

TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGASUTAN MOTOR INDUKSI DAYA BESAR MENGUNAKAN SOFT STARTER DAN INVERTER

*Diajukan Untuk Memenuhi Tugas-Tugas Dan Syarat-Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (ST) Pada Fakultas Teknik Program Studi
Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Oleh :

RINO HERLAMBAANG

NPM : 1507220066



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

LEMBARAN PENGESAHAN

TUGAS AKIR

**ANALISIS PENGASUTAN MOTOR INDUKSI DAYA BESAR
MENGUNAKAN SOFT STARTER DAN INVERTER**

*Diajukan Untuk Memenuhi Tugas-Tugas Dan Syarat-Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (ST) Pada Fakultas Teknik Program Studi
Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Telah Diuji dan Disidang Pada Tanggal:

4 Oktober 2021

Oleh :

RINO HERLAMBANG

NPM : 1507220066

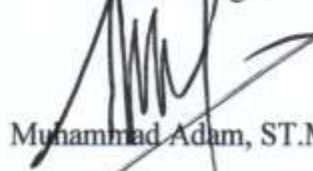
Disetujui Oleh :

Pembimbing I



Partonon Harahap, ST.,MT

Pembimbing II



Muhammad Adam, ST.MT

Penguji I



Faisal Idris Pasaribu, ST.MT

Penguji II



Ir .Abdul Aziz, H, MM



Program Studi Teknik Elektro

Medan,

Faisal Idris Pasaribu, ST.MT

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK**

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2021

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah Ini:

Nama : Rino Herlambang
NPM : 1507220066
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir yang berjudul :

“ANALISIS PENGASUTAN MOTOR INDUKSI DAYA BESAR MENGUNAKAN SOFT STARTER DAN INVERTER”

Dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di salah satu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Medan, 4 Oktober 2021

Saya yang menyatakan,



Rino Herlambang

ABSTRAK

Motor induksi yang langsung dihidupkan tanpa menggunakan metode pengasutan akan menarik arus 5 sampai 7 kali dari arus beban penuh dan hanya akan menghasilkan torsi 1,5 sampai 2,5 kali torsi beban penuh. Arus yang besar akan mengakibatkan drop tegangan pada saluran sehingga dapat mengganggu peralatan lain yang dihubungkan pada saluran tersebut. Untuk motor yang berdaya besar khususnya motor induksi 3 fasa akan membutuhkan arus starting yang besar seiring dengan motor yang berdaya besar, sehingga dengan daya motor diatas 30 HP keatas tidak dianjurkan untuk menghidupkan motor secara langsung tanpa menggunakan metode-metode pengasutan. Beberapa metode pengasutan yang paling umum digunakan yaitu Direct on line (DOL), Star-Delta, Auto-transformer, Resistansi Primer, Resistansi Sekunder, Inverter, dan SoftStarter. Dimana yang paling banyak digunakan pada lapangan yaitu metode DOL tetapi metode ini masih juga menghasilkan arus start yang besar. Jika terus dilakukan, maka akan menyebabkan memperpendek umur dari motor itu sendiri. Tulisan ini membahas tentang perbandingan antara pengasutan pada softstarter dan inverter pada arus start. Hasil analisis arus start pada pengasutan softstarter yaitu sebesar 741A yang dicapai dalam waktu 9s dan torsi maksimum yang dihasilkan oleh motor induksi 3 fasa yaitu sebesar 368,7 Nm. Sedangkan arus start pada pengasutan inverter yaitu sebesar 735A yang dicapai dalam waktu 13s dan torsi maksimum yang dihasilkan motor induksi 3 fasayaitu 479,5 Nm.

Kata Kunci : Motor induksi 3 fasa, Torsi, Pengasutan, Softstarter, Inverter.

ABSTRACT

An induction motor that is turned on immediately without using the starting method will draw 5 to 7 times the full load current and will only produce a torque of 1.5 to 2.5 times the full load torque. A large current will cause a voltage drop on the line so that it can interfere with other equipment connected to the line. For high-power motors, especially 3-phase induction motors, it will require a large starting current along with a large motor power, so that with motor power above 30 HP and above it is not recommended to start the motor directly without using starting methods. Some of the most commonly used starting methods are Direct on line (DOL), Star-Delta, Auto-transformer, Primary Resistance, Secondary Resistance, Inverter, and SoftStarter. Where the most widely used in the field is the DOL method, but this method still produces a large starting current. If this continues, it will cause a shortening of the life of the motor itself. This paper discusses the comparison between starting at the softstarter and the inverter at starting current. The results of the analysis of the starting current at softstarter starting is 741A which is achieved in 9s and the maximum torque produced by the 3-phase induction motor is 368.7 Nm. Meanwhile, the starting current at starting the inverter is 735A which is reached in 13s and the maximum torque produced by the 3-phase induction motor is 479.5 Nm.

Keywords: *3 phase induction motor, torque, starting, softstarter, inverter.*

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillah rabbi'l alamin Segala puji dan Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas Rahmat dan KaruniaNya yang tiada tara kepada kita khususnya kepada penulis, serta shalawat beriringkan salam kita sampaikan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita dari zaman kegelapan yang penuh dengan kebodohan ke zaman yang terang benderang dengan ilmu pengetahuan seperti sekarang ini, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Penyusunan skripsi ini adalah sebagai salah satu syarat untuk dalam menyelesaikan pendidikan program Strata-1 pada Fakultas Teknik di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dalam menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Analisis Pengasutan Motor Induksi Daya Besar Menggunakan *Soft Starter* Dan *Inverter***” ini telah banyak menerima bantuan dan bimbingan yang sangat berharga dari berbagai pihak, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih banyak kepada :

1. Kepada kedua orang tua tercinta penulis Ayahanda SUTARIYO dan Ibunda TUTI yang telah membesarkan penulis dengan penuh rasa kasih sayang dan selalu memberi segalanya baik itu perhatian, pengorbanan,

bimbingan, motivasi, doa, dan materi. Semoga Allah SWT selalu melindungi, memberi kesehatan, kemudahan dan mengabulkan segala yang dipintah, Aamiin Ya Robbal'alam.

2. Bapak Dr. Agussani, M.AP, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury, S.T, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T, M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Partaonan Harahap ST.MT, Selaku Wakil Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Sebagai Dosen Pembimbing I.
6. Bapak Muhammad Adam ST.MT selaku Dosen Pembimbing II.
7. Bapak Endang Jauhari ST, Bapak Butnan Tan ST, Bapak Azhari dan seluruh karyawan PT.Canang Indah.
8. Kekasih tercinta Sdri Anita dan sahabat penulis Agung Sassongko ST, Agus Prabowo ST, Muhammad Ariadi ST yang sudah menemani penulis dari awal pembuatan skripsi, yang selalu mendengar keluh kesah penulis selama ini terima kasih atas dukungan yang tiada henti-hentinya.
9. Buat teman -teman Teknik Elektro stambuk 2015 dan teman-teman Fakultas Teknik terima kasih atas kebersamaanya

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, maka dalam hal ini penulis sangat mengharapkan saran dan kritik dari berbagai pihak guna kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang membantu penyelesaian skripsi ini. Semoga skripsi ini

dapat bermanfaat bagi pembaca dan penulis. Aamiin Ya Robbal'amin.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Medan, 4 Oktober 2021

Penulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Rino Herlambang', written over the printed name.

RINO HERLAMBAANG

Npm : 1507220066

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	
PENGESAHAN	
SURAT PERYATAAN SKRIPSI.....	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I : PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 RumusanMasalah	2
1.3 TujuanPenelitian.....	3
1.4 ManfaatPenelitian.....	3
1.5 BatasanMasalah.....	3
1.6 SistematikaPenulisan.....	4
BAB II : TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Motor InduksiTigaPhasa	6
2.1.2 Bentuk Kontruksi Dari Motor Induksi	14
2.1.3 Prinsip Kerja Motor Induksi Tiga Phasa.....	15
2.1.4 Kelebihan Dan Kekurangan Motor Induksi 3 Phasa.....	17
2.2 Pengasutan <i>Softstarter</i>	18

2.2.1 Rangkaian <i>Softstarter</i>	19
2.2.2 Prinsip Kerja Rangkaian <i>Softstarter</i>	20
2.2.3 Penggunaan <i>Softstarter</i>	21
2.3 Pengasutan <i>Frequency Drive (inverter)</i>	22
2.3.1 Rangkaian <i>Frequency Drive (inverter)</i>	22
2.3.2 Prinsip Kerja <i>Frequency Drive (inverter)</i>	23
2.3.3 Fungsi Inverter	25
2.3.4 Cara Kerja Inverter.....	25
2.4 Kontaktor.....	27
2.4.1 Prinsip Kerja Kontaktor	27
2.4.2 Jenis-Jenis Kontaktor	29
2.4.3 Bagian-Bagian Kontaktor	29
2.5 <i>Molded Case Circuit Breakers (MCCB)</i>	30
2.5.1 Prinsip Kerja MCCB	31
BAB III : METODOLOGI PENELITIAN	34
3.1 Lokasi Penelitian	34
3.2 Bahan Dan Peralatan Penelitian	34
3.3 Data-Data Yang Digunakan Pada Penelitian.....	35
3.3.1 Data Spesifikasi Motor Induksi Tiga Phasa	35
3.3.2 Data Spesifikasi <i>Softstarter</i> Siemens 3rw4073 6bb44.....	36
3.3.3 Data Spesifikasi <i>Inveter</i> SEW <i>Eurodrive</i> MC07B0450.....	37
3.4 Variabel Yang Diamati.....	38

3.5	Prosedur Penelitian	38
3.6	Rangkaian Penelitian.....	39
3.7	Diagram Alir Penelitian	41
BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN		42
4.1	Umum	42
4.2	Hasil Penelitian.....	49
4.2.1	Hasil Penelitian Pengasutan <i>Softstarter</i> Siemens 3rw4073	42
4.2.2	Hasil Penelitian Pengasutan <i>Inverter</i> SEW <i>Eurodrive</i> MC07	45
4.3	HASIL ANALISIS	47
4.3.1	Karakteristik <i>Softstarter</i>	47
4.3.2	Karakteristik <i>Inverter</i>	48
4.4	PERBANDINGAN SOFTSTARTER DAN INVERTER.....	48
BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN		49
5.1	Kesimpulan	49
5.2	Saran.....	50

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN-LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil Data Penelitian Arus Start Pada <i>Softstarter</i> dan <i>inverter</i>	43
--	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rangkaian Inverter 3 Fasa.....	10
Gambar 2.2 Rangkaian <i>Softstarter</i> motor induksi 3 phase	11
Gambar 2.3 Kontruksi Motor Induksi.....	13
Gambar 2.4 Rotor Dan Stator	1123
Gambar 2.5 Rotor Sangkar.....	14
Gambar 2.6 PrinsipKerja Motor Induksi.....	16
Gambar 2.7 Bentuk <i>Softarter</i> 3 Fasa.....	19
Gambar 2.8 Rangkaian Sederhana <i>Softstarter</i>	20
Gambar 2.9 KurvaArus Start Dengan <i>Softstarter</i>	21
Gambar 2.10 Rangkaian Utama Menggunakan <i>Softstarter</i>	21
Gambar 2.11 Rangkaian Utama Menggunakan <i>Inverter</i>	23
Gambar 2.12 Jenis-jenis <i>Inverter</i>	24
Gambar 2.14 Kontaktor.....	28
Gambar 2.15 Wiring Diagram Kontaktor	29
Gambar 2.16 MCCB (<i>Molded Case Circuit Breakers</i>).....	30
Gambar 2.17 Komponen-Komponen MCCB	32
Gambar 3.1 Spesifikasi Motor Induksi Tiga Fasa.....	35
Gambar 3.2 Spesifikasi <i>Softstarter</i> Siemens 3rw4073 6bb44.....	36
Gambar 3.3 Spesifikasi Inverter SEW Eurodrive MC07B0450	37
Gambar 3.4 Rangkaian Penelitian Dengan <i>Softstarter</i>	39
Gambar 3.5 Rangkaian Penelitian Dengan <i>Inverter</i>	40

Gambar 3.6 Diagram Alir Penelitian	41
Gambar 4.1 Karakteristik Arus Start Pada <i>Softstarter</i>	47
Gambar 4.2 Karakteristik Arus Start Pada <i>Inverter</i>	48
Gambar 4.3 Perbandingan Arus Start Antara Kedua Pengasutan	48



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jl. Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan Telp. 061-6624567

LEMBARAN ASISTENSI

Nama : Rino Herlambang
NPM : 1507220066
Pembimbing I : Partaonan Harahap, ST.MT

NO	HARI/ TANGGAL	URAIAN	PARAF
1.	11/1/2021	Perbaiki judul dan cover	J.
2.	15/2/2021	Layout pada Bab II	J.
3.	20/3/2021	Perbaiki pelura trayek pustaka dan rotasi	J.
4.	9/4/2021	Layout Bab 3 konsultasi pembimbing II	J.
5.	17/4/2021	Layout BAB IV & perbaiki Titlen. dan alur	J.
6.	21/4/2021	Perbaiki Bab 4	J.
7.	22/4/2021	Konsul ke pembimbing 2	J.
8.	25/4/2021	Acc untuh disetujui kem. Buat Daftar pustaka.	J.

9. Perbaiki Tabel.
dan Hasil pengujian
10. Acc untuh
disetujui.

Pembimbing I

Partaonan Harahap, ST.,MT

23-9
2021.



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jl. Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan Telp. 061-6624567

LEMBARAN ASISTENSI

Nama : Rino Herlambang
NPM : 1507220066
Pembimbing II : Muhammad Adam, ST.MT

NO	HARI/ TANGGAL	URAIAN	PARAF
1.	Senin 25/1/21	Menulis sesuai panduan penulisan skripsi	<i>[Signature]</i>
2.	Rabu 10/2/21	Penulisan bahasa Inggris bergaris miring	<i>[Signature]</i>
3.	Selasa 23/2/21	Tinjauan Pustaka harus ada rujukan tulisan minimal 5 tahun terakhir	<i>[Signature]</i>
4.	Kamis 18/3/21	MARGIN tulisan tidak sesuai panduan	<i>[Signature]</i>
5.	Senin 29/3/21	Pahami cara kerja Inverter	<i>[Signature]</i>
6.	Jumat 02/4/21	Pelajari sistem kerja 80pt starter	<i>[Signature]</i>
7.	Sabtu 10/4/21	Lampirkan Daftar Pustaka	<i>[Signature]</i>
8.	Jum. 21 23/4/21	Acc. untuk Seminar Kerdinonin pembimbing I	<i>[Signature]</i>

9. Senin
27/9/21

Pembimbing II

Muhammad Adam, ST.MT

Setelah diberikan
Lampiran ke Siyong
[Signature]
M. ADAM

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 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. Canang Indah merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang industri pengolahan kayu menjadi particle board. 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 terlampaui kecil. Hal ini dapat dipengaruhi karena Motor induksi yang langsung dihidupkan tanpa menggunakan metode pengasutan akan menarik arus 5 sampai 7 kali dari arus beban penuh dan hanya akan menghasilkan torsi 1,5 sampai 2,5 kali torsi beban penuh. Arus yang besar akan mengakibatkan drop tegangan pada saluran sehingga dapat mengganggu peralatan lain yang dihubungkan pada saluran tersebut. Untuk motor yang berdaya besar khususnya motor induksi 3 fasa akan membutuhkan arus starting yang besar seiring dengan motor yang berdaya besar, sehingga dengan daya motor diatas 30 HP keatas tidak dianjurkan untuk menghidupkan motor secara langsung tanpa menggunakan metode-metode pengasutan. Beberapa metode pengasutan yang paling umum digunakan yaitu *Direct on line (DOL)*, *Star-Delta*, *Auto-*

transformer, Resistansi Primer, Resistansi Sekunder, Inverter, dan SoftStarter. Dimana yang paling banyak digunakan pada lapangan yaitu metode DOL tetapi metode ini masih juga menghasilkan arus start yang besar. Jika terus dilakukan, maka akan menyebabkan memperpendek umur dari motor itu sendiri. Tulisan ini membahas tentang “Analisis Pengasutan Motor Induksi Daya Besar Menggunakan *Softstarter dan Inverter*”.

1.2 RUMUSAN MASALAH

1. Bagaimana metode pengasutan motor induksi daya besar yang menggunakan *soft starter*.
2. Bagaimana metode pengasutan motor induksi daya besar yang menggunakan *inverter*.
3. Penyesuaian metode pengasutan motor induksi daya besar yang menggunakan *soft starter* dan *inverter*.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

1. Analisis besarnya lonjakan arus pada pengasutan motor induksi daya besar yang menggunakan *soft starter*.
2. Analisis besarnya lonjakan arus pada pengasutan motor induksi daya besar yang menggunakan *inverter*.
3. Mengetahui perbandingan dan penyesuaian metode dari analisis pengasutan motor induksi daya besar yang menggunakan *soft starter* dan menggunakan *inverter*.

1.4 MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Mengetahui perbandingan pengasutan motor menggunakan sistem *inverter* dan sistem *softstarter*.
2. Mengetahui fungsi dan elektabilitas penggunaan sistem yang sesuai dan kebutuhan pada motor induksi daya besar.

1.5 RUANG LINGKUP PENELITIAN

Penelitian ini memiliki keterbatasan dalam teknis eksperimen yang dilakukan pada penelitian ini secara keseluruhan dan keterkaitan dengan aspek yang tidak diteliti. Oleh karena itu, agar lebih Ruang lingkup permasalahan yang dibahas pada penelitian ini yaitu :

1. Penelitian ini dilakukan di PT.Canang Indah.
2. Pembahasan hanya menganalisis perbandingan pengasutan motor induksi daya besar < 30 HP menggunakan *softstarter* dan *inverter*.
3. Tidak membahas tentang analisis ketahanan alat *softstarter* dan *inverter* .

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan tugas akhir yang bertujuan untuk memberikan kemudahan dan kenyamanan bagi pemahaman pembaca diorganisasikan sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah, penentuan tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian, manfaat penelitian, batasan-batasan masalah, asumsi-asumsi yang diperlukan, serta sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai konsep atau teori yang menjadi landasan bagi penelitian baik *text book*, jurnal, majalah maupun sumber literatur lainnya. Pada bagian ini akan dibahas mengenai prinsip kerja kedua jenis lampu neon tersebut dan model rancangan percobaan desain faktorial berdasarkan eksperimen.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai kerangka atau langkah penelitian yang akan dilakukan beserta metode-metode yang digunakan dalam pemecahan masalah. Dan mengenai proses yang dilakukan dalam pengumpulan dan pengolahan data. Pembahasan tentang pengumpulan data secara rinci akan dikemukakan mulai dari waktu, tempat serta prosedur pengukuran daya input, daya output serta efisiensi daya yang dilakukan berdasarkan rancangan yang telah dibuat sebelumnya, hingga diperoleh data-data dari hasil penelitian. Pengolahan data dilakukan

terhadap data hasil penelitian tersebut berdasarkan metode yang telah ditentukan dalam bab sebelumnya.

BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas mengenai analisis dari hasil pengolahan data serta interpretasi dari hasil yang didapatkan melalui penelitian tersebut.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan bagian akhir dari keseluruhan penelitian yang dilakukan, membahas mengenai penarikan kesimpulan dari hasil yang diperoleh serta usulan atau saran bagi penelitian yang akan dilakukan selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Motor Induksi Tiga Phasa

Inverter adalah suatu rangkaian yang mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC berupa sinyal sinusoidal setelah melalui pembentukan gelombang dan rangkaian filter, tegangan output yang dihasilkan harus stabil baik amplitude tegangan maupun frekuensi tegangan yang dihasilkan, distorsi yang rendah, tidak terdapat tegangan transient dan tidak dapat diinterupsi oleh suatu keadaan, nilai tegangan dan frekuensi dapat diatur. Fungsi inverter adalah untuk merubah kecepatan motor AC dengan cara merubah frekuensi inputnya. Inverter terdiri dari rangkaian utama yang dibentuk oleh rangkaian penyearah apakah dikendalikan atau tidak untuk mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC) dan menghilangkan riak yang terdapat pada arus searah. Penyearah berfungsi sebagai tegangan pengisi daya pada baterai / akumulator ketika sumber tegangan inverter dari baterai telah habis. Untuk mencegah kerusakan pada baterai karena pengisian daya yang berlebihan, maka Anda harus menambahkan sirkuit penyearah sirkuit otomatis yang akan memutuskan proses pengisian ketika tegangan pada baterai penuh. (Noorly Evalina. 2019)

Evalina N (2015), menyatakan bahwa pengaruh perubahan motor induksi 3 phasa dengan menggunakan programmable logic controller dan menemukan bahwasanya dengan menggunakan PLC kecepatan putar motor induksi berbanding lurus dengan perubahan frekuensi, semakin besar frekuensi yang diberikan maka semakin cepat pula putaran motor induksi.

Zulfikar (2019), pada penelitiannya membahas bahwa inverter dapat digunakan untuk mengatur putaran motor induksi sesuai dengan keadaan yang diinginkan, bila tegangan referensi input dinaikkan maka frekuensi akan semakin tinggi sehingga putaran motor induksi akan semakin cepat.

Haryanto (2014), penelitian tentang Pembuatan Modul Inverter Sebagai Kendali Kecepatan Putaran Motor Induksi. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengendalikan kecepatan putar motor induksi tersebut di antaranya dengan kendali tegangan dan frekuensi yang dikenal dengan kendali V/f konstan. Kendali V/f konstan adalah salah satu cara untuk mengendalikan

kecepatan putar motor induksi dengan merubah tegangan dan frekuensi, tetapi menjaga konstan rasio keduanya.

Motor induksi adalah alat listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor induksi memiliki kelebihan dan kekurangan. Kekurangan yang dimiliki motor induksi yaitu timbulnya arus mula yang besar yang mengakibatkan pengurangan tegangan pada saluran sehingga akan mengganggu peralatan lain yang dihubungkan pada saluran yang sama. Agar hal itu tidak terjadi, maka motor diperlukan dengan pengasutan *soft starting*. *Soft starting* dilakukan dengan menggunakan komponen elektronika daya yaitu thyristor yang terpasang anti parallel pada rangkaian belitan stator untuk mengatur tegangan motor induksi secara bertahap, sedangkan tegangan masukan motor induksi diatur dengan pengaturan sudut penyearah pada thyristor dengan waktu tertentu. Sudut penyearah diatur oleh kontrol unit 6 pulsa. Besar tegangan masukan motor induksi saat motor terhubung star dengan pengaturan sudut penyearah 180° yaitu 230 V sedangkan tegangan keluaran motor induksi saat motor terhubung star dengan pengaturan sudut penyearah 0° yaitu 0 V. Besar tegangan masukan motor induksi saat motor terhubung delta dengan pengaturan sudut penyearah 180° yaitu 218 V sedangkan tegangan keluaran motor induksi saat motor terhubung *star* dengan pengaturan sudut penyearah 0° yaitu 0 V. (wiratman.2016)

Metode *soft starting* (pengasutan lembut) yaitu pengaturan untuk motor induksi agar sewaktu motor dijalankan tidak mengakibatkan arus *start* yang besar dan memperhalus *start* dari motor tersebut. Sedangkan *inverter* yaitu pengaturan pada frekuensi untuk mencegah arus start yang besar. Maka jika frekuensi motor ditingkatkan maka akan meningkatkan kecepatan motor, sebaliknya dengan memperkecil frekuensi akan memperlambat kecepatan motor. Beberapa keuntungan pada metode *soft starting* yaitu efisiensi arus sewaktu starting dan cost yang lebih murah. Kerugian metode *softstarting* yaitu frekuensi yang tidak dapat diubah-ubah. Pada metode *inverter* ini memiliki berbagai keuntungan yaitu adanya pengaturan frekuensi pada *inverter* sedangkan kerugiannya yaitu harga *inverter* yang tinggi. Pada tugas akhir ini, penulis akan menganalisis perbandingan arus start motor induksi 3 fasa dengan menggunakan *softstarter* dan *inverter*.

Penulis mengambil judul ini dikarenakan untuk mengetahui diantara kedua metode tersebut mana yang paling bagus digunakan.

Setiap jaman, manusia berkembang dengan cepat. Perkembangan itu berdampak pada ilmu yang berkembang juga. Sudah banyak manusia menemukan berbagai cara untuk memudahkan pekerjaannya. Banyak juga manusia berfikir untuk mengatasi masalah yang ada tanpa mengubah struktur fungsi dari alat tersebut. Banyaknya kegunaan dari motor induksi juga mempunyai kelemahan yaitu arus awal pada saat dinyalakan yang cukup tinggi dan torsi awal yang rendah. Kondisi awal atau starting motor pada saat motor baru saja dinyalakan dinamakan pengasutan. Motor akan menarik arus awal sekitar 4 sampai 7 kali besarnya arus nominal dan untuk motor yang agak besar, hal ini tidak diizinkan karena mengganggu jaringan. Saat pengasutan atau kondisi pengasutan akan mengakibatkan motor terlalu banyak menarik arus listrik. Di industri menjadi masalah yang cukup serius bila motor menarik arus yang besar. Dilihat dari kegunaannya banyak tetapi kekurangannya membuat perusahaan membayar listrik dengan banyak juga, akan mengurangi keuntungan yang didapat oleh sebuah perusahaan. Kondisi pengasutan yang tidak stabil berdampak pula pada peralatan listrik sekitar. Peralatan listrik tidak akan berumur panjang.

Metode Pengasutan *Frequency Drive* sering disebut juga dengan VSD (*Variable Speed Drive*), VFD (*Variable frequency Drive*) atau Inverter. VSD terdiri dari 2 bagian utama yaitu penyearah tegangan AC (50 atau 60 HZ) ke DC dan bagian kedua adalah membalikan dari DC ke tegangan AC dengan frekuensi yang diinginkan. VSD memanfaatkan sifat motor sesuai dengan rumus sbb:

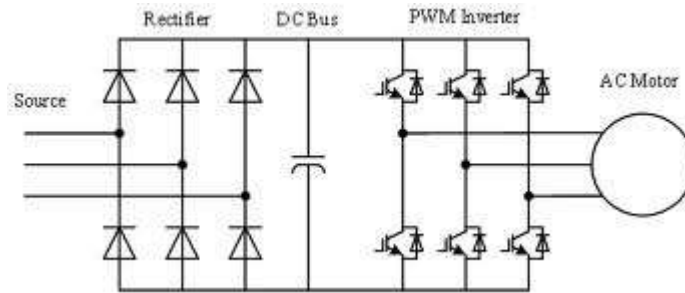
$$\text{RPM} = 120 \frac{f}{p}$$

dimana:

RPM : Kecepatan putar / speed motor

f : Frekuensi (Hz)

p : Kutub



Gambar 2.1 Rangkaian *Inverter* 3 Fasa

Inverter mengatur frekuensi, maka kecepatan motor akan dapat diatur pula. Demikian pula pada saat start, dimulai dengan frekuensi rendah sampai frekuensi rata-rata nya hasilnya kecepatan motor akan mengalami percepatan yang lebih halus.

Rumus mencari tegangan antar fasa jika harmonik = 0 adalah :

$$V_L = \sqrt{\frac{2}{3}} V_s = 0,8165 V_s$$

V_s = tegangan Sumber

Jika harmonik = 1 menjadi

$$V_L = \frac{4 v_s \cos 30}{\sqrt{2\pi}} = 0,7797 V_s$$

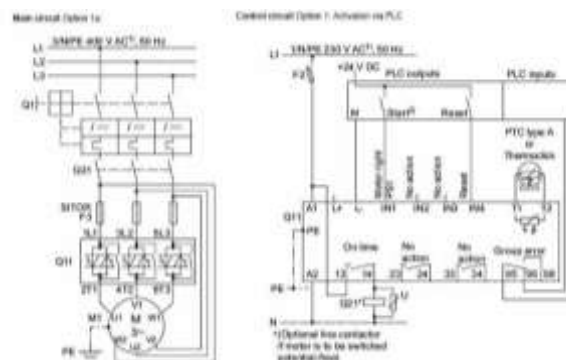
Rms line to netral adalah :

$$V_p = \frac{v_l}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{2} v_s}{3} = 0,4714 V_s$$

Rasio antar tegangan adalah :

$$\text{Rasio} = \frac{V_{\text{input}}}{V_{\text{inverter}}}$$

Metode pengasutan kedua menggunakan *softstarter* sebagai kontrol dan dirangkai sesuai dengan rangkaian seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2.2 : Rangkaian *Softstarter* motor induksi 3 phase

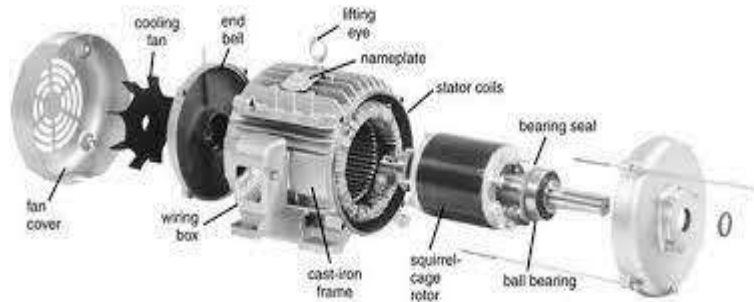
Motor listrik berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang berupa tenaga putar. Motor listrik terdiri dari dua bagian yang sangat penting yaitu stator atau bagian yang diam dan Rotor atau bagian berputar. Pada motor AC, kumparan rotor tidak menerima energi listrik secara langsung, tetapi secara induksi seperti yang terjadi pada energi kumparan transformator. Oleh karena itu motor AC dikenal dengan motor induksi. Dilihat dari kesederhanaannya, konstruksinya yang kuat dan kokoh serta mempunyai karakteristik kerja yang baik, motor induksi tiga fasa yang cocok dan paling banyak digunakan dalam bidang industri.

Motor induksi 3 fasa merupakan salah satu cabang dari jenis motor listrik yang merubah energi listrik menjadi energi gerak berupa putaran yang mempunyai slip antara medan stator dan rotor dengan sumber tegangan 3 fasa. Motor induksi ini merupakan motor arus bolak balik (AC) yang paling luas digunakan. Penamaanya berasal dari kenyataan bahwa arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator. Belitan stator yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan tiga fasa akan menghasilkan medan magnet yang berputar dengan kecepatan sinkron ($n_s = 120f/2p$). Medan putar pada stator tersebut akan memotong konduktor-konduktor pada rotor, sehingga terinduksi arus, dan sesuai dengan Hukum Lenz, rotor pun akan turut berputar mengikuti medan putar stator. Perbedaan putaran relatif antara stator dan rotor disebut slip. Bertambahnya beban, akan memperbesar pula arus induksi pada rotor yang oleh karenanya akan memperbesar pula 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.

2.1.1 Kontruksi Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi tiga fasa memiliki dua komponen dasar yaitu stator dan rotor, bagian rotor dipisahkan dengan bagian stator oleh celah udara yang sempit (*air gap*) dengan jarak antara 0,4 mm sampai 4 mm. Tipe dari motor induksi tiga fasa berdasarkan lilitan pada rotor dibagi menjadi dua macam yaitu rotor belitan (*wound rotor*) adalah tipe motor induksi yang memiliki

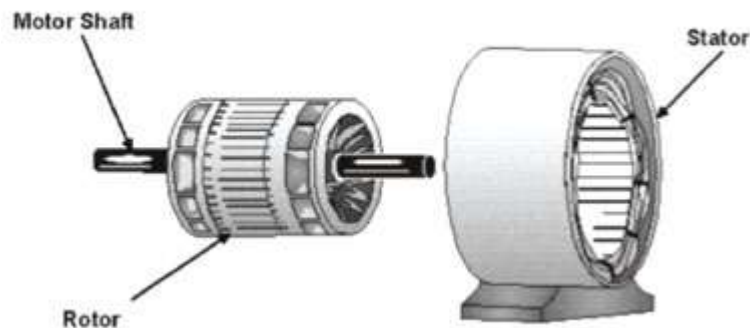
rotor terbuat dari lilitan yang sama dengan lilitan statornya dan rotor sangkar tupai (*Squirrel-cage rotor*) yaitu tipe motor induksi dimana konstruksi rotor tersusun oleh beberapa batangan logam yang dimasukkan melewati slot-slot yang ada pada rotor motor induksi, kemudian setiap bagian disatukan oleh cincin sehingga membuat batangan logam terhubung singkat dengan batangan logam yang lain.



Gambar 2.3. Kontruksi motor induksi.

Motor induksi pada dasarnya mempunyai 3 bagian penting seperti yang diperlihatkan pada gambar 3.3 sebagai berikut :

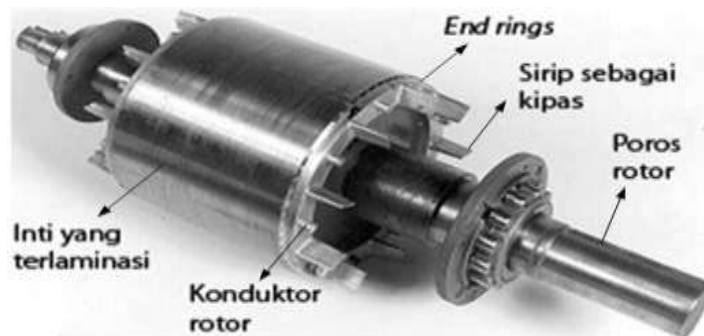
1. Stator : Merupakan bagian yang diam dan mempunyai kumparan yang dapat menginduksikan medan elektromagnetik kepada kumparan rotornya. Housing Motor 63
2. Celah : Merupakan celah udara: Tempat berpindahnya energi dari startorke rotor.
3. Rotor : Merupakan bagian yang bergerak akibat adanya induksi magnet dari kumparan stator yang diinduksikan kepada kumparan rotor.



Gambar.2.4 Rotor Dan Stator

2.1.2 Bentuk Konstruksi Dari Motor Induksi

Bentuk konstruksi rotor sangkar motor induksi secara lebih rinci diperlihatkan pada gambar dibawah ini.



Gambar. 2.5 Rotor Sangkar

Konstruksi stator motor induksi pada dasarnya terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut :

1. Rumah stator (rangka stator) dari besi tuang.
2. Inti stator dari besi lunak atau baja silikon.
3. Alur, bahannya sama dengan inti, dimana alur ini merupakan tempat meletakkan belitan (kumparan stator).
4. Belitan (kumparan) stator dari tembaga.

Rangka stator motor induksi ini didisain dengan baik dengan empat tujuan yaitu: Rotor bars (*slightly skewed*) End ring 64

1. Menutupi inti dan kumparannya.
2. Melindungi bagian-bagian mesin yang bergerak dari kontak langsung dengan manusia dan dari goresan yang disebabkan oleh gangguan objek atau gangguan udara terbuka (cuaca luar).
3. Menyalurkan torsi ke bagian peralatan pendukung mesin dan oleh karena itu stator didisain untuk tahan terhadap gaya putar dan guncangan.
4. Berguna sebagai sarana rumah ventilasi udara sehingga pendinginan lebih efektif. Berdasarkan bentuk konstruksi rotornya, maka motor induksi dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu :

1. Motor induksi dengan rotor sangkar (*squirrel cage*).
2. Motor induksi dengan rotor belitan (*wound rotor*)

2.1.3 Prinsip Kerja Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator kepada kumparan rotornya. Bila kumparan stator motor induksi 3-fasa yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan 3-fasa, maka kumparan stator akan menghasilkan medan magnet yang berputar. Garis-garis gaya fluks yang diinduksikan dari kumparan stator akan memotong kumparan rotornya sehingga timbul emf (ggl) atau tegangan induksi. Karena penghantar (kumparan) rotor merupakan rangkaian yang tertutup, maka akan mengalir arus pada kumparan rotor. Penghantar (kumparan) rotor yang dialiri arus ini berada dalam garis gaya *fluks* yang berasal dari kumparan stator sehingga kumparan rotor akan mengalami gaya *Lorentz* yang menimbulkan torsi yang cenderung menggerakkan rotor sesuai dengan arah pergerakan medan induksi stator.

Medan putar pada stator tersebut akan memotong konduktor-konduktor pada rotor, sehingga terinduksi arus; dan sesuai dengan Hukum *Lenz*, rotor pun akan turut berputar mengikuti medan putar stator. Perbedaan putaran relatif antara stator dan rotor disebut slip. Bertambahnya beban, akan memperbesar kopel motor yang oleh karenanya akan memperbesar pula 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.

Pada rangka stator terdapat kumparan stator yang ditempatkan pada slot-slotnya yang dililitkan pada sejumlah kutup tertentu. Jumlah kutup ini menentukan kecepatan berputarnya medan stator yang terjadi yang diinduksikan ke rotornya. Makin besar jumlah kutup akan mengakibatkan makin kecilnya kecepatan putar medan stator dan sebaliknya. Kecepatan berputarnya medan putar ini disebut kecepatan sinkron. Besarnya kecepatan sinkron ini adalah sebagai berikut.

$$\omega_{\text{sink}} = 2\pi f \text{ (listrik, rad/dt)}$$

$$= 2\pi f / P \text{ (mekanik, rad/dt)}$$

atau:

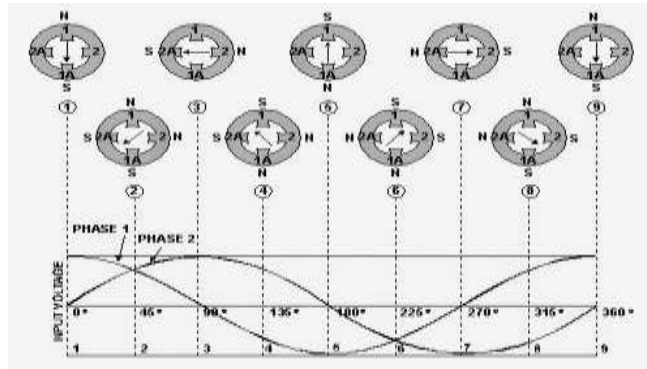
$$N_s = 60 \cdot f / P \text{ (putaran/menit, rpm)}$$

yang mana :

f = frekuensi sumber AC (Hz)

P = jumlah pasang kutub

N_s dan ω_{sink} = kecepatan putaran sinkron medan magnet stator.



Gambar 2.6 Prinsip Kerja Motor Induksi

Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor. Akibatnya pada batang konduktor dari rotor akan timbul GGL induksi. Karena batang konduktor merupakan rangkaian yang tertutup maka GGL akan menghasilkan arus (I). Adanya arus (I) di dalam medan magnet akan menimbulkan gaya (F) pada rotor. Bila kopel mula yang dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor cukup besar untuk memikul kopel beban, rotor akan berputar searah dengan medan putar stator. GGL induksi timbul karena terpotongnya batang konduktor (rotor) oleh medan putar stator. Artinya agar GGL induksi tersebut timbul, diperlukan adanya perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator (n_s) dengan kecepatan berputar rotor (n_r). Perbedaan kecepatan antara n_r dan n_s disebut slip (s), dinyatakan dengan $S = \frac{n_s - n_r}{n_s}$. Bila $n_r = n_s$, GGL induksi tidak akan timbul dan arus tidak mengalir pada batang konduktor (rotor), dengan demikian tidak dihasilkan kopel. Dilihat dari cara kerjanya, motor induksi disebut juga sebagai motor tak serempak atau asinkron. Hubungan antara beban, kecepatan dan torsi (*torque*).

Motor mulai menyala ternyata terdapat arus start yang tinggi akan tetapi *torque*-nya rendah. Saat motor mencapai 80% dari kecepatan penuh, *torque*-nya mencapai titik tertinggi dan arusnya mulai menurun. Pada saat

motor sudah mencapai kecepatan penuh, atau kecepatan sinkron, arus torque dan stator turun ke nol.

2.1.4 Kelebihan Dan Kekurangan Motor Induksi 3 Fasa

➤ Kelebihan Motor Induksi 3 fasa

1. Konstruksi sangat kuat dan sederhana terutama bila motor dengan rotor sangkar.
2. Menghasilkan putaran yang konstan.
3. Untuk pengasutan tidak memerlukan motor lain sebagai penggerak mula.
4. Harganya relatif murah dan keandalannya tinggi.
5. Efisiensi relatif tinggi pada keadaan normal, tidak ada sikat sehingga rugigesekan kecil.
6. Biaya pemeliharaan rendah karena pemeliharaan motor hampir tidak diperlukan.

➤ Kekurangan Motor Induksi 3 fasa

1. Kecepatan tidak mudah dikontrol.
2. Arus start biasanya 5 sampai 7 kali dari arus nominal.

2.2 Pengasutan *SoftStarter*

Pada motor induksi yang diam apabila tegangan normal diberikan ke stator maka akan ditarik arus yang besar oleh belitan primernya. Motor induksi saat dihidupkan secara langsung akan menarik arus 5 sampai 7 kali dari arus beban penuh dan hanya menghasilkan torsi 1,5 sampai 2,5 kali torsi beban penuh. Arus mula yang besar ini dapat mengakibatkan *drop* tegangan pada saluran sehingga akan mengganggu peralatan lain yang dihubungkan pada saluran yang sama. Untuk motor yang berdaya diatas 30hp tidak dianjurkan menghidupkan motor secara langsung. Cara lain untuk mengasut motor adalah dengan menggunakan *SoftStarter* (elektronik).

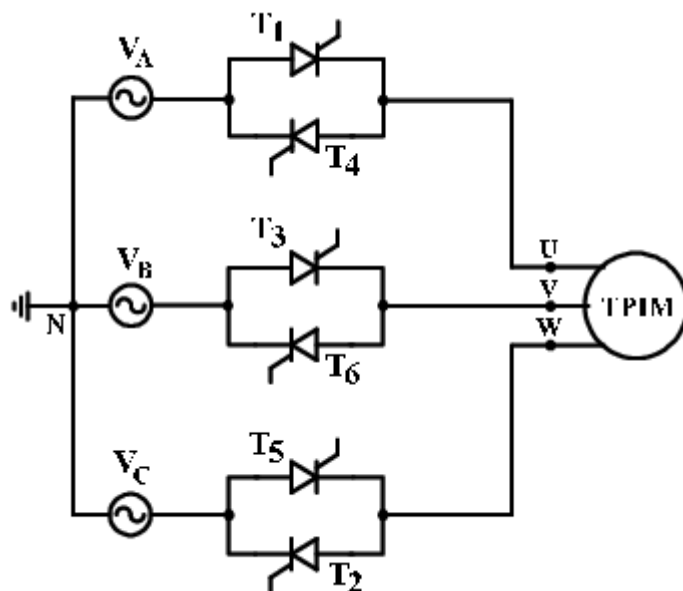


Gambar 2.7 Bentuk *Softstarter* 3 Fasa

Soft starting adalah suatu cara penurunan tegangan *starting* dari motor induksi AC. Dengan demikian metode pengasutan yang bekerja dengan cara mengurangi tegangan pengasutan motor induksi dan kemudian menaikkan tegangan secara bertahap sampai tegangan penuh. Metode *softstarting* ini menjadi solusi atas tingginya nilai arus saat pengasutan motor induksi dan merupakan metode yang nilai arus pengasutannya rendah. *SoftStarter* bertujuan untuk mendapatkan *start* dan *stop* yang terkendali dan terproteksi secara sehalus mungkin dan lalu mencapai kecepatan nominal yang konstan pada aplikasi dengan torsi awal atau *start* rendah.

2.2.1 Rangkaian *Soft Starter* (SS)

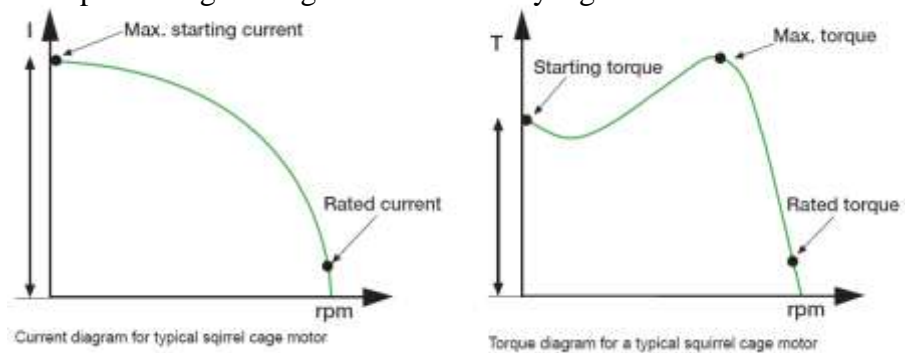
Rangkaian dasar *soft starting* terdiri dari komponen *thyristor* untuk mengontrol aliran arus yang masuk ke motor sehingga tegangan akan masuk secara bertahap dan akhirnya penuh. Komponen utama *softstarter* adalah *thyristor* dan rangkaian yang mengatur *trigger thyristor*. Seperti diketahui, *output thyristor* dapat di atur via *pin gate* nya. Rangkaian tersebut akan mengontrol *level* tegangan yang akan dikeluarkan oleh *thyristor*. *Thyristor* yang terpasang bisa pada 2 fasa atau 3 fasa.



Gambar 2.8 . Rangkaian Sederhana *Soft Starter*

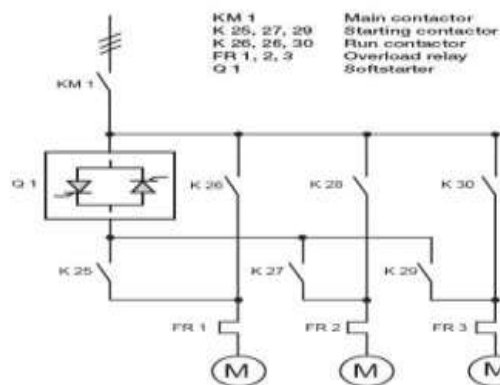
2.2.2 Prinsip Kerja Rangkaian *Soft Starter*

Prinsip dasar pengasut *softstarting* adalah merubah bentuk gelombang input dan kemudian merubah ukuran rms untuk motor. Hal ini dilakukan dengan cara merubah suplai arus bolak balik menjadi arus searah. Arus searah tersebut selanjutnya dirubah kembali menjadi arus bolak balik dengan inverter (alat pembalik arah) pada kecepatan yang tinggi. *Soft Starter* mengatur tegangan yang masuk ke motor. Cara kerja dari *Soft Starter* yaitu pertama-tama motor hanya diberikan tegangan yang rendah sehingga arus dan torsi pun juga rendah. Pada *level* ini motor hanya sekedar bergerak perlahan dan tidak menimbulkan kejutan. Selanjutnya tegangan akan dinaikan secara bertahap sampai ke nominal tegangannya dan motor akan berputar dengan dengan kondisi RPM yang nominal.



Gambar 2.9 . Kurva Arus Start Dengan *Soft Starter*

Selain untuk starting motor, *Softstarter* juga dilengkapi fitur *soft stop*. Sehingga pada saat motor induksi dihentikan maka tegangan juga dikurangi secara perlahan atau tidak dilepaskan begitu saja seperti pada *starter* yang menggunakan fakturator. Berikut ini merupakan rangkaian utama pada motor induksi 3 fasa.



Gambar 2.10 Rangkaian Utama Menggunakan *Soft Starter*

2.2.3 Penggunaan *Soft Starter*

Pengasut *Soft Starting* digunakan bila adanya keharusanakan akselerasi dan dekselerasi yang mulus pada motor yang berdaya diatas 30 HP. Karakteristik *Softstarter* memiliki kemampuan mengubah besaran tegangan dan frekuensi sesuai kebutuhan . Karakteristik arus fungsi putaran motor, akan menarik 600% arus nominal tanpa adanya pengasutan, dengan pengasutan *softstarter* mampu ditekan sampai hanya 200% arus nominalnya.Karakteristik momen dengan *softstarter* lainnya adalah mampu mengubah frekuensi jala-jala 50 Hz menjadi frekuensi lebih kecildari 25%, 50%, 75% dari frekuensi nominalnya.

2.3 Pengasutan *Frequency Drive (Inverter)*

Frequency Drive sering disebut juga dengan VSD (*Variable Speed Drive*),VFD (*Variable frequency Drive*) atau *Inverter*. VSD terdiri dari 2 bagian utama yaitu penyearah tegangan AC (50 atau 60 HZ) ke DC dan bagian kedua adalah membalikan dari DC ke tegangan AC dengan frekuensi yang diinginkan. Fungsi *Inverter* adalah untuk merubah kecepatan motor AC dengan cara merubah frekuensi outputnya.Jika sebelumnya banyak menggunakan sistem mekanik, kemudian beralih ke motor slip maka saat ini banyak menggunakan semi konduktor.Tidak seperti *softstarter* yang mengolah level tegangan, inverter menggunakan frekuensi tegangan keluaran untuk mengatur kecepatan motor pada kondisi ideal (tanpa slip).Dengan demikian jika frekuensi motor ditingkatkan maka akan meningkatkan kecepatan motor, sebaliknya dengan memperkecil frekuensi akan memperlambat kecepatan motor.

2.3.1.Rangkaian *Frequency drive (Inverter)*

Secara sederhana prinsip dasar inverter untuk dapat mengubah frekuensi menjadi lebih kecil atau lebih besar yaitu dengan mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC kemudian dijadikan tegangan AC lagi dengan frekuensi yang berbeda atau dapat diatur.

Untuk mengubah tegangan AC menjadi DC dibutuhkan penyearah (*converter AC-DC*) dan biasanya menggunakan penyearah tidak terkendali (*rectifier* dioda) namun juga ada yang menggunakan penyearah terkendali (*thyristor rectifier*). Setelah tegangan sudah diubah menjadi DC maka

diperlukan perbaikan kualitas tegangan DC dengan menggunakan tandon kapasitor sebagai perata tegangan. Kemudian tegangan DC diubah menjaditegangan AC kembali oleh inverter dengan teknik PWM (*Pulse Width Modulation*). Dengan teknik PWM ini bisa didapatkan amplitudo dan frekuensi keluaran yang diinginkan.

2.3.1.1 Prinsip Kerja *Frequency Drive (Inverter)*

Banyak cara untuk mengatur/mengurangi kecepatan motor seperti dengan *gear box / reducer*. Namun mengatur kecepatan motor dengan inverter akan memperoleh banyak keuntungan yang lebih bila dibandingkan dengan cara-cara yang lain. Seperti :jangkauan yang luas untuk pengaturan kecepatan dan torsi motor,mempunyai akselerasi dan deselerasi yang dapat diatur,mempermudah proses monitoring atau pengecekan, sistem proteksi motor yang baik, mengurangi arus starting motor dan menghemat pemakaian energi listrik, memperhalus start awal motor Dsb.



Gambar.2.12. Jenis – Jenis *Inverter*

Pemilihan inverter yang benar tentunya dengan memperhatikan spesifikasi dari motor serta keperluan dalam pemakaian inverter itu sendiri seperti dengan memperhatikan daya motor, tegangan motor, frekuensi motor Contohnya Jika memiliki motor 3 fasa 3 kW, maka kita perlu menggunakan *inverter* dengan spesifikasi daya diatas 3 kW seperti 3,2 kW atau 3,3 kW dan tentunya tegangan keluaran dari *inverter* harus sama dengan tegangan motor. Sebenarnya kita juga bisa menggunakan *inverter* dengan daya 3 kW untuk motor 3 kW tapi dengan syarat kita juga

harus menggunakan motor tersebut dengan beban yang kecil atau dengan kata lain motor tidak digunakan dengan daya maksimal. Jadi penting untuk mengetahui arus pada motor saat dijalankan dengan beban, untuk settingan ampere pada *inverter* sebagai proteksi motor, serta untuk menghitung daya beban yang berguna dalam pemilihan *inverter*.

2.3.2. Fungsi *Inverter*

Sesuai dengan pengertian *inverter* yang menyatakan *inverter* ini berfungsi untuk mengubah tegangan DC (searah) menjadi tegangan AC (bolak-balik). Dimana perubahan ini dilakukan untuk mengubah kecepatan motor bertegangan AC dengan mengubah frekuensi outputnya saja. Jadi bisa dikatakan *inverter* ini merupakan perangkat yang multifungsi, bahkan tak hanya diubah melainkan dapat dikembalikan lagi.

Inverter telah banyak digunakan pada bidang industri. Dimana aplikasi *inverter* yang sudah terpasang akan diproses secara linear yakni parameter yang dapat diubah-ubah. Linear disini yang dimaksud *inverter* ini memiliki bentuk seperti grafik sinus, dll. *Inverter* juga memerlukan waktu yang cukup lama untuk melakukan perputaran yang presisi.

Inverter banyak digunakan pada bidang otomatisasi industri, pangaplikasian *inverter* biasanya terpasang di proses linear “parameter yang bisa diubah-ubah”. Linear yang dimaksud memiliki bentuk seperti grafik sinus atau sistem axis “servo” yang membutuhkan atau memerlukan putaran yang presisi.

2.3.3. Cara Kerja *Inverter*

1. Pada Kabel

Karena kabel disini bermanfaat sebagai penghantar listrik, maka anda harus memakai daya yang cocok dengan komponen *inverter* lainnya. Percuma saja andai komponen anda sudah cocok dengan susunan *inverternya* sedangkan kabelnya tidak. Maka output yang dikeluarkannya pun bakal tidak maksimal atau lebih kecil. Namun

andai kita memakai kabel dengan daya yang sesuai, maka saya dan anda bisa menghasilkan output yang maksimal.

2. Pada Trafo

Trafo bermanfaat untuk menurunkan tegangan listrik bertipe AC yang dialirkan oleh Mofset. Bagi trafo ini, setelah kegunaannya dijalankan dan menerbitkan arus AC maka ia bakal mengalirkannya ke Dioda.

3. Pada Mofset

Mofset disini berperan sebagai komponen merubah arus listrik dimana tadinya DC menjadi AC. Ketika sumber daya listrik sudah masuk ke fuse / skring selanjutnya bakal dialirkan ke mofset dengan tegangan rendah yang berurut. Setelah tersebut mofset bakal merubah alirannya menjadi AC dan dialirkan ke Trafo guna menurunkan tegangan listriknya.

4. Dioda

Dioda bermanfaat untuk memberikan kembali arus listrik AC dan bakal diteruskan ke kapasitor. Nantinya, kapasitor sendiri yang bakal mendukung saat ada daya kejut dan ia bakal men-supplynya. Arus listrik dari kapasitor ini pun akan diterima ke mofset tegangan tinggi guna berubah pulang arus AC. Arus listrik AC ini yang dikontrol oleh drive atau suatu regulator gelombang. Setelah arusnya melalui semua komponennya, maka akan terbit dayanya cocok dengan jenis inverter yang anda gunakan.

2.4 Kontaktor

Kontaktor ini muncul saat sebuah perusahaan OEM HVACR atau bisa disebut dengan *Original Equipment Manufacturer Heating Ventilation Air Conditioning and Refrigeration* pada tahun 1950-an, nah perusahaan ini memanggil beberapa perusahaan dalam bidang listrik yang ahli, untuk membuat sebuah kontaktor yang murah dan ramah lingkungan, mungkin sobat masih banyak yang belum tau tentang sejarah kontaktor.

Kontaktor ini diperuntukan untuk benua Amerika Utara sudah berstandart NEMA, perusahaan HVACR ini menargetkan pasar asia juga yang berstandart ICE dan akhirnya sampai sekarang ini, bisa sobat nikmati sebuah kontaktor untuk mengendalikan motor atau lampu.

2.4.1 Prinsip Kerja Kontaktor

Prinsip kerja Kontaktor adalah ada sebuah arus dan tegangan 220VAC maupun DC sesuai dengan karakter *coil*, kemudian arus tersebut menggerakkan sebuah *Coil* didalam kontaktor, *Coil* tersebut akan bekerja ketika ada arus yang masuk dan membuat sebuah magnet sementara untuk menarik kontak (L1,L2,L3 dan kontak bantu) dari kontaktor yang semulanya NO (*Normaly Open*) menjadi NC (*Normaly Close*), untuk membuka (*opening*) kontaktor memerlukan waktu 4 – 19 *ms* dan untuk menutup (*close*) 12-22 *ms*, sangat cepat sekali. Semakin besar kontaktor maka bunyi yang ditimbulkan kontaktor akan semakin keras. Ketika Arus yang mengisi *Coil* tersebut lepas, maka magnet yang ditimbulkan oleh *coil* akan hilang dan tidak menarik kontak dari kontaktor dan menjadi semula.

2.4.3 Jenis Jenis Kontaktor

Sobat kontaktor itu sama semua dan prinsip kerjanya juga sama, tapi yang membedakan itu adalah sebuah tipenya tau karakter dari kontaktor tersebut sesuai kebutuhan. Mulai dari *Pole* Kontaktor, Kapasitas *Ampere* (*Rate Operational Current*), Tegangan *Coil* (*Coil Voltage*). Pole kontaktor dibedakan menjadi 2 yaitu 4 pole / kutub, 3 pole / kutub. Adapun tegangan *coil* yaitu 380VAC, 220VAC, 110VAC, 24VAC dan 24VDC.



Gambar 2.14 Kontaktor

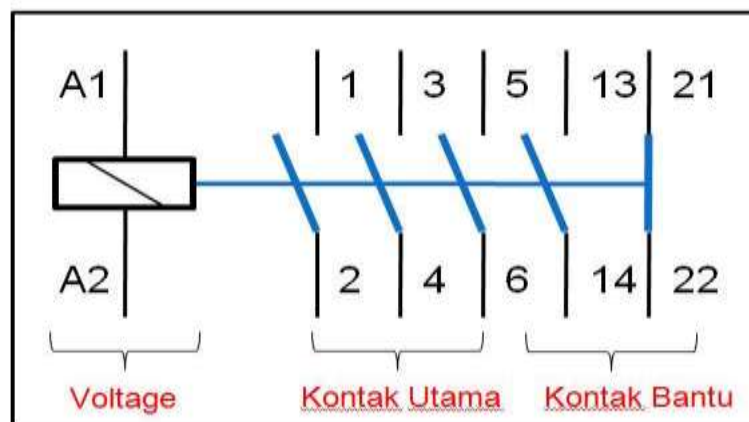
2.4.4 Bagian Bagian Kontaktor

Kontaktor memiliki sebuah bagian yang harus dipahami dan fungsinya, karena ini berkaitan dengan listrik yang tidak kasat mata dan dapat membahayakan diri sendiri maupun mesin yang digerakan oleh kontaktor, berikut bagian yang harus diketahui:

- Coil
- Kontak utama
- Kontak bantu NO / NC

Kontaktor berfungsi untuk menggerakkan sebuah motor 3 phase pada sebuah pabrik atau industri yang memiliki *ampere* yang tinggi, dengan kontaktor ini motor tersebut bisa jalan start atau stop sebab kontaktor memiliki kontrol yang bisanya bisa disebut DOL (*Direct On Line*) dan *Star Delta* yang sering dipakai pada dunia indrustri saat ini.

Kontaktor adalah sebuah alat listrik yang berfungsi untuk menggerakkan sebuah motor yang biasanya digunakan oleh industri pabrik yang memiliki rangkaian kontrol. Prinsip kerja Kontaktor adalah ada sebuah arus yang menggerakkan coil untuk mengubah kontak dari kontaktor yang semulanya NO (*Normally Open*) menjadi NC (*Normally Close*) karena ketarik oleh *coil* yang sudah mendapat arus dan menajdi magnet. *Wiring* yang perlu di ingat adalah Coilnya A1 dan A2 yang bisa dibolak balik Netral atau 220V jika menggunakan *Coil* 220V dan mempunya kontak utama dan bantu.



Gambar 2.15Wiring Diagram Kontaktor

Dimana :

- Coil yang bergambar kontak yang memiliki pin A1 dan A2
- Kontak Utama (RST) terdapat yang pinya itu 1 35
- Keluaran Kontak Utama (UVW) yang pinya 246
- Kontak Bantu NO (Normaly Open) Pin 13 14
- Kontak Bantu NC (Normaly Close) Pin 21 22

2.5 Molded Case Circuit Breakers (MCCB)

Molded Case Circuit Breakers (MCCB) merupakan perangkat pemutus arus listrik padaperalatan listrik seperti lampu, motor, etc yang dilengkapi dengan fitur temperature sensor dan arus sensor sehingga MCCB ini dapat bekerja secara otomatis berdasarkan kondisi arus dan temperature. Fungsi utama dari MCCB ini adalah sebagai alat proteksi pada peralatan listrik sehingga tidak terjadi short circuit (korslet) atau kerusakan atau terbakar karena kelebihan arus listrik ataupun temperature. Terus apa bedanya dengan MCB (miniature Circuit Breaker) ? perbedaan utama dengan MCB adalah MCCB dapat mem-proteksi peralatan listrik dari 15 Ampere hingga 2500 Ampere.

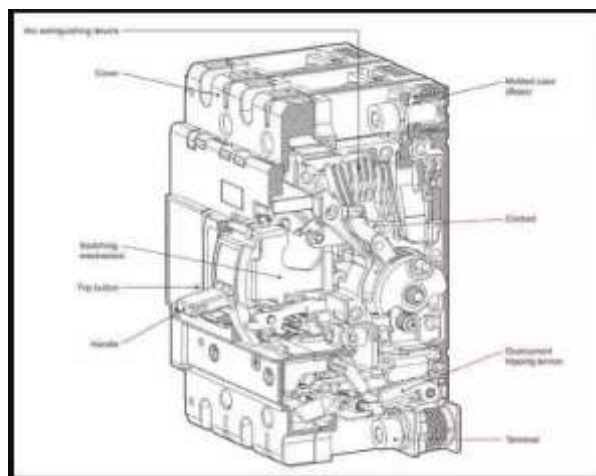


Gambar 2.16 MCCB (*Molded Case Circuit Breakers*)

2.5.1 Prinsip Kerja MCCB

Secara umum, prinsip kerja dari MCCB terdapat 3 mekanisme untuk memutuskan arus listrik :

1. Mekanisme *Thermal (Temperature)*. Pada MCCB terdapat bidang kontak bimetal yang bekerja dengan melakukan ekspansi dan kontraksi sebagai tindakan reaksi adanya perubahan temperatur. Pada kondisi normal, kontak bimetal memungkinkan arus listrik melewati MCCB. Namun, saat terjadi arus yang melebihi set point yang ditentukan, maka kontak bimetal akan mulai memanas dan ekspansi hingga menekan tuas operating MCCB yang menjadikan putusnya arus listrik (*trip*).
2. Mekanisme *Thermal (Temperature)*. Pada MCCB terdapat bidang kontak bimetal yang bekerja dengan melakukan ekspansi dan kontraksi sebagai tindakan reaksi adanya perubahan temperature. Pada kondisi normal, kontak bimetal memungkinkan arus listrik melewati MCCB. Namun, saat terjadi arus yang melebihi set point yang ditentukan, maka kontak bimetal akan mulai memanas dan ekspansi hingga menekan tuas operating MCCB yang menjadikan putusnya arus listrik (*trip*).
3. Manual MCCB juga dilengkapi dengan saklar pemutusan arus listrik secara manual, yang biasanya digunakan untuk memutuskan arus listrik ketika melakukan suatu pengerjaan *maintenance*. Manual MCCB juga dilengkapi dengan saklar pemutusan arus listrik secara manual, yang biasanya digunakan untuk memutuskan arus listrik ketika melakukan suatu pengerjaan *maintenance*.



Gambar 2.16Komponen - Komponen MCCB

1. *Frame* merupakan kerangka atau bingkai atau juga bisa disebut dengan casing yang memiliki fungsi sebagai penutup dan pelindung komponen di dalamnya dari benda-benda asing yang berbahaya seperti air, debu atau kotoran yang dapat menyebabkan korosi dan korslet.
2. *Load contact* merupakan bagian terakhir dari MCCB pada proses tersambung atau terputusnya arus listrik. *Load Contact* disini berfungsi untuk meredam percikan api yang disebabkan dari arus tersambung atau terputus. *Load contact* dibuat dari bahan material perak.
3. *Arc Chute* merupakan komponen yang berfungsi untuk menyerap energi sisa atau arus listrik yang diperoleh dari pemutusan arus listrik, sehingga mampu membatasi tegangan atau stress yang muncul. Selain itu, *arc chute* juga berperan untuk meredam atau memadamkan *arc* (percikan busur api) yang muncul ketika terjadi korslet (*Short circuit*).
4. OCPD adalah komponen yang berfungsi sebagai alat proteksi ketika terjadi *short circuit* (korslet)
5. *Terminals connection* merupakan komponen yang berfungsi menghubungkan MCCB dengan kabel atau kawat penghantar dari input atau sumber listrik. Kawat atau kabel pada terminal connection ini sangat mudah mengalami longgar dengan sendirinya karena seiring dengan lamanya waktu penggunaan dan siklus panas yang terjadi.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada tanggal 10 Februari 2021 sampai dengan 10 Mei 2021 bertempat di PT.Canang Indah Jl.Pulau Sicanang , Medan Kota , Belawan , Sumatera Utara .

Metode yang dilakukan dengan cara pengambilan data langsung ke lokasi. Untuk mendapatkan data-data perbandingan pengasutan motor induksi menggunakan *soft starter* dan *inverter* yang akurat, penulis langsung ke lokasi yaitu dengan melakukan pengambilan data dengan melakukan pengukuran menggunakan bahan dan peralatan penelitian.

3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian

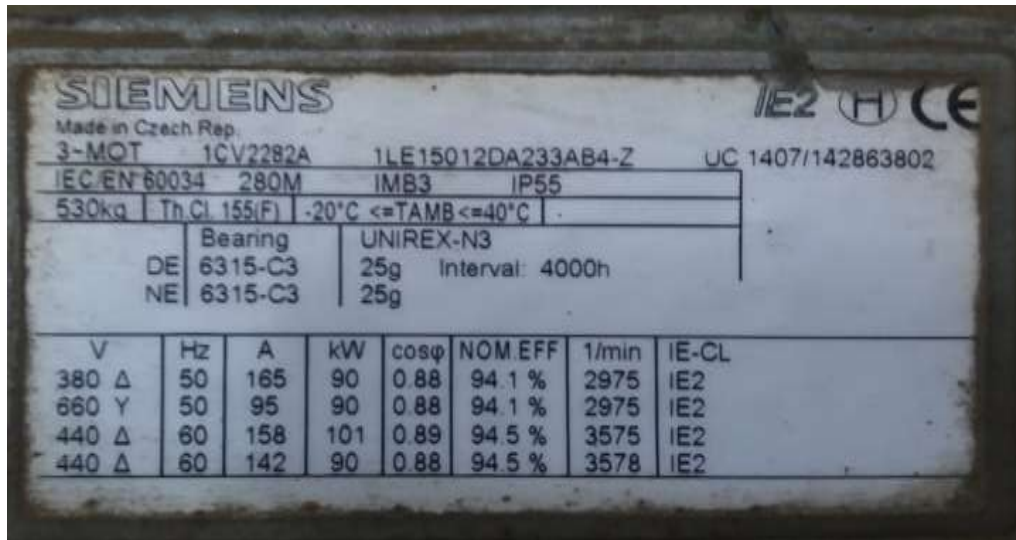
Adapun bahan dan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Laptop
digunakan untuk pengolahan data, penyimpanan file dan lain lain, dan banyak lagi yang dapat digunakan.
2. *Flashdisk*
Alat ini digunakan untuk menyimpan data/file guna mempermudah pembuatan tugas akhir
3. Hp
Alat ini digunakan sebagai dokumentasi, perhitungan, dan banyak lagi yang digunakan pada alat ini.
4. Multi Tester dan Tang Ampere
Alat ini digunakan untuk pengukuran besarnya arus, tegangan dan hambatan dan masih banyak lagi kegunaanya.
5. *Tacho Meter*
Alat ini digunakan untuk mengukur putaran motor (Rpm).

3.3 Data-data Yang Digunakan Pada Penelitian

1. Data spesifikasi motor induksi tiga fase
2. Data spesifikasi *Softstarter* Siemens 3rw4073 6bb44
3. Data spesifikasi *Inverter* Danfoss VLT.

3.3.1 Data Spesifikasi Motor Induksi Tiga Fase



The image shows a Siemens motor nameplate with the following details:

- SIEMENS** logo and **IE2** efficiency class.
- Made in Czech Rep.
- 3-MOT 1CV2282A 1LE15012DA233AB4-Z UC 1407/142863802
- IEC EN 60034 280M IMB3 IP55
- 530kg Th.Cl. 155(F) -20°C ≤ TAMB ≤ 40°C
- Bearing: UNIREX-N3
- DE 6315-C3 25g Interval: 4000h
- NE 6315-C3 25g

V	Hz	A	kW	cosφ	NOM EFF	1/min	IE-CL
380 Δ	50	165	90	0.88	94.1 %	2975	IE2
660 Y	50	95	90	0.88	94.1 %	2975	IE2
440 Δ	60	158	101	0.89	94.5 %	3575	IE2
440 Δ	60	142	90	0.88	94.5 %	3578	IE2

Gambar 3.1 Spesifikasi motor induksi tiga fase

3.3.2 Data spesifikasi *Softstarter* Siemens 3rw4073 6bb44

Specifications

Attribute	Value
Power Rating	132 kW
Motor Starter Type	Soft Start
Voltage Rating	400 V
IP Rating	IP00
Current Rating	230 A
Phase	3
Overall Length	278mm
Overall Width	160mm
Overall Depth	230mm
Series	3RW40

Gambar 3.2 Spesifikasi *Softstarter* Siemens 3rw4073 6bb44

3.3.3 Data spesifikasi *Inverter* SEW Eurodrive MC07B0450.

MOVITRAC® MC07B (3-phase power supply)		0150-503-4-00	0220-503-4-00	0300-503-4-00
Part number ("Safe stop" integrated)		828 528 4	828 529 2	828 530 6
INPUT¹⁾				
Rated line voltage	V_{line}	3 × AC 380 – 500 V		
Nominal line frequency	f_{line}	50/60 Hz ±5 %		
Nominal line current (at $V_{line} = 3 \times AC 400 V$)	I_{line}	AC 28.8 A	AC 41.4 A	AC 54.0 A
	$I_{line 125}$	AC 36.0 A	AC 51.7 A	AC 67.5 A
OUTPUT				
Output voltage	V_O	3 × 0 – V_{mains}		
Recommended motor power 100% operation	P_{Mot}	15 kW / 20 HP	22 kW / 30 HP	30 kW / 40 HP
Recommended motor power 125 % operation	$P_{Mot 125}$	22 kW / 30 HP	30 kW / 40 HP	37 kW / 50 HP
Nominal output current 100% operation	I_N	AC 32 A	AC 46 A	AC 60 A
Nominal output current 125 % operation	$I_{N 125}$	AC 40 A	AC 57.5 A	AC 75 A
Apparent output power 100 % operation	S_N	22.2 kVA	31.9 kVA	41.6 kVA
Apparent output power 125 % operation	$S_{N 125}$	27.7 kVA	39.8 kVA	52.0 kVA
Min. perm. braking resistance (4-Q)	R_{BW_min}	15 Ω	12 Ω	
GENERAL INFORMATION				
Power loss 100 % operation	P_V	550 W	750 W	950 W
Power loss 125 % operation	$P_{V 125}$	690 W	940 W	1250 W
Type of cooling / cooling air consumption		Forced air cooling / 180 m ³ /h		
Current limitation		150 % I_N for at least 60 seconds		
Terminal cross section / tightening torque	Terminals	6 mm ² / AWG10	10 mm ² / AWG8	16 mm ² / AWG6
		3.5 Nm / 31 lb in		
Dimensions	W × H × D	200 mm × 465 mm × 251 mm (7.87 in × 18.3 in × 9.88 in)		
Mass	m	15 kg / 33 lb		

1) The mains and output currents must be reduced by 20 % from the nominal values for $V_{mains} = 3 \times AC 500 V$.

Gambar 3.3 Spesifikasi *Inverter* SEW Eurodrive MC07B0450

3.4 Variabel yang diamati

Variabel-variabel yang diamati pada penelitian ini adalah:

- Arus (I)
- Frekuensi (f)
- Daya (P)
- Torsi (T)

3.5 Prosedur Penelitian

Berikut prosedur untuk pengambilan data pada penelitian sebagai berikut :

1. Rangkaian motor induksi 3 fasa terhadap *softstarter* sebelumnya sudah tersedia pada tempat pengambilan data penelitian sehingga dijelaskan kembali oleh pembimbing lapangan untuk memahami alur dari rangkaian penelitian dari sumber sampai motor induksi 3 fasa tersebut.
2. Menjalankan motor induksi 3 fasa sesuai dengan pengasutan yang dikehendaki.
3. Mencatat hasil pengukuran arus *start* yang dilakukan dengan *softstarter* Siemens 3rw4073 6bb44.
4. Menampilkan besar putaran (rpm) pada pemakaian *softstarter* menggunakan *Tacho Meter*.
5. Selanjutnya lakukan pengukuran arus *start* dengan metode yang berbeda yaitu dengan metode *inverter*.
6. Mencatat hasil pengukuran arus *start Inverter* SEW Eurodrive MC07B0450.
7. Setelah mendapatkan kedua hasil pengukuran dengan metode pengasutan berbeda. Bandingkan hasil dari kedua metode pengasutan tersebut
- Adapun diagram alir dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar Berdasarkan *flowchart* penelitian.. langkah-langkah penelitian adalah sebagai berikut:

1. Membuat skema diagram / rangkaian kontrol motor induksi 3 fasa.
2. Mengumpulkan data

Data-data yang dibutuhkan untuk mendapatkan kurva karakteristik dan membandingkan antara kedua arus *start* dengan metode berbeda. Data yang diperlukan antara lain :

- a) Data spesifikasi motor induksi 3 fasa

b) Arus *start* dengan metode *softstarting* dan *inverter*

3. Menganalisa data

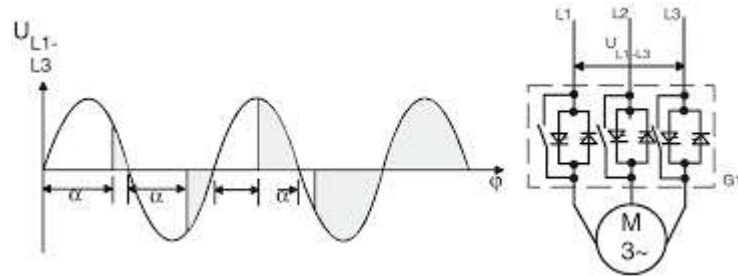
Setelah mendapatkan data-data yang diperlukan untuk dianalisis, maka memasukkan data kedalam perhitungan untuk menampilkan torsi, arus, dan daya.

4. Menampilkan hasil.

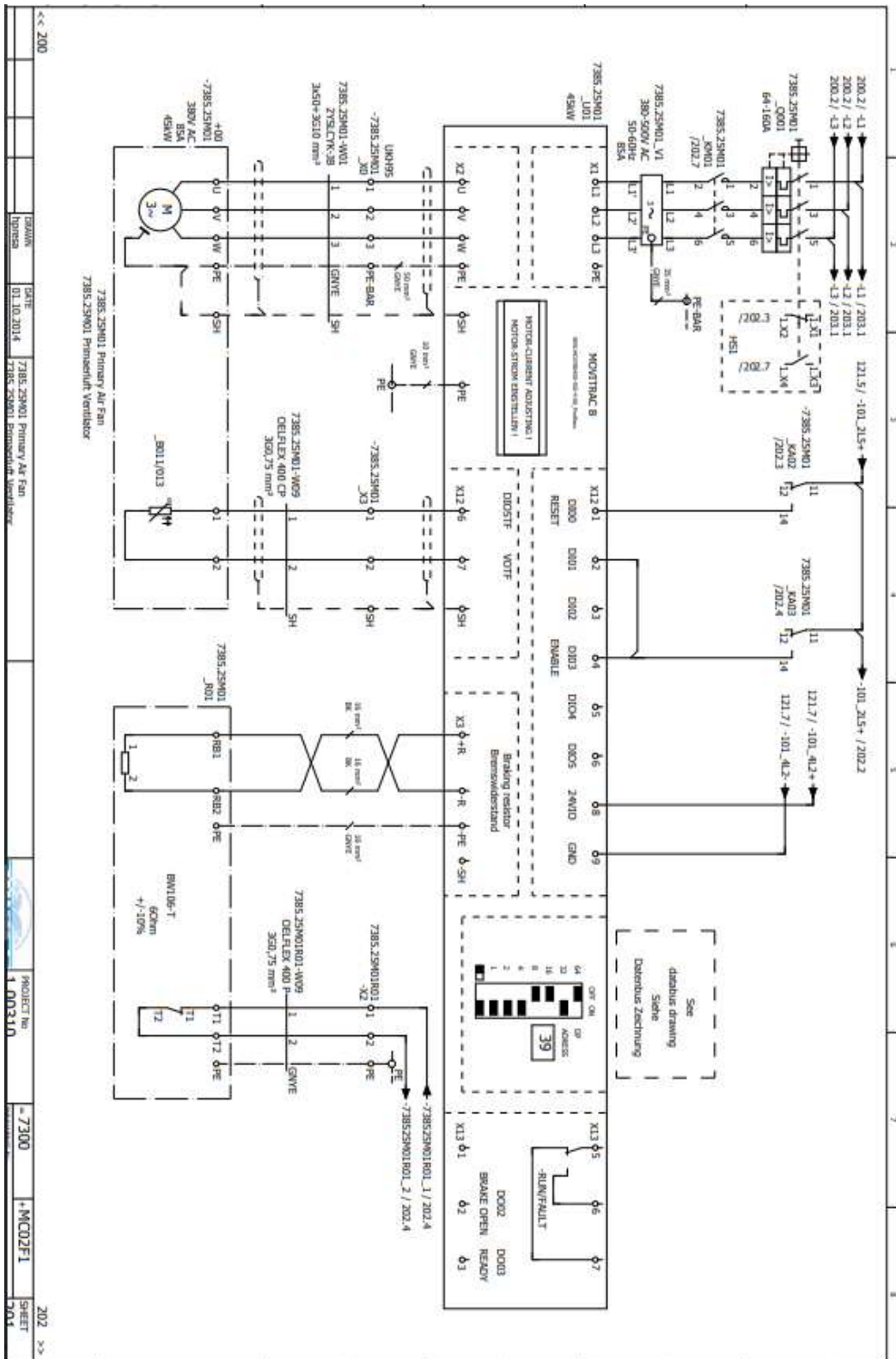
Dalam penelitian ini penulis ingin melihat adanya perbandingan antara kedua metode pengasutan pada motor induksi 3 fasa dengan melakukan perhitungan torsi dan efisiensi.

3.6 Rangkaian Penelitian

Berikut gambar rangkaian penelitian pada metode *softstarting* dan *inverter* :

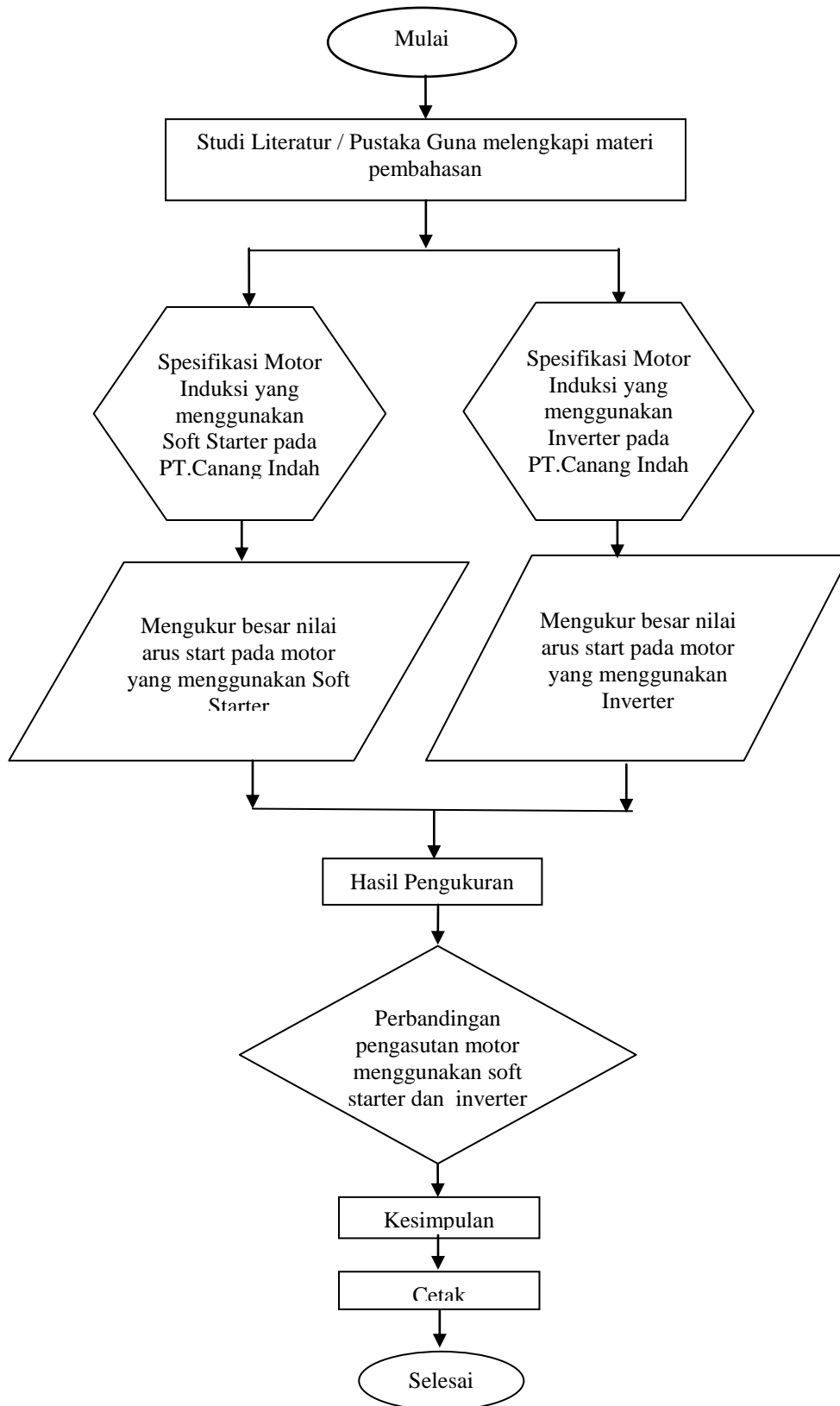


Gambar 3.4 Rangkaian Penelitian Dengan *Softstarter*



Gambar 3.5 Rangkaian Penelitian Dengan Inverter

3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.6 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 UMUM

Data-data yang dibutuhkan untuk mendapatkan kurva karakteristik dan membandingkan antara kedua arus *start* dengan metode berbeda. Data yang diperlukan antara lain : Data spesifikasi motor induksi 3 fasa yaitu Arus *start* dengan metode *softstarting* dan *inverter*. Untuk mendapatkan perbandingan arus start yang dihasilkan oleh motor induksi tiga fasa maka perlu ditentukan dahulu tegangan . Dengan demikian, bentuk gelombang arus masing-masing fasa, kecepatan dan torsi dapat diperoleh dengan menghitung nilai setiap parameter dan tegangan yang didapat. Dalam penelitian ini penulis ingin melihat adanya perbandingan antara kedua metode pengasutan pada motor induksi 3 fasa dengan melakukan perhitungan torsi dan efisiensi.

4.2 HASIL PENELITIAN

4.2.1 Hasil Penelitian Pengasutan Dengan *Softstarter* Siemens 3rw4073 :

Spesifikasi motor induksi yang digunakan :

V	: 380 volt
Hub	: Delta
f (frekuensi)	: 50 Hz
Daya	: 90kW
Putaran	: 2975 r/min
I	: 165 A
cos ϕ	: 0,88
EFF	: 94,1 %

- Tabel 4.1 Hasil data penelitian arus start pada *Softstarter* dan *Inverter*:

SOFTSTARTER

INVERTER

t (second)	I (ampere)	Kecepatan Putaran (RPM)	t (second)	I (ampere)	Kecepatan Putaran (RPM)
1	617	238	1	232	183
3	639	788	3	184	588
5	667	1390	5	170	973
7	720	1989	7	310	1369
9	741	2559	9	324	1684
11	660	2988	11	420	2122
13	223	2990	13	735	2540
15	134	2991	15	364	2786
17	126	2995	17	193	2968

Perhitungan pada *Softstarter*

- Hasil perhitungan untuk mendapatkan besar torsi :

$$P = (n \times T) / 975$$

$$T = (975 \times P) / n$$

Dimana : T = Besar torsi motor (Nm)

P = Daya motor (kW)

n = kecepatan putar motor (Rpm)

Sehingga diperoleh :

$$T_1 = (975 \times 90) / 238 = 368,7 \text{ Nm}$$

$$T_2 = (975 \times 90) / 788 = 111,3 \text{ Nm}$$

$$T_3 = (975 \times 90) / 1390 = 63,1 \text{ Nm}$$

$$T_4 = (975 \times 90) / 1989 = 44,1 \text{ Nm}$$

$$T_5 = (975 \times 90) / 2559 = 34,2 \text{ Nm}$$

$$T_6 = (975 \times 90) / 2988 = 29,4 \text{ Nm}$$

$$T_7 = (975 \times 90) / 2990 = 29,3 \text{ Nm}$$

$$T_8 = (975 \times 90) / 2991 = 29,3 \text{ Nm}$$

$$T_9 = (975 \times 90) / 2995 = 29,3 \text{ Nm}$$

- Hasil perhitungan untuk mendapatkan besar efisiensi dengan metode softstarting

$$\eta = (P_{out} / P) \times 100\%$$

Dimana : η = Efisiensi motor (%)

P_{out} = Daya keluar motor (kW)

P = Daya masuk motor (kW)

P_{out} = 90 kW

$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi$

Dimana : V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

sehingga diperoleh :

$$P1 = 1,73 \times 380 \times 617 \times 0,88 = 356,9 \text{ kW}$$

$$P2 = 1,73 \times 380 \times 639 \times 0,88 = 369,7 \text{ kW}$$

$$P3 = 1,73 \times 380 \times 667 \times 0,88 = 385,9 \text{ kW}$$

$$P4 = 1,73 \times 380 \times 720 \times 0,88 = 416,5 \text{ kW}$$

$$P5 = 1,73 \times 380 \times 741 \times 0,88 = 428,6 \text{ kW}$$

$$P6 = 1,73 \times 380 \times 660 \times 0,88 = 381,8 \text{ kW}$$

$$P7 = 1,73 \times 380 \times 223 \times 0,88 = 129 \text{ kW}$$

$$P8 = 1,73 \times 380 \times 134 \times 0,88 = 77,5 \text{ kW}$$

$$P9 = 1,73 \times 380 \times 126 \times 0,88 = 72,8 \text{ kW}$$

$$\mathbf{I \text{ rata-rata}} = (I \text{ total} / 9) = 4527/9 = \mathbf{503 \text{ A}}$$

$$\mathbf{P \text{ rata-rata}} = (P \text{ total} / 9) = 2618,7 / 9 = \mathbf{290,9 \text{ kW}}$$

$$\eta = (P \text{ out} / P \text{ rata-rata}) \times 100\% = (90 / 290,9) \times 100\% = \mathbf{30,93 \ \%}.$$

Perhitungan pada Inverter

- Hasil perhitungan untuk mendapatkan besar torsi :

$$P = (n \times T) / 975$$

$$T = (975 \times P) / n$$

Dimana : T = Besar torsi motor (Nm)

$$P = \text{Daya motor (kW)}$$

$$n = \text{kecepatan putar motor (Rpm)}$$

Sehingga diperoleh :

$$T1 = (975 \times 90) / 183 = 479,5 \text{ Nm}$$

$$T2 = (975 \times 90) / 588 = 149,2 \text{ Nm}$$

$$T3 = (975 \times 90) / 973 = 90,1 \text{ Nm}$$

$$T4 = (975 \times 90) / 1369 = 64 \text{ Nm}$$

$$T5 = (975 \times 90) / 1684 = 52,1 \text{ Nm}$$

$$T6 = (975 \times 90) / 2122 = 41,3 \text{ Nm}$$

$$T7 = (975 \times 90) / 2540 = 34,5 \text{ Nm}$$

$$T8 = (975 \times 90) / 2786 = 31,5 \text{ Nm}$$

$$T9 = (975 \times 90) / 2968 = 29,5 \text{ Nm}$$

- Hasil perhitungan untuk mendapatkan besar efisiensi dengan metode inverter

$$\eta = (P_{out} / P) \times 100\%$$

Dimana : η = Efisiensi motor (%)

P_{out} = Daya keluar motor (kW)

P = Daya masuk motor (kW)

$$P_{out} = 45 \text{ kW}$$

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi$$

Dimana : V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

sehingga diperoleh :

$$P1 = 1,73 \times 380 \times 232 \times 0,88 = 134,2 \text{ kW}$$

$$P2 = 1,73 \times 380 \times 184 \times 0,88 = 106,4 \text{ kW}$$

$$P3 = 1,73 \times 380 \times 170 \times 0,88 = 98,3 \text{ kW}$$

$$P4 = 1,73 \times 380 \times 310 \times 0,88 = 179,3 \text{ kW}$$

$$P5 = 1,73 \times 380 \times 324 \times 0,88 = 187,4 \text{ kW}$$

$$P6 = 1,73 \times 380 \times 420 \times 0,88 = 242,9 \text{ kW}$$

$$P7 = 1,73 \times 380 \times 735 \times 0,88 = 425,2 \text{ kW}$$

$$P8 = 1,73 \times 380 \times 364 \times 0,88 = 210,5 \text{ kW}$$

$$P_9 = 1,73 \times 380 \times 193 \times 0,88 = 111,6 \text{ kW}$$

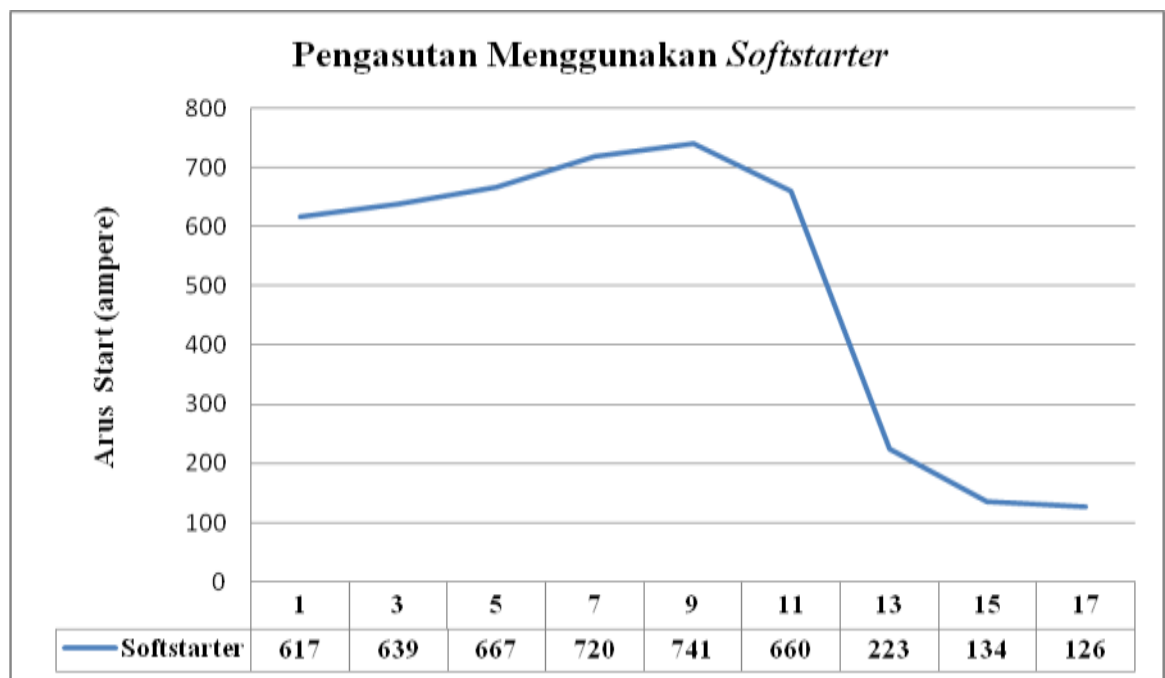
$$I \text{ rata-rata} = (I \text{ total} / 9) = 2932/9 = 325,7 \text{ A}$$

$$P \text{ rata-rata} = (P \text{ total} / 9) = 1695,8 / 9 = 188,4 \text{ kW}$$

$$\eta = (P \text{ out} / P \text{ rata-rata}) \times 100\% = (90/188,4) \times 100 \% = 47,7 \%$$

4.3 HASIL ANALISIS

4.3.1 Karakteristik *Softstarter*



Gambar 4.1Karakteristik Arus start pada *Softstarter*

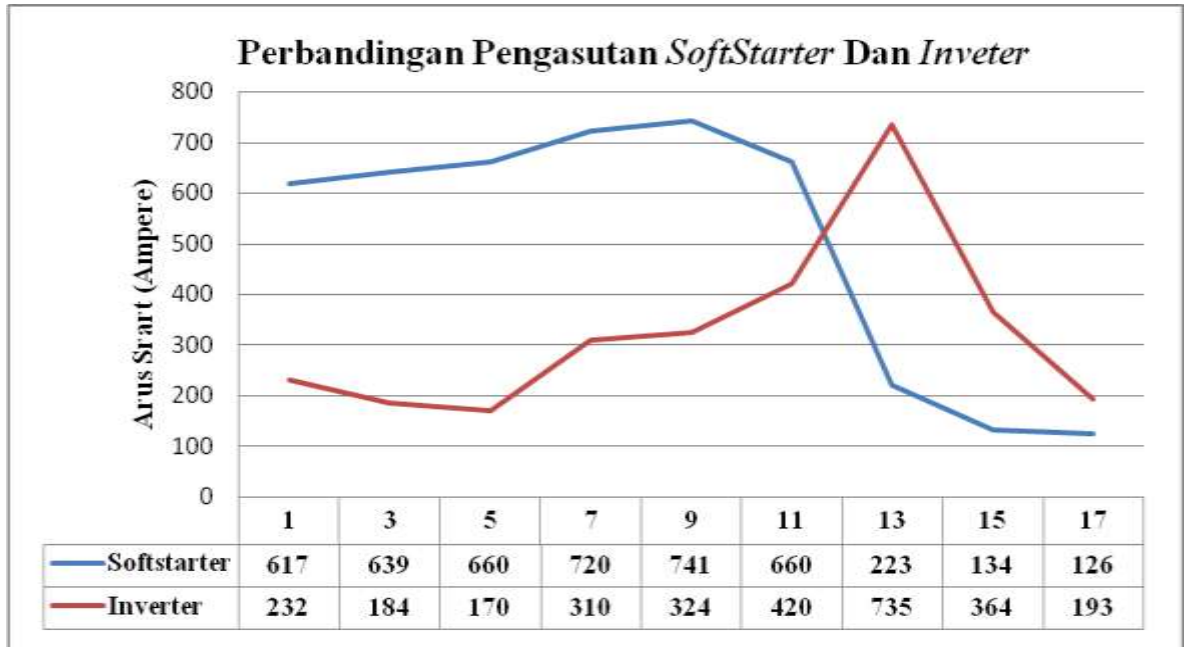
4.3.2 Karakteristik *Inverter*



Gambar 4.2 Karakteristik Arus Start Pada *Inverter*

4.4 PERBANDINGAN PENGASUTAN *SOFTSTARTER* DAN *INVERTER*

Dalam membandingkan pengasutan *Softstarter* dan *Inverter*. Penulis membandingkan antara torsi maksimum dan arus start terhadap waktu yang dihasilkan masing-masing metode pengasutan :



Gambar 4.3 Perbandingan Arus start antara kedua pengasutan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis data yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa besar arus start terhadap waktu yang dibutuhkan untuk mencapai arus maksimum yaitu 741 A dengan waktu 9 s dimana nilai arus rata-rata 503 A pada metode *softstarting*. Sedangkan metode *Inverter* sebesar 735 A dengan waktu 13 s dengan nilai arus rata-rata 325,7 A.
2. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa besar torsi maksimal terhadap waktu yang dibutuhkan yaitu sebesar 368,7 Nm dengan metode *softstarting* sedangkan pada metode *inverter* untuk mencapai torsi maksimal yaitu sebesar 479,5 Nm.
3. Karakteristik metode *softstarting* dimana arus start yang dihasilkan stabil. Hal ini membuktikan bahwa metode *softstarter* ini sangat mempermudah suatu motor induksi untuk mencapai arus maksimum diperlukan waktu hanya 9 s. Sedangkan pada torsi maksimal membuktikan bahwa semakin besar suatu arus *start* pada motor induksi, maka torsi pada motor tersebut juga akan semakin kecil. Karakteristik metode pengasutan *inverter* dimana arus start yang dihasilkan kurang stabil, selain itu efisiensi pada metode *inverter* lebih besar dibandingkan metode *softstarting*. Hal ini membuktikan kedua metode memiliki keuntungan dan kerugian yang berbeda.

5.2 Saran

1. Bagi para pembaca yang ingin melanjutkan penelitian ini disarankan untuk melakukan perhitungan beban motor induksi tiga fasa dengan pengasutan *softstarter* dan *inverter*.
2. Bagi para pembaca dapat melanjutkannya penelitian dengan memakai motor 3 phasa dengan daya diatas 30 HP dengan pengasutan yang sama pula.
3. Bagi para pembaca dapat melanjutkan penelitian ini dengan membuat perbandingan dengan cara-cara pengasutan yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Zulfikar, Noorly Evalina, Arfis A., *“Penggunaan Inverter 3G3MX2 Untuk Merubah Kecepatan Putar Motor Induksi 3 Fasa”*, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, 2019.
2. Zulfikar, Noorly Evalina, Abdul Azis H, Yoga Tri Nugraha, *“Analisis Perubahan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Dengan Menggunakan Inverter 3g3mx2”*, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, 2019.
3. Indra Roza, Faisal Irsan Pasaribu, Ahmad Yanie, Agus Almi, Thomson Samuel Sinaga, *“Analisa Pengaruh Penggunaan VSD (Variable Speed Drive) Pada Konsumsi Energi Di Pt. Lestari Alam Segar”* . 2021.
4. Partaonan Harahap ST, MT . *“Harmonisa Pada Rangkaian Inverter Satu Fasa”* . 2018.
5. Wiratman *“Analisis Perbandingan Pengasutan Pada Arus Start Dengan Menggunakan Softstarter Dan Inverter Pada Motor Induksi 3 Fasa”*. 2016.
6. Koes Indrakoesoema, Yayan Andrianto, Kiswanto, *” Pengaruh Softstarter Pada Arus Motor Pompa Pendingin Primer Rsg-Gas”*, Pusat Reaktor Serba Guna – Batan, Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan, 15310.
7. Asnil, Krismadinata, Irma Husnaini, *”Inverter tiga fasa Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya”*, Teknik Elektro Universitas Negeri Padang, 2019.
8. Yulis Septarangga, *”Inverter Dengan Tegangan 12V DC Dan Tegangan Keluaran AC Dengan Frekuensi Yang Dapat Di Atur ”*, Fakultas Sains Dan Teknologi Sanata Dharma, 2019.
9. Ardhan Izatur Rachman, *“Analisis Model Pengasutan Motor Induksi 3 Fasa Terhadap Arus Start Dan Torsi”* , Fakultas Teknik Universitas Nusantara, 2020.
10. Lalu Riza Aliyan . *“Desain Inverter Tiga Fasa Dengan Minimum Total Harmonic Distortion Menggunakan Metode SPWM”* , Jurnal EECCIS Vol. 8 No.1 , Juni 2014.
11. Ronaldi Hutabalian , *”Desain Dan Analisa Inverter Tiga Fasa Dengan Metode SVPWM Sebagai Penggerak Motor Induksi Tiga Fasa Pada Aplikasi Sepeda Listrik”* , Teknik Elektro Universitas Riau, 2016.

12. Satria Yudha “*Analisis Pengaruh Penambahan Inverter Terhadap Kinerja Motor Induksi Tiga Fasa Rotor Belitan*” Universitas Sumatera Utara ,Medan 2017.
13. Yoki Rijal Fauzi “*Perancangan Softstarting Pada Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Mikrokontroler Atmega 328*” .Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya 2017.
14. Nur Cahyo Edy Wibowo “*Analisa Starting Motor Induksi 3 Fasa Dengan Menggunakan Program Di Pt Madubaru Yogyakarta*“ Institut Sains Dan Teknologi AKPRIND, Yogyakarta 2014.
15. Aditya Bakti Priahutama “*Perancangan Modul Soft Starting Motor Induksi 3 Fasa Dengan Atmega 8535*” ,Fakultas Teknik Universitas Diponegoro ,Semarang 2010.