Variabel 40
F. Teknik Pengumpulan Data 41
G. Teknik Analisis Data 42

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 43

A. Hasil Penelitian 43
1. Gambaran Umum Perusahaan 43
2. Hasil Penelitian 43
B. Pembahasan 52

BAB V PENUTUP 54

A. Kesimpulan 54
B. Saran 55

DAFTAR PUSTAKA 57

DAFTAR GAMBAR

Gambar Teks Halaman

2.1 Klasifikasi Motor Listrik..... 6

2.2 Motor Induksi dengan Rotor Belitan..... 10

2.3 Pengaturan Tahanan Luar Motor Induksi dengan Rotor..... 11

2.4 Kumparan Rotorsangkar tupai..... 12

2.5 Motor Induksi dengan Rotor Sangkar..... 12

2.6 Penampang Motor Induksi 3 fase..... 13

2.7 Prinsip kerja Motor Induksi..... 14

2.8 Kontak-kontak dari kontaktor..... 17

2.9 *Normally Open*..... 17

2.10 *Normally Clossed*..... 18

2.11 Bentuk Kontaktor Magnet..... 18

2.12 Kontak *Normally Open* dan *Normally Closed* Kontaktor Magnet..... 19

2.13 Rangkaian Lampu Indikator..... 19

2.14 Lampu Indikator..... 20

2.15 Rangkaian *PushButton*..... 20

2.16 Kontruksi *PushButton*..... 21

2.17 Bentuk *PushButton*..... 21

2.18 Kontruksi *Timer*..... 22

2.19 Bentuk *Timer*..... 23

2.20 Bentuk *No Fuse Breaker*..... 24

2.21 Bentuk *Miniatur Circuit Breaker*..... 25

2.22 Rangkaian *Thermal Overload Relay*..... 26

2.23 Bentuk *Thermal Overload Relay*..... 26

2.24 Metoda Motor *Starting*..... 28

2.25 Karakteristik arus, torsi dan kecepatan..... 31

2.26 Diagram *Starting* dengan auto transformer..... 32

2.27 Diagram hubungan arus dan tegangan pada *DOL starting dan Auto Transformer starting.*..... 33

2.28 Perbandingan tegangan hubungan bintang (Y) dan segitiga (Δ)..... 35

2.29 Karakteristik arus, torsi dan kecepatan..... 35

2.30 Diagram metode pengasutan bintang-segitiga..... 36

2.31 Kerangka Pikir..... 39

DAFTAR TABEL

Tabel Teks Halaman

4.1 Hasil observasi motor..... 45

4.2 Metode pengasutan sesuai daya motor..... 47

4.3 Perbandingan data observasi dengan data standar..... 47

4.4 Hasil perhitungan arus nominal motor dan ukuran nominal peralatan.... 51

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang begitu cepat ternyata tidak lepas dari perkembangan kemajuan di bidang energi listrik. Hal ini dapat dilihat dengan semakin luasnya penggunaan energi listrik untuk keperluan industri dan bisnis sehingga dapat dikatakan bahwa energi listrik hampir tidak dapat dipisahkan dari kehidupan masyarakat.

PT. Perkebunan Nusantara XIV (Persero) Pabrik Gula Takalar merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang industri pengolahan tebu menjadi gula pasir di Kabupaten Takalar. Kebutuhan akan energi listrik dalam perusahaan ini cukup besar, disebabkan pemakaian motor-motor listrik sebagai penggerak utamanya. Jenis motor listrik yang paling banyak digunakan pada perusahaan tersebut adalah motor listrik AC 1 fasa dan motor induksi 3 fasa.

Motor listrik AC 1 fasa banyak digunakan pada kegiatan-kegiatan kecil misalnya pada pompa air bertenaga kecil. Terkhusus motor induksi 3 Fasa adalah alat penggerak yang paling banyak digunakan pada pabrik tersebut bahkan kebanyakan memang banyak digunakan di dunia industri secara umum. Hal ini dikarenakan motor ini mempunyai konstruksi yang sederhana, kokoh, harganya relatif murah, serta perawatannya yang murah, tetapi terdapat persoalan awal dalam men-*start* sebuah motor yaitu *problem* pada arus awal yang besar. Kedua adalah bahwa momen awal yang sering terlampau kecil. Hal ini dapat dipengaruhi

oleh sistem pengasutan motor tersebut. Momen awal yang kecil dapat mengakibatkan kenaikan arus berkali-kali lipat dari arus beban penuhnya. Dengan demikian, dikatakan sistem pengasutan motor sangat mempengaruhi kinerja motor induksi tersebut.

Dalam proses pengoperasian motor-motor listrik pada PT. Perkebunan Nusantara XIV (Persero) pabrik gula Takalar sebagian besar menggunakan sistem kontrol pengasutan manual. Sistem pengasutan motor tersebut sangat mempangaruhi kelangsungan kinerja motor tersebut.

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan penulis pada tanggal 6 April 2016 di bagian listrik PT. Perkebunan Nusantara XIV (Persero) Pabrik Gula Takalar, sering terjadi kerusakan tiba-tiba pada kontaktor sebagai komponen sistem kontrol pengasutan motor, kerusakan tersebut yakni koil kontaktor yang terbakar yang dapat mengakibatkan motor listrik akan ikut terbakar. Masalah lain yang sering terjadi adalah *thermis* yang sering putus dan NFB (*No Fuse Breaker*) yang tiba-tiba terbakar, yang juga merupakan salah satu komponen sistem kontrol pengasutan motor. Dari kesemua masalah ini dapat berdampak pada rusaknya motor, sehingga motor tersebut harus diganti dengan motor yang lain dan harus secepatnya dilakukan perbaikan tanpa harus menghentikan proses produksi, hal ini dijelaskan oleh Bapak M. Arsyad yakni bagian teknisi kelistrikan pada perusahaan tersebut.

Berdasarkan uraian tersebut di atas, peneliti merasa perlu untuk mengadakan penelitian dengan judul “Analisis Sistem Kontrol Pengasutan Motor Listrik PT. Perkebunan Nusantara XIV (Persero) Pabrik Gula Takalar”.

B. Batasan Masalah

Mengacu pada uraian yang telah disebutkan diatas, maka peneliti membatasi permasalahan pada Analisis sistem pengasutan motor listrik.

C. Rumusan Masalah

Bagaimana Analisis sistem pengasutan motor listrik 3 fase di PT. Perkebunan Nusantara XIV (Persero) Pabrik Gula Takalar ?

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian ini yaitu : Mengetahui Analisis sistem pengasutan motor listrik 3 fase yang digunakan di PT. Perkebunan Nusantara XIV (Persero) Pabrik Gula Takalar.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan pada penelitian tersebut yaitu sebagai berikut :

1. Bagi Peneliti

   Diharapkan seluruh tahapan penelitian serta hasil penelitian yang diperoleh dapat memperluas wawasan dan sekaligus memperoleh pengetahuan empirik mengenai analisis sistem kontrol pengasutan motor listrik, serta bagi peneliti berikutnya dapat dijadikan bahan referensi untuk dikembangkan lebih lanjut terhadap penelitian yang sejenis.

2. Bagi Lembaga Pendidikan

   Memberikan informasi tentang analisis sistem kontrol pengasutan motor listrik pada PT. Perkebunan Nusantara XIV (Persero) Pabrik Gula Takalar kepada lembaga Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar khususnya pada Jurusan Teknik Elektro.

3. Bagi Perusahaan

   Sebagai masukan yang membangun guna meningkatkan kualitas sistem kontrol pengasutan motor listrik pada PT. Perkebunan Nusantara XIV (Persero) Pabrik Gula Takalar.

BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Gambaran Umum Perusahaan

Pabrik Gula Takalar adalah salah satu perusahaan industri milik negara yang bergerak di bidang produksi tebu menjadi gula pasir. Pabrik gula Takalar terletak di Desa Pa'rappunganta, Kecamatan Polombangkeng Utara, Kabupaten Takalar, Provinsi Sulawesi Selatan. Pabrik Gula Takalar didirikan dalam rangka melaksanakan kebijakan pemerintah untuk swasembada gula dan pengambil alihan pengelola proyek gula dari PT. Madu Takalar dengan ganti rugi menjadi PG Takalar yang dilaksanakan berdasarkan Surat Keputusan Menteri Pertanian R.I Nomor 668/Org/8/1981 tanggal 11 Agustus 1981.

Pabrik Gula Takalar dibangun dengan kapasitas giling 3000 ton per hari (TTH), yang dengan mudah dikembangkan menjadi 4000 TTH. Pabrik Gula Takalar gilingan perdana pada tahun 1984 dan diresmikan oleh Presiden Republik Indonesia pada tanggal 23 Desember 1987.

2. Hasil Penelitian

Pabrik Gula Takalar dalam pengoperasiannya menggunakan mesin-mesin yang diawasi langsung oleh manusia, yakni para karyawan yang bekerja pada bagian produksi pabrik tersebut selama 24 jam. Mesin yang bekerja pada pabrik tersebut digerakkan oleh motor-motor listrik dengan daya yang berbeda sesuai fungsi dan besarnya beban yang harus dijalankan oleh motor listrik.

Motor listrik yang terpasang disuplai dengan daya listrik yang berasal dari 3 sumber, yaitu :

1. Jaringan listrik PLN 380 V daya 2180 KVA.
2. Turbin Alternator (PLTU) 380 V daya 3600 KVA.
3. 2 buah Diesel (PLTD) 380 V daya 400 KVA x 2 = 800 KVA.

Pada saat beroperasi beban yang terpakai sampai sekarang adalah 1800-1900 KW. Sumber yang paling banyak digunakan saat ini adalah sumber listrik dari PLN. Suplai tenaga listrik diminimalkan tidak mengganggu proses produksi yakni pada saat semua mesin bekerja, maka dari itu selain suplai tenaga listrik dari PLN, Pabrik gula Takalar juga menyediakan 2 buah cadangan pembangkitan tenaga listrik yang digunakan pada saat terjadi gangguan dari sumber listrik utama PLN. Selain itu, penggunaan pembangkitan sendiri akan menghemat biaya produksi dari segi ekonomis, contohnya pada pembangkit turbin alternator yang menggunakan ampas atau limbah tebu sebagai bahan bakar.

Sistem kontrol pengasutan motor pada pabrik gula Takalar dipasang menggunakan peralatan pengasutan yang ada dan disiapkan sendiri oleh pihak perusahaan. Misalnya motor-motor listrik yang digunakan banyak yang dirakit sendiri oleh para ahli mesin listrik pada perusahaan tersebut. Motor listrik yang ada pada pabrik tersebut mulai beroperasi sejak tahun 1983, jadi umurnya kurang lebih 33 tahun. Berdasarkan hasil wawancara terhadap salah satu karyawan pabrik gula Takalar, terkadang peralatan yang dipasang adalah peralatan yang sudah sangat tua dan kemungkinan sudah tidak layak digunakan karena kurangnya pasokan peralatan, sehingga alat yang dipasang adalah yang tersedia saja.

Kemudian dalam hal perbaikan peralatan dilakukan oleh bagian instalasi pabrik gula Takalar, kecuali peralatan yang menggunakan sistem kontrol yang baru atau semi-otomatis terkadang diperlukan teknisi dari luar perusahaan. Sedangkan untuk bagian pengawasan dan operasi mesin dilakukan oleh beberapa karyawan tetap dan karyawan musiman. Tidak jarang terjadi kerusakan disebabkan oleh kelalaian karyawan yang tidak berkompeten di bidang tersebut, misalnya saja perlakuan terhadap sistem kontrol dan motor listrik yang salah.

Hasil observasi mengenai motor dan masing-masing sistem pengasutan yang digunakan pada Pabrik Gula Takalar bisa dilihat pada Tabel 4.1:

Tabel 4.1 Hasil observasi motor

No.	Nama Motor	Spesifikasi	Jenis Pengasutan	Spesifikasi peralatan			
				NFB	Kon taktor	MCB /MCCB	TOR
1.	Pompa Solar	380 V RPM 0,35 kW	Pengasutan DOL	5A	6A	6A	0,9-1,45A
2.	Oil Pump	380 V RPM 1,5 kW	Pengasutan DOL	5A	6A	6A	2,8-4,2A
3.	Evaporator	380 V RPM 2 KW	Pengasutan DOL	5A	6A	6A	4-6A
4.	Feed Mixer	380 V RPM 3 kW	Pengasutan DOL	10A	12A	10A	7-11A
5.	Recirculation	380 V RPM 1430 5 KW	Pengasutan DOL	32A	35A	32A	30-40A
6.	Grasshoper	380 V RPM 1450 10 KW	Pengasutan Bintang-Segitiga (Y-Δ)	35A	35A	32A	30-40A
7.	Bagasse Feeder	380 V RPM 1420 15 KW	Pengasutan Bintang-Segitiga (Y-Δ)	65A	65A	32A	54-80
8.	Bagasse Elevator	380 V RPM 1450 22 KW	Pengasutan Bintang-Segitiga (Y-Δ)	50A	50A	50A	65-100A

9.	Mill Bear Cool	380 V RPM 1455 30 KW	Pengasutan Bintang-Segitiga (Y-Δ)	115A	125A	-	100-150A
10.	Cooling Water	380 V RPM 1465 45 KW	Pengasutan Bintang-Segitiga (Y-Δ)	125A	125A	-	120-180
11.	Bagasse Distribute	380 V RPM 975 75 KW	Pengasutan Bintang-Segitiga (Y-Δ)	150A	150A	-	140-220A
12.	Vacum Fan	380 V RPM 970 110 KW	Pengasutan Bintang-Segitiga (Y-Δ)	220A	220A	-	200-400A
13.	Air Compressor	380 V RPM 985 125 KW	Pengasutan Bintang-Segitiga (Y-Δ)	300A	300A	-	200-400A
14.	Inj. Cooling Tower	380 V RPM 585 170 KW	Pengasutan dengan *Auto Transformator*	500A	500A	-	400-600A
15.	Cane Lifter	380 V RPM 2910 185 KW	Pengasutan dengan *Auto Transformator*	500A	500A	-	400-600A
16.	Pencacah	380 V RPM 2922 200 KW	Pengasutan dengan *Auto Transformator*	500A	500A	-	400-600A

Tabel di atas memperlihatkan nama motor, kemudian spesifikasi motor yang terdiri atas tegangan motor (V), kecepatan motor (RPM) dan daya motor (KW), serta penggunaan sistem pengasutan motor berdasarkan spesifikasi motor sesuai yang ada pada Pabrik Gula Takalar.

Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa peneliti mengambil sampel motor listrik yang diteliti sebanyak 16 buah motor. Motor-motor tersebut mempunyai spesifikasi yang berbeda-beda begitu pula dengan sistem pengasutannya, mulai dari motor dengan daya 0,35 KW sampai 200 KW. Motor dengan daya 0,35-5kW menggunakan sistem pengasutan Segitiga dengan metode *Direct On Line* (*DOL*) . Kemudian motor dengan daya 10 – 125 kW menggunakan sistem pengasutan

Bintang-Segitiga (Y-Δ). Sedangkan motor dengan daya 170-200kW menggunakan sistem pengasutan dengan *auto transformator*.

Sistem pengasutan sangat penting dalam proses *starting* motor listrik. Pemilihan metode pengasutan motor harus disesuaikan dengan spesifikasi daya motor listrik. Metode pengasutan motor listrik sesuai aturan adalah sebagai berikut :

Tabel 4.2 Metode pengasutan sesuai daya motor

No.	Metode Pengasutan	Spesifikasi daya motor
1.	Pengasutan langsung (DOL)	Untuk motor dengan daya 5kW kebawah
2.	Pengasutan Bintang-segitiga (Y-Δ)	Untuk motor dengan daya di atas 5kW-100kW
3.	Pengasutan *autotransformer*	Untuk motor dengan daya sangat tinggi 100kW keatas

Jika hal di atas dibandingkan dengan data observasi motor dengan metode pengasutannya pada tabel 4.1 maka hasilnya sebagai berikut :

Tabel 4.3 perbandingan data observasi dengan data standar

No.	Nama Motor	Spesifikasi	Metode Pengasutan yang ada dipabrik	Standar metode pengasutan	Sesuai/ tidak sesuai	Ket.
1.	Pompa Solar	380 V RPM 0,35 kW	Pengasutan DOL	Pengasutan DOL	Sesuai	
2.	Oil Pump	380 V RPM 1,5 kW	Pengasutan DOL	Pengasutan DOL	Sesuai	
3.	Evaporator	380 V RPM 2 KW	Pengasutan DOL	Pengasutan DOL	Sesuai	
4.	Feed Mixer	380 V RPM 3 kW	Pengasutan DOL	Pengasutan DOL	Sesuai	

5.	Recirculation	380 V RPM 1430 5 KW	Pengasutan DOL	Pengasutan DOL	Sesuai	
6.	Grasshoper	380 V RPM 1450 10 KW	Pengasutan Bintang-Segitiga (Y-Δ)	Pengasutan Bintang-Segitiga (Y-Δ)	Sesuai	
7.	Bagasse Feeder	380 V RPM 1420 15 KW	Pengasutan Bintang-Segitiga (Y-Δ)	Pengasutan Bintang-Segitiga (Y-Δ)	Sesuai	
8.	Bagasse Elevator	380 V RPM 1450 22 KW	Pengasutan Bintang-Segitiga (Y-Δ)	Pengasutan Bintang-Segitiga (Y-Δ)	Sesuai	
9.	Mill Bear Cool	380 V RPM 1455 30 KW	Pengasutan Bintang-Segitiga (Y-Δ)	Pengasutan Bintang-Segitiga (Y-Δ)	Sesuai	
10.	Cooling Water	380 V RPM 1465 45 KW	Pengasutan Bintang-Segitiga (Y-Δ)	Pengasutan Bintang-Segitiga (Y-Δ)	Sesuai	
11.	Bagasse Distribute	380 V RPM 975 75 KW	Pengasutan Bintang-Segitiga (Y-Δ)	Pengasutan Bintang-Segitiga (Y-Δ)	Sesuai	
12.	Vacum Fan	380 V RPM 970 110 KW	Pengasutan Bintang-Segitiga (Y-Δ)	Pengasutan dengan *Auto Transformator*	Tidak sesuai	Seharusnya sudah menggunakan *auto-transfomer*
13.	Air Compressor	380 V RPM 985 125 KW	Pengasutan Bintang-Segitiga (Y-Δ)	Pengasutan dengan *Auto Transformator*	Tidak sesuai	Seharusnya sudah menggunakan *auto-transfomer*
14.	Inj. Cooling Tower	380 V RPM 585 170 KW	Pengasutan dengan *Auto Transformator*	Pengasutan dengan *Auto Transformator*	Sesuai	
15.	Cane Lifter	380 V RPM 2910	Pengasutan dengan	Pengasutan dengan	Sesuai	

		185 KW	*Auto Transformator*	*Auto Transformator*		
16.	Pencacah	380 V RPM 2922 200 KW	Pengasutan dengan *Auto Transformator*	Pengasutan dengan *Auto Transformator*	Sesuai	

Selanjutnya pemasangan peralatan atau komponen pengasutan juga sangat penting diperhatikan terutama kapasitas dari peralatan tersebut. Yang paling penting adalah kita harus mengetahui arus nominal motor yang akan dilayani dan disesuaikan dengan pemasangan komponen peralatan. Arus nominal atau kapasitas arus adalah arus kerja alat listrik atau komponen atau mesin listrik sehingga dapat bekerja dengan normal tanpa mengalami gangguan atau efek apapun. Untuk mengetahui besarnya arus nominal motor maka dihitung menggunakan rumus :

$$\text{In} = \frac{\text{P}}{\text{E.cos}\omega.\hbar.\sqrt{3}}$$

Ket :

In = Arus nominal atau arus pada beban penuh (A)

P = Daya motor (kW)

E = Tegangan jala-jala (V)

Cosω = 80% atau 0,8

ħ = rendamen/efisiensi (0,85)

√3 = 1,73

Jika diketahui daya motor sebesar 2 kW disuplai dengan tegangan 380 V AC 3 fasa, maka arus beban penuh motor tersebut adalah :

$$In = \frac{P}{E.\cos\omega.ħ.\sqrt{3}}$$

$$In = \frac{2000}{380 \text{ x } 0{,}8 \text{ x } 0{,}85 \text{ x } 1{,}73}$$

$$In = \frac{2000}{447}$$

$$In = 4{,}5 \text{ A}$$

Adapun cara menentukan ukuran atau nilai nominal peralatan kontrol pengasutan motor adalah :

I_A = k . In

Ket :

I_A = ukuran nominal peralatan (A)

k = faktor nilai karakteristik (125%)

In = arus nominal motor

Misalnya jika diketahui arus nominal motor yaitu 4,5 A maka ukuran nominal peralatan yang harusnya dipasang adalah :

I_A = k . In

I_A = 125% x 4,5

I_A = 5,6 A

Maka ukuran peralatan yang seharusnya dipasang adalah 6 A.

Jika data yang diperoleh dihitung menggunakan kedua persamaan di atas, kemudian dibandingan dengan data peralatan yang ada pada pabrik tersebut maka didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.4 Hasil perhitungan arus nominal motor dan ukuran nominal peralatan

No.	Nama Motor	Daya (kW)	Arus nominal motor	Uku-ran nom. Prlatan	Spesifikasi peralatan berdasarkan data				Ket.
					NFB	Kon Tak tor	MCB	TOR	
1.	Pompa Solar	0,35	0,8 A	1 A	5A	6A	6A	0,9-1,45A	Sesuai
2.	Oil Pump	1,5	3,3 A	4,1 A	5A	6A	6A	2,8-4,2A	Sesuai
3.	Evaporator	2	4,5 A	5,6 A	5A	6A	6A	4-6A	Sesuai
4.	Feed Mixer	3	6,7 A	8,3 A	10A	12A	10A	7-11A	Sesuai
5.	Recirculation	5	11,2 A	14 A	32A	35A	32A	30-40A	Terlalu besar
6.	Grasshoper	10	22,4 A	28 A	35A	35A	32A	30-40A	Terlalu besar
7.	Bagasse Feeder	15	33,5 A	41,9A	65A	65A	32A	54-80	Terlalu besar
8.	Bagasse Elevator	22	49,2 A	61,5A	50A	50A	50A	65-100A	Sesuai
9.	Mill Bear Cool	30	67,1 A	83,9A	115A	125A	-	100-150A	Terlalu besar
10.	Cooling Water	45	100,7 A	125,9A	125A	125A	-	120-180	Sesuai
11.	Bagasse Distribute	75	167,8 A	209,7A	150A	150A	-	140-220A	Sesuai
12.	Vacum Fan	110	246,1 A	307,6A	220A	220A	-	200-400A	Sesuai
13.	Air Compressor	125	279,6 A	349,5A	300A	300A	-	200-400A	Sesuai
14.	Inj. Cooling Tower	170	380,3 A	475,4A	500A	500A	-	400-600A	Sesuai
15.	Cane Lifter	185	413,9 A	517,4A	500A	500A	-	400-600A	Sesuai
16.	Pencacah	200	447,4 A	559,2A	500A	500A	-	400-600A	Sasuai

Tabel 4.4 memperlihatkan hasil evaluasi tentang peralatan yang digunakan pada sistem kontrol pengasutan motor yang dibandingkan dengan hasil perhitungan. Hasil perhitungan tersebut adalah standar nominal arus yang harusnya sesuai dengan peralatan yang dipasang. Walaupun tidak begitu persis sama ukurannya dengan produk peralatan yang ada, namun paling tidak menghampiri dengan nilai nominalnya. Pada tabel 4.4, ada beberapa peralatan yang kurang sesuai dengan data standar yang seharusnya dan kebanyakan sudah memenuhi standar.

B. Pembahasan

Pengasutan motor merupakan cara menjalankan pertama kali motor, tujuannya agar arus *starting* kecil dan *drop* tegangan masih dalam batas toleransi. Penerapan sistem kontrol pengasutan ditentukan oleh jenis motor dan spesifikasinya. Motor dengan daya yang tinggi mempunyai arus start yang tinggi pula, maka dari itu haruslah menggunakan sistem pengasutan yang sesuai. Penggunaan sistem pengasutan yang sesuai standar akan berdampak pada motor listrik yang akan bekerja dengan baik dan mendukung proses produksi pada pabrik tersebut.

Pabrik Gula Takalar adalah salah satu perusahaan yang pada proses produksinya menggunakan banyak motor listrik yang mempunyai daya yang berbeda. Motor listrik tersebut beroperasi kurang lebih 33 tahun yang merupakan umur yang sudah cukup panjang. Setiap kali musim penggilingan tebu, motor dapat bekerja selama 90 hari. Setiap sebelum proses produksi dimulai, semua

komponen pabrik diadakan pemeriksaan dan perbaikan untuk memastikan kelayakan untuk melakukan penggilingan.

Sistem pengasutan motor listrik disesuaikan dengan daya motor dan spesifikasinya. Penggunaan peralatan pengasutan haruslah sesuai dengan standar yang berlaku serta masih layak untuk digunakan. Pada pabrik gula Takalar terkadang ada peralatan yang sudah tidak layak digunakan tetapi masih dipasang pada rangkaian pengasutan. Inilah yang menjadi salah satu faktor seringnya terjadi kerusakan pada sistem kontrol motor yang akan menyebabkan motor listrik terbakar dan rusak.

Dari hasil penelitian mengenai beberapa motor listrik pada pabrik gula Takalar. Masih ada komponen pengasutan motor ataupun metode pengasutan yang belum sesuai dengan standar. Namun ada beberapa komponen yang sudah sesuai dan layak untuk digunakan. Penggunaan peralatan kontrol pengasutan motor pada Pabrik Gula Takalar menggunakan peralatan seadanya saja atau alat yang ada dipersediaan dan jumlahnya terbatas bahkan sudah tidak layak digunakan. Maka terkadang walaupun tidak sesuai dengan standar, namun tetap digunakan untuk kelangsungan proses produksi. Hal demikianlah yang sering menyebabkan kerusakan pada peralatan pada Pabrik Gula Takalar.

BAB II

LANDASAN TEORI DAN KERANGKA PIKIR

A. Kajian Teori

1. Sistem Kontrol Pengasutan

Sistem adalah sekelompok komponen dan elemen yang digabungkan menjadi satu untuk mencapai tujuan tertentu. Kontrol adalah pengawasan, pemeriksaan, pengendalian. Sistem kontrol adalah suatu alat (kumpulan alat) untuk mengendalikan, memerintah, dan mengatur keadaan dari suatu sistem. Pengasutan adalah cara menjalankan pertama kali motor, tujuannya agar arus *starting* kecildan drop tegangan masih dalam batas toleransi. Sistem kontrol pengasutan adalah sistem pengendalian cara menjalankan pertama kali motor atau *starting* motor.

2. Evaluasi Sistem Pengasutan Motor Listrik

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (1991), Evaluasi diartikan sebagai penilaian, upaya penilaian secara teknis dan ekonomis. Sedangkan Sudjiono mengartikan evaluasi merupakan proses penafsiran yang didapat dari data kuantitatif. Hal berbeda juga diungkapkan oleh Griffin dan Nix, menurut mereka evaluasi tak ubahnya seperti sebuah judgemen pada nilai dan hasil pengukuran.

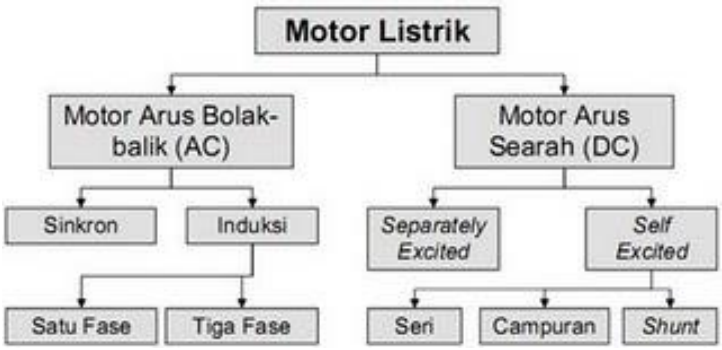
Sistem adalah sekelompok komponen dan elemen yang digabungkan menjadi satu untuk mencapai tujuan tertentu. Kontrol adalah pengawasan, pemeriksaan, pengendalian. Sistem kontrol adalah suatu alat (kumpulan alat) untuk mengendalikan, memerintah, dan mengatur keadaan dari suatu sistem.

Pengasutan adalah cara menjalankan pertama kali motor, tujuannya agar arus *starting* kecil dan drop tegangan masih dalam batas toleransi. Sistem kontrol pengasutan adalah sistem pengendalian cara menjalankan pertama kali motor atau *starting* motor.

Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik.

3. Jenis Motor Listrik

Pada dasarnya motor listrik terbagi menjadi 2 jenis yaitu motor listrik DC dan motor listrik AC. Dari 2 jenis motor listrik diatas terdapat varian atau jenis-jenis motor listrik berdasarkan prinsip kerja, konstruksi, operasinya dan karakternya. Dari berbagai jenis motor listrik yang ada dapat dibuat suatu gambar klasifikasi motor listrik pada Gambar 2.1 di bawah.



Gambar 2.1
Klasifikasi Motor Listrik

Dari gambar klasifikasi motor listrik diatas dapat dijelaskan secara singkat pengertian dari setiap jenis motor listrik pada gambar klasifikasi diatas sebagai berikut.

a. Motor Listrik Arus Searah

DC Motor listrik arus searah adalah jenis motor listrik yang beroperasi dengan sumber tegangan arus listrik searah (DC, *Direct Current*). Motor listrik arus searah DC ini dapat dibedakan lagi berdasarkan sumber dayanya sebagai berikut:

1. Motor DC sumber daya terpisah/*Separately Excited* adalah jenis motor DC yang sumber arus medan disupply dari sumber terpisah, sehingga motor listrik DC ini disebut motor DC sumber daya terpisah (*separately excited*).

2. Motor DC sumber daya sendiri/*Self Excited* adalah jenis motor DC yang sumber arus medan disupply dari sumber yang sama dengan kumparan motor listrik, sehingga motor listrik DC ini disebut motor DC sumber daya sendiri (*self excited*). Motor DC sumber daya sendiri/*self exited* ini dibedakan lagi menjadi 3 jenis berdasarkan konfigurasi suplai medan dengan kumparan motornya yaitu, motor DC *shunt,* dimana gulungan medan (medan *shunt*) disambungkan secara paralel dengan gulungan motor listrik. Oleh karena itu total arus dalam jalur merupakan penjumlahan arus medan dan arus dinamo. Motor DC Seri, dimana gulungan medan (medan *shunt*) dihubungkan secara seri dengan gulungan kumparan motor (A). Oleh karena itu, arus medan sama dengan arus dinamo. Motor DC Kompon/Gabungan, merupakan gabungan motor seri dan *shunt*. Pada motor kompon, gulungan medan (medan *shunt*) dihubungkan secara paralel dan seri dengan gulungan motor listrik. Sehingga, motor kompon memiliki torque penyalaan awal yang bagus dan kecepatan yang stabil. Adalah jenis motor DC yang sumber arus medan disuplai dari sumber terpisah, sehingga motor listrik DC ini disebut motor DC sumber daya terpisah (*separately excited*).

b. Motor Listrik Arus Bolak-Balik AC

Motor listrik arus bolak-balik adalah jenis motor listrik yang beroperasi dengan sumber tegangan arus listrik bolak balik (AC, *Alternating Current*). Motor listrik arus bolak-balik AC ini dapat dibedakan lagi berdasarkan sumber dayanya sebagai berikut :

1. Motor *sinkron*, adalah motor AC bekerja pada kecepatan tetap pada sistim frekwensi tertentu. Motor ini memerlukan arus searah (DC) untuk pembangkitan daya dan memiliki torque awal yang rendah, dan oleh karena itu motor sinkron cocok untuk penggunaan awal dengan beban rendah, seperti kompresor udara, perubahan frekuensi dan generator motor. Motor sinkron mampu untuk memperbaiki faktor daya sistem, sehingga sering digunakan pada sistem yang menggunakan banyak listrik.
2. Motor induksi, merupakan motor listrik AC yang bekerja berdasarkan induksi meda magnet antara rotor dan stator. Motor induksi dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama yaitu, Motor induksi satu fase di mana motor ini hanya memiliki satu gulungan stator, beroperasi dengan pasokan daya satu fase, memiliki sebuah rotor kandang tupai, dan memerlukan sebuah alat untuk menghidupkan motornya. Sejauh ini motor ini merupakan jenis motor yang paling umum digunakan dalam peralatan rumah tangga, seperti fan angin, mesin cuci dan pengering pakaian, dan untuk penggunaan hingga 3 sampai 4 Hp. Selanjutnya motor induksi tiga fase. Medan magnet yang berputar dihasilkan oleh pasokan tiga fase yang seimbang. Motor tersebut memiliki kemampuan daya yang tinggi, dapat memiliki kandang tupai atau gulungan rotor (walaupun 90% memiliki rotor kandang tupai) dan penyalaan sendiri. Diperkirakan bahwa sekitar 70% motor di industri menggunakan jenis ini, sebagai contoh, pompa, kompresor, *belt conveyor*, jaringan listrik , dan grinder. Tersedia dalam ukuran 1/3 hingga

ratusan Hp. Untuk motor induksi 3 Fasa akan lebih dijelaskan pada pembahasan berikutnya.

4. Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi merupakan motor arus bolak balik (AC) yang paling banyak dan luas penggunaanya. Dikatakan motor induksi karena arus rotor bukan diperoleh dari sumber tertentu, melainkan merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan magnet putar *(rotating magnetic field)* yang dihasilkan oleh arus stator. Belitan stator yang dihubungkan dengan sumber tegangan 3 fasa akan menghasilkan medan magnet yang berputar dengan kecepatan sinkron.

$$n_s = \frac{120f}{p} \quad \text{.....(2.1)}$$

Keterangan:

n_s = kecepatan sinkron (rpm)

f = frekuensi (Hz)

p = jumlah kutub

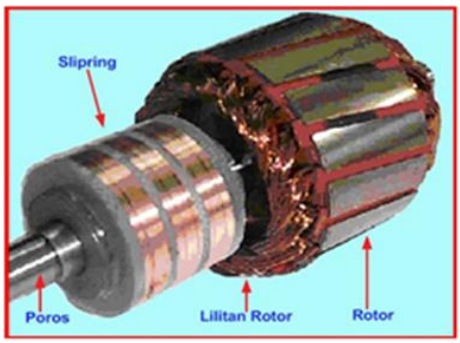
Medan putar stator tersebut akan memotong konduktor-konduktor pada rotor, sehingga terinduksi arus dan sesuai dengan hukum *Lentz*, rotor pun akan turut berputar mengikuti medan putar stator. Perbedaan putaran relatif antara stator dan rotor disebut slip. Bertambahnya beban, akan memperbesar kopel motor dan memperbesar arus induksi pada rotor, sehingga slip antara medan putar stator dan putaran rotor pun akan bertambah besar. Jadi bila beban motor bertambah, putaran rotor cenderung menurun (Zuhal,1993).

a. Tipe Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi 3 fasa terbagi atas dua tipe yaitu:

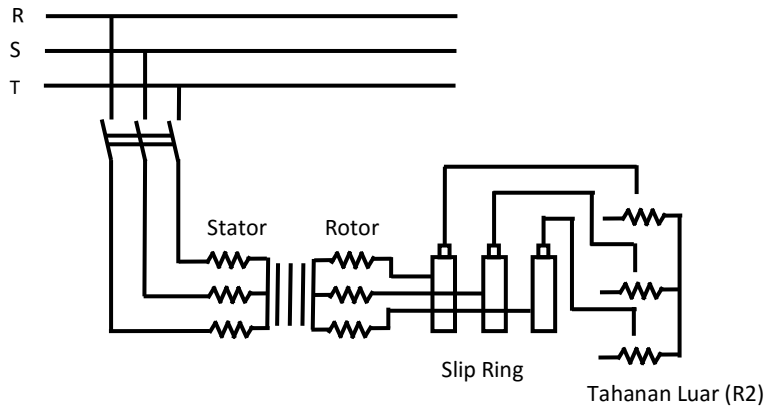
1) Motor Induksi Dengan Rotor Belitan

Motor induksi dengan jenis ini mempunyai rotor dengan belitan kumparan tiga fasa seperti kumparan stator. Kumparan stator dan rotor juga mempunyai jumlah kutub yang sama. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.2 dibawah.



Gambar 2.2
Motor Induksi dengan Rotor Belitan

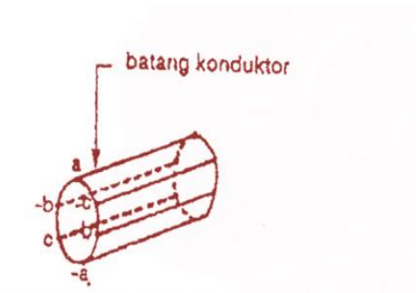
Motor induksi dengan rotor belitan memungkinkan penambahan tahanan luar. Penambahan tahanan luar sampai harga tertentu dapat membuat kopel mula mencapai harga maksimumnya. Kopel mula yang besar memang diperlukan pada saat *start*. Tahanan luar yang dapat diatur ini dihubungkan ke rotor melalui cincin (Gambar 2.3). Selain untuk menghasilkan kopel mula yang besar, tahanan luar tadi diperlukan untuk membatasi arus mula yang besar pada saat *start*. Disamping itu dengan mengubah-ubah tahanan luar, kecepatan motor dapat diatur (Zuhal, 1993).



Gambar 2.3
Pengaturan Tahanan Luar Motor Induksi dengan Rotor

2) Motor Induksi dengan Rotor Sangkar

Motor induksi jenis ini mempunyai rotor dengan kumparan yang terdiri dari batang konduktor yang disusun sedemikian rupa sehingga mempunyai sangkar tupai (Gambar 2.4). Konstruksi rotor seperti ini sangat sederhana dan harganya pun relatif murah bila dibandingkan dengan rotor motor listrik lainnya. Karena konstruksinya yang demikian, sehingga tidak mungkin diberikan pengaturan tahanan luar seperti pada motor dengan rotor belitan. Untuk membatasi arus mula yang besar, tegangan sumber harus dikurangi dan biasanya digunakan *autotransformator* atau saklar bintang delta. Berkurangnya arus berakibat berkurangnya kopel mula dan untuk mengatasi hal tersebut digunakanlah rotor jenis sangkar ganda. Gambar 2.5 memperlihatkan gambar motor rotor sangkar.



Gambar 2.4
Kumparan Rotor sangkar tupai

Gambar 2.5
Motor Induksi dengan Rotor Sangkar

b. Konstruksi Motor Induksi 3 Fasa

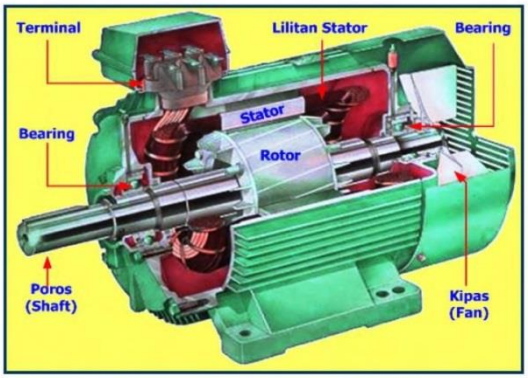
Motor induksi tiga fasa terdiri dari dua bagian utama yaitu:

1) Stator (bagian yang tidak berputar dari motor)

Pada prinsipnya stator dari motor induksi sama seperti stator pada generator sinkron. Stator dibuat sedemikian rupa yang mempunyai alur-alur sebagai tempat kawat-kawat kumparan. Gulungan stator ialah gulungan tiga fasa dan dengan mengatur gulungan ini dapat menentukan jumlah kutub dengan demikian dapat juga menentukan kecepatan sinkron.

2) Rotor (bagian yang berputar dari motor)

Pada rotor terdapat kawat rotor yang terbuat dari tembaga atau aluminium. Berdasarkan cara merangkai kawat rotor, ada dua tipe dasar yaitu rotor sangkar (*squirrel cage rotor*) dan rotor lilit (*wound rotor*) R. Panjaitan, 2000. Penampang motor induksi 3 fasa dapat dilihat pada Gambar 2.6.



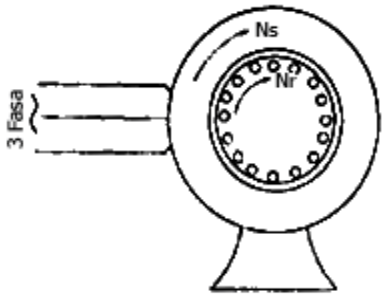
Gambar 2.6
Penampang Motor Induksi 3 Fasa

c. Prinsip Kerja Motor Induksi 3 Fasa

Sebagaimana yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa prinsip kerja dari motor induksi yaitu rotor dapat berputar disebabkan adanya medan putar pada stator yang memotong konduktor-konduktor pada rotor sehingga terinduksi arus dan rotor pun turut berputar mengikuti medan putar stator. Menurut R. Panjaitan (2000) bahwa prinsip kerja motor induksi 3 fasa ialah apabila sumber tegangan 3 fasa dipasang pada kumparan medan (stator), akan timbul medan putar dengan kecepatan $N_s = \frac{120\ f}{P}$. Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor. Akibatnya pada kumparan jangkar akan timbul tegangan induksi. Karena kumparan jangkar merupakan rangkaian tertutup maka didalam konduktor akan mengalir arus listrik.

Adanya arus listrik didalam medan magnet mengakibatkan kawat rotor menerima gaya *Lorenz* yang arahnya ditentukan aturan tangan kiri *Flamming*. Dengan demikian timbul kopel pada sumbu rotor. Karena rotor bebas berputar maka rotor akan berputar dibawah pengaruh kopel tersebut. Bila kopel mula yang dihasilkan pada rotor cukup besar untuk memikul kopel beban, rotor akan

berputar searah dengan medan putar stator. Gambar 2.7 memperlihatkan prinsip kerja motor induksi. (Zuhal, 1989)



Gambar 2.7
Prinsip Kerja Motor Induksi

d. Faktor Penyebab Kerusakan Motor Induksi 3 Fasa

Kerusakan yang terjadi pada motor induksi 3 fasa sesungguhnya dapat dicegah sekecil mungkin jika dilakukan tindakan prefentif sedini mungkin. Pada umumnya kerusakan pada motor induksi 3 fasa disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu:

1) Faktor Mekanis

Faktor mekanis umumnya disebabkan oleh kerusakan pada bagian *bearing*. *Bearing* ialah blok ban bantalan yang berfungsi sebagai tempat perputaran rotor. Kerusakan pada bearing selain disebabkan karena pembebanan yang terlalu berat, juga disebabkan kurang baiknya lubrikasi pada *bearing* itu sendiri. Lubrikasi yang baik akan memperpanjang umur *bearing* dan mencegah kerusakan pada motor.

Penggunaan bahan lubrikasi yang berlebihan juga dapat menyebabkan kerusakan pada motor, karena bahan lubrikasi yang diberikan pada bearing masuk

ke dalam bagian belitan motor dan merusak isolasi sehingga menyebabkan belitan terhubung singkat.

2) Faktor Listrik

Sebagian besar gangguan yang terjadi pada motor diakibatkan oleh faktor kelistrikan, yaitu:

a) Beban Lebih (*Overload*)

Overload terjadi bila motor yang sedang dioperasikan harus memikul beban yang terlalu besar sehingga motor menyerap arus yang besar pula. Dalam kondisi berselang beberapa saat, kenaikan temperatur motor semakin tinggi. Hal ini menyebabkan isolasi belitan motor terbakar dan juga lubrikasi pada *bearing* rusak.

b) Kehilangan Satu Fasa (*Single Phasa Loses*)

Ketidakseimbangan tegangan yang paling besar ialah hilangnya tegangan pada salah satu fasa yang disebabkan terputusnya sebuah *fuse* dari sumber tegangan 3 fasa. Motor yang bekerja pada kondisi tersebut diatas akan menarik arus secara berlebihan dan menyebabkan kenaikan suhu yang tinggi sehingga motor dapat rusak.

c) Gangguan Antar Fasa (*Phasa To Phasa Fault*)

Gangguan antara fasa pada motor induksi 3 fasa jarang terjadi karena adanya isolasi antara fasa.

d) Gangguan pada Rotor (*Rotor Fault*)

Gangguan pada rotor motor dapat terjadi jika pada isolasi belitan rusak.

e) Ketidakseimbangan Sumber Tegangan (*Unbalance Suplay Voltage*)

Tegangan sumber 3 fasa yang mensuplai ke motor diharapkan dalam keadaan seimbang oleh karena ketidakseimbangan tegangan akan menyebabkan arus pada masing-masing fasa belitan motor tidak seimbang dan ini menimbulkan efek timbulnya arus urutan negatif di dalam belitan stator.

f) Sumber Tegangan yang Rendah (*Suplay Under Voltage*)

Rendahnya tegangan suplai pada sistem kelistrikan disebabkan oleh jatuh tegangan yang terlalu besar pada jaringan. Tegangan suplai yang lebih kecil dari tegangan kerja motor akan menyebabkan arus mengalir pada belitan motor menjadi sangat tinggi karena motor harus menarik arus yang lebih besar daripada suplai tegangan untuk mempertahankan torsi yang sedang memutar beban.

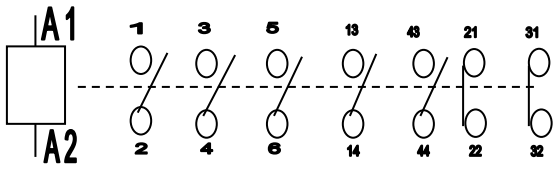
5. Komponen peralatan Sistem Kontrol Motor.

Sistem pengontrolan pada motor umumya menggunakan peralatan sebagai berikut:

a. Kontaktor

Kontaktor (sakelar magnet) adalah sakelar yang bekerja secara elektro-magnetik di dalam pengontrolan motor listrik atau instalasi listrik lainnya. Cara kerja kontaktor magnet yaitu apabila kumparan diberi aliran listrik, maka akan timbul medan magnet yang mengakibatkan kedua belah besi saling tarik-menarik. Kontak-kontak NO akan ikut tertarik dan menghubungkan terminal-terminalnya sedangkan kontak-kontak NC akan membuka hubungan terminal. Apabila kumparan tidak dialiri listrik, maka pegas mendorong/menekan

sakelar kembali ke posisi semula. Gambar kontak-kontak kontaktor bisa dilihat pada Gambar 2.8.

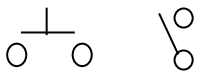


Gambar 2.8
Kontak-kontak dari kontaktor

Sistem pengontrolan motor dengan menggunakan kontaktor magnet diperlukan tombol-tombol tekan untuk mengendalikan sistem rangkaian kontrolnya. Menurut kedudukan kontak-kontaknya, tombol tekan dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Kontak Bantu *Normally Open* (NO)

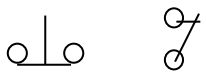
   Tombol tekan NO adalah tombol tekan yang dalam keadaan normal kontaknya terbuka, sebelum ditekan atau dioperasikan. Apabila tombol tekan ini ditekan, maka lidahnya akan menutup (dari NO menjadi NC), tetapi apabila tombol tekannya dilepas kembali, maka lidah kontak akan kembali keposisi semula (menjadi NO lagi). Pada Gambar 2.9 memperlihatkan gambar rangkaian kontak bantu *Normally Open.*



Gambar 2.9
Normally Open

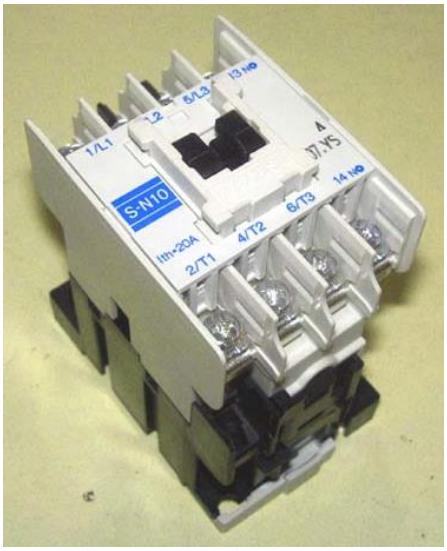
2. Kontak Bantu *Normally Closed* (NC)

Tombol tekan NC adalah kebalikan dari tombol tekan normally open. Dimana dalam keadaan normal kontaknya tertutup. Tekanan yang diberikan bukan untuk mengadakan penutupan, melainkan sebagai pembuka. Pada Gambar 2.10 memperlihatkan gambar rangkaian kontak bantu *Normally Closed.*

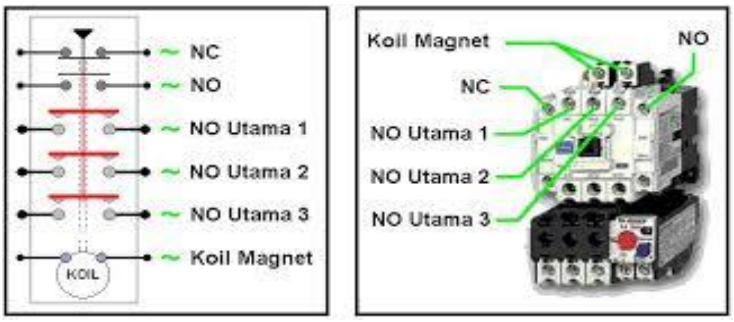


Gambar 2.10
Normally Closed

Gambar 2.11 memperlihatkan salah satu bentuk kontaktor magnet. Dan Gambar 2.12 memperlihatkan pembagian kontak-kontak dari kontaktor magnet yang terdiri atas kontak *Normally Open* dan *Normally Closed.*



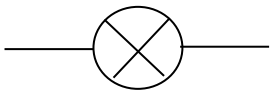
Gambar 2.11
Bentuk Kontaktor Magnet



Gambar 2.12
Kontak *Normally Open* dan *Normally Closed* Kontaktor Magnet

b. Lampu Indikator

Lampu Indikator (*Pilot lamp*) adalah lampu tanda On/Off dari suatu rangkaian kontral, lampu yang digunakan adalah lampu pijar dengan daya 2 W sampai dengan 5 W. Lampu tanda ini dirancang paralel dengan peralatan kontrol, hingga peralatan dapat beroperasi apabila lampu putus. Gambar 2.13 memperlihatkan gambar rangkaian lampu indikator.



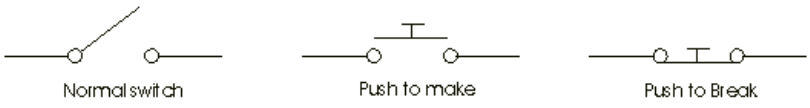
Gambar 2.13
Rangkaian Lampu Indikator

Standar lampu indikator diberi warna merah, hijau dan putih berdasarkan tanda warna Merah berarti bahaya dan perlu tindakan untuk mengamankan mesin dari kerusakan, Hujau berarti mesin siap untuk dijalankan (dalam proses). Putih artinya mesin bekerja dalam keadaan normal. Gambar 2.14 memperlihatkan bentuk lampu indikator yang biasa digunakan pada rangkaian kontrol.

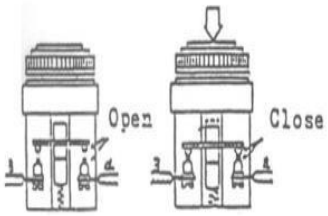
Gambar 2.14
Lampu Indikator

c. *Push Button* / Tombol Tekan

Push Button, dalam bahasa Indonesia-nya yaitu tombol tekan, artinya alat ini bekerja dengan cara ditekan, alat ini sangat umum, banyak digunakan diberbagai mesin produksi yang terdapat di industri-industri dan lainnya, alat ini juga paling mudah untuk dipelajari atau dipahami karena fungsi dan cara kerjanya yang sangat sederhana Pada bagian atasnya terdapat knop yang berfungsi sebagai area penekan (warna merah), lalu di samping kiri dan kanan terdapat terminal, kontak *normally open* (no) dan *normally close* (nc) berfungsi sebagai terminal *wiring* untuk dihubungkan dengan alat listrik lainnya. Gambar 2.15 memperlihatkan gambar rangkaian tombol tekan, Gambar 2.16 memperlihatkan kontruksi tombol tekan dan Gambar 2.17 memperlihatkan bentuk tombol tekan.



Gambar 2.15
Rangkaian *PushButton*



Gambar 2.16
Kontruksi *PushButton*

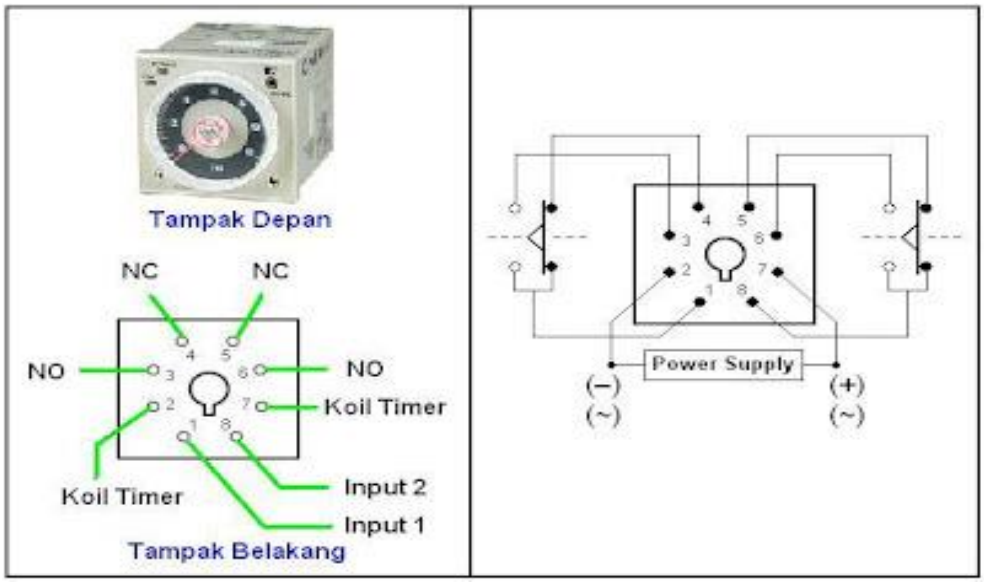
Gambar 2.17
Bentuk *PushButton*

d. *Timer*

TDR (*Time Delay Relay*) sering disebut juga *relay timer* atau relai penunda batas waktu banyak digunakan dalam instalasi motor terutama instalasi yang membutuhkan pengaturan waktu secara otomatis. 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 merubah sistem bintang ke segitiga dalam delai waktu tertentu. *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 tegangan AC sehingga memutar gigi mekanis dan menarik serta

menutup kontak secara mekanis dalam jangka waktu tertentu. Sedangkan relai 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 input *timer* biasanya dinyatakan sebagai kumparan koil dan bagian outputnya sebagai kontak NO atau NC. Kumparan pada *timer* akan bekerja selama mendapat sumber arus. Apabila telah mencapai batas waktu yang diinginkan maka secara otomatis *timer* akan mengunci dan membuat kontak NO menjadi NC dan NC menjadi NO. Gambar 2.18 memperlihatkan kontruksi dan Gambar 2.19 memperlihatkan bentuk *timer*.



Gambar 2.18
Kontruksi *Timer*

Gambar 2.19
Bentuk *Timer*

Pada umumnya *timer* memiliki 8 buah kaki yang 2 diantaranya merupakan kaki koil sebagai contoh pada gambar di atas adalah TDR tipe H3BA dengan 8 kaki yaitu kaki 2 dan 7 adalah kaki koil, 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 relai *timer*nya.

e. NFB (*No Fuse Breaker*)

NFB dalam bahasa Indonesia bisa diartikan sebagai pemutus tanpa sikring, berfungsi untuk menghubungkan dan memutus tegangan atau arus utama dengan sirkuit atau beban, selain itu berfungsi juga untuk memutuskan/melindungi beban dari arus yang berlebihan ataupun jika terjadi hubung singkat. Cara kerja NFB, ketika arus yang mengalir melaluinya melebihi dari nilai yang tertera pada NFB maka secara otomatis NFB akan memutuskan arusnya gambar di atas adalah NFB 3 fasa umumnya digunakan

pada sirkuit *induction motor* atau kontrol panel. Selain itu NFB sangat baik di gunakan pada pengguna listrik rumah tingkat atas dan industri. Ini di karenakan penggunaan NFB yang sangat menjamin keamanan listrik anda. namun sebaliknya penggunaan NFB jangan pernah anda gunakan untuk pengguna rumah menengah ke bawah (sederhana), karena alat ini tidak akan berfungsi pada instalasi rumah anda.

NFB (*No fuse breaker*) pemutus tanpa sikring, berfungsi untuk menghubungkan dan memutus tegangan/ arus utama dengan sirkuit atau beban, selain itu berfungsi juga untuk memutuskan/melindungi beban dari arus yang berlebihan ataupun jika terjadi hubung singkat. Cara kerja NFB, ketika arus yang mengalir melaluinya melebihi dari nilai yang tertera pada NFB maka secara otomatis NFB akan memutuskan arus. Gambar 2.20 memperlihatkan bentuk dari NFB.

Gambar 2.20
Bentuk *No Fuse Breaker*

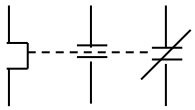
f. MCB (*Miniatur Circuit Breaker*)

MCB adalah singkatan MCB adalah *Miniatur Circuit Breaker* yang memiliki fungsi sebagai alat pengaman arus lebih. MCB ini memproteksi arus lebih yang disebabkan terjadinya beban lebih dan arus lebih karena adanya hubungan pendek. Dengan demikian prinsip dasar bekerjanya yaitu untuk pemutusan hubungan yang disebabkan beban lebih dengan relai arus lebih seketika digunakan elektromagnet. Bila bimetal ataupun elektromagnet bekerja, maka ini akan memutus hubungan kontak yang terletak pada pemadam busur dan membuka saklar. MCB untuk rumah seperti pada pengaman lebur diutamakan untuk proteksi hubungan pendek, sehingga pemakaiannya lebih diutamakan untuk mengamankan instalasi atau konduktornya. Sedang MCB pada APP diutamakan sebagai pembawa arus dengan karakteristik CL (*current limiter*) disamping itu juga sebagai gawai pengaman arus hubung pendek yang bekerja seketika. Gambar 2.21 memperlihatkan berbagai bentuk dari MCB.

Gambar 2.21
Bentuk *Miniatur Circuit Breaker*

g. TOR (*Thermal Overload Relay*)

Pada motor listrik dapat terjadi panas yang berlebihan akibat arus yang mengalir melebihi arus nominalnya. Oleh karena itu untuk melindungi atau mengamankan motor dari panas yang berlebihan, maka dipasangkan relai suhu beban lebih. Dalam perdagangan, dikenal dengan nama *Thermal Overload Relay* (TOR). Sehingga dapat disimpulkan bahwa TOR berfungsi untuk melindungi motor listrik dari beban lebih. Gambar 2.22 memperlihatkan gambar rangkaian TOR dan Gambar 2.23 memperlihatkan bentuk dari TOR.



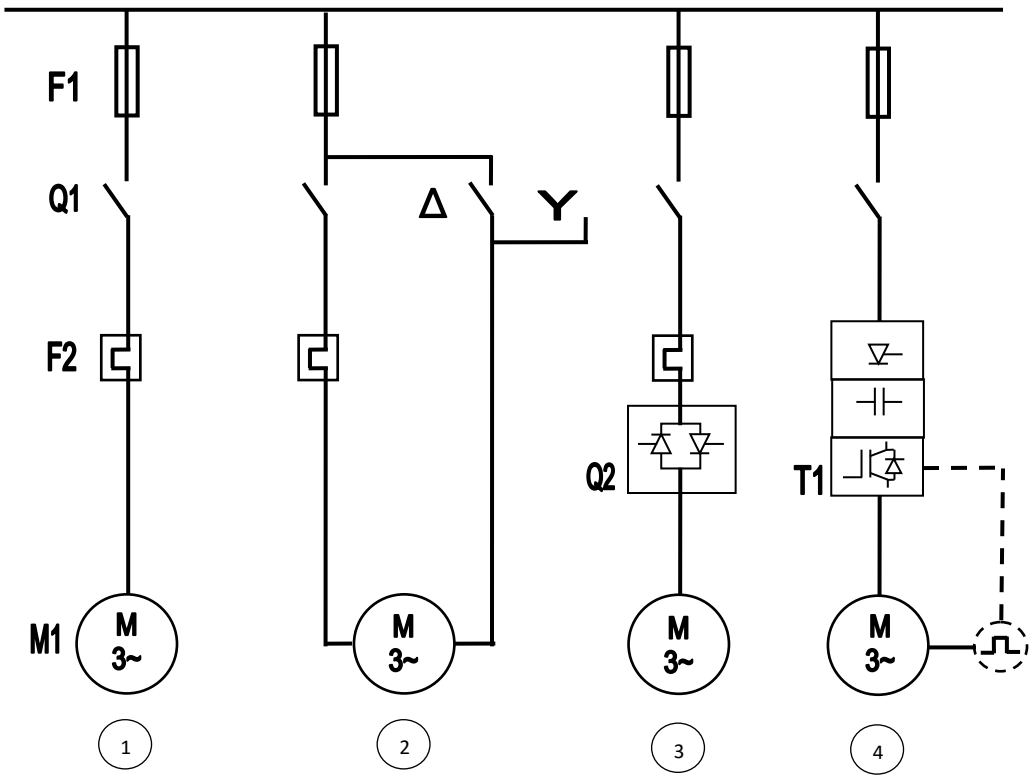
Gambar 2.22
Rangkaian *Thermal Overload Relay*

Gambar 2.23
Bentuk *Thermal Overload Relay*

6. Metode Pengasutan Motor Induksi 3 Fasa

Pengasutan motor adalah cara menjalankan pertama kali motor, tujuannya agar arus *starting* kecil dan *drop* tegangan masih dalam batas toleransi. Motor induksi (*Asynchronous motor*) secara luas banyak digunakan di fasilitas industri dan bangunan besar. Rancangan dan perawatannya sederhana, dapat disesuaikan pada berbagai aplikasi di lapangan dan pengoperasiannya ekonomis. Ini sangat menguntungkan sebagai solusi pengendali motor induksi pada sisi harga dan kualitas.

Karakteristik motor induksi tiga-fasa adalah arus bebannya tinggi pada sumber tegangan dengan *direct-on-line starting*. Menghasilkan arus start dan lonjakan yang tinggi jika diaplikasikan pada tegangan penuh, akan mengakibatkan penurunan tegangan sumber dan pengaruh transien torsi pada sistem mekanik. Gambar 2.24 dibawah memperlihatkan metoda *starting* pengasutan motor induksi.



Gambar 2.24
Metoda Motor *Starting*

1. *Direct-On-Line* motor *starting.*
2. *Start-delta* (bintang-segitiga) motor *starting.*
3. *Soft starter* (Q2), motor starter kontinyu dan bertahap, alternafif secara elektronik sebagai pengganti *Start-delta* (bintang-segitiga) motor *starting*.
4. *Variable Frequency Drivers* atau *inverter* sebagai pengendali kecepatan motor dan terintegrasi dengan proteksi motor secara elektronik.

Sistem pengoperasian motor dilakukan pada saat *start, running* dan *Stop*. Keberhasilan suatu pengoperasian sebuah motor listrik bukan saja ditentukan pada "*Running Performance*" motor, tetapi juga ditentukan oleh "*Starting Performance* "

Pemilihan metode *starting* banyak dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kapasitas daya motor/keperluan arus *starting* , torsi *starting* , kecepatan , jenis atau tipe motor dan macam-macam beban yang digerakkan oleh motor tersebut.

a. Pengasutan Langsung (*Direct on line/DOL starter*)

Pengasutan hubungan langsung atau dikenal dengan istilah *Direct On Line* (DOL). Jala-jala tegangan rendah 380 V melalui pemutus rangkaian atau kontaktor.

Q1 langsung terhubung dengan motor induksi. Sekering berfungsi sebagai pengaman hubung singkat, jika terjadi beban lebih diamankan oleh *relay* pengaman beban lebih (*overload relay*).

Saat pemutus rangkaian/kontaktor di-*ON*-kan motor induksi akan menarik arus *starting* antara 5 sampai 6 kali arus nominal motor. Untuk motor induksi dengan daya kecil 5 kW, hubungan langsung bisa dipakai. Arus *starting* yang besar akan menyebabkan drop tegangan disisi *suply*. Rangkaian jenis ini banyak dipakai untuk motor-motor penggerak mekanik seperti mesin bubut, mesin bor, atau mesin *freis*.

Torsi = I22 /s

Motor di *starting* pada tegangan nominal, akan mengalir arus mendekati arus hubung singkat = 7 In. jika slip = 4% = 0,04.

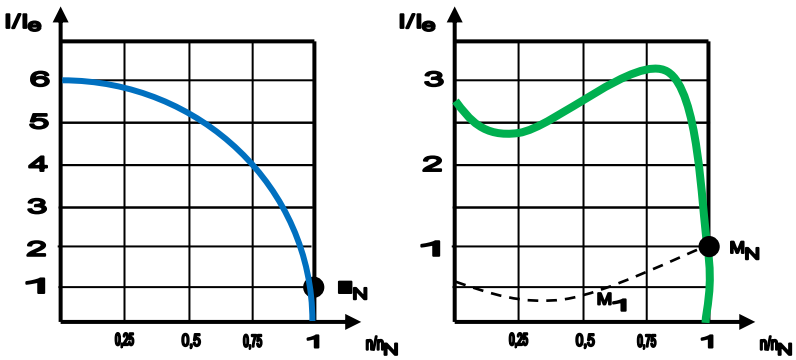
(Tst T) = (Ist/I)2 · s = (7)2 × 0,04 = 1,96

Besarnya torsi *starting* = 1,96 kali torsi nominalnya. Kesimpulannya, saat arus *starting* 5 s/d 6 kali arus nominal hanya menghasilkan 1,96 × torsi nominalnya.

Karakteristik pengasutan langsung hanya sesuai untuk motor induksi berdaya kecil, karena untuk motor daya besar akan menyebabkan pengaruh drop tegangan yang besar. Ketika *starting* dimulai motor induksi akan menarik arus yang besarnya sampai 6 kali arus nominalnya. Secara berangsur-angsur ketika kecepatan motor mendekati nominalnya maka arus motor akan berada pada kondisi nominalnya.

Karakteristik umum :

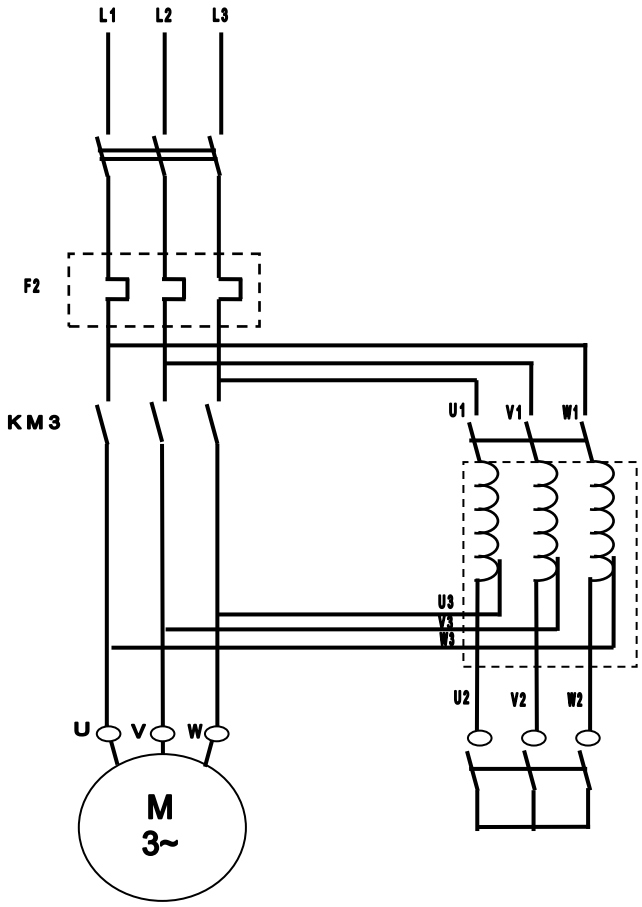
a. Arus *starting* : 4 sampai 8 kali arus nominal
b. Torsi *starting* : 0,5 sampai 1,5 kali torsi nominal
c. Kriteria pemakaian :
    1. 3 terminal motor , daya rendah sampai menengah
    2. Arus *starting* tinggi dan terjadi drop tegangan
    3. Peralatan sederhana
d. Waktu total yang diperlukan untuk DOL *Starting* direkomendasikan tidak lebih dari 10 detik diperlihatkan pada Gambar 2.25.



Gambar 2.25
Karakteristik arus, torsi dan kecepatan

b. Pengasutan dengan menggunakan *auto transformer* (*auto transformer starting*)

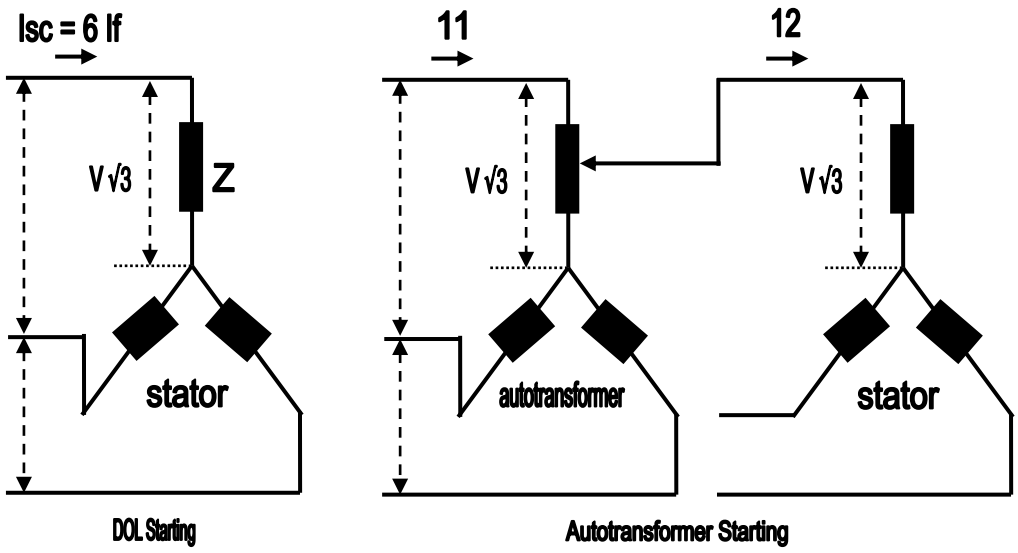
Starting dengan cara ini adalah dengan menghubungkan motor pada tahapan tegangan sekunder *auto transformer* terendah. Setelah beberapa saat motor dipercepat, transformator diputuskan dari rangkaian dan motor terhubung langsung pada tegangan penuh. Gambar 2.26 memperlihatkan rangkaian kontrol pengasutan *auto transformer*.



Gambar 2.26
Diagram *Starting* dengan auto transformer

Transformator dibuat dari sejumlah tahapan tegangan sekunder yang biasanya 83 %, 67 % dan 50 % dari tegangan primer.

Sebagai contoh jika motor di-*start* langsung ke jala-jala mengambil arus 600 % kali arus beban penuh. Pada tap 67 %, arus pada terminal motor akan sama dengan 400 %, akan tetapi arus primer pada waktu *starting* akan sama dengan k kali 400 % atau sama dengan 267 % dari arus beban penuh ini adalah arus yang diambil dari sistem suplai. Gambar 2.27 memperlihatkan diagram hubungan arus dan tegangan antara pengasutan DOL dan pengasutan dengan *auto transformer*.



Gambar 2.27
Diagram hubungan arus dan tegangan pada *DOL starting dan Auto Transformer starting.*

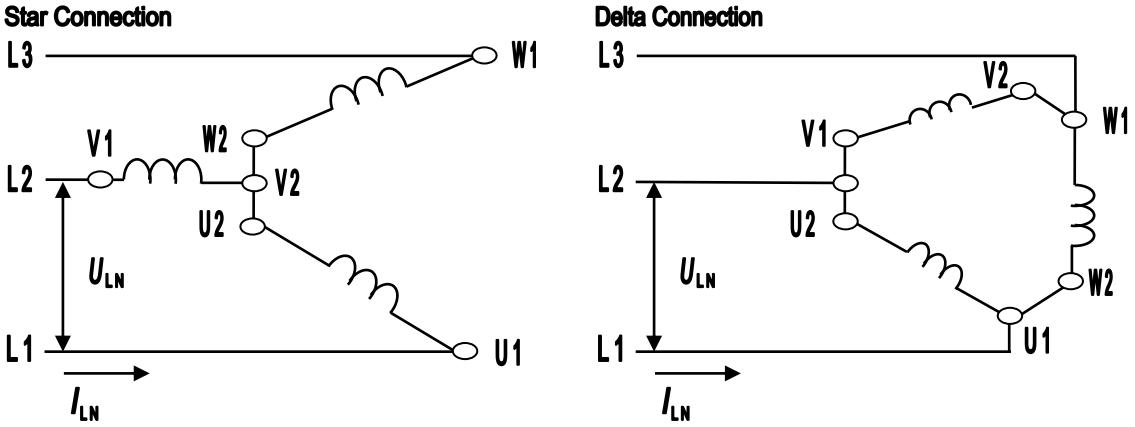
Torsi *starting* sebanding dengan kuadrat arus motor. Pada tap dengan perbandingan tegangan k, torsi akan menjadi k2 kali torsi *starting* yang dihasilkan pada waktu motor di*starting* langsung ke jala-jala. Pada tap 67 %, torsi *starting* akan menjadi 67 % kuadrat atau sama dengan 45 % dari harga torsi DOL.

Keuntungan dari metoda *starting* ini adalah tegangan motor pada saat distart pada kondisi torsi yang telah besar daripada metoda *starting* dengan tahanan primer (*primary resistance starting*), pada penurunan tegangan yang sama dan arus jaringan yang sama.

c. Pengasutan bintang-segitiga (Motor *Starting Star-Delta*)

Metoda *starting* Y - Δ banyak digunakan untuk menjalankan motor induksi rotor sangkar yang mempunyai daya di atas 5 kW (atau sekitar 7 HP). Untuk menjalankan motor dapat dipilih *starter* yang umum dipakai antara lain : saklar rotari Y - Δ, saklar khusus Y- Δ atau dapat juga menggunakan beberapa kontaktor magnit beserta kelengkapannya yang dirancang khusus untuk rangkaian *starter* Y - Δ.

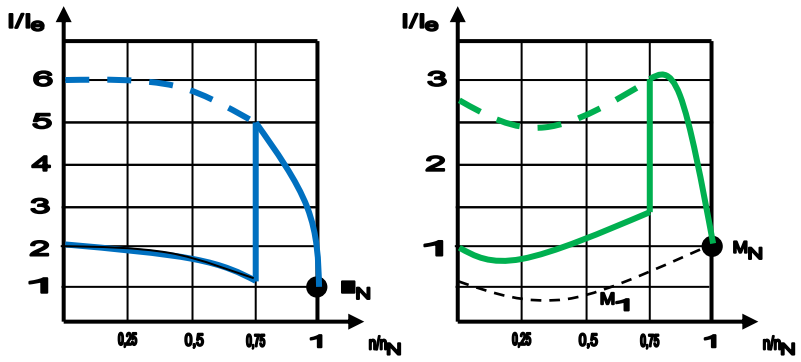
Perlu diingat jika pada *name plat* motor tertulis 220/380 V, sedangkan tegangan jala-jala yang tersedia sumber 3 fasa 380 V, maka motor tersebut hanya boleh dihubungkan bintang (Y) artinya motor berjalan normal pada hubungan bintang pada tegangan 380 V. Motor tersebut dapat dilakukan *starting* Y - Δ. Apabila dihubungkan pada tegangan jala 3 fasa 220 V. Pada gambar 2.28 memperlihatkan perbandingan tegangan hubung bintang (Y) dan segitiga (Δ).



$$U_{LN} = \sqrt{3} \times U_W I_{LN} = I_W \quad \text{.....(2.3)}$$

$$U_{LN} = U_W I_{LN} = \sqrt{3} \times I_W \quad \text{...(2.4)}$$

Gambar 2.28
Perbandingan tegangan hubungan bintang (Y) dan segitiga (Δ)

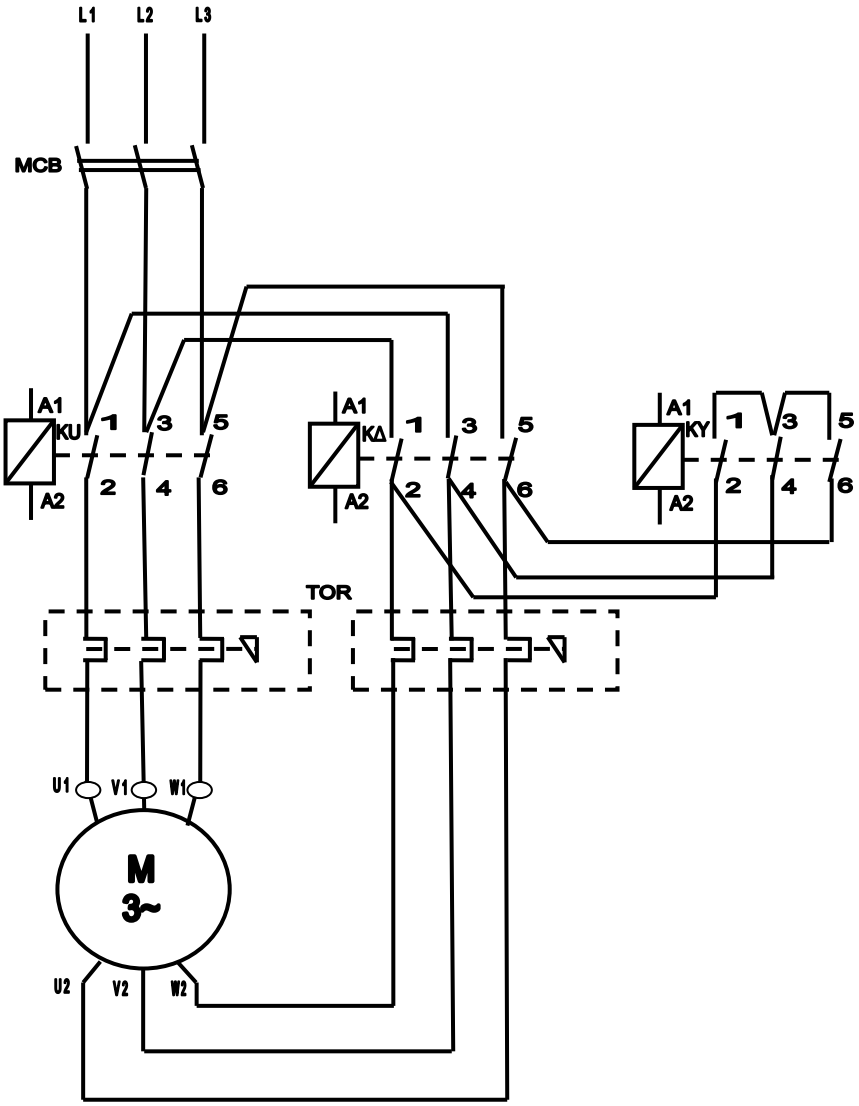


Gambar 2.29
Karakteristik arus, torsi dan kecepatan.

Karakteristik Umum pada Gambar 2.29 yakni:

1. Arus *start* 1,8 sampai 2,6 kali arus nominal
2. Torsi *start* 0,5 kali torsi nominal
3. Kriteria pemakaian :
    a. 6 terminal motor
    b. Torsi puncak pada perubahan *star* ke *delta*

Pada Gambar 2.30 di bawah ini merupakan diagram metode pengasutan bintang-segitiga.



Gambar 2.30
Diagram metode pengasutan bintang-segitiga

Motor induksi dengan pengasutan segitiga-bintang dengan sakelar manual Rangkaian bintang-segitiga juga dapat dilaksanakan menggunakan kontaktor secara elektromagnetik. Motor induksi dirangkai dengan sakelar manual bintang-segitiga. Saat sakelar posisi tuas 0, semua rangkaian

terbuka, sehingga motor dalam kondisitidak bertegangan. Saat sakelar posisi bintang (tanda Y), L 1 - U 1; L 2 - V 1, dan L 3 - W 1, sementara W2-U2-V2 dihubungsingkatkan. Tegangan ke stator, ketika sakelar posisi segitiga (tanda Δ), motor induksi bekerja pada tegangan normal, arus nominal dan torsi nominal. Belitan stator mendapatkan tegangan sebesar tegangan fasa ke fasa. Harus diperhatikan *nameplate* motor untuk hubungan segitiga bintang harus disesuaikan dengan tegangan kerja yang digunakan, jika salah menggunakan belitan akan terbakar.

Perbandingan arus start bintang – segitiga

$$I_{ST}\ Y = \frac{\frac{V}{\sqrt{3}}}{Z\ fasa} = \frac{tegangan\ fasa}{Z\ fasa} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots.. (2.5)$$

$$I_{ST}\ \Delta = \frac{V}{\text{Z fasa}}\ .\sqrt{3} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots. (2.6)$$

$$\frac{I_{ST}Y}{I_{ST}\Delta} = \frac{\text{V} / \sqrt{3}}{\text{Z fasa}} \times \frac{\text{Z fasa}}{\text{V}.\sqrt{3}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.7)$$

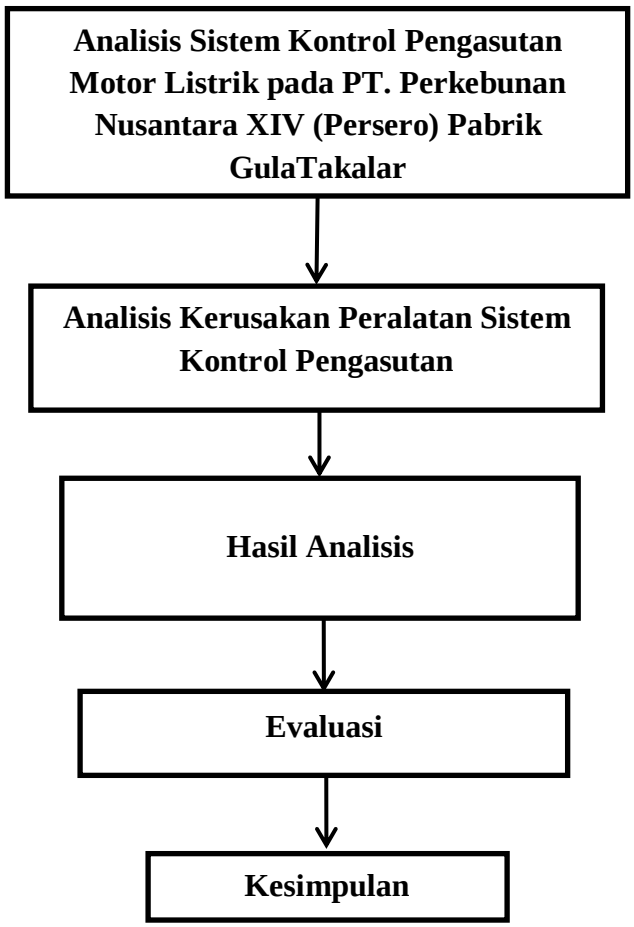
$$\frac{I_{ST}\ Y}{I_{ST}\ \Delta} = \frac{1}{3} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots.. (2.8)$$

Dari hasil rumus di atas dapat dilihat bahwa besar arus pada hubungan bintang adalah 1/3 kali arus jika motor dihubungkan segitiga.

B. Kerangka Pikir

Penelitian ini dimulai dari mempelajari sistem kontrol pengasutan motor listrik yang digunakan selanjutnya penyebab terbakarnya kontaktor dan NFB *(No Fuse Breaker)* pada PT. Perkebunan Nusantara XIV (Persero) Pabrik Gula Takalar yang mana nantinya diperlajari berdasarkan aturan yang ada yaitu PUIL 2011 dan literatur yang relevan lainnya sehingga pada akhirnya dapat diketahui sistem kontrol pengasutan motor yang digunakan pada motor listrik yang ada pada PT. Perkebunan Nusantara XIV (Persero) Pabrik Gula Takalar.

Setelah dipelajari mengenai hal di atas maka selanjutnya dapat diperoleh hasil mengenai sistem kontrol pengasutan motor yang digunakan pada area produksi PT. Perkebunan Nusantara XIV (Persero) Pabrik Gula Takalar, dan kemudian disimpulkan penyebab terjadinya kerusakan pada kontaktor dan NFB *(No Fuse Breaker)* yang merupakan komponen peralatan sistem pengasutan motor. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.31.



Gambar 2.31
Kerangka Pikir

BAB III
METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif, yaitu penelitian yang bertujuan untuk menganalisis sistem pengasutan motor listrik pada PT. Perkebunan Nusantara XIV (Persero) Pabrik Gula Takalar.

B. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada PT. Perkebunan Nusantara XIV (Persero) Pabrik Gula Takalar Desa Pa'rappunganta, Kecamatan Polongbangkeng Utara, Kabupaten Takalar pada bulan Juni - Agustus (musim giling atau musim produksi).

C. Objek Penelitian

Objek penelitian ini yaitu analisis sistem pengasutan motor listrik pada PT. Perkebunan Nusantara XIV (Persero) Pabrik Gula Takalar.

D. Variabel Penelitian

Penelitian ini mengevaluasi variabel berupa sistem pengasutan motor listrik pada PT. Perkebunan Nusantara XIV (Persero) Pabrik Gula Takalar.

E. Definisi Operasional Variabel

Definisi operasional variabel pada penelitian ini yaitu:

1. Evaluasi merupakan upaya penilaian secara teknis atau ekonomis terhadap objek penelitian. Evaluasi dalam hal ini diberikan penilaian kualitatif.

2. Sistem kontrol adalah suatu alat (kumpulan alat) untuk mengendalikan, memerintah, dan mengatur keadaan dari suatu sistem. Kumpulan alat ini saling berhubungan satu sama lain kemudian membentuk suatu sistem.
3. Pengasutan adalah cara menjalankan pertama kali motor, tujuannya agar arus *starting* kecil dan drop tegangan masih dalam batas toleransi. Sistem kontrol pengasutan adalah sistem pengendalian cara menjalankan pertama kali motor atau *starting* motor.
4. Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor Listrik yang dimaksud disini adalah motor listrik yang ada di PT. Perkebunan Nusantara XIV (Persero) Pabrik Gula Takalar.

F. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan teknik:

1. Wawancara

Wawancara yaitu salah satu teknik pengumpulan data yang dilakukan oleh peneliti untuk memperoleh informasi tentang pengaman motor induksi tiga fasa dengan jalan mengadakan komunikasi dan tanya jawab dengan orang yang berkompeten dengan objek penelitian.

2. Dokumentasi

Dokumentasi yaitu mengumpulkan data sebanyak-banyaknya kemudian mengolah data tersebut untuk dijadikan bahan acuan nantinya.

G. Teknik Analisis Data

Guna memperoleh jawaban terhadap permasalahan penelitian yang telah dirumuskan maka dibutuhkan analisis data langsung yang telah dikumpulkan selama penelitian berlangsung. Untuk mengelolah data dalam penelitian digunakan teknik analisis data deskriptif dimana teknik analisis tersebut digunakan untuk menggambarkan data yang telah diperoleh. Kemudian menghitung arus nominal ($In=P/E.cos\omega.\hbar.\sqrt{3}$), selanjutnya menghitung arus nominal motor untuk menentukan peralatan pengasutan ($I_A= k.I_n$). Hasil dari perhitungan tersebut kemudian dibandingkan dengan data motor dan peralatan kontrol yang digunakan. Data yang diperoleh dijadikan bahan evaluasi untuk mengetahui Analisis sistem kontrol pengasutan motor listrik pada PT. Perkebunan Nusantara XIV (Persero) Pabrik Gula Takalar.

BAB V
PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan sistem kontrol pengasutan motor listrik pada Pabrik Gula Takalar, maka dapat disimpulkan :

1. Penggunaan sistem kontrol pengasutan untuk motor listrik pada pabrik gula Takalar terkusus untuk motor induksi 3 fasa berdasarkan daya motor adalah motor dengan daya 5 kW ke bawah menggunakan sistem *Direct On Line* (*DOL*). Kemudian motor dengan daya 10-125 kW menggunakan sistem pengasutan Bintang-Segitiga (Y-Δ). Sedangkan motor dengan daya 170-200 kW menggunakan sistem pengasutan dengan *auto-transformator,* di mana seharusnya motor dengan daya yang tinggi yakni di atas 100 kW sudah menggunakan pengasutan dengan *auto-transformator*. Tetapi sistem kontrol pengasutan motor listrik pada pabrik gula Takalar masih digunakan sampai sekarang dengan bentuk pengontrolan seperti di atas, walaupun ada beberapa yang tidak standar, namun tidak mengganggu jalannya proses produksi.
2. Penggunaan peralatan sistem kontrol pengasutan masih ada yang kurang sesuai dengan standar, sehingga menjadi salah satu penyebab terjandinya kerusakan.
3. Pada pabrik gula Takalar, perlakuan terhadap sistem kontrol pengasutan seperti pemasangan peralatan kontrol yang menggunakan alat seadanya dan terkadang sudah tidak layak digunakan masih sering dilakukan karena

keterbatasan alat dan penyediaan alat baru yang masih kurang diperhatikan. Hal ini yang biasa menjadi penyebab terjadinya kerusakan pada beberapa komponen peralatan yang berakibat pada terbakar dan rusaknya motor listrik.

B. Saran

Dari hasil penelitian dan pembahasan sistem kontrol pengasutan motor listrik pada Pabrik Gula Takalar, maka dapat disarankan kepada pihak Pabrik Gula Takalar :

1. Hendaknya melakukan peninjauan ulang terhadap sistem kontrol pengasutan motor listrik yang baik dan sesuai dengan standar yang berlaku agar kelangsungan pengoperasian motor listrik dapat berjalan dengan baik.
2. Seharusnya pemasangan peralatan sistem kontrol pengasutan harus benar-benar diperhatikan tentang kelayakan pakai dari peralatan tersebut. Diupayakan ketika peralatan tersebut sudah berumur cukup lama maka segera digantikan dengan alat yang baru agar bisa meminimalisir terjadinya kerusakan pada sistem pengontrolan.
3. Pengawasan dan perlakuan terhadap sistem kontrol motor sebaiknya dilakukan oleh orang-orang yang berkompeten dan telah dibekali oleh ilmu yang memadai supaya dalam pengoperasiannya bisa dilakukan dengan benar.
4. Sistem pengontrolan motor listrik pada pabrik gula Takalar sebaiknya dilakukan perubahan dari sistem kontrol dari manual ke semi-otomatis atau pengontrolan menggunakan mikrokontroler, karena tidak bisa

dipungkiri bahwa sistem pengontrolan tersebut sudah banyak digunakan oleh perusahaan-perusahaan yang tentunya akan mempermudah proses produksi.

DAFTAR PUSTAKA

Bungin, Burhan. 2007. Penelitian Kualitatif, Komunikasi, Ekonomi, Kebijakan publik, dan Ilmu Sosial lainnya. Jakarta Kencana.

Departement Pendidikan Nasional, PusatBahasa. 2008. Kamus Besar Bahasa Indonesia Jakarta.

E Fitzqeral dkk. 1981. Dasar-dasar Elektro Teknik Jilid II Jakarta Erlangga.

Elektro, Zona. "Motor Listrik". 16 Juni 2016 Http//zonaelektro.net/motor-listrik/

FT UNISMUH, Tim Penyusun Panduan Skripsi Dan Tugas Akhir. 2015. Panduan Penulisan Skripsi/Tugas Akhir Makassar ; FT UNISMUH.

Graffin, P dan Nix, P 1991 Education Assessment And Reporting, Sidney : Harcourt Brace Publiser.

Harten P Van dan Setiawan, Ir. E 1992 Instalasi Listrik Arus Kuat III Bandung: Bina Cipta.

Kadir, Abdul 1996 Pembangkit Teanaga Listrik Jakarta: Indonesia Press.

Linsley, Trevor 2004 Instalasi Listrik Tingkat Lanjut Jakarta: Erlangga.

LPM Penalaran UNISMUH 2012 Researcher Pengantar Penelitian Yogyakarta: Pustaka Jingga.

Marappung, Muslimin. 1979. Teori Soal Penyelesaian Teknik Tenaga Listrik Bandung: Armico Bandung.

Panjaitan. 2000. Mesin Listrik Arus Bolak Balik. Bandung: Tarsito.

Purnama, Agus. "jenis-jenis Motor Listrik". 16 Juni 2016.http://elektronika-Dasar.web.id/jenis=jenis-motor-listrik/.

Republik Indonesia, Kementrian Pendidikandan Kebudayaan 2014. Instalasi Motor Listrik Semester 3. Jakarta: Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.

Slamet, Yulius. 2006. Metode Penelitian Sosial. Surakarta: LPP UNS dan UNS Press.

Somantri, Oman. 1993. Sistem Pengoontrolan Motor di Industi. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

Sake, Al-Hikma, 2015. Evaluasi Pengaman Motor Induksi 3 Fasa Area Rawmill PT. Semen Tonasa Unit IV. Skripsi tidak dipublikasikan FT. UNM.MAKASSAR.

Team PUIL. 2010. Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2010. Jakarta: Yayasan PUIL.

Team PUIL. 2011. Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL)2011. Jakarta: Yayasan PUIL.

Zuhal. 1993. Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.