

# TUGAS AKHIR

**ANALISA SOFT STARTING MOTOR TIGA PHASA PADA MESIN  
HAMMERMILL DI PT.CENTRAL PROTEINA PRIMA,Tbk**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**MUHAMMAD SUFYAN ILHAM**  
**1507220080**



**UMSU**  
Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

**2021**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh :

Nama : Muhammad Sufyan Ilham

NPM : 1507220080

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Analisa Soft Starting Motor Tiga Phasa Pada Mesin

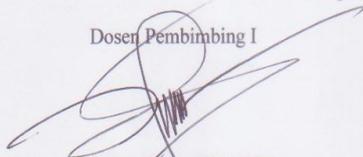
Hammermill Di PT.Central Proteina Prima.Tbk

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 28 Mei 2021

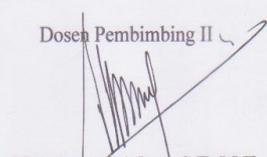
Mengetahui dan menyetujui :

Dosen Pembimbing I



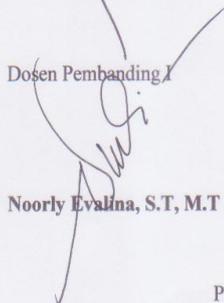
**Indra Roza, S.T, M.T**

Dosen Pembimbing II



**Muhammad Adam, S.T, M.T**

Dosen Pembimbing I



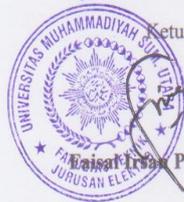
**Noorly Evalina, S.T, M.T**

Dosen Pembimbing II



**Partoan Harahap, S.T, M.T**

Program Studi Teknik Elektro



Ketua

**Raisa Irena P, S.T, M.T**

### SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Sufyan Ilham  
Tempat/Tanggal Lahir : Medan / 13 Oktober 1997  
NPM : 1507220080  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Elektro

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

**“Analisa *Soft Starting* Motor Tiga Phasa Pada Mesin *Hammermill* Di PT.Central Proteina Prima.Tbk”**,

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, 28 Mei 2021

Saya yang menyatakan



Muhammad Sufyan Ilham

## ABSTRAK

Penggunaan motor listrik dalam dunia industri sangat berperan penting sebagai salah satu sumber energi gerak untuk menggerakkan berbagai peralatan yang bekerja dalam proses produksi sebuah pabrik. Namun pada saat proses pengasutannya dapat menarik arus hingga mencapai 5 hingga 7 kali lipat dari arus nominalnya saat bekerja normal sehingga dapat berakibat buruk pada motor itu sendiri maupun terhadap peralatan listrik di sekitarnya. Pada proses pengasutan dengan menggunakan metode *soft starting* pada motor listrik 3 phasa yang berdaya 250 kW yang menggerakkan mesin *hammermill* dapat meminimalisir besaran arus *start* motor sebesar 42,3 % dibandingkan saat motor start dengan metode DOL yang dapat menarik arus hingga 7 kali dari nilai arus nominal motor tersebut sehingga dapat mengurangi lonjakan yang terjadi pada motor dan juga untuk mengurangi hentakan mekanis pada motor saat *starting* sehingga tidak merusak komponen motor dalam jangka panjang.

**Kata kunci :** *soft starting, motor listrik, thyristor*

## **ABSTRACT**

*The use of electric motors in the industrial world had an important role as a source of motion energy to drive some various equipment that works in the production process of a factory. Therefore when the starting process can draw up to 5 until 7 times the nominal current when electric motors working normally so that a motor starting method is needed which can minimize the resulting surge that on motor itself and the electrical equipment around it. When the motor starting process with soft starting method to 250 kW 3 phase electric motor which drives the hammermill machine can minimize the amount of motor starting current by 42,3% compared to when the motor starts with direct on line method which can draw up to 7 times the nominal current value of the motor so that it can reduce the surge that occurs in the motor and also to reduce the mechanical shock of the motor when starting proccess so that would not to damage the motor components in long run.*

*Keywords : soft starting, electric motor,thyristor*

## KATA PENGANTAR



Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua sehingga saya dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul **“ANALISA SOFT STARTING MOTOR TIGA PHASA PADA MESIN HAMMERMILL DI PT.CENTRAL PROTEINA PRIMA,Tbk”** sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Dalam kesempatan yang berbahagia ini saya ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu saya dalam proses penulisan Laporan Tugas Akhir ini, terutama kepada :

1. Allah SWT, yang telah memlimpahkan rahmat dan rezeki-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini
2. Kedua orang tua saya yang telah memberikan kasih sayangnnya dan membantu saya dalam menyelesaikan laporan tugas akhir.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST,MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Faisal Irsan P, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Indra Roza, S.T, M.T selaku Dosen pembimbing I yang telah membantu saya serta memberikan masukan tentang perhitungan dan analisa dari laporan tugas akhir saya.
6. Bapak Muhammad Adam, S.T, M.T selaku Dosen pembimbing II yang telah membantu saya dan memberi masukan dalam tata cara penyusunan laporan tugas akhir saya serta memberi saya semangat dan motivasi untuk menyelesaikan laporan tugas akhir saya.

7. Ibu Noorly Evalina,S.T,M.T selaku Dosen Pembanding I yang telah memberi masukan dan saran terkait dengan perbaikan laporan tugas akhir saya.
8. Bapak Partaonan Harahap,S.T,M.T selaku Dosen Pembanding II yang telah memberi masukan dan saran terkait dengan perbaikan laporan tugas akhir saya.
9. Bapak Sugio Tjandra selaku bagian Kepala Produksi (Plant Manager) PT.Central Proteina Prima Tbk yang telah memberikan ijin kepada saya untuk melakukan penelitian tugas akhir di lingkungan pabrik PT.Central Proteina Prima.Tbk.
10. Ibu Iva Konadi,S.H selaku bagian HRD manager PT.Central Proteina Prima Tbk yang telah memberikan izin kepada saya untuk melaksanakan di PT.Central Proteina Prima Tbk.
11. Bapak Sahala Silalahi, selaku Manager Maintenance&Utility PT.Central Proteina Prima Tbk yang telah memberi izin kepada saya untuk melalukan penelitian tugas akhir di lingkungan pabrik PT.Central Proteina Prima Tbk.
12. Bapak Horis Sinaga, selaku pembimbing lapangan yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk melakukan penelitian tugas akhir pada mesin hammermill.
13. Bapak Julianto, Bapak Indrawardi Sinaga, Bapak Rutcen Sirait dan Bapak Rasyid yang telah membantu saya dalam proses pengambilan data penelitian dan juga memberikan ilmu di lapangan selama saya melakukan penelitian di daerah pabrik.
14. Bapak Zulham dan rekan-rekan selaku operator mesin hammermill yang telah mngijinkan saya untuk mengambil data di mesin hammermill dan juga membantu saya dalam proses pengambilan data penelitian tugas akhir saya dan juga telah memberikan ilmu tentang cara kerja mesin hammermill.

15. Rekan-rekan satu kelompok yaitu abangda Imanuel Sianturi, abangda Jontianus David Sinaga, Darwinsyah Putra, Billy Prandika maupun rekan satu kelas stambuk 15 lainnya yang telah membantu saya dalam mengurus keperluan dalam melaksanakan tugas laporan tugas akhir saya.
16. Beberapa content creator di platform YouTube dengan beberapa kontennya yang telah membantu saya dalam memberikan ilmu dan sumber informasi terkait dengan laporan tugas akhir saya maupun menjadi moodbooster saya dalam mengerjakan dan menyelesaikan laporan tugas akhir ini antara lain ElectroBOOM, Aris Zainul Muttaqin, Ilmu Rekayasa, Learn Engineering, Living Mirage Apin17, NIJISANJI ID Official, Nara Hamaung Nijisanji ID, Layla Alstroemeria Nijisanji ID, Miyu Ottavia Nijisanji ID, Derem Kado Nijisanji ID, dan beberapa vtuber lainnya.

Akhirnya saya mengharapkan semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi saya dan para pembaca. Dan kepada Allah SWT , saya serahkan segalanya demi tercapainya keberhasilan yang sepenuhnya.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Medan,30 April 2021

Penulis

Muhammad Sufyan Ilham

## DAFTAR ISI

<b>COVER</b>	
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	
<b>SURAT PERNYATAAN</b>	
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Pembatasan Masalah .....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan .....	7
2.2 Motor Listrik Arus Bolak Balik .....	9
2.3 Motor Asinkron (Induksi) .....	11
2.4 Motor Induksi Tiga Fasa .....	12
2.4.1 Konstruksi Motor Induksi Tiga Fasa .....	15
2.4.1.1 Stator .....	15
2.4.1.2 Rotor.....	17
2.4.1.3 Celah Udara.....	18

2.5 Karakteristik Motor Induksi .....	20
2.6 Jenis-Jenis Pengasutan Motor Tiga Phasa .....	26
2.6.1 Starting Dengan Metode Direct On Line (DOL) .....	26
2.6.2 Starting Dengan Metode Star-Delta .....	27
2.6.3 Starting Dengan Metode <i>Soft Starting</i> .....	29
2.7 <i>Thyristor/SCR (silicon controlled rectifier)</i> .....	31
2.8 <i>Soft Starter</i> ABB PSTX 570 .....	32
2.9 Mesin <i>Hammermill</i> .....	39
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>41</b>
3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian .....	41
3.2 Peralatan Penelitian.....	41
3.3 Proses Penelitian .....	43
3.4 Diagram Alur Penelitian .....	44
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>45</b>
4.1 Hasil Data Penelitian.....	45
4.1.1 Rangkaian <i>Soft Starter</i> .....	45
4.2 Analisa Data .....	49
4.2.1 Besaran Nilai Arus Motor .....	51
4.2.2 Kenaikan Tegangan Saat <i>start</i> .....	55
4.2.3 Besaran Nilai Daya Motor .....	57
4.3 Menghitung Besar Arus DOL Dan Perbandingan Arus Terukur.....	61
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>62</b>
5.1 Kesimpulan .....	62
5.2 Saran.....	62

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Contoh Bagian Motor Listrik Arus Bolak-Balik.....	9
Gambar 2.2 Konstruksi Motor Induksi Dengan Jenis Rotor Yang Berbeda.....	11
Gambar 2.3 Bagian Stator Pada Motor Induksi Tiga Phasa.....	16
Gambar 2.4 Bagian Rotor Jenis Rotor Sangkar ( <i>squirrel cage</i> ) .....	17
Gambar 2.5 Bagian Rotor Jenis Rotor Belitan ( <i>wound rotor</i> ) .....	18
Gambar 2.6 Konstruksi Lengkap Dari Sebuah Motor Induksi .....	19
Gambar 2.7 Segitiga Daya .....	21
Gambar 2.8 Tabel Insulation Class Menurut <i>National Electrical Manufacturers Association</i> (NEMA).....	25
Gambar 2.9 Rangkaian Daya dan Rangkaian Kontrol Pada Metode Pengasutan <i>Direct On Line</i> (DOL) .....	27
Gambar 2.10 Rangkaian Daya dan Rangkaian Kontrol Pengasutan <i>Star-Delta</i> .....	28
Gambar 2.11 Rangkaian <i>Thyristor</i> Pada Alat <i>Soft Starter</i> .....	29
Gambar 2.12 Struktur Dari SCR Yang Terdiri Atas 4 Lapis Semikonduktor P-N- P-N .....	31
Gambar 2.13 Bagan Diagram <i>Single Line</i> Rangkaian <i>Soft Starter</i> Pada Mesin <i>Hammermill</i> HM258.....	33
Gambar 2.14 Enam Buah <i>Thyristor</i> Yang Tersusun Pada Blok Aluminium Yang Berfungsi Sebagai Konduktor .....	34
Gambar 2.15 Kabel Pemicu <i>Gate</i> Ditandai Dengan Kabel Berwarna Merah.....	35
Gambar 2.16 Kabel Sensor Temperatur <i>Thyristor</i> Yang Terhubung Dengan Blok <i>Thyristor</i> Dan Modul Elektronik Unit <i>Trigger</i> .....	35

Gambar 2.17 Transformator Arus Berkapasitas 600/1 A Berdaya 5 VA Yang Terpasang Pada Salah Satu Phasa .....	36
Gambar 2.18 Bagian Kontaktor Yang Mengisi Setengah Bagian Dari Alat <i>Soft Starter</i> .....	37
Gambar 2.19 Papan Modul Elektronik Unit <i>Trigger</i> .....	38
Gambar 2.20 Mesin <i>Hammermill</i> HM 258 .....	39
Gambar 2.21 Bagian Mata Pisau Pada mesin <i>Hammermill</i> Yang Terkopel Pada Motor.....	40
Gambar 3.1 Motor Tiga Phasa Berdaya 250 kW Yang Menggerakkan Mesin <i>Hammermill</i> HM 258 Yang Menjadi Objek Penelitian .....	42
Gambar 3.2 <i>Nameplate</i> Dari Motor Berdaya 250 kW Penggerak Mesin <i>Hammermill</i> HM258 .....	42
Gambar 3.3 Diagram <i>Flowchart</i> Penelitian .....	44
Gambar 4.1 Rangkaian Daya <i>Soft Starter</i> ABB PSTX 570 Pada Mesin <i>Hammermill</i> HM258 .....	45
Gambar 4.2 Rangkaian Kontrol PLC <i>Soft Starter</i> ABB PSTX 570 - 600 -70 Pada Mesin <i>Hammermill</i> HM258 .....	47
Gambar 4.3 <i>Display</i> Data Besaran Arus Pada Saat Proses Start Berlangsung ...	49
Gambar 4.4 Puncak Arus <i>Start</i> Yang Terlihat Pada Module <i>Display&amp;Key</i> .....	49
Gambar 4.5 Besaran Arus Nominal Yang Terlihat Pada <i>Module Display&amp;Key</i>	50
Gambar 4.6 Grafik Besaran Arus Pada Saat <i>Start</i> Berlangsung .....	52
Gambar 4.7 Grafik Kenaikan Arus Motor Saat Adonan Masuk Ke Mesin <i>Hammermill</i> .....	54
Gambar 4.8 Grafik Kenaikan Tegangan Saat <i>Start</i> Berlangsung .....	56
Gambar 4.9 Grafik Kenaikan Daya Saat <i>Start</i> Berlangsung .....	58

Gambar 4.10 Grafik Kenaikan Daya Pada Motor Saat Bahan Adonan Masuk Ke  
Mesin *Hammermill*..... 60

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Besaran Arus Yang Terukur Pada Saat Proses <i>Start</i> Berlangsung .....	51
Tabel 4.2 Kenaikan Nilai Arus Pada Saat Bahan Adonan Masuk Ke Mesin <i>Hammermill</i> .....	53
Tabel 4.3 Besaran Nilai Tegangan Pada Saat Proses <i>Start</i> Berlangsung .....	55
Tabel 4.4 Besaran Daya Pada Saat <i>Start</i> Berlangsung.....	56
Tabel 4.5 Kenaikan Daya Motor Saat Bahan Adonan Masuk Ke <i>Hammermill</i> .	59

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Motor listrik merupakan salah satu dari beberapa jenis mesin-mesin listrik yang dikenal khalayak umum, terutama dalam dunia industri. Motor listrik berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi gerak, yang kemudian digunakan untuk menggerakkan berbagai mesin untuk melakukan berbagai pekerjaan dalam suatu proses produksi di pabrik. Dalam dunia industri penggunaan motor listrik sangat banyak digunakan dalam berbagai aktivitas pekerjaan dalam industri karena kemudahan dalam hal operasional dan juga kemudahan dalam perawatannya dibandingkan dengan mesin penggerak lainnya.

Dalam sebuah industri, banyak sekali jenis motor listrik yang digunakan dalam sistem operasionalnya dengan fungsi yang berbeda-beda pula, tetapi jenis yang sering digunakan adalah jenis motor induksi tiga fasa yang memiliki beberapa kelebihan dalam pengoperasian maupun kemudahan dalam perawatannya serta mempunyai efisiensi yang tinggi ketika bekerja.

Namun, dalam pengoperasiannya terdapat permasalahan yang pasti pada motor induksi ialah pada saat proses pengasutan, motor induksi dapat menarik arus sebesar 5 hingga 7 kali dari besar arus nominal/arus kerja dari motor tersebut, sehingga dapat menyebabkan *drop* tegangan pada saluran suplai listrik mengganggu kinerja peralatan listrik lainnya pada saluran yang sama (Imamudin, 2016). Selain itu seringkali terjadi lonjakan arus pengasutan dalam jangka waktu panjang dapat menyebabkan beberapa kerusakan fisik pada motor induksi

tersebut. Oleh karena itu berdasarkan permasalahan yang sering terjadi pada saat proses pengasutan motor induksi diperlukan suatu metode pengasutan yang baik untuk mengurangi efek lonjakan arus yang terjadi pada motor induksi.

Terdapat beberapa metode pengasutan motor yang diaplikasikan dalam dunia industri dengan tujuan untuk mengurangi besaran arus yang ditarik motor induksi sehingga tidak mengganggu kinerja peralatan listrik lainnya yang satu sistem dengan motor serta dapat membuat motor induksi tahan lama, antara lain metode *Star-Delta*, metode *Auto Transformer*, metode tahanan primer (*primary resistance*), dan metode *Soft Starting*. Metode-metode tersebut diperlukan dalam pengoperasian motor industri dengan tujuan untuk mengurangi lonjakan arus pengasutan yang sangat besar. Selain itu, metode-metode tersebut juga diperlukan agar pada saat pengoperasian motor tidak mengganggu kinerja peralatan listrik lainnya yang berada dalam satu sistem dengan motor tersebut.

*Soft Starting* merupakan salah satu metode pengasutan motor listrik yang prinsip kerjanya menggunakan rangkaian *thyristor*. Metode *soft starting* cocok digunakan untuk motor yang memiliki daya yang cukup besar. Metode *soft starting* bertujuan untuk mendapatkan arus start yang kecil, mengurangi efek lonjakan arus yang besar pada saat proses pengasutan berlangsung dan mencapai kecepatan nominal yang konstan. Pada metode ini, besar arus yang akan masuk menuju motor pada saat proses pengasutan dialirkan secara perlahan hingga mencapai besaran nominal dalam kisaran waktu tertentu.

## 1.2 Perumusan Masalah

Terdapat beberapa rumusan masalah dalam penelitian ini antara lain :

1. Bagaimana prinsip kerja dari system pengasutan dengan metode *soft starting* dengan menggunakan komponen *thyristor*?
2. Seberapa efektifkah penggunaan alat *soft starter* pada mesin *hammermill* dan apa keunggulan yang didapatkan dengan melakukan pengasutan motor menggunakan metode *Soft starting* pada mesin *hammermill*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun yang menjadi tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui seberapa besarkah arus starting yang digunakan pada saat proses starting motor dengan menggunakan metode *soft starting*.
2. Untuk mengetahui seberapa efektifkah dan keunggulan apa saja yang didapatkan dengan menggunakan metode *soft starting* pada mesin *hammermill* serta untuk mengetahui berapa waktu yang diperlukan motor induksi pada mesin *hammermill* untuk *starting* dari 0 hingga mencapai besaran arus nominalnya.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Dapat mengetahui tentang kinerja metode pengasutan *soft starting* untuk pengoperasian motor listrik tiga fasa skala industri yang lebih optimal dan efisien.
2. Memberikan informasi tentang metode pengasutan motor induksi tiga fasa dengan metode *soft starting* dengan menggunakan alat *Soft Starter* pada industri.
3. Sebagai salah satu bahan informasi untuk penelitian selanjutnya tentang sistem pengasutan motor listrik tiga fasa dengan metode *soft starting*.

#### 1.5 Pembatasan Masalah

Pada penyusunan tugas akhir ini, penulis membatasi masalah yang akan di bahas yakni :

1. Penelitian ini hanya melakukan pengukuran seberapa besar arus yang ditarik oleh motor listrik saat melakukan *starting* dengan menggunakan metode *soft starting* pada mesin *hammermill*.
2. Penelitian ini dilakukan untuk mencari tahu seberapa lama waktu yang dibutuhkan motor induksi mesin *hammermill* untuk mencapai besar arus nominal pada saat melakukan pengasutan dengan metode *softstarting*.
3. Penelitian ini menganalisa metode pengasutan *softstarting* pada motor induksi pada mesin *hammermill*.
4. Pada penelitian ini tidak mengukur bentukan gelombang pada *thyristor* pada saat proses pengasutan berlangsung.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Untuk memberikan gambaran penulisan tugas akhir ini, diuraikan sebagai berikut :

### **BAB 1 : PENDAHULUAN**

Bab ini mencakup latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, serta sistematika penulisan.

### **BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini membahas teori-teori tentang metode pengasutan *soft starting* pada motor induksi tiga fasa pada mesin *hammermill* serta mengambil beberapa kutipan sebagai acuan yang mendukung dalam proses pengerjaan tugas akhir.

### **BAB 3 : METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bagian bab ini akan dipaparkan tentang lokasi penelitian, jadwal penelitian, alat dan bahan yang diperlukan dalam proses mengambil data penelitian di lapangan, serta tahap-tahap yang dilakukan dalam mengambil data penelitian di lapangan.

### **BAB 4 : ANALISA DAN HASIL PENGUJIAN**

Dalam bab ini akan menganalisa hasil dari data penelitian yang telah diambil di lapangan, kemudian dari hasil analisa tersebut dapat menjawab atas pertanyaan yang dijabarkan dalam rumusan masalah.

### **BAB 5 : PENUTUP**

Bab ini membahas tentang kesimpulan yang dapat diambil dari hasil analisa yang telah dilakukan.

**Daftar Pustaka**

Pada bagian daftar pustaka dicantumkan sumber dari kutipan yang mendukung teori pada proses pengerjaan tugas akhir.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Pada penelitian ini mengambil rujukan utama dari beberapa jurnal penelitian tugas akhir sebelumnya yang membahas tentang *soft starting*, antara lain penelitian yang dilakukan oleh Teguh Nur Imanudin pada tahun 2016 yang berjudul “Implementasi Metode *Soft Starting* Pada Motor Induksi 3 Fasa”, dan juga jurnal yang ditulis oleh Ananda Gufran, I Made Ari Narta dan Sabar Nababan yang berjudul “ Analisis *Soft Starting* Menggunakan Anti Paralel SCR Untuk Motor Induksi 3 Fasa 15 kW”, serta rujukan dari beberapa jurnal lainnya.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Teguh Nur Imanudin, penelitian tersebut menjelaskan tentang prinsip kerja perakitan modul *soft starting* dengan komponen utama berupa *Triode for Alternating Current* (TRIAC) dengan menggunakan mikrokontroler Atmega 128 dan Atmega 16 serta menguji dan menganalisa metode *soft starting* yang dioperasikan pada motor induksi tiga fasa 380/220 V dengan daya 0,18 kW dan arus nominal 0,66 A berjenis rotor sangkar tupai dengan sistem pengaturan *open loop*. Hasil yang didapat ialah besaran arus start mencapai 1.3 A atau mencapai dua kali dari besar nilai arus nominalnya dengan variasi tunda waktu pengaktifan *gate* triac diatur dengan rentang waktu 0-9 ms (Imamudin, 2016).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Ananda Gufran, I Made Ari Narta dan Sabar Nababan, jurnal tersebut menjelaskan tentang analisis *soft starting* pada motor induksi 3 fasa berdaya 15 kW dengan kecepatan putar nominal 1480 rpm. Pada mulanya motor disimulasikan untuk melakukan *start* dengan metode DOL,

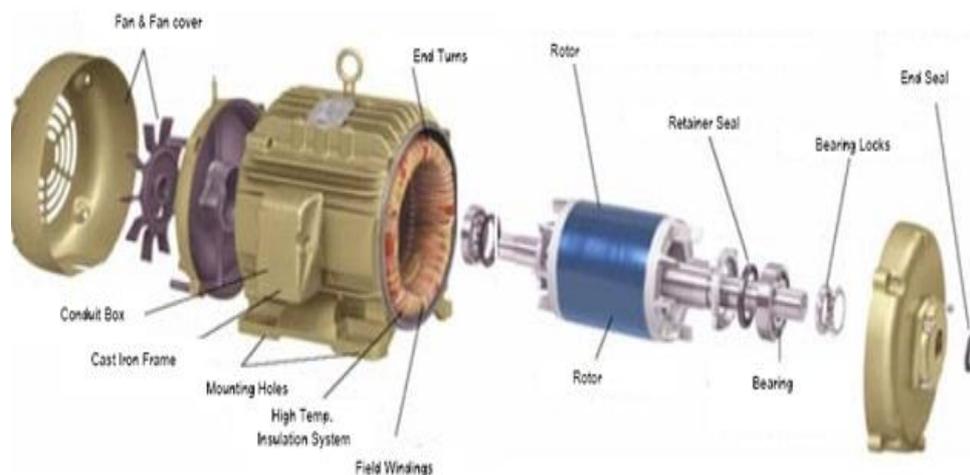
kemudian disimulasikan untuk *start* dengan metode *soft starting* dengan menggunakan anti paralel SCR 3 fasa dengan beban RL untuk durasi waktu 5, 10, 15 dan 20 detik.

Kesimpulan yang didapat dari penelitian jurnal ini ialah pada metode *soft starting* ini dengan menggunakan anti paralel SCR pada motor induksi tiga fasa 15 kw dapat mengurangi arus *starting* secara signifikan dari 299,7 A metode DOL menjadi 92,53 A metode *soft starting* dengan durasi 20 detik dengan 20 tahap *starting*. Selain itu, konsumsi energi selama durasi *starting* sangat dipengaruhi oleh waktu durasi *starting*. Semakin lama durasi *starting* energi yang dikonsumsi maka jumlah konsumsi energi semakin besar (Ghufran et al., 2020).

## 2.2. Motor Listrik Arus Bolak Balik

Motor listrik arus bolak balik (AC) merupakan salah satu jenis mesin-mesin listrik yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi gerak berupa putaran dengan menggunakan prinsip elektromagnetik. Motor listrik AC ditemukan pertama kali oleh ilmuwan Nikola Tesla pada tahun 1888 dengan prinsip kerja berdasarkan eksperimen dari ilmuwan Michael Faraday pada tahun 1821 yang pertama kali menemukan prinsip kerja medan elektromagnetik.

Eksperimen yang dilakukan oleh Faraday adalah menempatkan sepotong kawat yang menggantung ke dalam sebuah wadah air raksa, kemudian pada wadah tersebut diletakkan pula sebuah magnet permanen. Ketika kawat dialiri oleh arus listrik, kawat tersebut akan berputar di sekitar medan magnet. Hal ini membuktikan bahwa arus listrik yang mengalir di sekitar kawat akan menimbulkan medan magnet putar di sekitar kawat.



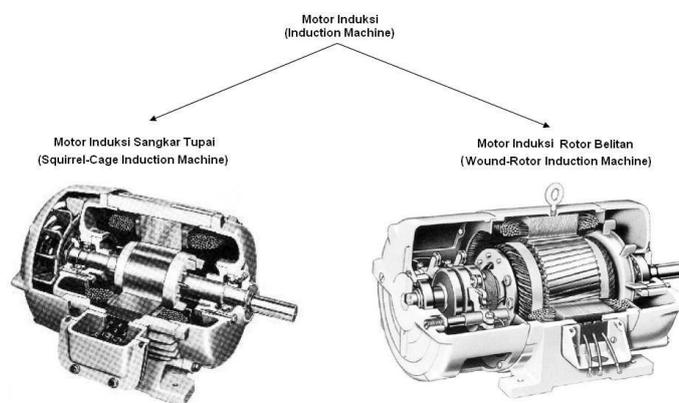
Gambar 2.1 Contoh Bagian Motor Listrik Arus Bolak-Balik

Beberapa kelebihan yang didapatkan dari motor listrik AC dibandingkan dengan jenis motor listrik lainnya, antara lain :

1. Harganya yang lebih terjangkau.
2. Terdapat banyak pilihan untuk berbagai jenis penggunaan maupun dalam kondisi apapun.
3. Ukurannya yang ringkas dan praktis jika dibandingkan dengan motor DC untuk daya yang sama.
4. Lebih mudah dalam pengoperasiannya maupun *maintenancenya*.
5. Kemampuan untuk bertahan pada kondisi dan lingkungan pengoperasian yang keras serta kemampuan untuk bekerja dengan kondisi melewati batas dari spesifikasi *name plate* nya.

### 2.3 Motor Asinkron (Induksi)

Motor asinkron, disebut juga dengan motor induksi, merupakan salah satu jenis motor listrik arus bolak balik (AC) yang prinsip kerjanya berdasarkan induksi medan magnet stator ke statornya, dimana arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan dari stator.



Gambar 2.2 Konstruksi Motor Induksi Dengan Jenis Rotor Yang Berbeda

Motor induksi bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator menuju 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 gaya gerak listrik (GGL) atau tegangan induksi. Karena kumparan rotor merupakan rangkaian yang tertutup, maka akan mengalir arus pada kumparan rotor. Kumparan rotor yang dialiri arus ini berada dalam garis gaya fluks yang berasal dari kumparan stator sehingga kumparan rotor akan menimbulkan 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 Lorentz rotor pun akan turut berputar mengikuti arah medan putar stator.

Perbedaan putaran antara stator dengan rotor disebut *slip*. Bertambahnya beban akan memperbesar kopel motor yang oleh karenanya akan memperbesar besaran arus induksi pada rotor, sehingga *slip* antara medan putar stator dan putaran rotor akan bertambah besar (Evalina & Zulfikar, 2018).

## **2.4 Motor Induksi Tiga Fasa**

Motor induksi tiga fasa merupakan salah satu jenis motor listrik yang paling banyak digunakan terutama pada industri. Hal ini dikarenakan motor induksi mempunyai beberapa keunggulan, antara lain konstruksi yang sederhana, pengoperasian yang mudah, harganya relatif murah, perawatan yang mudah, dan dapat diproduksi dengan karakteristik yang sesuai dengan kebutuhan industri membuat motor listrik digunakan oleh hampir seluruh industri dari skala kecil maupun perusahaan besar, sehingga motor induksi mulai menggeser penggunaan motor DC pada industri.

Pada dasarnya, konstruksi motor induksi pada dasarnya terdiri atas dua bagian utama, yaitu bagian yang diam (stator) dan bagian yang berputar (rotor). Bagian stator terdiri atas : badan motor, inti stator, belitan stator, *bearing* dan terminal box. Sedangkan bagian rotor terdiri atas kumparan dan poros rotor. Kedua bagian tersebut dipisahkan oleh celah udara (*air gap*) dengan jarak tertentu (Imamudin, 2016).

Terdapat beberapa langkah prinsip kerja dari motor induksi tiga fasa menurut Teguh Nur Imamudin (2016), antara lain :

1. Apabila kumparan stator dihubungkan pada sumber tegangan 3 fasa, maka akan timbul medan putar dengan kecepatan yang telah ditentukan dengan  $F = \text{frekuensi pada motor induksi}$  dan  $P = \text{jumlah kutub pada rotor}$ .
2. Medan stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor, sehingga pada kumparan jangkar rotor akan timbul tegangan induksi (GGL).
3. Karena kumparan pada rotor merupakan rangkaian tertutup, tegangan induksi (E) akan menghasilkan arus (I) pada kumparan rotor.
4. Adanya arus (I) di dalam medan magnet akan menimbulkan gaya mekanik (F) pada rotor. Jika torsi awal yang dihasilkan oleh gaya rotor cukup besar untuk memikul torsi beban, maka rotor akan berputar searah dengan medan putar stator ( $N_s$ ) dengan kecepatan putar rotor ( $N_r$ ).
5. perbedaan antara kecepatan medan stator ( $N_s$ ) dengan kecepatan putar rotor ( $N_r$ ) disebut dengan *slip* (S).
6. Apabila  $N_s = N_r$ , maka tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak akan mengalir pada kumparan jangkar rotor sehingga tidak akan timbul putaran.

Menurut Noorly Evalina dkk (2018) dan juga Zulfikar dkk (2019), apabila sumber tegangan tiga fasa dihubungkan ke terminal stator maka pada kumparan tegangan stator akan timbul arus yang menghasilkan fluksi. Fluksi pada stator biasanya konstan, kecepatan medan putar stator dapat ditulis dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$N_s = \frac{120 \times f}{P} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

$N_s$  = Kecepatan medan putar pada motor (rpm)

$F$  = Frekuensi (Hz)

$P$  = Banyaknya jumlah kutub pada motor

Fahrul Rozi (2014) juga menambahkan, karena tegangan induksi hanya akan terbangkitkan jika terjadi proses perpotongan arah medan putar dengan konduktor rotor maka kecepatan rotor tidak dapat menyamai kecepatan putar stator, harus ada selisih dimana kecepatan rotor ( $N_r$ ) harus lebih rendah dari kecepatan medan putar ( $N_s$ ). Perbedaan ini disebut juga dengan *slip* yang dapat dinyatakan dengan :

$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

$N_s$  = Kecepatan sinkron (rpm)

$N_r$  = Kecepatan rotor (rpm)

$S$  = *Slip* (%)

Dengan adanya perbedaan kecepatan medan putar dan rotor ini sehingga jenis motor ini disebut motor asinkron.

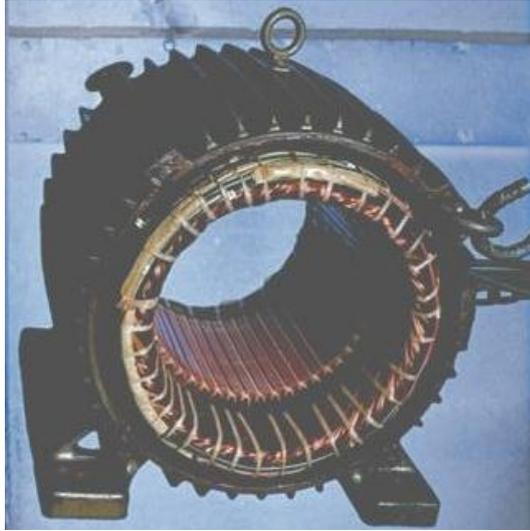
## **2.4.1 Kontruksi Motor Induksi Tiga Fasa**

Pada konstruksi motor induksi, umumnya terdapat beberapa komponen penting, antara lain:

### **2.4.1.1 Stator**

Stator merupakan suatu komponen diam yang dipasang kumparan yang dapat menghasilkan medan magnet yang menginduksi rotor agar dapat berputar. Pada bagian stator terdapat beberapa slot yang merupakan tempat kawat konduktor dari tiga fasa yang disebut kumparan stator, yang masing-masing kumparan mendapatkan suplai arus tiga fasa, maka pada kumparan tersebut akan timbul medan putar. Dengan adanya medan putar pada kumparan stator akan mengakibatkan rotor berputar, hal ini terjadi karena adanya induksi magnet dengan kecepatan putar rotor sinkron dan kecepatan putar stator (Arghandi, 2014).

Stator terdiri atas rangkai/bingkai baja yang berlubang, inti besi silinder yang dibuat berlaminasi dan sejumlah *slot* yang dibuat untuk menampung belitan kumparan stator. Secara mekanis rangka menyangga rotor, stator dan bearing. Belitan stator terdiri atas belitan-belitan yang terbagi tiga secara seimbang yang terdistribusi dalam *slot* stator dan dihubungkan dengan sumber tegangan (Roza et al., 2020).



Gambar 2.3 Bagian Stator Pada Motor Induksi Tiga Fasa

Menurut Julian Argandhi (2014), rangkaian stator motor induksi didesain dengan baik dengan tujuan yaitu :

1. Menutupi inti dan kumparannya.
2. Melindungi bagian-bagian motor 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 motor dan oleh karena itu stator didesain untuk tahan terhadap gaya putar dan guncangan.
4. Berguna sebagai sarana rumah ventilasi udara sehingga pendinginan lebih efektif.

### 2.4.1.2 Rotor

Rotor merupakan suatu komponen dalam motor induksi yang berputar dalam poros utama motor. Rotor dapat berputar karena menerima arus induksi yang dihasilkan oleh medan putar dari stator.

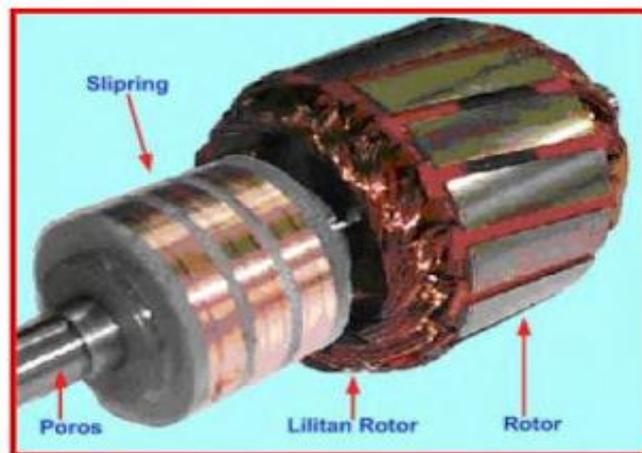
Ada beberapa jenis kumparan rotor yaitu rotor sangkar (*squirrel cage rotor*) dan rotor belitan (*wound rotor*). Hampir 90 % kumparan rotor dari motor induksi menggunakan jenis rotor sangkar. Ini karena bentuk kumparannya sederhana dan tahan terhadap goncangan. Ciri khusus dari rotor jenis ini ialah ujung-ujung kumparan rotornya terhubung singkat secara permanen. Lain halnya pada jenis rotor lilit yang ujung-ujung kumparannya akan terhubung langsung bila kecepatan putar rotor telah mencapai kecepatan putar normalnya secara otomatis melalui *slip ring* yang terpasang pada bagian rotor (Arghandi, 2014).



Gambar 2.4 Bagian Rotor Jenis Rotor Sangkar (*squirrel cage*)

Rotor dari motor sangkar tupai adalah konstruksi dari inti berlapis dengan konduktor dipasang paralel dengan poros dan mengelilingi permukaan inti. Batang rotor dan cincin ujung motor sangkar tupai yang lebih kecil adalah coran tembaga atau aluminium dalam satu lempengan pada inti rotor. Dalam motor yang lebih

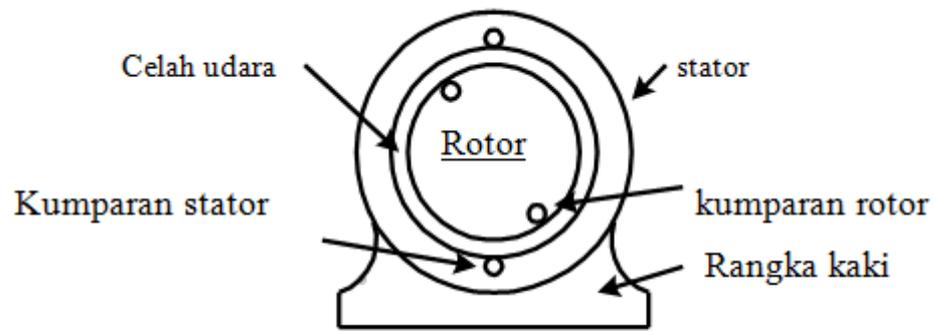
besar, batang rotor tidak dicor melainkan dibenamkan ke dalam alur rotor dan kemudian dilas dengan kuat ke cincin ujung. Batang rotor pada motor sangkar tupai tidak selalu ditempatkan paralel terhadap poros motor tetapi kerap kali dimiringkan, hal ini dapat menghasilkan torsi yang lebih seragam dan juga dapat mengurangi dengung dari manget sewaktu motor bekerja (Harahap, 2016).



Gambar 2.5 Bagian Rotor Jenis Rotor Belitan (*wound rotor*)

#### 2.4.1.3 Celah Udara

Diantara stator dan rotor terdapat celah udara yang merupakan ruangan antara stator dan rotor. Pada celah udara ini lewat fluks induksi stator yang memotong kumparan rotor sehingga dapat menyebabkan rotor berputar. Besar ukuran celah udara yang terdapat antara stator dan rotor diatur sedemikian rupa sehingga didapatkan hasil kerja motor yang optimum. Bila celah udara antara stator dan rotor terlalu besar akan mengakibatkan efisiensi motor induksi rendah, sebaliknya bila jarak antara celah terlalu kecil/sempit akan menimbulkan kesukaran mekanis pada mesin (Arghandi, 2014).



Gambar 2.6 Konstruksi Lengkap Dari Sebuah Motor Induksi

## 2.5 Karakteristik Motor Induksi

Karakteristik motor induksi pada umumnya yang diketahui adalah :

1. Arus *Start* ( $I_s$ )
2. Arus Nominal ( $I_n$ )
3. Torsi *Start* ( $T_s$ )
4. Torsi Nominal ( $T_f$ )
5. Kecepatan Putar Motor ( $N_r$ )
6. Faktor Daya ( $\cos\phi$ )

Arus *Start* merupakan arus awal yang dibutuhkan motor induksi untuk memutar rotornya pada saat proses pengasutan berlangsung. Sedangkan Arus Nominal merupakan arus motor induksi yang diperlukan saat bekerja untuk memutar beban penuhnya. Pada saat proses pengasutan, motor akan menarik arus dalam jumlah yang besar dari suplai yang jika tidak dibatasi dapat mengganggu peralatan listrik yang satu sistem dengan motor tersebut. Biasanya besar arus yang ditarik pada saat proses pengasutan sekitar 5 hingga 7 kali dari arus nominal motor yang biasanya terpampang pada *nameplate* motor.

Torsi *start* merupakan torsi yang dibutuhkan motor saat proses pengasutan berlangsung untuk memutar poros. Besaran torsi pada saat *start* biasanya sekitar 0,5 hingga 1,5 kali dari torsi nominal. Sedangkan torsi nominal adalah torsi yang dibutuhkan pada saat motor bekerja pada saat beban penuh.

Kecepatan rotor ( $N_r$ ) pada motor induksi dapat berubah dari 0 hingga mencapai kecepatan medan putar ( $N_s$ ). Namun karena sifat motor induksi yang pada saat  $N_r = N_s$  maka rotor akan diperlambat sehingga akan selalu timbul *slip*

sehingga sering terjadi perbedaan antara kecepatan rotor dengan kecepatan medan putar. Nilai *slip* yang tertera pada *nameplate* motor biasanya nilai *slip* saat motor bekerja dengan beban penuh.

Faktor Daya ( $\cos\phi$ ) merupakan nilai perbandingan dari besaran daya aktif dengan daya semu. Jika nilai daya semu (daya total) sama dengan daya aktif (daya sebenarnya), maka nilai  $\cos\phi$  nya adalah 1. Atau dengan kata lain tidak adanya kehilangan daya. Besaran nilai  $\cos\phi$  bergantung pada penggunaan peralatan listrik yang menghasilkan induksi magnetik sehingga dapat menyebabkan daya yang hilang yang disebut daya reaktif. Karena adanya daya yang hilang inilah maka nilai daya aktif akan lebih kecil dibandingkan nilai daya semu dan nilainya akan selalu dibawah 1,00. Perbandingan antara besaran daya aktif dan daya semu dipengaruhi oleh seberapa besar daya reaktif yang dihasilkan dan dapat digambarkan dalam segitiga daya seperti gambar di bawah ini :



Gambar 2.7 Segitiga Daya

Dikutip dari Paresh C. Sen (1997), Berdasarkan Standar yang dikeluarkan oleh *National Electrical Manufacturers Association* (NEMA) Motor rotor sangkar dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas berdasarkan karakteristik, antara lain :

**1. Motor Kelas A**

- A. Mempunyai rangkaian resistansi rotor yang kecil.
- B. Beroperasi pada nilai slip yang sangat kecil ( $s < 0,01$ ) dalam keadaan berbeban.
- C. Untuk keperluan torsi start yang sangat kecil.

**2. Motor Kelas B**

- A. Untuk keperluan umum, mempunyai torsi starting dan arus *starting* normal.
- B. Torsi starting sekitar 150% dari *rated*.
- C. Walaupun arus starting normal, biasanya mempunyai besar 600% dari *full load*.

**3. Motor Kelas C**

- A. Mempunyai torsi starting yang lebih besar dibandingkan motor kelas B.
- B. Besar arus starting normal, slip kurang dari 0,05 pada beban penuh.
- C. Biasanya diaplikasikan untuk *conveyor*, pompa, kompresor, dll.

**4. Motor Kelas D**

- A. Mempunyai torsi *starting* yang besar dan arus *starting* relatif rendah
- B. Besaran nilai slip yang besar.
- C. Pada slip beban penuh mempunyai efisiensi lebih rendah dibandingkan kelas motor lainnya.
- D. Torsi starting sekitar 300%

Selain karakteristik motor yang dikelompokkan menjadi 4 kelas, ada juga pembagian karakteristik motor berdasarkan *Insulation Class*. *Insulation Class* merupakan suatu pembagian kelas pada motor induksi tergantung pada ketahanan kinerja motor pada suhu/temperatur tertentu. Biasanya sebelum motor dihidupkan maka suhu motor akan sama dengan suhu sekitarnya atau yang biasanya disebut *Ambient Temperature* (Suhu Ruangan). NEMA menetapkan bahwa suhu ruangan yang dipakai sekitar 40 derajat Celcius.

Setelah motor dijalankan, maka suhu dalam lilitan motor akan meningkat yang disebut *Rise Temperature* (Peningkatan Suhu). Bagian lilitan motor tersebut yang dapat bersuhu lebih tinggi biasanya disebut *Hot Spot*. Berdasarkan standar *National Electrical Manufacturers Association* (NEMA) membagi *Insulation Class* pada motor menjadi 4 jenis, antara lain :

### ***1. Insulation Class A***

Pada motor dengan *insulation class A* temperatur operasional maksimum yang diperbolehkan adalah sekitar 105 derajat Celcius. Sedangkan peningkatan temperatur yang diperbolehkan saat terjadi beban puncak ialah 60 derajat Celcius pada *service factor* 1,0 atau 70 derajat Celcius pada *service factor* 1,15. Pada saat tersebut *Hot Spot* bertambah suhunya sekitar 5 derajat Celcius.

## **2. Insulation Class B**

Pada Motor dengan *insulation class* B temperatur operasional maksimum yang diperbolehkan adalah sekitar 130 derajat Celcius. Sedangkan peningkatan temperatur yang diperbolehkan saat terjadi beban puncak ialah 80 derajat Celcius pada *service factor* 1,0 atau 90 derajat Celcius pada *service factor* 1,15. Pada saat tersebut *Hot Spot* bertambah suhunya sekitar 10 derajat Celcius.

## **3. Insulation Class F**

Pada Motor dengan *insulation class* F temperatur operasional maksimum yang diperbolehkan adalah sekitar 155 derajat Celcius. Sedangkan peningkatan temperatur yang diperbolehkan saat terjadi beban puncak ialah 105 derajat Celcius pada *service factor* 1,0 atau 115 derajat Celcius pada *service factor* 1,15. Pada saat tersebut *Hot Spot* bertambah suhunya sekitar 10 derajat Celcius.

## **4. Insulation Class H**

Pada Motor dengan *insulation class* H temperatur operasional maksimum yang diperbolehkan adalah sekitar 180 derajat Celcius. Sedangkan peningkatan temperatur yang diperbolehkan saat terjadi beban puncak ialah 120 derajat Celcius pada *service factor* 1,0. Pada saat tersebut *Hot Spot* bertambah suhunya sekitar 15 derajat Celcius.

Tabel Insulation Class				
Temperature Tolerance Class	Maximum Operation		Allowable Temperature Rise at full load	Allowable Temperature Rise at full load
	Temperature Allowed		1.0 service factor motor 1)	1.15 service factor motor 1)
	°C	°F	°C	°C
A	105	221	60	70
B	130	266	80	90
F	155	311	105	115
H	180	356	125	-

Gambar 2.8 Tabel Insulation Class Menurut *National Electrical Manufacturers Association* (NEMA)

Nilai temperatur maksimum didapatkan dari hasil penjumlahan nilai *ambient temperature* dan nilai dari peningkatan temperature serta ditambah lagi dari nilai *Hot Spot*. Misalnya pada *Insulation Class A* dengan *ambient temperature* 40 derajat Celcius + nilai *rise temperature* 60 derajat Celcius + nilai *Hot Spot* 5 derajat Celcius = 105 derajat Celcius. Pada umumnya *Insulation Class B* terdapat pada motor listrik produksi Amerika dengan frekuensi 60 Hz. Sedangkan *Insulation Class F* terdapat pada motor listrik dengan menggunakan frekuensi 50 Hz.

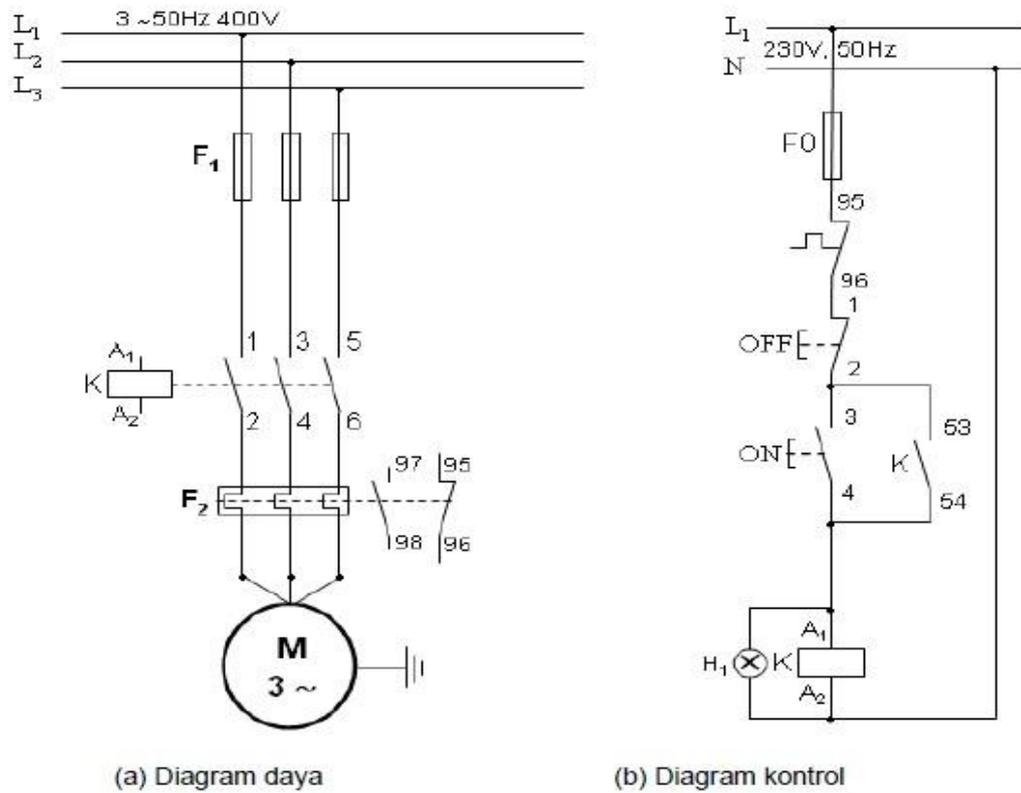
Pada motor 250 kW yang digunakan pada mesin *hammermill* tertera bahwa motor tersebut memiliki *insulation class F* yang dimana temperatur maksimum yang diperbolehkan sekitar 155 derajat Celcius.

## 2.6 Jenis Jenis Pengasutan Motor

Terdapat beberapa metode pengasutan motor induksi tiga fase yang umumnya digunakan terutama pada industri, antara lain :

### 2.6.1 Starting Dengan Metode *Direct On Line* (DOL)

*Starting* motor dengan mode *Direct On Line* merupakan model starting yang paling sederhana, dimana terminal stator pada motor induksi terhubung langsung ke saluran tegangan listrik. Pengendalian motor listrik dengan *direct on line* memiliki karakteristik paling menonjol yaitu pada konsumsi arus *starting* yang sangat besar, karena bisa menarik arus mencapai 5 hingga 7 kali arus nominalnya. Adanya arus yang sangat tinggi ini menyebabkan adanya *drop* tegangan saat motor mulai bergerak. Penggunaan metode pengasutan ini sering dilakukan untuk motor-motor AC yang mempunyai kapasitas daya yang kecil. Pengertian penyambungan langsung disini, motor yang akan dijalankan langsung di *switch on* ke sumber tegangan jala-jala sesuai dengan besar tegangan nominal motor. Artinya tidak perlu mengatur atau menurunkan tegangan pada saat *starting*, arus *starting* sama dengan arus hubung singkat (Alivsky, 2017).



Gambar 2.9 Rangkaian Daya dan Rangkaian Kontrol Pada Metode Pengasutan

### *Direct On Line (DOL)*

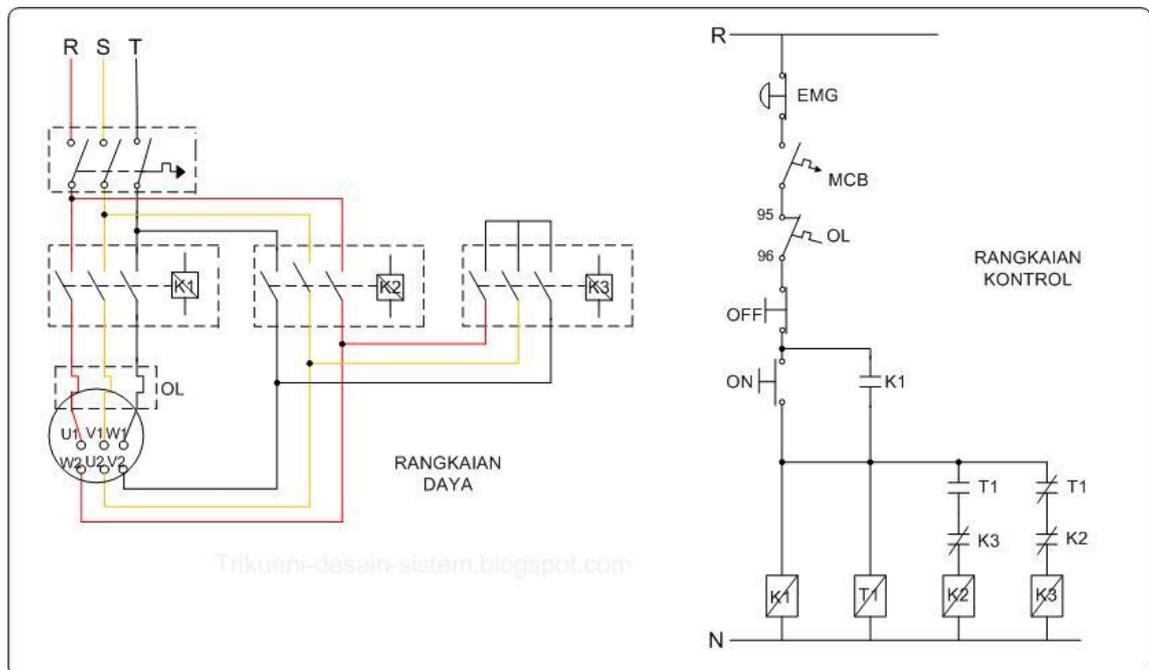
#### **2.6.2 Starting dengan Star Delta**

Pada pengasutan dengan metode ini, *start* awal dilakukan dalam hubungan bintang (Y) untuk beberapa saat dan kemudian motor beroperasi dalam hubungan delta ( $\Delta$ ). Pengendalian dari bintang ke delta dapat dilakukan dengan bantuan sakelar mekanik Y/ $\Delta$  atau dengan menggunakan TOR/ kontaktor magnet.

Pengasutan dengan metode ini digunakan terutama untuk motor induksi rotor sangkar yang direncanakan bekerja/berputar pada hubungan delta. Ujung-ujung kumparan fasanya harus dikeluarkan ke terminal motor, yaitu untuk melakukan hubungan Wye dan hubungan Delta. Umumnya alat pengasutan ini dilengkapi dengan kontaktor-kontaktor yang dimiliki oleh masing-masing

hubungan tersebut. Perpindahan hubungan Wye ke Delta didalam sistem pengasutan ini diatur oleh suatu rele pengatur waktu (*Time Delay Relay*). Pada saat perpindahan hubungan Wye ke Delta terjadi pemutusan arus sesaat dari arus jala-jala. Namun hal ini dapat diatasi dengan menggunakan sistem peralihan tertutup dengan hubungan sebuah tahanan ke dalam rangkaian selama perpindahan berlangsung (Alivsky, 2017).

Metode pengasutan Y / $\Delta$  banyak digunakan untuk menjalankan motor induksi rotor sangkar yang mempunyai daya di atas 5 kW (atau sekitar 7 HP). Perlu diingat jika pada *nameplate* motor tertulis 220/380 V, sedangkan tegangan jala-jala yang tersedia sumber 3 fasa 380 V. Motor tersebut dapat dilakukan starting Y / $\Delta$ . Apabila dihubungkan pada tegangan jala 3 fasa 220 V. Besar arus pada hubungan bintang adalah 1/3 kali arus jika motor dihubungkan segitiga.



Gambar 2.10 Rangkaian Daya dan Rangkaian Kontrol Pengasutan *Star-Delta*

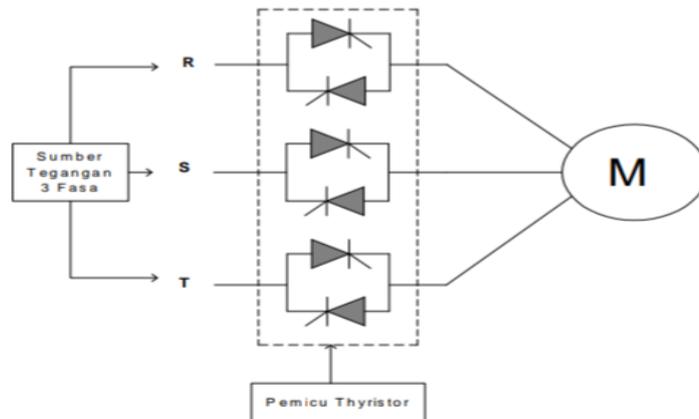
### 2.6.3 Starting Dengan Metode *Soft Starting*

Pada pengasutan dengan metode ini menggunakan *thyristor* yang digunakan untuk memperhalus proses pengasutan dan juga untuk meminimalisir besaran arus *start*. Prinsip kerjanya ialah dengan mengatur besarnya nilai arus dan tegangan pengasutan yang masuk pada motor. Pertama, motor hanya diberikan tegangan yang rendah sehingga nilai arus yang masuk ke motor juga rendah. Pada level ini motor hanya sekedar bergerak secara perlahan sehingga tidak menghentak motor. Kemudian tegangan akan dinaikkan secara bertahap hingga mencapai besaran nominalnya sehingga besar arus yang masuk ke motor mencapai nominal, dan putaran motor mencapai putaran nominalnya.

Prinsip kerja dari *soft start* adalah memblok arus yang masuk menuju motor pada saat mesin *hammermill* diaktifkan oleh operator/teknisi, arus akan ditahan dan dialirkan secara bertahap oleh *thyristor* sehingga arus akan masuk secara perlahan menuju motor hingga mencapai arus nominal dari motor tersebut dan tegangan yang masuk menuju motor sudah mencapai 100%. Setelah motor sudah mencapai arus nominal dan tegangan motor sudah mencapai 100% maka motor akan berjalan dengan sistem *direct on line* (DOL).

Selain untuk *soft starting*, Alat *soft starter* juga dilengkapi dengan fitur *soft stop*. Jadi saat stop, besar tegangan juga akan dikurangi secara perlahan dan tidak dilepaskan begitu saja seperti pada sistem pengasutan lainnya yang menggunakan kontaktor. *Soft stopping* atau pengereman motor secara perlahan, berkebalikan dengan metode *soft starting*. Jika pada *soft starting* dilakukan penambahan tegangan sehingga sinyal sinusnya menjadi sempurna, maka pada *soft stopping*

dilakukan pengurangan bertahap dari tegangan penuh saat motor telah mencapai kecepatan konstan (Priahutama et al., 2010).

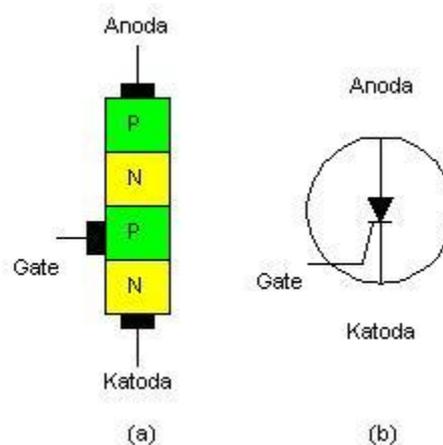


Gambar 2.11 Rangkaian *Thyristor* Pada Alat *Soft Starter*

Komponen *thyristor* memblokir aliran arus dalam satu arah tetapi meneruskan arus dalam arah yang lainnya setelah menerima sinyal triger atau “penyulut “ yang disebut pulsa gerbang. Enam buah SCR disusun dalam konfigurasi apa yang disebut konverter AC-AC anti paralel. Dengan rangkaian kendali yang tepat dapat dicapai pengendalian arus motor atau waktu percepatan yaitu dengan mengenakan pulsa gerbang ke SCR pada waktu yang berbeda dalam setiap setengah siklus tegangan sumber. Jika pulsa gerbang dikenakan lebih dulu dalam setengah siklus, keluaran SCR tinggi. Jika pulsa gerbang dikenakan agak lambat dalam setengah siklus, keluarannya rendah. Maka tegangan masukan ke motor dapat diubah dari nol sampai sepenuhnya selama periode start, sehingga motor melakukan percepatan dengan halus mulai dari nol sampai ke kecepatan penuh (Dwi Riyadi H., 2011)

## 2.7 Thyristor/SCR (*silicon controlled rectifier*)

Thyristor berasal dari bahasa Yunani yang berarti ‘pintu’. Dinamakan demikian karena sifat dari komponen ini yang mirip dengan pintu yang dapat dibuka dan ditutup untuk melewatkan arus listrik. *Thyristor* berfungsi sebagai saklar untuk membuka atau menutup aliran arus listrik. Pada *thyristor* tipe SCR (*silicon controlled rectifier*) terdapat tiga kaki yaitu anoda, katoda dan *gate*.



Gambar 2.12 Struktur Dari SCR Yang Terdiri Atas 4 Lapis Semikonduktor

P-N-P-N

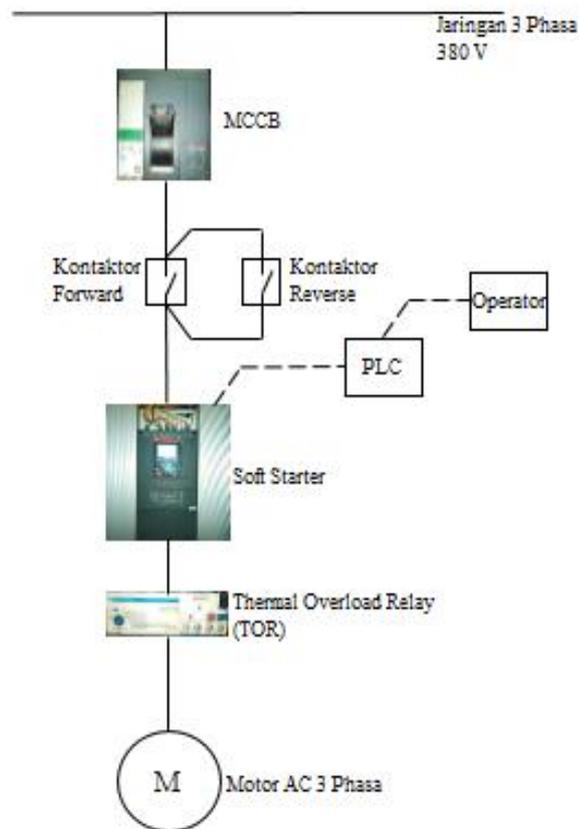
SCR memiliki 4 lapis semikonduktor, yakni Positif-Negatif-Positif-Negatif (PNPN). SCR memiliki kemampuan dapat mengendalikan daya maupun tegangan yang cukup tinggi. Oleh sebab itu komponen ini biasa difungsikan sebagai sebuah *switch* tegangan atau arus menengah ke atas. Saat tidak dialiri arus listrik, SCR akan berada dalam keadaan *off*. Saat terminal *gate* nya dialiri arus rendah, SCR akan menjadi *on* dan menghantarkan arus listrik dari anoda menuju ke katoda. Meskipun arus listrik *gate* nya dihilangkan, SCR akan tetap dalam keadaan *on* hingga arus yang mengalir dari anoda menuju katoda tersebut juga dihilangkan atau 0 V.

## 2.8 Soft Starter ABB PSTX 570

*Soft Starter* merupakan salah satu alat yang berfungsi untuk melakukan proses pengasutan *soft starting* pada motor listrik yang bekerja berdasarkan prinsip elektronika daya kerja *thyristor* yang dapat dioperasikan dengan PLC.

Terdapat beberapa komponen pada rangkaian *soft start* pada motor penggerak mesin *hammermill* HM 258, antara lain :

1. MCCB yang berfungsi sebagai alat proteksi dan penerus suplai 3 fasa dari jaringan.
2. Kontaktor 3 fasa yang berfungsi sebagai penghubung suplai tegangan 3 fasa dan dapat mengubah arah putaran motor (*forward/reverse*).
3. Alat *soft starter* yang berfungsi untuk utama menghubungkan dan meneruskan suplai tegangan ke motor yang dilengkapi dengan pengaman motor.
4. *Thermal Overload Relay* (TOR) yang berfungsi sebagai perangkat proteksi eksternal pada motor dan sebagai tambahan penerus rangkaian *control* listrik.
5. *Programmable Logic Control* (PLC) yang berfungsi sebagai perangkat pengganti tombol-tombol yang berfungsi untuk mengaktifkan alat *soft starter* untuk memulai proses pengasutan motor dan mengatur kinerja motor. Untuk itu PLC menerima beberapa informasi ataupun masukan dari operator/teknisi sebagai persyaratan untuk proses pengasutan motor.



Gambar 2.13 Bagan Diagram *Single Line* Rangkaian *Soft Starter* Pada Mesin *Hammermill* HM258

Terdapat beberapa komponen utama dan komponen pendukung yang terdapat pada alat *soft starter*, antara lain sebagai berikut :

#### 1. *Thyristor*

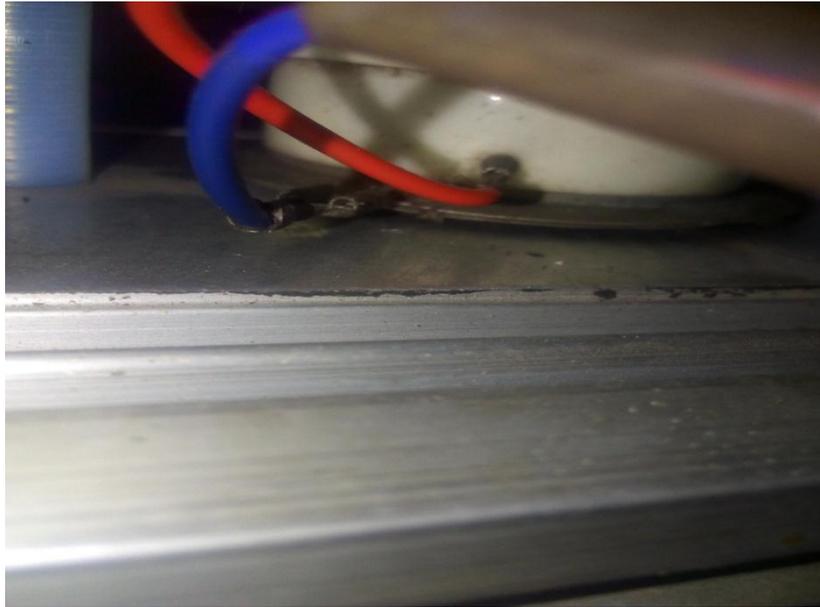
*Thyristor* merupakan salah satu komponen utama pada alat *soft starter* yang memiliki fungsi sebagai saklar untuk membuka ataupun menutup besaran arus listrik dari sumber menuju motor. Pada alat *soft starter*, terminal *gate* yang terdapat pada *thyristor* dikendalikan oleh module unit *trigger* yang saat proses pengasutan motor dimulai akan terbuka setelah mendapatkan masukan dari modul unit *control*.

Besar tahanan *thyristor* yang terdapat pada alat *soft starter* adalah sekitar 1 Mega  $\Omega$ . Besarnya nilai tahanan ini akan menyusut seiring dengan bertambahnya nilai arus yang masuk pada rangkaian menuju motor yang dikendalikan dengan sistem elektronik yang terdapat pada alat *soft starter*. Pada umumnya, setiap *thyristor* pada alat *soft starter* disusun sedemikian rupa dan kemudian dijepit diantara dua buah blok aluminium yang berfungsi sebagai konduktor penghubung antara *thyristor* dengan *busbar*. Fungsi sirip yang terdapat pada blok aluminium berfungsi sebagai jalur sirkulasi udara yang ditiupkan oleh kipas pendingin menuju blok *thyristor* agar *thyristor* tidak mengalami *overheat*. Selain itu pada blok *thyristor* terpasang sensor temperatur yang mengukur besarnya suhu yang terdapat pada *thyristor* yang dapat dipantau dari modul *display and key* pada *soft starter* untuk memastikan agar suhu pada *thyristor* tetap terjaga.



Gambar 2.14 Enam Buah *Thyristor* Yang Tersusun Pada Blok Aluminium Yang

Berfungsi Sebagai Konduktor



Gambar 2.15 Kabel Pemicu *Gate* Ditandai Dengan Kabel Berwarna Merah



Gambar 2.16 Kabel Sensor Temperatur *Thyristor* Yang Terhubung Dengan Blok

*Thyristor* Dan Modul Elektronik Unit *Trigger*

## 2. *Current Transformer* (Transformator Arus)

Pada bagian atas kontaktor terpasang tiga buah transformator arus berdaya 600/1 A, artinya setiap besaran arus 600 A yang melewati bagian primer, maka pada keluaran sekunder besaran arus berubah menjadi 1 A. Fungsi dari trafo arus ini ialah untuk membaca besar arus yang masuk menuju *thyristor* dan memberikan parameter tersebut menuju modul unit *control* dan menyesuaikan dengan data parameter dari operator mesin *hammermill* sebagai acuan perintah ke unit *trigger* untuk mengatur besaran arus yang masuk menuju *thyristor*.



Gambar 2.17 Transformator Arus Berkapasitas 600/1 A Berdaya 5 VA Yang Terpasang Pada Salah Satu Phasa

### 3. Kontaktor 3 Phasa

Ukuran kontaktor yang terdapat dalam alat *soft starter* berukuran sangat besar sehingga mengisi setengah dari keseluruhan ukuran alat *soft starter*. Setelah proses pengasutan motor telah selesai dan motor sudah mencapai arus nominal dan tegangan motor sudah mencapai 100% maka suplai arus yang masuk ke *thyristor* akan berkurang dan masuk melewati kontaktor sehingga motor akan berjalan dengan sistem *direct on line* (DOL).

Dalam kondisi darurat, apabila *thyristor* mengalami masalah maka alat *soft starter* dapat bekerja dengan kondisi *Direct On Line* yang diatur oleh rangkaian elektronik yang terdapat pada *soft starter*.

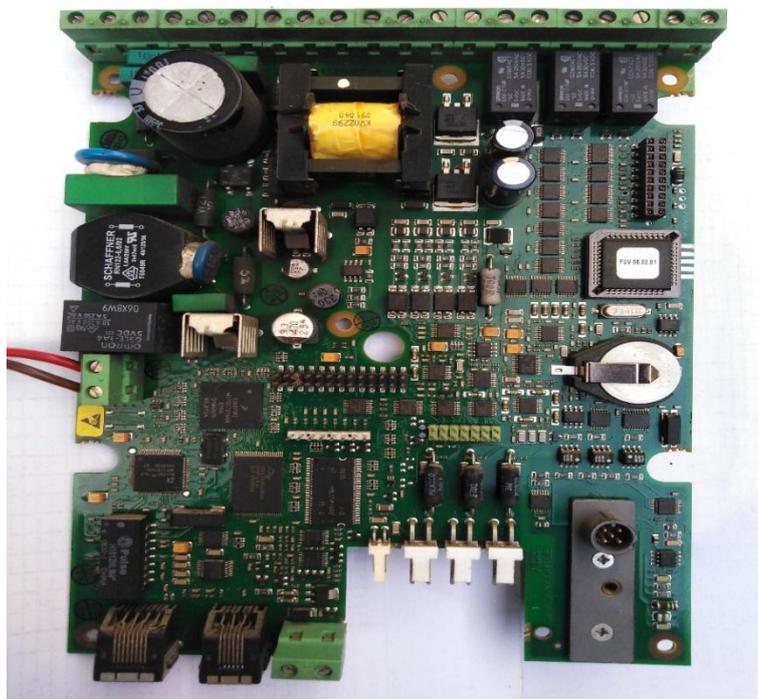


Gambar 2.18 Bagian Kontaktor Yang Mengisi Setengah Bagian Alat *Soft Starter*

#### 4. Modul Elektronik

Pada bagian ini terbagi atas tiga modul yang berbeda, antara lain Modul Elektronik Unit *Control*, Modul Elektronik Unit *Trigger* dan juga Modul *Display and Key*. Pada Modul unit *trigger* terhubung dengan *gate thyristor* dan beberapa peralatan lainnya yang berhubungan dengan proses pengasutan *soft starting*. Sedangkan pada modul unit *control* terhubung dengan kontaktor 3 phasa, input trafo arus pengukur besaran arus motor, input sensor temperatur *thyristor* dan juga terminal *digital input* serta *auxiliary contact relay-relay digital output*.

Modul *display & key* yang berfungsi sebagai HMI (*Human-Machine Interface*) yang dapat menampilkan beberapa data parameter seperti besaran arus yang terukur, persentasi tegangan masuk, serta terdapat beberapa tombol yang berfungsi untuk mengatur atau memasukkan beberapa parameter tertentu.



Gambar 2.19 Papan Modul Elektronik Unit *Trigger*

## 2.9 Mesin *Hammermill*

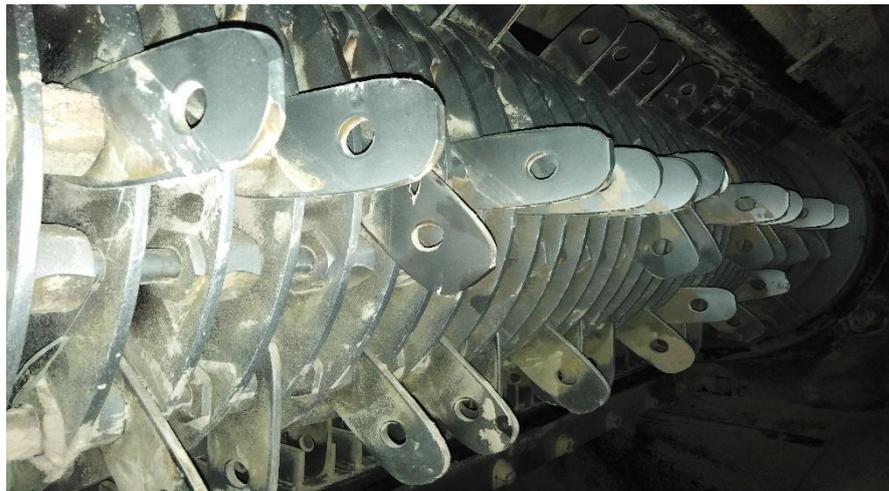
*Hammermill* merupakan salah satu dari beberapa mesin besar yang umumnya digunakan untuk mendukung proses produksi pakan di lingkungan operasional pabrik PT. Central Proteina Prima Tbk. Mesin ini berfungsi untuk mengaduk adonan bahan yang disalurkan dari mesin *Dry Mixer*. Pada operasionalnya, mesin ini digerakkan oleh motor listrik yang mana akan memutar kopel yang ada di dalam mesin untuk proses pengadukan adonan bahan sebelum disalurkan ke mesin *Extruder* ( pencetak ). Besarnya kapasitas bahan adonan yang dapat diaduk oleh mesin *hammermill* ini mencapai 3 atau 4 ton per jam.



Gambar 2.20 Mesin *Hammermill* HM 258

Bagian utama pada mesin *hammermill* terdiri atas sebuah kopel pengaduk yang memiliki jumlah as sebanyak 8 buah yang pada masing-masing as tersebut terpasang sejenis mata pisau yang fungsinya untuk membuat adonan bahan menjadi lebih halus saat proses penggilingan. Selain itu pada bagian kopel dikelilingi oleh sepasang saringan aluminium yang berfungsi untuk mencegah gumpalan adonan

bahan masuk ke *bin* mesin pencetak agar dapat masuk kembali menuju mesin agar digiling kembali hingga adonan bahan menjadi halus. Selain itu pada mesin ini dipasang sebuah magnet permanen yang berfungsi untuk menarik partikel besi yang mungkin tercampur pada bahan adonan dan memisahkannya saat proses pengadukan bahan adonan terjadi.



Gambar 2.21 Bagian Mata Pisau Pada mesin *Hammermill* Yang Terkoppel Pada Motor Penggerak

Kinerja dari mesin *Hammermill* ini bergantung pada mesin *Extruder* dan kondisi tong berisi bahan yang terdapat pada mesin *Extruder*. Jika tong yang terhubung pada mesin *Extruder* sudah penuh dan tidak perlu dilakukan pengisian bahan lagi, maka mesin *Hammermill* akan dimatikan, dan jika isi tong pada mesin *Extruder* mulai berkurang hingga setengahnya, maka mesin *Hammermill* akan dihidupkan kembali. Hal ini bertujuan untuk efisiensi besarnya pemakaian listrik pada mesin *Hammermill* yang akan terus melakukan proses pengadukan tanpa membuang hasil adonan ke tong mesin *Extruder*.

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian dalam tugas akhir ini yaitu di perusahaan PT. Central Proteina Prima.Tbk yang beralamatkan di Jl.Pulau Pinang V Kawasan Industri Medan II, Medan. Dan waktu pelaksanaan penelitian dilakukan pada tanggal 10 Februari 2020 s/d tanggal 15 Februari 2020.

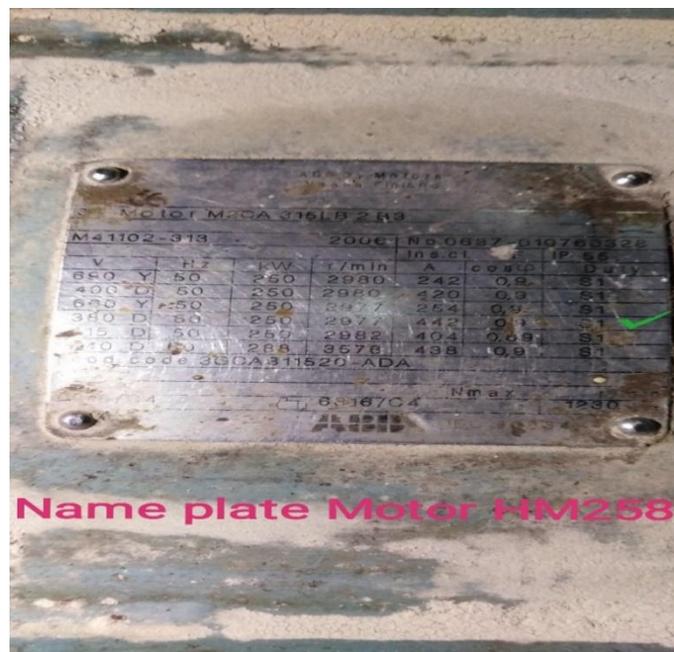
#### 3.2 Peralatan Penelitian

Adapun beberapa peralatan pendukung dalam proses pengambilan data penelitian adalah sebagai berikut :

1. Multitester, digunakan sebagai alat untuk menampilkan besaran nilai tegangan, nilai hambatan dan nilai arus yang diukur pada rangkaian fasa motor pada saat motor berjalan.
2. Tang Ampere / *clamp meter*, digunakan untuk mengukur besaran arus dengan cara menjepitkan bagian ujung alat pada kabel konduktor.
3. 1 buah motor tiga fasa berdaya 250 kW yang terkopel pada mesin *hammermill* HM 258.
4. 1 buah alat *soft starter* merek ABB tipe PSTX 570 yang terhubung pada motor tiga fasa 250 kW penggerak mesin *hammermill* HM258



Gambar 3.1 Motor Tiga Phasa Berdaya 250 kW Yang Menggerakkan Mesin  
*Hammermill* HM 258 Yang Menjadi Objek Penelitian



Gambar 3.2 Nameplate Dari Motor Berdaya 250 kW Penggerak Mesin

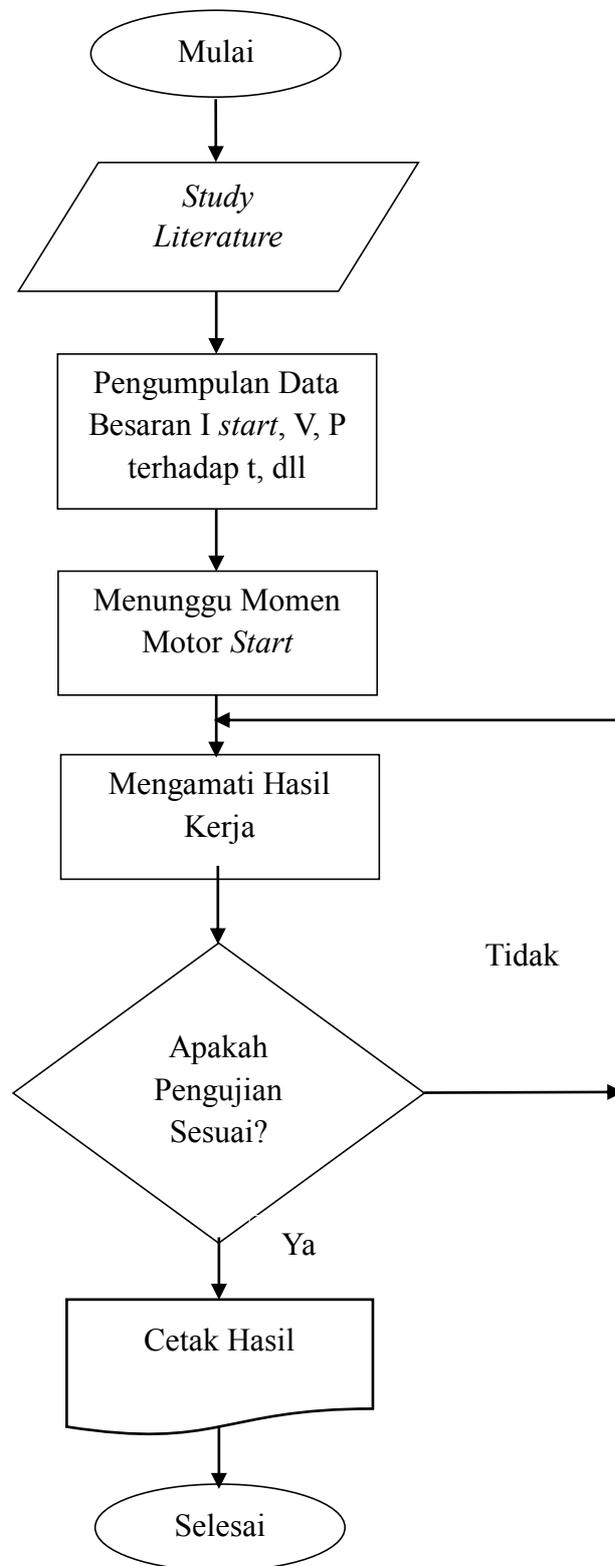
*Hammermill* HM258

### 3.3 Proses Penelitian

Terdapat beberapa proses ataupun prosedur dalam pelaksanaan pengambilan data penelitian pada lingkungan pabrik PT. Central Proteina Prima. Tbk, antara lain :

1. Mempersiapkan alat pengukuran sesuai dengan data parameter yang akan diambil.
2. Mahasiswa telah memakai APD sesuai dengan peraturan K3 di pabrik dan didampingi oleh pembimbing lapangan atau perwakilan pegawai yang ditunjuk oleh pembimbing lapangan.
3. Menunggu bin extruder setengah kosong sehingga mesin *hammermill* akan diaktifkan oleh operator.
4. Melihat parameter data besaran arus, persentasi tegangan dan besaran daya motor melalui *display* pada alat *soft starter* saat proses start berlangsung dan mendokumentasikannya.
5. Mengukur besaran tegangan pada masing-masing fasa yang masuk pada motor menggunakan multimeter yang dilakukan oleh pembimbing lapangan.
6. Mencatat dan menghitung rata-rata besaran tegangan sehingga mendapatkan nilai tegangan yang masuk ke motor.
7. Menyusun dan menghitung hasil data penelitian yang didapatkan.

### 3.4 Diagram Alur Penelitian



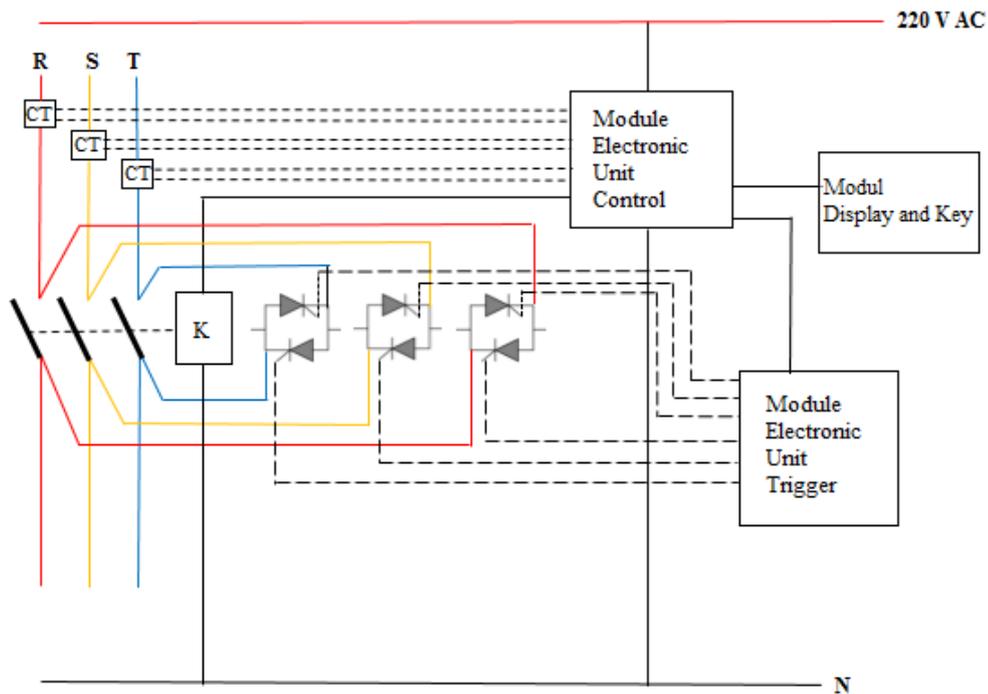
Gambar 3.3 Diagram *Flowchart* Penelitian

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Data Penelitian

##### 4.1.1 Rangkaian *Soft Starter*



Gambar 4.1 Rangkaian Daya *Soft Starter* ABB PSTX 570 Pada Mesin

*Hammermill* HM258

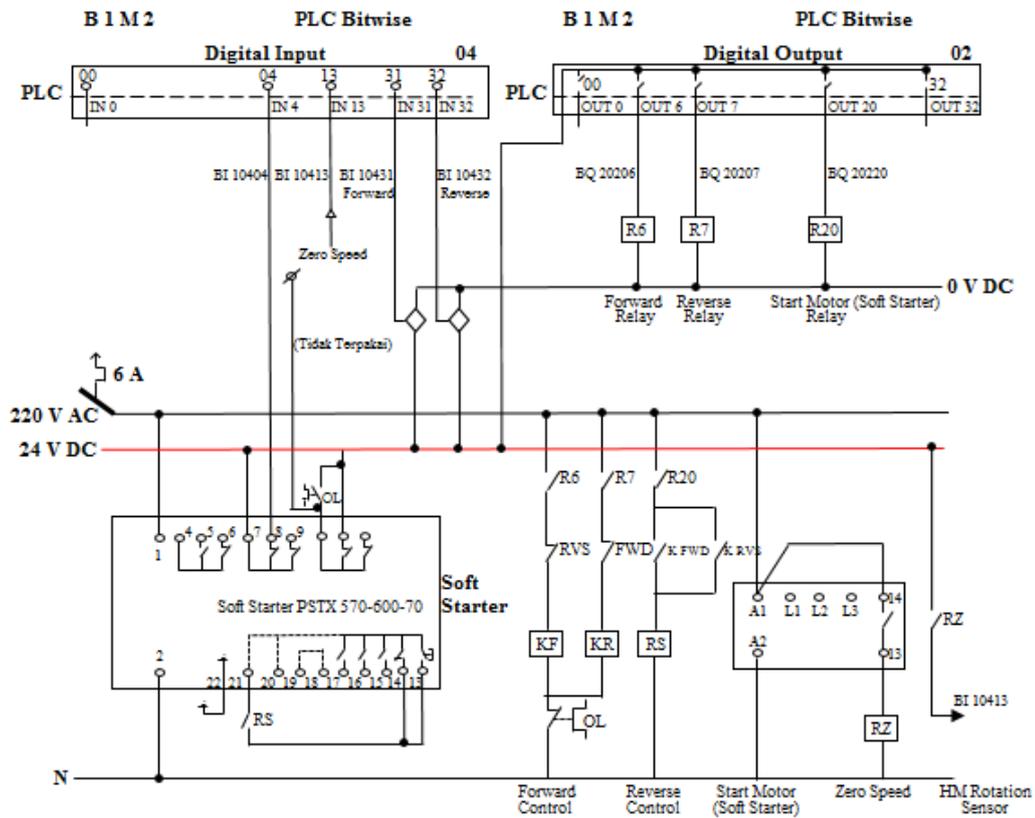
Kontaktor 3 fasa terhubung secara paralel dengan *thyristor block*. Di dalam panel *soft starter* terdapat 3 modul elektronik yaitu modul unit *control*, modul unit *trigger* dan modul layar dan tombol operasi.

Pada modul unit *control* terdapat input *power supply* 220 VAC, input trafo arus pengukur arus motor, input sensor temperatur *thyristor* dan juga terminal *digital input* serta *auxiliary contact* relay-relay *digital output* dan kontaktor 3 fasa. Di modul unit *trigger* terdapat terminal *socket* yang terhubung ke terminal *gate thyristor*, berfungsi untuk mengatur tegangan yang masuk ke *gate thyristor*.

Pada modul *Display and Key* terdapat tampilan untuk menampilkan berbagai data arus motor dan beberapa parameter lainnya secara visual serta beberapa tombol yang berfungsi untuk mengakses menu, mengatur dan memasukkan data-data parameter tertentu.

Perintah *start* motor diterima oleh modul unit *control* melalui *digital input* dengan terhubungnya terminal no 13 dan 21. Unit *control* akan meneruskan perintah ke modul unit *trigger* yang kemudian akan mengirimkan sinyal tegangan untuk membuka *gate thyristor* sehingga arus akan masuk secara perlahan. Perubahan kenaikan arus motor tersebut akan dibaca dan diinstruksikan menuju unit *control* yang diinginkan menuju unit *trigger* untuk memberi arus sesuai dari data *inputnya* (dari operator/teknisi).

Selama proses *start* berlangsung, lonjakan arus yang terjadi akan terus dimonitor dan dijaga sesuai dengan *settingan* operator/teknisi. Setelah arus motor telah mencapai nilai nominalnya, maka unit *control* akan mengaktifkan kontaktor dan mengecilkan besaran arus yang melewati *thyristor* sehingga arus dan tegangan motor beralih mengalir melalui kontaktor 3 fasa. Selama motor bekerja, arus motor dan temperatur *thyristor* akan terus dimonitor dan ditampilkan pada *module display and key*.



Gambar 4.2 Rangkaian Kontrol PLC *Soft Starter* ABB PSTX 570 - 600 -70 Pada Mesin *Hammermill* HM258

Motor dapat dioperasikan atau di *start* dengan mode *manual* dan *auto*, tetapi ada beberapa persyaratan agar motor dapat *start*, antara lain :

1. Kondisi motor dalam keadaan benar-benar berhenti atau dalam kondisi *stop*. Hal ini dapat ditandai dengan aktifnya relay *zero speed* yang mengaktifkan relay RZ. Relay RZ akan menginformasikan ke PLC dengan cara menghubungkan signal 24 V DC ke *adress/alamatnya* yaitu channel BI (*Bitwise Input*) 10413.
2. Plat *guide*/lempengan pengarah yang berada pada posisi *forward* atau *reverse* sebagai penunjuk arah putaran motor, yaitu dengan mengaktifkan

saklar *proximity switch* yang akan mengirimkan signal 24 V DC ke *adress* PLC yaitu *channel BI 10431* atau ke *BI 10432*.

Prinsip kerja dari rangkaian kontrol ini antara lain :

1. Setelah arah putaran motor dipilih *forward* ataupun *reverse*, maka PLC akan mengaktifkan relay R6 atau R7 yang mengaktifkan kontaktor 3 fasa yang ada dijaga *out thermal overload TOR (OL)*. Kontaktor ini memberikan *supply* 3 fasa ke *soft starter*.
2. Motor akan *start* ditandai dengan aktifnya relay R20 yang akan mengaktifkan relay RS melalui kontak bantu kontaktor 3 fasa yang telah aktif terlebih dahulu.
3. Relay RS yang telah aktif menghubungkan terminal *soft starter* nomor 13 dan dengan nomor 21, sehingga *thyristor* pada *soft starter* bekerja mensuplai tegangan 3 fasa ke motor sehingga motor akan bekerja.

Untuk sistem keamanan pada motor dari beban berlebih, motor dijaga oleh *thermal overload relay (TOR)* yang terpasang di keluaran *output soft starter* yaitu *OL*. Selain itu juga menggunakan settingan batas arus motor yang terdapat pada dalam *software/program* pada *soft starter*. Apabila terjadi arus berlebih maka sensor pengukur arus dan pengaman yang ada di program akan mendeteksi dan menghentikan *supply* listrik 3 fasa ke motor. Demikian juga dengan pengaman eksternal (*TOR*) akan mematikan kontaktor 3 fasa *K FWD* atau *K RVS* dengan memutuskan rangkaian kontrolnya.

## 4.2 Analisa Data

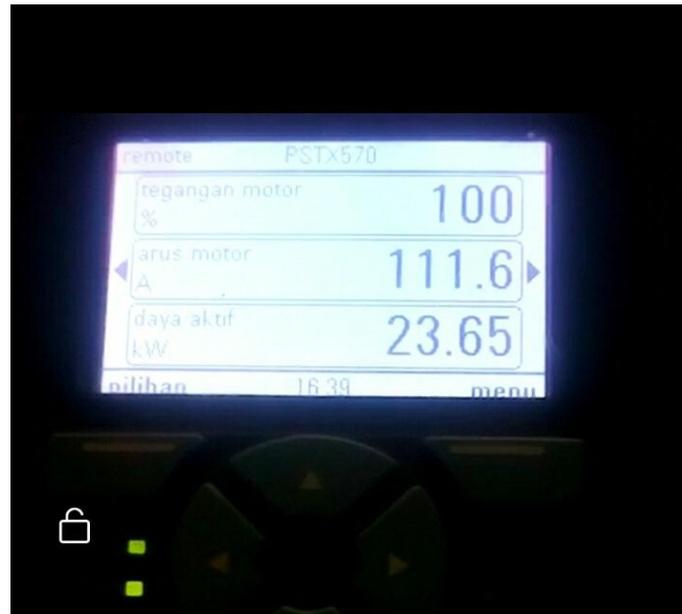
Data besaran arus *start*, tegangan dan daya didapatkan dari tampilan *display* yang terpasang pada *soft starter* ABB PSTX 570 seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini :



Gambar 4.3 *Display* Data Besaran Arus Pada Saat Proses Start Berlangsung



Gambar 4.4 Puncak Arus *Start* Yang Terlihat Pada Module *Display&Key*



Gambar 4.5 Besaran Arus Nominal Yang Terlihat Pada *Module Display&Key*

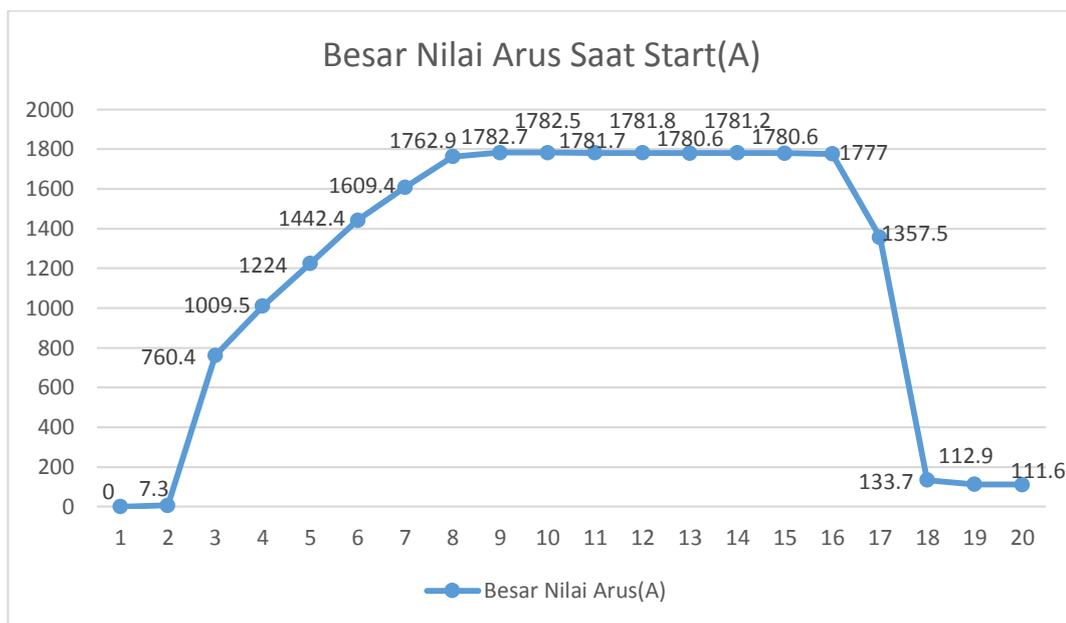
#### 4.2.1 Besaran Nilai Arus Motor

Berdasarkan hasil pengukuran pada saat terjadinya proses pengasutan berlangsung, didapatkan data besaran nilai arus *start* yang dapat dilihat pada tabel dan grafik di bawah ini :

No	Waktu (s)	Besar Nilai Arus (A)
1	1	0
2	2	7,3
3	3	760,4
4	4	1009,5
5	5	1224
6	6	1442,4
7	7	1609,4
8	8	1762,9
9	9	1782,7
10	10	1782,5
11	11	1781,7
12	12	1781,8
13	13	1780,6
14	14	1781,2
15	15	1780,6
16	16	1777
17	17	1357,5

<b>18</b>	18	133,7
<b>19</b>	19	112,9
<b>20</b>	20	111.6

Tabel 4.1 Besaran Arus Yang Terukur Pada Saat Proses *Start* Berlangsung



Gambar 4.6 Grafik Besaran Nilai Arus Saat *Start* Berlangsung

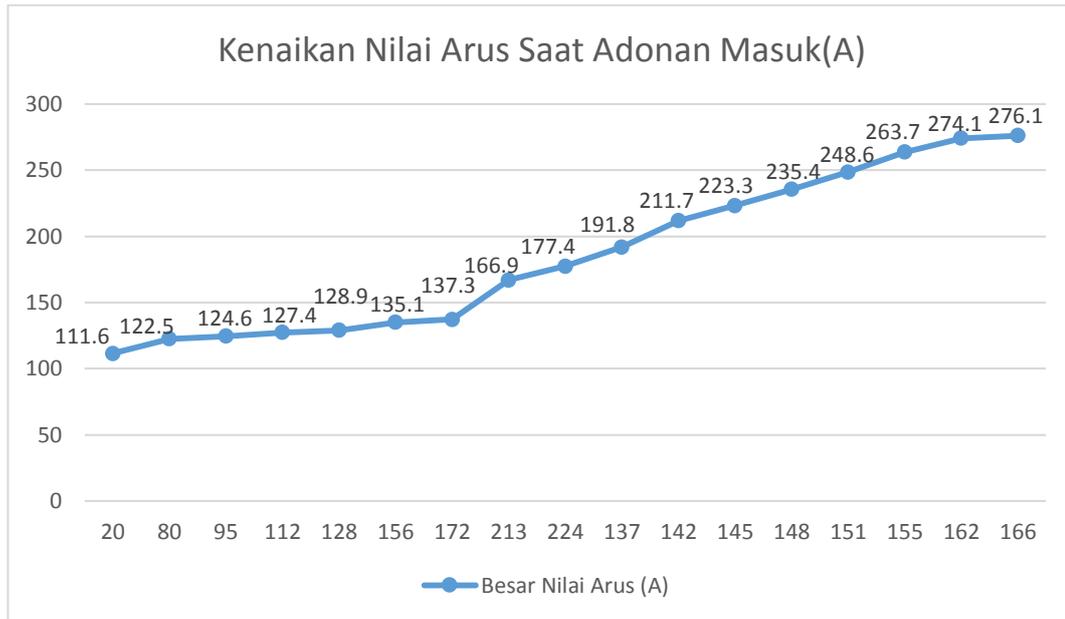
Seperti yang terlihat pada grafik, pada saat *start* berlangsung, butuh sekitar 8 detik dari saat motor dihidupkan hingga mencapai arus puncak. Setelah itu momentum arus puncak terjadi selama beberapa detik hingga besar arus menurun secara drastis mencapai besaran arus nominalnya. Butuh sekitar 20 detik dari 0 hingga motor mencapai arus nominalnya.

Setelah arus telah mencapai besaran nominalnya, bahan adonan secara bertahap dimasukkan dari *bin mixer* menuju mesin *hammermill* untuk diaduk. Pada saat tersebut motor mengalami kenaikan arus secara perlahan hingga arus nominal

motor mengalami peningkatan. Kenaikan ini terjadi dalam waktu yang lama. Apabila nilai arus yang terukur pada motor melebihi batasan yang tertera pada layar operator mesin *hammermill* (sekitar 330 A) maka suplai ke motor akan dimatikan sehingga mesin *hammermill* tidak aktif. Kenaikan arus ini dapat dilihat pada table dan grafik di bawah ini :

<b>NO</b>	<b>Waktu (s)</b>	<b>Besar Nilai Arus (A)</b>
<b>1</b>	20	111,6
<b>2</b>	80	122,5
<b>3</b>	95	124,6
<b>4</b>	112	127,4
<b>5</b>	128	128,9
<b>6</b>	156	135,1
<b>7</b>	172	137,3
<b>8</b>	213	166,9
<b>9</b>	224	177,4
<b>10</b>	137	191,8
<b>11</b>	142	211,7
<b>12</b>	145	223,3
<b>13</b>	148	235,4
<b>14</b>	151	248,6
<b>15</b>	155	263,7
<b>16</b>	162	274,1
<b>17</b>	166	276,1

Tabel 4.2 Kenaikan Arus Pada Saat Adonan Masuk Ke Mesin *Hammermill*



Gambar 4.7 Grafik Besaran Nilai Arus Motor Saat Adonan Masuk Ke Mesin

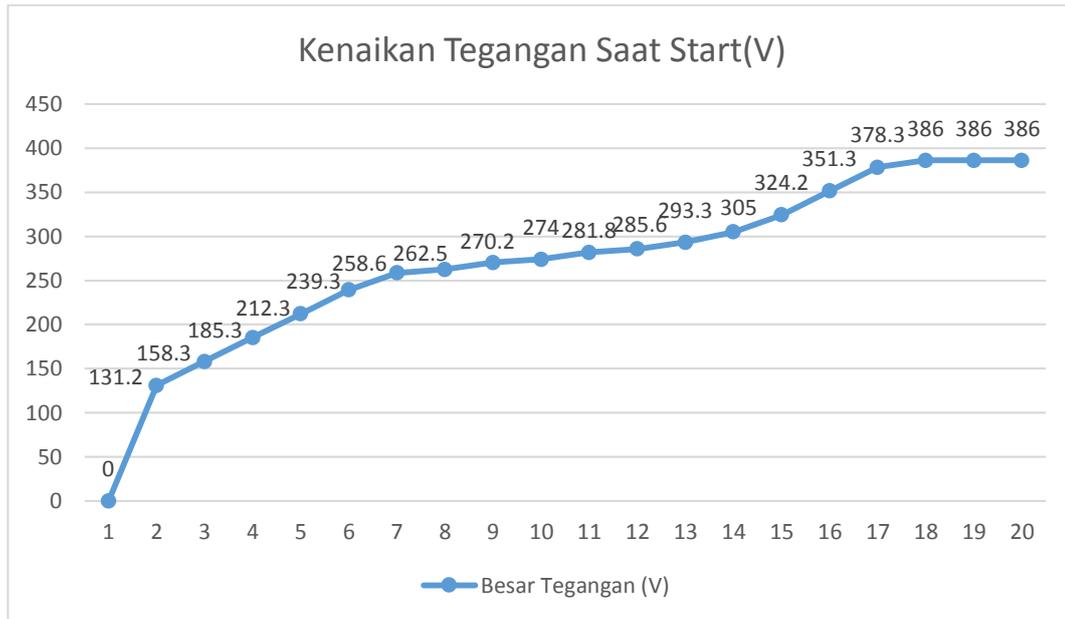
*Hammermill*

#### 4.2.2 Kenaikan Tegangan Saat *Start*

Seluruh nilai besaran dan kenaikan tegangan pada saat proses pengasutan berlangsung yang ditampilkan pada *module Display and Key* yang dapat dilihat pada tabel dan grafik di bawah :

No	Waktu (s)	Besar Nilai Tegangan (V)
1	1	0
2	2	131,2
3	3	158,3
4	4	185,3
5	5	212,3
6	6	239,3
7	7	258,6
8	8	262,5
9	9	270,2
10	10	274
11	11	281,8
12	12	285,6
13	13	293,3
14	14	305
15	15	324,2
16	16	351,3
17	17	378,3
18	18	386
19	19	386
20	20	386

Tabel 4.3 Kenaikan Nilai Tegangan Pada Saat Proses *Start* Berlangsung



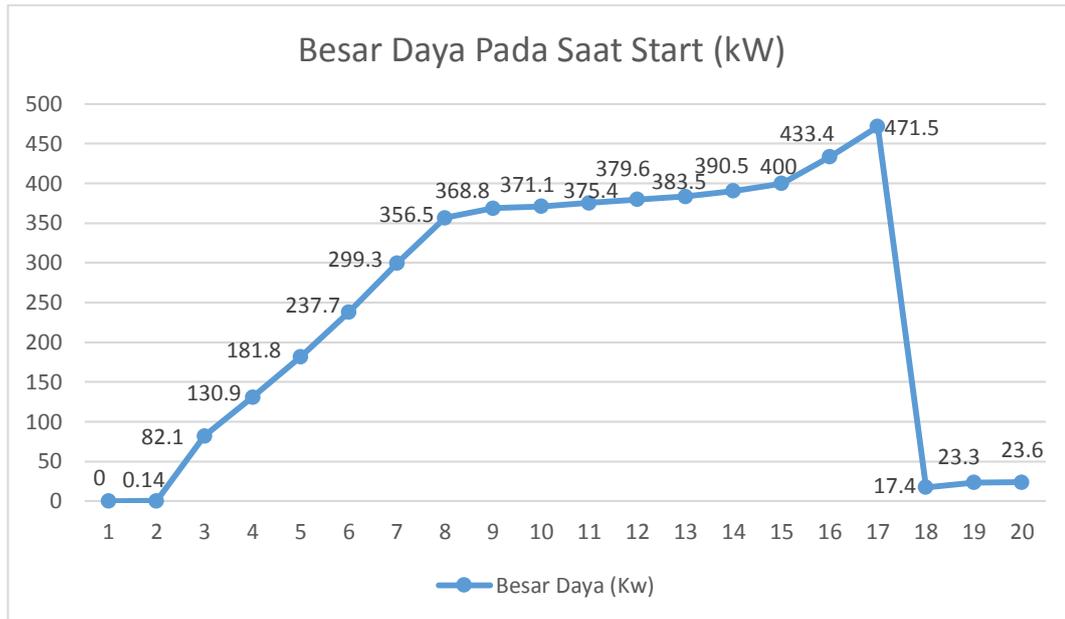
Gambar 4.8 Grafik Kenaikan Tegangan Saat Proses *Start* Berlangsung

### 4.2.3 Besaran Nilai Daya Motor

Pada proses pengasutan dimulai, motor berputar hanya terkopel pada pisau sebelum masuknya bahan adonan pada gilingan. Kenaikan daya yang terjadi dapat dilihat pada tabel dan grafik di bawah ini :

No	Waktu (s)	Besar Nilai Daya (kW)
1	1	0
2	2	0,14
3	3	82,1
4	4	130,9
5	5	181,8
6	6	237,7
7	7	299,3
8	8	356,5
9	9	368,8
10	10	371,1
11	11	375,4
12	12	379,6
13	13	383,5
14	14	390,5
15	15	400
16	16	433,4
17	17	471,5
18	18	17,4
19	19	23,3
20	20	23,6

Tabel 4.4 Besaran Daya Pada Saat *Start* Berlangsung



Gambar 4.9 Grafik Besaran Daya Saat *Start* Berlangsung

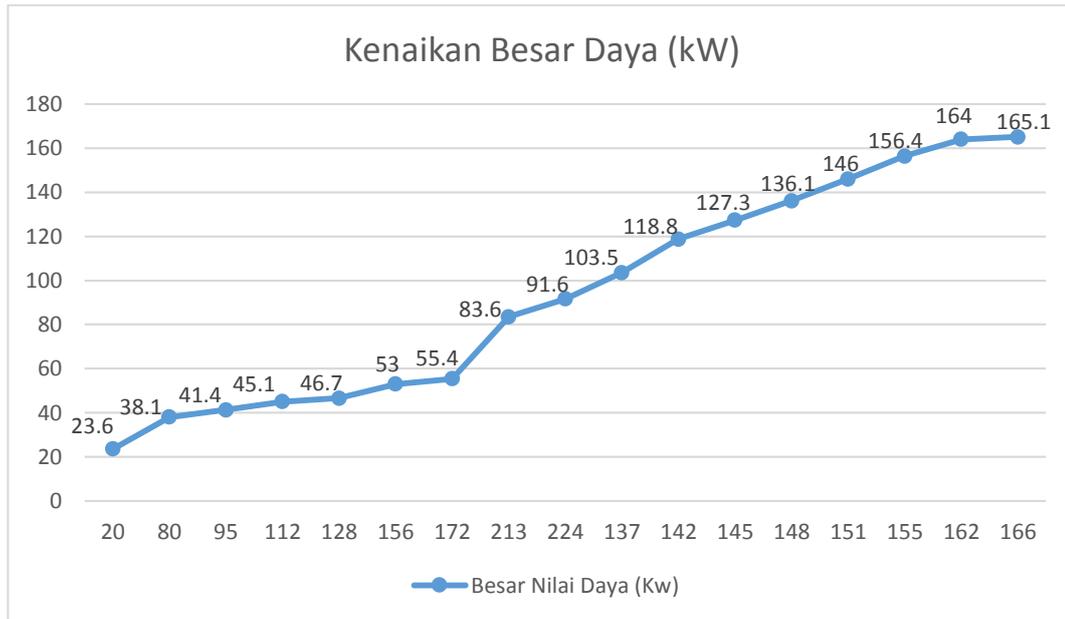
Seperti yang terlihat pada hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa pada saat proses pengasutan berlangsung, daya yang dibutuhkan agar motor dapat berputar hingga mencapai daya puncak 471,5 kW pada detik ke 17 hingga mencapai putaran nominalnya (3000 rpm). Setelah itu daya yang dibutuhkan pun menurun drastis hingga mencapai sekitar 23,6 kW saat motor mencapai arus dan putaran nominalnya. Daya puncak sesaat dibutuhkan untuk mengatasi torsi awal motor.

Selanjutnya ketika bahan masuk ke mesin *hammermill* untuk digiling maka beban tersebut menjadi beban yang sesungguhnya (variabel) yang harus dibatasi hingga mencapai daya kemampuan maksimum motor yang tertera pada *nameplate*. Pengaturan pembebanan dilakukan secara bertahap dimulai dari daya 23,6 kW hingga mencapai daya maksimum motor (250 kW). Pada kondisi ini motor telah mencapai batas maksimumnya dan pembebanan atau penambahan bahan baku dicukupkan pada titik tersebut. Pada keadaan tersebut hubungan daya, tegangan dan

arus pada kondisi konstan/stabil. Kenaikan besaran daya tersebut dapat dilihat pada tabel dan grafik dibawah ini :

<b>NO</b>	<b>Waktu (s)</b>	<b>Besar Nilai Daya (Kw)</b>
<b>1</b>	20	23,6
<b>2</b>	80	38,1
<b>3</b>	95	41,4
<b>4</b>	112	45,1
<b>5</b>	128	46,7
<b>6</b>	156	53
<b>7</b>	172	55,4
<b>8</b>	213	83,6
<b>9</b>	224	91,6
<b>10</b>	137	103,5
<b>11</b>	142	118,8
<b>12</b>	145	127,3
<b>13</b>	148	136,1
<b>14</b>	151	146
<b>15</b>	155	156,4
<b>16</b>	162	164
<b>17</b>	166	165,1

Tabel 4.5 Kenaikan Daya Motor Saat Bahan Adonan Masuk Ke *Hammermill*



Grafik 4.10 Kenaikan Besaran Daya Pada Motor Saat Bahan Adonan

Masuk Ke Mesin

### 4.3 Menghitung Besar Arus DOL Dan Perbandingan Arus Terukur

Menurut beberapa sumber jurnal seperti jurnal oleh Dwi Riyadi H (2011), Teguh Nur Imamudin (2016), M Syahril Bachtiar dkk (2019) dan beberapa jurnal rujukan lainnya, lonjakan arus yang biasanya terjadi pada saat proses pengasutan motor berlangsung dapat mencapai 5-7 kali dari besar arus nominal motor tersebut, sehingga dari keterangan tersebut dapat kita ketahui seberapa efektif penggunaan *soft starter* dalam mengurangi lonjakan arus pada motor dibandingkan pada saat motor *start* pada kondisi DOL.

Diketahui : I nominal motor = 442 A

$$\begin{aligned} *I \text{ saat DOL} &= 442 \text{ A} \times 7 \\ &= 3094 \text{ A} \end{aligned}$$

\*Perbandingan Dengan Puncak Besaran Arus Saat Start :

$$\begin{aligned} &\frac{I \text{ DOL} - I_{\text{puncak}}}{I \text{ DOL}} \times 100 \\ &= \frac{3094 \text{ A} - 1782,7 \text{ A}}{3094 \text{ A}} \times 100 \\ &= 42,3\% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas, didapatkan hasil bahwa dari proses pengasutan dengan menggunakan metode *soft starting* dapat mengurangi lonjakan arus hingga 42,3% dibandingkan saat motor *start* jika tidak menggunakan *soft starter*.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari analisa data dan pembahasan pada bab sebelumnya, dapat diperoleh beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Metode pengasutan secara *soft starting* secara efektif dapat mengurangi lonjakan arus sebesar 42,3% pada saat digunakan pada motor 3 phasa berdaya 250 kW yang digunakan untuk menggerakkan mesin *hammermill* HM 258.
2. Keunggulan yang dimiliki *soft starter* adalah dari segi ukurannya yang lebih sederhana dibandingkan dengan peralatan pengasutan lainnya seperti rheostat dan inverter. Selain itu *soft starter* bisa dioperasikan dengan menggunakan PLC dan monitor komputer sehingga lebih mudah dalam operasional nya.

#### 5.2 Saran

Berdasarkan beberapa kesimpulan yang telah dijabarkan diatas, penulis ingin menyamaikan beberapa saran terkait dengan penulisan tugas akhir ini, antara lain :

1. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan bisa dapat mengukur bentuk gelombang *thyristor* saat proses pengasutan motor berlangsung.
2. Kepada pihak pabrik agar pada saat hari pertama mahasiswa saat melakukan praktek kerja industri maupun penelitian tugas akhir diberikan pengarahan terkait K3 yang berlaku di lingkungan pabrik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dwi Riyadi H. (2011). Soft Starting Pada Motor Induksi 3 Fasa. *Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Undip*, 5(1), 1–5.
- Imamudin, T. N. (2016). *Implementasi Metode Soft Starting Pada Motor Induksi 3 Fasa Implementation of Three Phase Induction Motors Soft-Starting*. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Arghandi, J. (2014). *ANALISA PENGASUTAN SOFT STARTING MOTOR INDUKSI 3 FASA*. 5–31.
- Evalina, N., & Zulfikar, A. A. (2018). Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Programmable Logic Controller. *Journal of Electrical Technology*, 3(2), 73–80.
- Zulfikar, Evalina, N., H, A. A., & Nugraha, Y. T. (2019). Analisis Perubahan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Dengan Menggunakan Inverter 3G3Mx2. *Semnastek Uisu*, 2–5.
- Harahap, P. (2016). Pengaruh Jatuh Tegangan Terhadap Kerja Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Simulink MATLAB. *Media Elektrika*, 9(2), 1–18
- Roza, I., Yanie, A., Almi, A., & Andriana, L. (2020). Implementasi Alat Pendeteksi Getaran Bantalan Motor Induksi Pada Pabrik Menggunakan Sensor Piezoelektrik Berbasis SMS. *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, 3(1), 20–25.  
<https://doi.org/10.30596/rele.v3i1.5233>
- Bachtiar, M. S., Mulia, S. B., & Suryadi, A. (2019). *Perancangan Soft Starting Motor Induksi Satu Fasa Menggunakan Triac*. 2(1), 31–38.
- Ghufran, A., Nrratha, I. M. A., & Nababan, S. (2020). ANALISIS SOFT STARTING MENGGUNAKAN ANTI PARALEL SCR UNTUK MOTOR INDUKSI 3 FASA 15 kW Analysis of Soft Starting using Anti Parallel SCR for 3 Phase Induction Motor 15 kW. *Dielektrika*, 7(2), 149–155.
- Rozi, F. (2014). *PENGUJIAN KARATERISTIK PENGASUTAN MOTOR INDUKSI 3 FASA ROTOR SANGKAR MENGGUNAKAN METODE SOFT STARTING*. Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Bengkulu.
- Alivsky, G. N. (2017). *PENGUJIAN ARUS PADA MODUL PRAKTIKUM STARTING MOTOR INDUKSI 3 FASA DENGAN METODE DOL , WYE-DELTA , DAN SOFT STARTING*.

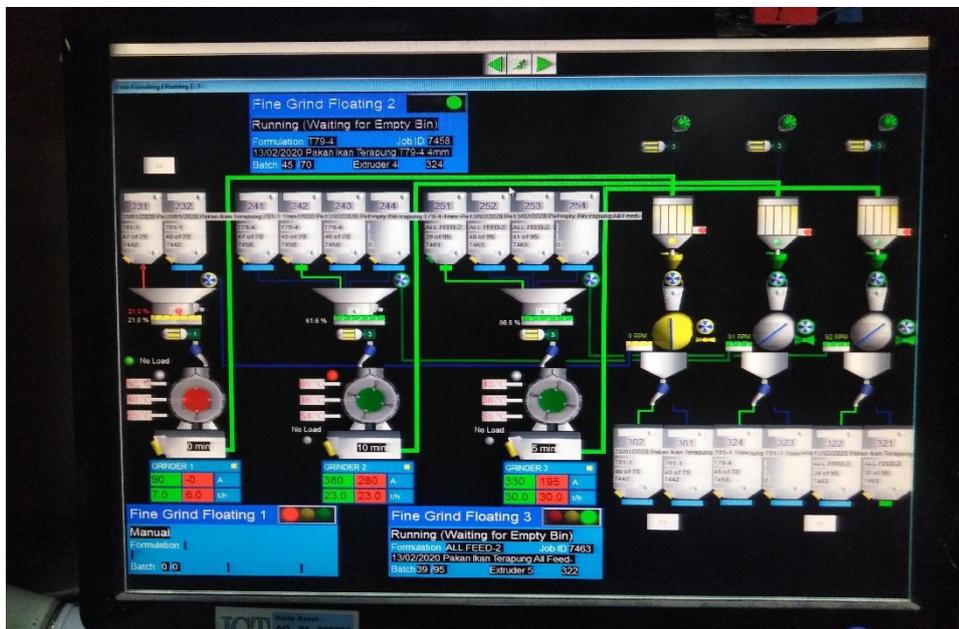
Priahutama, A. B., Sukmadi, T., & Setiawan, I. (2010). Perancangan Modul Soft Starting Motor Induksi 3 Fasa dengan ATMEGA 8535. *Transmisi*, 12(4), 160–167. <https://doi.org/10.12777/transmisi.12.4.160-167>

Sen, C. P. (1997). *Principles\_of\_Electrical\_Machines\_and\_Po.pdf*.

## LAMPIRAN



Proses Pengukuran Tegangan 3 Fase Ke Motor Yang Didampingi Oleh Pembimbing lapangan



Layar Operasi Mesin-Mesin Pengolahan Bahan Yang Terdapat Pada Bagian Operator



LEMBARAN ASISTENSI

Nama : M.SUFYAN ILHAM  
NPM : 1507220080  
Asistensi : Dosen Pembimbing I  
Judul : ANALISA *SOFTSTARTING* MOTOR TIGA PHASA  
PADA MESIN *HAMMERMILL* DI PT.CENTRAL  
PROTEINA PRIMA.Tbk

No	Tanggal	Uraian	Paraf
	10/1/2020	Penelitian <i>Sipip</i> pada Solusi <i>Langkah</i> <i>formal</i>	<i>[Signature]</i>
	15/1/2020	- Rencanai <i>okradali</i> motor induksi <i>ipusa</i>	<i>[Signature]</i>
	17/1/2020	- <i>Seperti</i> <i>gambar</i> <i>di</i> <i>setor</i> <i>di</i> <i>gambar</i> <i>formal</i>	<i>[Signature]</i>
		- <i>gambar</i> <i>dan</i> <i>graf</i> <i>Startis</i>	<i>[Signature]</i>

*[Signature]*  
10/1/2020  
*[Signature]*

Dosen Pembimbing I

(INDRA ROZA, S.T, M.T)



LEMBARAN ASISTENSI

Nama : M.SUFYAN ILHAM  
NPM : 1507220080  
Asistensi : Dosen Pembimbing II  
Judul : ANALISA *SOFTSTARTING* MOTOR TIGA PHASA  
PADA MESIN *HAMMERMILL* DI PT.CENTRAL  
PROTEINA PRIMA.Tbk

No	Tanggal	Uraian	Paraf
1.	10/11/2020	Pelajari panduan penulisan tugas akhir, format dll	
2.	15/11/2020	Perkayaat referensi penulisan dan Accan rujukan penulisan	
3.	23/2/2020	Rujukan pustaka tentang di Pakei di atas 2016	
4.	23/4/2020	Untuk gambar diagram Wiring sesuai dengan dgn Warna	
5.	19/5/2020	Keterangan gambar di sesuai dengan dgn format	
6.	22/6/2020	Flowchart buat indikasi	
7.	20/7/2020	Ruang gagal Perjelaskan rumusan msh	
8.	16/8/2020	Acc. untuk Seminar	

Dosen Pembimbing II

(MUHAMMAD ADAM, S.T, M.T)

# ANALISA SOFT STARTING MOTOR TIGA PHASA PADA MESIN HAMMERMILL DI PT.CENTRAL PROTEINA PRIMA,Tbk

**Muhammad Sufyan Ilham, Indra Roza, Muhammad Adam**

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)  
JL.Kapten Muchtar Basri BA No. 03 Medan Telp (061)6622400 ex. 12 Kode Pos  
20238  
Email : [mhdsufyanilham270@gmail.com](mailto:mhdsufyanilham270@gmail.com)

Abstrak : Penggunaan motor listrik dalam dunia industri sangat berperan penting sebagai salah satu sumber energi gerak untuk menggerakkan berbagai peralatan yang bekerja dalam proses produksi sebuah pabrik. Namun pada saat proses pengasutannya dapat menarik arus hingga mencapai 5 hingga 7 kali lipat dari arus nominalnya saat bekerja normal sehingga dapat berakibat buruk pada motor itu sendiri maupun terhadap peralatan listrik di sekitarnya. Pada proses pengasutan dengan menggunakan metode *soft starting* pada motor listrik 3 phasa yang berdaya 250 kW yang menggerakkan mesin *hammermill* dapat meminimalisir besaran arus *start* motor sebesar 42,3 % dibandingkan saat motor start dengan metode DOL yang dapat menarik arus hingga 7 kali dari nilai arus nominal motor tersebut sehingga dapat mengurangi lonjakan yang terjadi pada motor dan juga untuk mengurangi hentakan mekanis pada motor saat *starting* sehingga tidak merusak komponen motor dalam jangka panjang.

**Kata kunci : *soft starting, motor listrik, thyristor***

*Abstract : The use of electric motors in the industrial world had an important role as a source of motion energy to drive some various equipment that works in the production process of a factory. Therefore when the starting process can draw up to 5 until 7 times the nominal current when electric motors working normally so that a motor starting method is needed which can minimize the resulting surge that on motor itself and the electrical equipment around it. When the motor starting process with soft starting method to 250 kW 3 phase electric motor which drives the hammermill machine can minimize the amount of motor starting current by 42,3% compared to when the motor starts with direct on line method which can draw up to 7 times the nominal current value of the motor so that it can reduce the surge that occurs in the motor and also to reduce the mechanical shock of the motor when starting proccess so that would not to damage the motor components in long run.*

*Keywords : soft starting, electric motor,thyristor*

## I PENDAHULUAN

Motor listrik merupakan salah satu dari beberapa jenis mesin-mesin listrik yang dikenal khalayak umum, terutama dalam dunia industri. Motor listrik berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi gerak, yang kemudian digunakan untuk menggerakkan berbagai mesin untuk melakukan berbagai pekerjaan dalam suatu proses produksi di pabrik. Dalam dunia industri penggunaan motor listrik sangat banyak digunakan dalam berbagai aktivitas pekerjaan dalam industri karena kemudahan dalam hal operasional dan juga kemudahan dalam perawatannya dibandingkan dengan mesin penggerak lainnya.

Namun, dalam pengoperasiannya terdapat permasalahan yang pasti pada motor induksi ialah pada saat proses pengasutan, motor induksi dapat menarik arus sebesar 5 hingga 7 kali dari besar arus nominal/arus kerja dari motor tersebut, sehingga dapat menyebabkan *drop* tegangan pada saluran suplai listrik mengganggu kinerja peralatan listrik lainnya pada saluran yang sama (Imamudin, 2016). Selain itu sering terjadinya lonjakan arus dalam jangka waktu panjang dapat menyebabkan kerusakan mekanis pada motor induksi tersebut. Oleh karena itu, berdasarkan permasalahan yang sering terjadi pada saat proses pengasutan motor induksi diperlukan suatu metode pengasutan yang baik untuk mengurangi efek lonjakan arus yang terjadi pada motor induksi.

*Soft Starting* merupakan salah satu metode pengasutan motor listrik yang prinsip kerjanya menggunakan rangkaian *thyristor*. Metode *soft starting* cocok digunakan untuk motor yang memiliki daya yang cukup besar. Metode *soft starting* bertujuan untuk mendapatkan arus start yang kecil, mengurangi efek lonjakan arus yang besar pada saat proses pengasutan berlangsung dan mencapai kecepatan nominal yang konstan. Pada metode ini, besar arus yang akan masuk menuju motor pada saat proses pengasutan dialirkan secara perlahan hingga mencapai besaran nominal dalam kisaran waktu tertentu.

## II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pengertian *Soft Starting*

Prinsip kerja dari *soft start* adalah memblok arus yang masuk menuju motor pada saat mesin *hammermill* diaktifkan oleh operator/teknisi, arus akan ditahan dan dialirkan secara bertahap oleh *thyristor* sehingga arus akan masuk secara perlahan menuju motor hingga mencapai arus nominal dari motor tersebut dan tegangan yang masuk menuju motor sudah mencapai 100%. Setelah motor sudah mencapai arus nominal dan tegangan motor sudah mencapai 100% maka motor akan berjalan dengan sistem *direct on line* (DOL).

Komponen utama pada alat *Soft Starter* ialah *thyristor* dan rangkaian yang mengatur *trigger* nya. Keluaran *thyristor* dapat diatur melalui *pin gate* nya. Rangkaian tersebut dapat mengontrol level tegangan yang akan dikeluarkan oleh *thyristor*. Selain untuk *soft starting*, Alat *soft starter* juga dilengkapi dengan fitur *soft stop*.

Jadi saat stop, besar tegangan juga akan dikurangi secara perlahan dan tidak dilepaskan begitu saja seperti pada sistem pengasutan lainnya yang menggunakan kontaktor. *Soft stopping* atau pengereman motor secara perlahan, berkebalikan dengan metode *soft starting*. Jika pada *soft starting* dilakukan penambahan tegangan sehingga sinyal sinusnya menjadi sempurna, maka pada *soft stoping* dilakukan pengurangan bertahap dari tegangan penuh saat motor telah mencapai kecepatan konstan (Priahutama et al., 2010)



Gambar 2.1 Rangkaian *Thyristor* Yang Tersusun Pada Alat *Soft Starter*

## 2.2 Mesin *Hammermill*

*Hammermill* merupakan salah satu dari beberapa mesin besar yang umumnya digunakan untuk mendukung proses produksi pakan di lingkungan operasional pabrik PT. Central Proteina Prima. Mesin ini berfungsi untuk mengaduk adonan bahan yang disalurkan dari mesin *Dry Mixer*. Pada operasionalnya, mesin ini digerakkan oleh motor listrik yang mana akan memutar kopel yang ada di dalam mesin untuk proses pengadukan adonan bahan sebelum

disalurkan ke mesin *Extruder* ( pencetak ).



Gambar 2.2 Mesin *Hammermill HM258*

## III METODE PENELITIAN

Terdapat beberapa proses ataupun prosedur dalam pelaksanaan pengambilan data penelitian pada lingkungan pabrik PT. Central Proteina Prima. Tbk, antara lain :

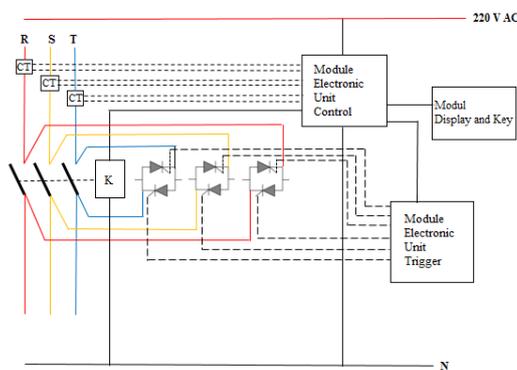
1. Mempersiapkan alat pengukuran sesuai dengan data parameter yang akan diambil.
2. Mahasiswa telah memakai APD sesuai dengan peraturan K3 di pabrik dan didampingi oleh pembimbing lapangan atau perwakilan pegawai yang ditunjuk oleh pembimbing lapangan.
3. Menunggu *bin extruder* setengah kosong sehingga mesin *hammermill* akan diaktifkan oleh operator.
4. Melihat parameter data besaran arus, persentasi tegangan dan besaran daya motor melalui *display* pada alat *soft starter* saat proses start berlangsung dan mendokumentasikannya.
5. Mengukur besaran tegangan pada masing-masing phasa yang masuk pada motor menggunakan multimeter

yang dilakukan oleh pembimbing lapangan.

6. Mencatat dan menghitung rata-rata besaran tegangan sehingga mendapatkan nilai tegangan yang masuk ke motor.
7. Menyusun dan menghitung hasil data penelitian yang didapatkan.

## IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Data Penelitian



Gambar 4.1 Rangkaian Daya *Soft Starter* ABB PSTX 570 Pada Mesin *Hammermill* HM258

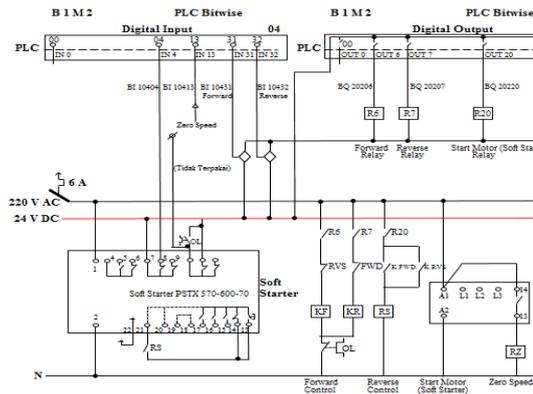
Pada modul unit *control* terdapat input *power supply* 220 VAC, input trafo arus pengukur arus motor, input sensor temperatur *thyristor* dan juga terminal *digital input* serta *auxiliary contact* relay-relay *digital output* dan kontaktor 3 fasa. Di modul unit *trigger* terdapat terminal *socket* yang terhubung ke terminal *gate thyristor*, berfungsi untuk mengatur tegangan yang masuk ke *gate thyristor*.

Pada modul *Display and Key* terdapat tampilan untuk menampilkan berbagai data arus motor dan beberapa parameter lainnya secara visual serta beberapa tombol yang berfungsi untuk mengakses menu,

mengatur dan memasukkan data-data parameter tertentu.

Perintah *start* motor diterima oleh modul unit *control* melalui *digital input* dengan terhubungnya terminal no 13 dan 21. Unit *control* akan meneruskan perintah ke modul unit *trigger* yang kemudian akan mengirimkan sinyal tegangan untuk membuka *gate thyristor* sehingga arus akan masuk secara perlahan. Perubahan kenaikan arus motor tersebut akan dibaca dan diinstruksikan menuju unit *control* yang diinginkan menuju unit *trigger* untuk memberi arus sesuai dari data *inputnya* (dari operator/teknisi).

Selama proses *start* berlangsung, lonjakan arus yang terjadi akan terus dimonitor dan dijaga sesuai dengan *settingan* operator/teknisi. Setelah arus motor telah mencapai nilai nominalnya, maka unit *control* akan mengaktifkan kontaktor dan mengecilkan besaran arus yang melewati *thyristor* sehingga arus dan tegangan motor beralih mengalir melalui kontaktor 3 fasa. Selama motor bekerja, arus motor dan temperatur *thyristor* akan terus dimonitor dan ditampilkan pada *module display and key*.



Gambar 4.2 Rangkaian Kontrol PLC Soft Starter ABB PSTX 570 Pada Mesin Hammermill HM258

Motor dapat dioperasikan atau di *start* dengan mode *manual* dan *auto*, tetapi ada beberapa persyaratan agar motor dapat *start*, antara lain :

3. Kondisi motor dalam keadaan benar-benar berhenti atau dalam kondisi *stop*. Hal ini dapat ditandai dengan aktifnya relay *zero speed* yang mengaktifkan relay RZ. Relay RZ akan menginformasikan ke PLC dengan cara menghubungkan signal 24 V DC ke *adress/alamatnya* yaitu channel BI (*Bitwise Input*) 10413.
4. Plat *guide*/lempengan pengarah yang berada pada posisi *forward* atau *reverse* sebagai penunjuk arah putaran motor, yaitu dengan mengaktifkan saklar *proximity switch* yang akan mengirimkan signal 24 V DC ke *adress PLC* yaitu channel BI 10431 atau ke BI 10432.

Prinsip kerja dari rangkaian kontrol ini antara lain :

4. Setelah arah putaran motor dipilih *forward* ataupun *reverse*, maka PLC akan mengaktifkan relay R6 atau R7 yang

mengaktifkan kontaktor 3 fasa yang ada dijaga *out thermal overload TOR (OL)*. Kontaktor ini memberikan *supply* 3 fasa ke *soft starter*.

5. Motor akan *start* ditandai dengan aktifnya relay R20 yang akan mengaktifkan relay RS melalui kontak bantu kontaktor 3 fasa yang telah aktif terlebih dahulu.
6. Relay RS yang telah aktif menghubungkan terminal *soft starter* nomor 13 dan dengan nomor 21, sehingga *thyristor* pada *soft starter* bekerja mensuplai tegangan 3 fasa ke motor sehingga motor akan bekerja.

Untuk sistem keamanan pada motor dari beban berlebih, motor dijaga oleh *thermal overload relay (TOR)* yang terpasang di keluaran *output soft starter* yaitu OL. Selain itu juga menggunakan settingan batas arus motor yang terdapat pada dalam *software/program* pada *soft starter*. Apabila terjadi arus berlebih maka sensor pengukur arus dan pengaman yang ada di program akan mendeteksi dan menghentikan *supply* listrik 3 fasa ke motor. Demikian juga dengan pengaman eksternal (TOR) akan mematikan kontaktor 3 fasa K FWD atau K RVS dengan memutuskan rangkaian kontrolnya.

## 4.2 Analisa Data

### 4.2.1 Besaran Arus Start

Data besaran arus *start*, tegangan dan daya didapatkan dari tampilan *display* yang terpasang pada *soft starter* ABB PSTX 570 seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini :



Gambar 4.3 *Display* Data Besaran Arus Pada Saat Proses Start Berlangsung



Gambar 4.4 Puncak Arus *Start* Yang Terlihat Pada Module *Display&Key*



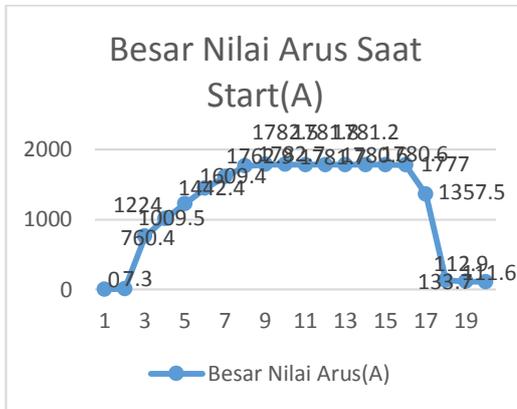
Gambar 4.5 Besaran Arus Nominal Yang Terlihat Pada Module *Display&Key*

Berdasarkan hasil pengukuran pada saat terjadinya proses pengasutan berlangsung, didapatkan data besaran nilai arus *start* yang dapat dilihat pada tabel dan grafik di bawah ini :

Waktu (s)	Besar Nilai Arus (A)
1	0
2	7,3
3	760,4
4	1009,5
5	1224
6	1442,4
7	1609,4
8	1762,9
9	1782,7
10	1782,5
11	1781,7
12	1781,8
13	1780,6
14	1781,2
15	1780,6
16	1777
17	1357,5
18	133,7
19	112,9

20	111.6
----	-------

Tabel 4.1 Besaran Nilai Arus Saat *Start* Berlangsung



Gambar 4.6 Grafik Besaran Nilai Arus Saat *Start* Berlangsung

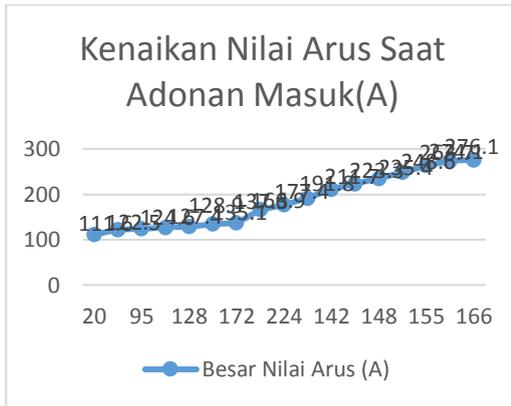
Seperti yang terlihat pada grafik, pada saat *start* berlangsung, butuh sekitar 8 detik dari saat motor dihidupkan hingga mencapai arus puncak. Setelah itu momentum arus puncak terjadi selama beberapa detik hingga besar arus menurun secara drastis mencapai besaran arus nominalnya. Butuh sekitar 20 detik dari 0 hingga motor mencapai arus nominalnya.

Setelah arus telah mencapai besaran nominalnya, bahan adonan secara bertahap dimasukkan dari *bin mixer* menuju mesin *hammermill* untuk diaduk. Pada saat tersebut motor mengalami kenaikan arus secara perlahan hingga arus nominal motor mengalami peningkatan. Kenaikan ini terjadi dalam waktu yang lama. Apabila nilai arus yang terukur pada motor melebihi batasan yang tertera pada operator mesin *hammermill* (sekitar 330 A) maka suplai ke motor akan dimatikan sehingga mesin *hammermill* tidak

aktif. Kenaikan arus ini dapat dilihat pada table dan grafik di bawah ini :

Waktu (s)	Besar Nilai Arus (A)
20	111,6
80	122,5
95	124,6
112	127,4
128	128,9
156	135,1
172	137,3
213	166,9
224	177,4
137	191,8
142	211,7
145	223,3
148	235,4
151	248,6
155	263,7
162	274,1
166	276,1

Tabel 4.2 Kenaikan Besaran Arus Pada Saat Bahan Adonan Masuk Ke Mesin *Hammermill*



Gambar 4.7 Grafik Besaran Nilai Arus Motor Saat Adonan Masuk Ke Mesin *Hammermill*

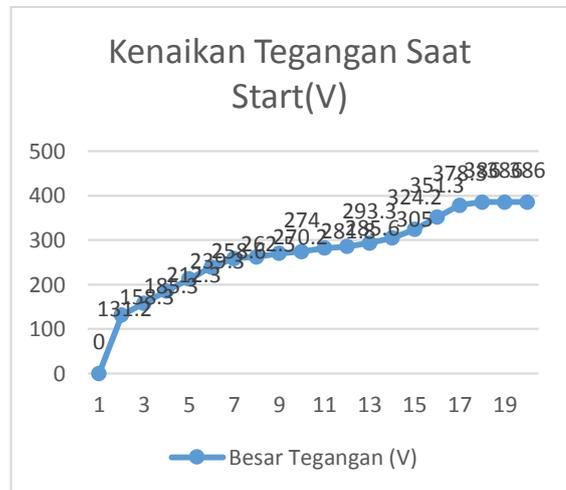
#### 4.2.2 Kenaikan Tegangan Saat Start

Seluruh nilai besaran dan kenaikan tegangan pada saat proses pengasutan berlangsung yang ditampilkan pada *module Display and Key* yang dapat dilihat pada tabel dan grafik di bawah :

Waktu (s)	Besar Nilai Tegangan (V)
1	0
2	131,2
3	158,3
4	185,3
5	212,3
6	239,3
7	258,6
8	262,5
9	270,2
10	274

11	281,8
12	285,6
13	293,3
14	305
15	324,2
16	351,3
17	378,3
18	386
19	386
20	386

Tabel 4.3 Kenaikan Nilai Tegangan Pada Saat Proses *Start* Berlangsung



Gambar 4.8 Grafik Kenaikan Tegangan Saat Proses *Start* Berlangsung

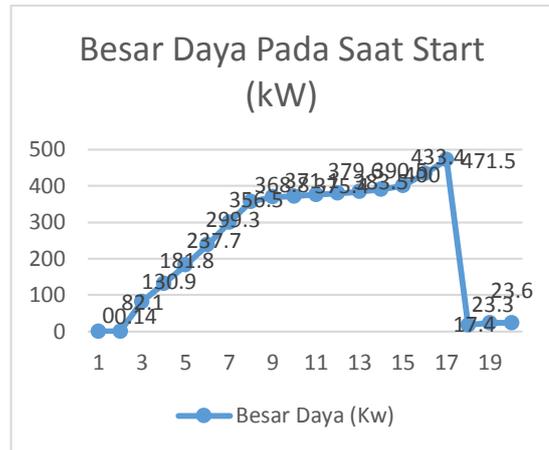
#### 4.2.3 Besaran Daya Saat Start

Pada proses pengasutan dimulai, motor berputar hanya terkopel pada pisau sebelum masuknya bahan adonan pada gilingan. Kenaikan daya yang terjadi dapat dilihat pada tabel dan grafik di bawah ini :

Waktu (s)	Besar Nilai Daya (Kw)
1	0
2	0,14
3	82,1
4	130,9
5	181,8
6	237,7
7	299,3
8	356,5
9	368,8
10	371,1
11	375,4
12	379,6
13	383,5
14	390,5
15	400
16	433,4
17	471,5
18	17,4

19	23,3
20	23,6

Tabel 4.4 Besaran Daya Pada Saat *Start* Berlangsung



Gambar 4.9 Grafik Besaran Daya Saat *Start* Berlangsung

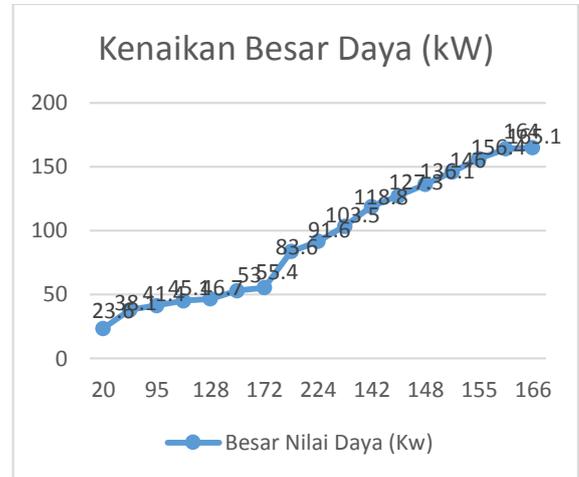
Seperti yang terlihat pada hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa pada saat proses pengasutan berlangsung, daya yang dibutuhkan agar motor dapat berputar hingga mencapai daya puncak 471,5 kW pada detik ke 17 hingga mencapai putaran nominalnya (3000 rpm). Setelah itu daya yang dibutuhkan pun menurun drastis hingga mencapai sekitar 23,6 kW saat motor mencapai arus dan putaran nominalnya. Daya puncak sesaat dibutuhkan untuk mengatasi torsi awal motor.

Selanjutnya ketika bahan masuk ke mesin *hammermill* untuk digiling maka beban tersebut menjadi beban yang sesungguhnya (variabel) yang harus dibatasi hingga mencapai daya kemampuan maksimum motor yang tertera pada *nameplate*. Pengaturan pembebanan dilakukan secara bertahap dimulai dari daya

23,6 kW hingga mencapai daya maksimum motor (250 kW). Pada kondisi ini motor telah mencapai batas maksimumnya dan pembebanan atau penambahan bahan baku dicukupkan pada titik tersebut. Pada keadaan tersebut hubungan daya, tegangan dan arus pada kondisi konstan/stabil. Kenaikan besaran daya tersebut dapat dilihat pada tabel dan grafik dibawah ini :

Waktu (s)	Besar Nilai Daya (Kw)
20	23,6
80	38,1
95	41,4
112	45,1
128	46,7
156	53
172	55,4
213	83,6
224	91,6
137	103,5
142	118,8
145	127,3
148	136,1
151	146
155	156,4
162	164
166	165,1

Tabel 4.5 Besar Nilai Arus Saat Bahan Adonan Masuk Ke Mesin



Gambar 4.10 Grafik Kenaikan Besaran Daya Pada Motor Saat Bahan Adonan Masuk Ke Mesin

### 4.3 Menghitung Besar Arus DOL Dan Perbandingan Arus Terukur

Menurut beberapa sumber jurnal seperti jurnal oleh Dwi Riyadi H (2011), Teguh Nur Imamudin (2016), M Syahril Bachtiar dkk (2019) dan beberapa jurnal rujukan lainnya, lonjakan arus yang biasanya terjadi pada saat proses pengasutan motor berlangsung dapat mencapai 5-7 kali dari besar arus nominal motor tersebut, sehingga dari keterangan tersebut dapat kita ketahui seberapa efektif penggunaan *soft starter* dalam mengurangi lonjakan arus pada motor dibandingkan pada saat motor *start* pada kondisi DOL.

Diketahui : I nominal motor = 442 A

$$\begin{aligned} *I \text{ saat DOL} &= 442 \text{ A} \times 7 \\ &= 3094 \text{ A} \end{aligned}$$

\*Perbandingan Dengan Puncak Besar Arus Saat Start :

$$\frac{I \text{ DOL} - I_{\text{puncak}}}{I \text{ DOL}} \times 100$$

$$= \frac{3094 \text{ A} - 1782,7 \text{ A}}{3094 \text{ A}} \times 100$$

$$= 42,3\%$$

Dari hasil perhitungan diatas, didapatkan hasil bahwa dari proses pengasutan dengan menggunakan metode *soft starting* dapat mengurangi lonjakan arus hingga 42,3% dibandingkan saat motor *start* jika tidak menggunakan *soft starter*.

## V PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari analisa data dan pembahasan pada bab sebelumnya, dapat diperoleh beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Metode pengasutan secara *soft starting* secara efektif dapat mengurangi lonjakan arus sebesar 42,3% pada saat digunakan pada motor 3 fasa berdaya 250 kW yang digunakan untuk menggerakkan mesin *hammermill* HM 258.
2. Keunggulan yang dimiliki *soft starter* adalah dari segi ukurannya yang lebih sederhana dibandingkan dengan peralatan pengasutan lainnya seperti rheostat dan inverter. Selain itu *soft starter* bisa dioperasikan dengan menggunakan PLC dan monitor komputer sehingga lebih mudah dalam operasional nya.

## DAFTAR PUSTAKA

Dwi Riyadi H. (2011). *Soft Starting Pada Motor Induksi 3 Fasa. Jurusan*

*Teknik Elektro Fakultas Teknik Undip*, 5(1), 1–5.

Imamudin, T. N. (2016). *Implementasi Metode Soft Starting Pada Motor Induksi 3 Fasa Implementation of Three Phase Induction Motors Soft-Starting.*

Arghandi, J. (2014). *ANALISA PENGASUTAN SOFT STARTING MOTOR INDUKSI 3 FASA.* 5–31.

Evalina, N., & Zulfikar, A. A. (2018). Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Programmable Logic Controller. *Journal of Electrical Technology*, 3(2), 73–80.

Zulfikar, Evalina, N., H, A. A., & Nugraha, Y. T. (2019). Analisis Perubahan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Dengan Menggunakan Inverter 3G3Mx2. *Semnastek Uisu*, 2–5.

Harahap, P. (2016). Pengaruh Jatuh Tegangan Terhadap Kerja Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Simulink MATLAB. *Media Elekrika*, 9(2), 1–18

Roza, I., Yanie, A., Almi, A., & Andriana, L. (2020). Implementasi Alat Pendeteksi Getaran Bantalan Motor Induksi Pada Pabrik Menggunakan Sensor Piezoelektrik Berbasis SMS. *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, 3(1), 20–25. <https://doi.org/10.30596/rele.v3i1.5233>

Bachtiar, M. S., Mulia, S. B., & Suryadi, A. (2019).

*Perancangan Soft Starting  
Motor Induksi Satu Fasa  
Menggunakan Triac. 2(1), 31–  
38.*

Ghufran, A., Nrartha, I. M. A., &  
Nababan, S. (2020). ANALISIS  
SOFT STARTING  
MENGUNAKAN ANTI  
PARALEL SCR UNTUK  
MOTOR INDUKSI 3 FASA 15  
kW Analysis of Soft Starting  
using Anti Parallel SCR for 3  
Phase Induction Motor 15 kW.  
*Dielektrika, 7(2), 149–155.*

Rozi, F. (2014). *PENGUJIAN  
KARATERISTIK  
PENGASUTAN MOTOR  
INDUKSI 3 FASA ROTOR  
SANGKAR MENGGUNAKAN  
METODE SOFT  
STARTING.* Program Studi

Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Bengkulu.

Alivsky, G. N. (2017). *PENGUJIAN  
ARUS PADA MODUL  
PRAKTIKUM STARTING  
MOTOR INDUKSI 3 FASA  
DENGAN METODE DOL ,  
WYE- DELTA , DAN SOFT  
STARTING.*

Priahutama, A. B., Sukmadi, T., &  
Setiawan, I. (2010). Perancangan  
Modul Soft Starting Motor Induksi 3  
Fasa dengan ATMEGA 8535.  
*Transmisi, 12(4), 160–167.*  
[https://doi.org/10.12777/transmisi.12  
.4.160-167](https://doi.org/10.12777/transmisi.12.4.160-167)

Sen, C. P. (1997).  
*Principles\_of\_Electrical\_Machi  
nes\_and\_Po.pdf.*

## BIODATA PENULIS



### DATA PRIBADI

Nama : Muhammad Sufyan Ilham  
Tempat/Tanggal Lahir : Medan/13 Oktober 1997  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Agama : Islam  
Nama Ayah : Julianto  
Nama Ibu : Elsiani  
Email : [mhdsufyanilham270@gmail.com](mailto:mhdsufyanilham270@gmail.com)

### RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1507220080  
Fakultas/Program Studi : Teknik/Teknik Elektro  
Perguruan tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
Alamat Perguruan Tinggi : JL.Kapten Muchtar Basri BA No. 03 Medan

Jenjang Pendidikan	Tahun Lulus
TK Raja Garuda Mas	2004
SD Bina Taruna	2009
SMP Negeri 20 Medan	2012
SMA Yapim Marelan	2015
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)	2021

