

**ANALISA EFISIENSI DAYA MOTOR INDUKSI 3 PHASA
SQUIRREL CAGE 250 KW DENGAN INVERTER SEBAGAI
PENGATUR *SPEED* DI PT SOCIMAS**

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

Disusun Oleh:

REKA WIRASTA BARUS

1907220142P



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Reka Wirasta Baru
NPM : 1907220142P
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Analisa Efisiensi Daya Motor Induksi 3 Phasa *Squirrel Cage* 250 KW
Dengan Inverter Sebagai Pengatur *Speed* di PT SOCIMAS
Bidang Ilmu : Sistem Tenaga

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, 12 Oktober 2022

Mengetahui dan
menyetujui:

Dosen Pembimbing

Ir. Abdul Aziz Hutasuhut, M.M

Dosen Pembanding I

Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T

Dosen Pembanding II

Partaonan Harahap, S.T., M.T

Ketua Prodi. Teknik Elektro



Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Reka Wirasta Barus
NPM : 1907220142P
Tempat/Tanggal Lahir : Sarko, 05 Maret 1997
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

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

ANALISA EFISIENSI DAYA MOTOR INDUKSI 3 PHASA *SQUIRREL CAGE* 250 KW DENGAN INVERTER SEBAGAI PENGATUR *SPEED* DI PT SOCIMAS

Bukan merupakan plagiarisme, pencuri hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan Saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir Saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, Saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/keserjanaan Saya.

Demikian surat pernyataan ini Saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 12 Oktober 2022

Saya yang Menyatakan


REKA WIRASTA BARUS
1907220142P

ABSTRAK

Motor induksi dalam dunia perindustrian memegang peranan yang sangat penting dan juga banyak digunakan, hal ini dikarenakan motor induksi sangat sederhana dan memiliki daya tahan kuat, harga relatif murah dengan perawatan yang mudah serta efisiensi yang tinggi. Nilai efisiensi pada motor dapat mengalami penurunan sehingga perlu diketahui nilai efisiensi pada sebuah motor agar diketahui perawatan dan tindakan yang dapat dilakukan. Pada penelitian ini digunakan motor induksi 3 fasa *Squirrel Cage* 250 KW yang ada di PT Socimas yang dapat diatur putaran motornya oleh inverter dengan mengubah frekuensi yang masuk ke motor. Dengan metode yang dilakukan adalah pengambilan data dengan putaran motor minimum, putaran motor medium dan putaran motor maksimum dalam waktu 4 hari pengambilan data. Frekuensi yang diatur yaitu dari 5 HZ sampai dengan 40 HZ dan didapatkan daya keluaran motor (rata-rata dalam 4 hari) yaitu 8,16 KW sampai 66,82 KW, nilai putaran (rata-rata dalam 4 hari) yang dihasilkan yaitu dari 147,5 RPM sampai 1192,3 RPM dengan nilai efisiensi yang didapat adalah 73,7 %. Maka didapatkan kesimpulan bahwa semakin besar nilai frekuensi yang dimasukkan melalui inverter, semakin besar pula daya keluaran motor dan nilai putaran yang dihasilkan oleh motor. Perawatan yang dilakukan adalah perawatan saat terjadi kerusakan, perawatan setelah prediksi dari hasil analisa dan perawatan pencegahan yang dilakukan dalam setahun sekali.

Kata Kunci : Motor Induksi, Inverter, Daya Motor, Efisiensi

ABSTRACT

Induction motors in the industrial world play a very important role and are also widely used, this is because induction motors are very simple and have strong durability, relatively cheap prices with easy maintenance and high efficiency. The efficiency value on the motor can decrease so it is necessary to know the efficiency value on a motor in order to know the maintenance and actions that can be taken. In this research, a 3-phase Squirrel Cage 250 KW induction motor is used at PT Socimas which can be regulated by an inverter by changing the frequency that enters the motor. The method used is data collection with minimum motor rotation, medium motor rotation and maximum motor rotation within 4 days of data collection. The regulated frequency is from 5 HZ to 40 HZ and the motor output power (average in 4 days) is 8.16 KW to 66.82 KW, the rotation value (average in 4 days) is from 147.5 RPM to 1192.3 RPM with the efficiency value obtained is 73.7%. Then it can be concluded that the greater the frequency value entered through the inverter, the greater the motor output power and the value of the rotation generated by the motor. The maintenance carried out is maintenance when damage occurs, maintenance after prediction from the results of the analysis and preventive maintenance carried out once a year.

Keywords : Induction Motor, Inverter, Motor Power, Efficiency

KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT karena dengan rahmat, karunia serta taufik dan hidayah-Nya lah Penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini yang berjudul **“ANALISA EFISIENSI DAYA MOTOR INDUKSI 3 FASA *SQUIRREL CAGE* 250 KW DENGAN INVERTER SEBAGAI PENGATUR *SPEED* DI PT SOCIMAS”** sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU) Medan.

Pada kesempatan ini, Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada orang-orang yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, Penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Allah SWT , karena atas berkah dan izin nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir dan studi di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Kedua orang tua saya Bapak Asril Barus dan Ibu Efrida Yeni, yang tak hentinya mendo'akan dan memberikan dukungan serta nasehat setiap harinya.
3. Abangda Penulis Redo Wijaya Barus serta Kakak Penulis Reny Widya Barus serta Adik Penulis Repo Wianata Barus yang selalu memotivasi saya untuk secepatnya menyelesaikan kuliah.
4. Bapak Dr. Agussani, M.A.P, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Dr. Ade Faisal, M.sc, P.hd, selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T, selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Ibu Elvy Sahnur Nasution, S.T., M.Pd, selaku sekretaris Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Ir. Abdul Aziz Hutasuhut, MM, selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan Penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan ilmu keteknik listrikan kepada Penulis.
12. Bapak/Ibu staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
13. Seluruh Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro stambuk 17 Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Penulis Menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam Penulisan tugas akhir ini, hal ini Penulis menyadari karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang dimiliki Penulis. Oleh karena itu, saran dan masukan yang membangun sangat diharapkan untuk menyempurnakan skripsi ini. Besar harapan Penulis, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi Penulis dan bagi orang lain pada umumnya.

Medan, 7 Juli 2021

Penulis

REKA WIRASTA BARUS

4.2.1.11	Starting Motor Induksi	22
4.2.1.12	Pengaturan Putaran Motor Induksi.....	23
4.2.2	<i>Variable Speed Drive</i> (VSD)	24
4.2.2.1	Prinsip Kerja Variable Speed Drive (VSD).....	25
4.2.2.2	Bagian-Bagian VSD	25
4.2.2.3	Pengendalian Tegangan Variable Speed Drive	28
4.2.2.4	Pengaturan Frekuensi pada Variable Speed Drive	28
4.2.2.5	Prinsip Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Menggunakan VSD.....	29
4.2.2.6	Kelebihan dan Kekurangan VSD.....	30
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	32
3.1.1	Waktu Penelitian	32
3.1.2	Tempat Penelitian.....	32
3.2	Peralatan Penelitian	33
3.2.1	Peralatan yang Digunakan dalam Penelitian	33
3.2.2	Rangkaian Pengujian.....	36
3.3	Prosedur Pengambilan Data Penelitian	38
3.4	Block Diagram	40
3.5	Flow Chart.....	42
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Hasil Penelitian	44
4.2	Grafik	64
4.2.1	Grafik Perbandingan Putaran dengan Tegangan.....	64
4.2.2	Grafik Perbandingan Putaran dengan Frekuensi.....	64
4.2.3	Grafik Perbandingan Putaran dengan Torsi	65
4.2.4	Grafik Perbandingan Putaran dengan Arus.....	65
4.2.5	Grafik Perbandingan Putaran dengan Efisiensi.....	66
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan.....	69
5.2	Saran	69
DAFTAR PUSTAKA		71
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Konstruksi Sederhana Motor Induksi	10
Gambar 2. 2 Rotor Belitan	12
Gambar 2. 3 Rotor Sangkar	13
Gambar 2. 4 Suatu roda yang berputar karena mengalami suatu gaya	16
Gambar 2. 5 Grafik hubungan Daya Aktif, Reaktif dan Daya Nyata	17
Gambar 2. 6 Kurva Kecepatan Torsi Motor Induksi	22
Gambar 2. 7 Rangkaian Pengendali Kecepatan Motor AC	24
Gambar 2. 8 Prinsip Kerja VSD	25
Gambar 2. 9 Rangkaian Rectifier	26
Gambar 2. 10 Struktur Inverter Sederhana	27
Gambar 3. 1 Motor Induksi 3 Fasa	33
Gambar 3. 2 Name Plate Motor Induksi 3 Fasa	34
Gambar 3. 3 Inverter Siemens	34
Gambar 3. 4 Spesifikasi Inverter Siemens	35
Gambar 3. 5 Monitor yang Terhubung ke Inverter	36
Gambar 3. 6 Rangkaian Motor	37
Gambar 3. 7 Blok Diagram	40
Gambar 3. 8 Flow Chart.....	42
Gambar 4. 1 Grafik Perbandingan Putaran Motor VS Tegangan	64
Gambar 4. 2 Grafik Perbandingan Putaran Motor VS Frekuensi	65
Gambar 4. 3 Grafik Perbandingan Putaran Motor VS Torsi.....	65
Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan Putaran Motor VS Arus	66
Gambar 4. 5 Grafik Perbandingan Putaran Motor VS Efisiensi	66

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Data Hasil Pengujian Motor.....	44
Tabel 4. 2 Data Hasil Perhitungan Putaran Motor	47
Tabel 4. 3 Daya Input dalam KW dan HP	50
Tabel 4. 4 Data Penggunaan Energi	58
Tabel 4. 5 Data Hasil Perhitungan	62

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Motor listrik dalam dunia perindustrian memegang peranan yang sangat penting dan juga banyak digunakan. Adapun fungsi utama motor listrik adalah mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, energi mekanik inilah yang kemudian banyak dimanfaatkan dalam dunia industri, seperti memutar pompa, blower, dan lain sebagainya.

Motor induksi adalah motor yang paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi mulai dari lingkungan rumah tangga hingga industri skala besar. Hal ini dikarenakan motor induksi memiliki keunggulan dibandingkan motor jenis lainnya yaitu karena harganya yang relatif murah, struktur yang sederhana dan kokoh, karakteristik kerja yang baik dan perawatan yang mudah. [1]

Motor listrik yang banyak digunakan pada dunia industri yang memiliki kapasitas besar adalah motor induksi 3 fasa, motor listrik ini tidak memiliki kemampuan untuk mengatur kecepatan sehingga dibutuhkan fungsi inverter sebagai pengatur kecepatan dengan cara mengubah frekuensi pada motor. Sehingga dengan adanya inverter, kecepatan dapat diatur sesuai dengan beban yang dibutuhkan.

Namun dalam pengoperasiannya, motor listrik sering mengalami gangguan, seperti penurunan putaran saat beberapa lama beroperasi sehingga mengurangi kinerja dari alat yang memanfaatkannya, seperti pompa dan blower. Hal ini biasanya ditandai dengan suara yang semakin kasar pada motor. Sehingga perlu diketahui nilai efisiensi pada motor untuk mengetahui kinerja dari motor tersebut.

Berdasarkan latar belakang tersebut Penulis berkeinginan untuk mengetahui nilai efisiensi dari Motor Blower Induksi 3 Fasa *Squirrel Cage* 250 KW pada PT Socimas yang berperan sebagai penggerak blower yang berguna untuk menghembuskan udara dingin pada produk yang ada di PT Socimas.

Adapun kecepatan dari Motor Blower Induksi 3 Fasa *Squirrel Cage* 250 KW ini dapat dikendalikan oleh Inverter yang terpasang pada motor, sehingga dapat dianalisa efisiensi pada kecepatan minimum, kecepatan medium serta kecepatan maksimum dari Motor Blower Induksi 3 Fasa *Squirrel Cage* 250 KW tersebut.

Apabila Motor Blower Induksi 3 Fasa *Squirrel Cage* 250 KW ini rusak akan mengakibatkan produksi stop dan mengakibatkan kerugian pada perusahaan, maka perlu diketahui efisiensi yang ada pada Motor Blower Induksi 3 Fasa *Squirrel Cage* 250 KW tersebut untuk mengetahui sedari dini tindakan-tindakan *maintenance* yang harus dilakukan. Adapun Penulis memilih judul Tugas Akhir yaitu “Analisa Efisiensi Daya Motor Blower Induksi 3 Fasa *Squirrel Cage* 250 KW dengan Inverter Sebagai Pengatur Speed di PT Socimas”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas maka dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu:

1. Berapa daya yang digunakan oleh Motor Blower Induksi 3 Fasa *Squirrel Cage* 250 KW yang ada di PT Socimas?
2. Berapa efisiensi Motor Blower Induksi 3 Fasa *Squirrel Cage* 250 KW tersebut pada kecepatan putaran minimum, putaran medium dan putaran maksimum?
3. Apa sajakah yang mempengaruhi efisiensi pada Motor Blower Induksi 3 Fasa *Squirrel Cage* 250 KW tersebut?
4. Bagaimana cara perusahaan untuk mempertahankan efisiensi pada Motor Blower Induksi 3 Fasa *Squirrel Cage* 250 KW?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, dapat disimpulkan beberapa tujuan yaitu sebagai berikut :

1. Mengetahui daya terpakai oleh Motor Blower Induksi 3 Fasa *Squirrel Cage* 250 KW pada PT Socimas.
2. Mengetahui efisiensi Motor Blower Induksi 3 Fasa *Squirrel Cage* 250 KW di PT Socimas pada kecepatan putaran rendah, medium dan maksimum.

3. Mengetahui hal-hal yang mempengaruhi efisiensi pada Motor Blower Induksi 3 Fasa *Squirrel Cage* 250 KW di PT Socimas.
4. Mengetahui cara perusahaan untuk mempertahankan efisiensi pada Motor Blower Induksi 3 Fasa *Squirrel Cage* 250 KW

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Dalam hal ruang lingkup penelitian, dapat dilihat sebagai berikut :

1. Daya terpakai dari Motor Blower Induksi 3 Fasa *Squirrel Cage* 250 KW pada PT Socimas.
2. Efisiensi dari Motor Blower Induksi 3 Fasa *Squirrel Cage* 250 KW pada kecepatan yang diatur oleh inverter.
3. Hal yang dapat mempengaruhi efisiensi dari Motor Blower Induksi 3 Fasa *Squirrel Cage* 250 KW.
4. Cara perusahaan mempertahankan efisiensi terhadap Motor Blower Induksi 3 Fasa *Squirrel Cage* 250 KW.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Untuk mengetahui Daya terpakai dari sebuah Motor Blower Induksi 3 Fasa *Squirrel Cage* 250 KW yang ada di PT Socimas.
2. Mengetahui nilai dari efisiensi Motor Blower Induksi 3 Fasa *Squirrel Cage* 250 KW.
3. Mengetahui apa saja yang dapat mempengaruhi efisiensi dari sebuah motor.
4. Mengetahui perawatan yang perlu dilakukan atau apakah Motor Blower Induksi 3 Fasa *Squirrel Cage* 250 KW tersebut perlu diganti berdasarkan efisiensi yang didapatkan.

1.6 Sistematika Penulisan

Skripsi yang disusun memiliki sistematika sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pendahuluan merupakan bagian utama yang menjabarkan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup, manfaat penelitian dan

sistematika Penulisan.

BAB 2 TEORI DASAR

Bab ini menjelaskan tentang gambaran dan penjelasan metode yang digunakan untuk penelitian.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang objek penelitian, variabel, metode penelitian, metode pengumpulan data, dan metode analisa data.

BAB 4 HASIL DAN PENELITIAN

Bab ini membahas hasil dari survey dan analisa Penulis terhadap hasil survey yang telah dilakukan Penulis.

BAB 5 PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan Penulis tentang hasil dari analisa Penulis terhadap Kinerja dari Motor Blower Induksi 3 Fasa *Squirrel Cage* 250 KW.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan membahas tentang tinjauan pustaka yang membahas teori – teori dalam pembuatan Tugas Akhir yang berjudul Analisa Efisiensi Motor Blower Induksi 3 Fasa *Squirrel Cage* 250 KW dengan Inverter Sebagai Pengatur Speed di PT Sinarmas Oleochemical (Socimas) Kawasan Industri Medan 1. Diantaranya adalah pembahasan tentang pengertian dari motor induksi, inverter dan efisiensi.

4.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Penelitian ini adalah pengembangan dari penelitian–penelitian sebelumnya yang telah dilakukan, yaitu :

Dalam *Journal of Electrical Technology*, Vol. 3, No. 2, Juni 2018, dengan Penulis Noorly Evalina, Abdul Azis H, Zulfikar, berjudul “Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Programmable logic controller” menjelaskan bahwa kemajuan industri di negara kita mengalami perkembangan yang pesat, baik pada perindustrian besar maupun perindustrian yang kecil. Sejalan dengan perkembangan tersebut kebutuhan akan peralatan produksi yang tepat sangat diperlukan agar dapat meningkatkan efisiensi waktu dan biaya. Sebagian besar dari peralatan industri menggunakan tenaga listrik sebagai penggerak utama, salah satunya motor listrik. Dan motor induksi adalah motor yang paling banyak digunakan saat ini, karena memiliki konstruksi yang sederhana, relatif murah, lebih ringan dan memiliki efisiensi yang tinggi serta mudah dalam pemeliharaannya dibandingkan dengan motor DC. tetapi pengaturan kecepatan dan torsi motor induksi bukanlah suatu permasalahan yang mudah untuk dilakukan. Oleh sebab itu diperlukan teknologi yang tepat untuk dapat mengatur putaran motor induksi stabil. [2]

SEMNASSTEK UISU 2019, dengan Penulis Zulfikar, Noorly Evalina, Abdul Azis H, Yoga Tri Nugraha, berjudul “Analisis Perubahan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Dengan Menggunakan Inverter 3G3MX2” menjelaskan Motor

induksi bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator kepada kumparan rotornya. Bila kumparan stator motor induksi 3 fasa yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan 3 fasa, maka kumparan stator akan menghasilkan medan magnet yang berputar. Garis-garis gaya fluks yang diinduksikan dari kumparan stator akan memotong kumparan rotornya sehingga timbul gaya gerak listrik (Emf) atau tegangan induksi. Karena penghantar (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 mengalami gaya Lorentz yang menimbulkan torsi yang cenderung menggerakkan rotor sesuai dengan arah pergerakan medan induksi stator. Medan putar pada stator tersebut akan memotong konduktor-konduktor pada rotor, sehingga terinduksi arus, dan sesuai dengan Hukum Lenz, rotor pun akan turut berputar mengikuti medan putar stator. [3]

Jurnal Sistem Informasi ISSN P : 2598-599X; E: 2599-0330 Vol 2. No.1 April 2018, dengan Penulis Elvy Sahnur Nasution, Arnawan Hasibuan, berjudul "Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Dengan Merubah Frekuensi Menggunakan Inverter ALTIVAR 12P" menjelaskan Inverter merupakan sebuah alat pengatur kecepatan motor dengan mengubah nilai frekuensi dan tegangan yang masuk ke motor. Pengaturan nilai frekuensi dan tegangan ini dimaksudkan untuk mendapatkan kecepatan putaran dan torsi motor yang diinginkan atau sesuai dengan kebutuhan. Secara sederhana prinsip dasar inverter untuk dapat mengubah frekuensi menjadi lebih kecil atau lebih besar yaitu dengan mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC kemudian dijadikan tegangan AC lagi dengan frekuensi yang berbeda atau dapat diatur. Inverter merupakan alat untuk mengatur kecepatan putaran motor dengan cara mengubah frekuensi listrik sesuai dengan kecepatan motor yang diatur, sebuah Variabel Frequency Drive (VFD) adalah suatu sistem untuk mengendalikan kecepatan rotasi motor listrik arus bolak-balik (AC) dengan mengendalikan frekuensi listrik yang diberikan ke motor. VFD juga dikenal sebagai Adjustable Frekuensi Drive (AFD), Variable Speed Drive (VSD), AC Drive, Microdrives atau Inverter Drive. [4]

JURNAL TEKNIK—Volume 14, Nomor1, Edisi April 2020, Halaman 121-

128, Penulis Riski Anda Rangkuti, Atmam, Elvira Zondra, Judul “STUDI PENGATURAN KECEPATAN MOTOR INDUKSI TIGA FASA MENGGUNAKAN VARIABLE SPEED DRIVE (VSD) BERBASIS PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC)” menjelaskan Hubungan Tegangan dengan Frekuensi Untuk pemakaian VSD terhadap pengaturan motor induksi tiga fasa harus memperhatikan hal berikut. 1. Jika frekuensi kita naikan dari 50 Hz s/d 100 Hz dengan tegangan suplai konstan maka load current akan turun sebesar 50% dan torque akan drop sebesar 100%. 2. Jika frekuensi kita turun dari 50 Hz s/d 25 Hz dengan tegangan suplai konstan maka load current akan naik menjadi dua kali dan motor akan over heat. Jadi kesimpulannya bahwa perubahan frekuensi adalah berbanding terbalik terhadap perubahan arus. [5]

Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 4, No. 4, Tahun 2015, Fajar Septianto, Achmad Widodo dan Nazaruddin Sinaga, dengan judul “ANALISA PENURUNAN EFISIENSI MOTOR INDUKSI AKIBAT CACAT PADA CAGE BALL BANTALAN” Motor induksi 3 fasa banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, mulai dari aplikasi rumah tangga sampai aplikasi industri besar. Hal ini dikarenakan motor induksi memiliki beberapa kelebihan, diantaranya adalah mempunyai konstruksi yang sederhana, harganya relatif lebih murah jika dibandingkan dengan jenis motor yang lainnya, menghasilkan putaran yang konstan, perawatan yang mudah. Walaupun demikian motor induksi merupakan salah satu peralatan penting dalam suatu proses produksi pada industri, karena jika motor induksi mengalami penurunan performansi maka suatu proses produksi atau proses kerja industri akan terganggu. Oleh karena itu penting untuk terus memantau performa dari motor tersebut, diantaranya adalah pemantauan adanya kerusakan pada motor dan efisiensi pada motor. [6]

4.2 Landasan Teori

4.2.1 Motor Induksi

4.2.1.1 Pengertian Motor Induksi

Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak balik (AC) yang paling luas dan umum digunakan dalam era modern seperti sekarang ini. Penamaan tersebut berasal dari kenyataan bahwa motor ini bekerja berdasarkan induksi medan magnet stator ke rotornya, dimana arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator. Motor induksi sangat banyak digunakan di dalam kehidupan sehari-hari baik di industri maupun di rumah tangga. Motor induksi yang umum dipakai adalah motor induksi 3 fasa dan motor induksi 1 fasa. Motor induksi 3 fasa dioperasikan pada sistem tenaga 3 fasa dan banyak digunakan di dalam berbagai bidang industri dengan kapasitas yang besar. Motor induksi 1 fasa dioperasikan pada sistem tenaga 1 fasa dan banyak digunakan terutama untuk peralatan rumah tangga seperti kipas angin, lemari es, pompa air, mesin cuci dan sebagainya karena motor induksi 1 fasa mempunyai daya keluaran yang rendah.

Motor induksi tiga fasa berputar pada kecepatan yang pada dasarnya adalah konstan, mulai dari tidak berbeban sampai mencapai keadaan beban penuh. Kecepatan putaran motor ini dipengaruhi oleh frekuensi, dengan demikian pengaturan kecepatan tidak dapat dengan mudah dilakukan terhadap motor ini. Walaupun demikian, motor induksi tiga fasa memiliki beberapa keuntungan, yaitu sederhana, konstruksinya kokoh, harganya relatif murah, mudah dalam melakukan perawatan, dan dapat diproduksi dengan karakteristik yang sesuai dengan kebutuhan industri. [4]

Motor induksi banyak digunakan dikalangan industri, ini berkaitan dengan beberapa keuntungan dan kerugian.

Keuntungan :

1. Sangat sederhana dan daya tahan kuat (konstruksi hampir tidak pernah terjadi kerusakan, khususnya tipe *squirrel cage*).
2. Harga relatif murah dan perawatan mudah.

3. Efisiensi tinggi. Pada kondisi berputar normal, tidak dibutuhkan sikat dan karenanya rugi daya yang diakibatkannya dapat dikurangi.
4. Tidak memerlukan starting tambahan dan tidak harus sinkron.

Kerugian :

1. Kecepatan tidak dapat berubah tanpa pengorbanan efisiensi.
2. Tidak seperti motor DC atau motor shunt, motor induksi tiga fasa kecepatannya akan menurun seiring dengan tambahan beban.
3. Kopel awal mutunya rendah dibandingkan dengan motor DC shunt.

4.2.1.2 Klasifikasi Motor Induksi

Motor induksi diklasifikasikan menjadi dua kelompok:

a. Motor induksi satu fasa

Disebut motor satu fasa karena untuk menghasilkan tenaga mekanik, pada motor tersebut disuplai dengan tegangan satu fasa. Motor satu fasa tersebut disebut motor fasa belah. Macam-macam motor satu fasa yaitu motor kapasitor, motor kutub bayangan, motor repulsi, dan motor seri.[7]

Konstruksi dari motor induksi satu fasa ini hanya memiliki 1 gulungan kumparan stator, jika kumparan stator dihubungkan dengan sumber jala-jala listrik tidak menimbulkan medan putar, memiliki daya yang rendah, sehingga membutuhkan sebuah alat untuk menghidupkannya. Motor jenis ini merupakan jenis motor induksi yang banyak digunakan dikalangan rumah tangga, seperti halnya motor pada kipas angin, mesin cuci, pompa air, mixer, blender.

b. Motor induksi tiga fasa

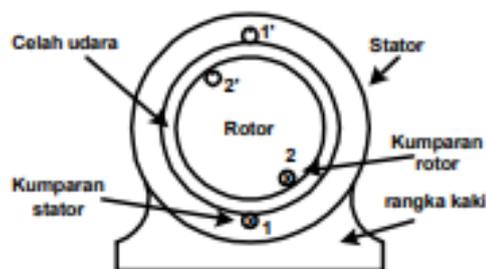
Konstruksi dari motor induksi tiga fasa ini memiliki 3 buah gulungan kumparan stator, jika kumparan stator dihubungkan dengan sumber jala – jala listrik akan menimbulkan medan magnet putar, memiliki daya yang tinggi.

Motor jenis ini merupakan jenis motor induksi yang banyak digunakan di dunia perindustrian, karena mempunyai daya tahan yang kuat dan lebih stabil, tenaga yang besar, serta hampir tidak ada perawatan. Contoh penggunaan motor

induksi tiga fasa di dunia industri adalah sebagai kompresor, pemutar penggilingan (pemutar alat produksi), conveyor pada dunia industri maupun wahana wisata bermain.

4.2.1.3 Konstruksi Motor Induksi Tiga Fasa

Dilihat dari bentuknya, motor induksi mempunyai konstruksi yang kuat dan karakteristik kerja yang baik, sehingga motor induksi menjadikan motor ac yang paling banyak digunakan. Motor induksi terdiri dari dua bagian, yaitu stator dan rotor.



Gambar 2. 1 Konstruksi Sederhana Motor Induksi [8]

a. Stator

Stator merupakan bagian yang diam dan mempunyai kumparan yang dapat menginduksikan medan elektromagnetik kepada kumparan rotor, sehingga stator dianggap bagian primer dari motor induksi. Inti stator terbuat dari lapis – lapis pelat baja beralur yang telah dipabrikasi.

Konstruksi stator sendiri pada dasarnya terdiri dari bagian bagian – bagian sebagai berikut :

i. Rumah stator (*body/frame/rangka / badan stator*)

Fungsi utama dari *body* atau *frame* adalah sebagai tempat mengalirnya flux magnet yang dihasilkan oleh kutub-kutub magnet, karena itu beban motor dibuat dari bahan feromagnetik. Disamping itu badan motor ini berfungsi untuk meletakkan alat-alat tertentu dan melindungi bagian-bagian yang lainnya. Biasanya pada motor terdapat name plate yang bertuliskan spesifikasi umum dari motor.

ii. Inti stator

Inti stator motor induksi terbuat dari lapisan lapisan laminasi pelat baja yang didukung dalam rangka stator yang terbuat dari besi tuang atau pelat baja yang dipabrikasi. Belitan motor dibuat terpisah 1200 listrik. Belitan fasa dapat tersambung secara delta (Δ) atau bintang (Y).

Inti stator ini mempunyai alur yang berfungsi sebagai tempat meletakkan belitan (kumparan) stator.

iii. Belitan (kumparan) stator

Terbuat dari bahan tembaga yang berfungsi sebagai pembangkit efek magnet, sehingga dapat menimbulkan medan magnet untuk menghasilkan medan elektromagnetik.

iv. Sikat dan pemegang sikat

Fungsi dari sikat adalah sebagai jembatan bagi aliran arus dari sumber. Selain itu, sikat berperan penting untuk terjadinya komutasi, agar gesekan antara sikat dan komutator sehingga sikat harus lebih lunak dari komutator. Biasanya sikat terbuat dari bahan arang.

v. Komutator

Komutator berfungsi sebagai penyearah mekanik yang bersama-sama dengan sikat arang membuat suatu kerja sama yang disebut komutasi. Supaya menghasilkan penyearah yang lebih baik, maka komutator yang digunakan.

Rangka stator motor induksi ini didisain dengan baik dengan beberapa tujuan, yaitu :

- Menutupi inti dari kumparannya.
- Melindungi bagian – bagian mesin yang bergerak dari kontak langsung dengan manusia dan dari goresan yang disebabkan oleh gangguan objek atau gangguan udara terbuka (cuaca luar).
- Menyalurkan torsi ke bagian peralatan pendukung mesin dan oleh karena itu stator didisain untuk tahan terhadap gaya putar dan guncangan.

- Berguna sebagai sarana rumah (celah) ventilasi udara sehingga pendinginan lebih efektif.

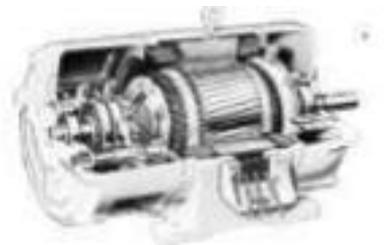
a. Rotor

Menurut bentuk rotor, motor induksi terbagi atas dua kelompok :

i. Motor Induksi Rotor Belitan (*Wound Rotor*)

Motor induksi jenis ini memiliki rotor dengan belitan kumparan tiga fasa sama seperti kumparan stator. Kumparan stator dan rotor juga memiliki jumlah kutub yang sama. Penambahan tahanan luar sampai harga tertentu, dapat membuat kopel mula mencapai harga kopel maksimumnya.

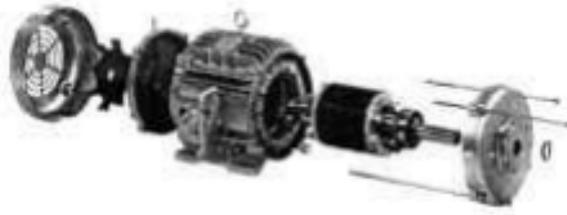
Kopel mula yang besar memang diperlukan pada waktu start. Motor induksi dengan rotor belitan memungkinkan penambahan (pengaturan) tahanan luar. Tahanan luar yang dapat diatur ini dihubungkan ke rotor melalui cincin. Selain untuk menghasilkan kopel mula yang besar, tahanan luar diperlukan untuk mengatasi arus mula yang besar pada saat start. Disamping itu dengan mengubah-ubah tahanan luar, kecepatan motor dapat diatur.



Gambar 2. 2 Rotor Belitan[9]

ii. Motor Induksi Rotor Sangkar (*Squirrel Cage Rotor*)

Inti dari rotor motor induksi tipe sangkar tupai terdiri dari lapisan lapisan konduktor yang dipasangkan sejajar dengan poros dan mengelilingi permukaan inti. Konduktor tidak terisolasi dari inti karena arus rotor secara alamiah akan mengalir menuju tahanan paling kecil yaitu konduktor rotor. Pada setiap ujung rotor, semua konduktor rotor dihubung singkat dengan cincin ujung sehingga konduktor rotor dan cincin-cincin serupa dengan sangkar tupai yang berputar sehingga dinamakan motor induksi rotor sangkar tupai.



Gambar 2. 3 Rotor Sangkar [9]

4.2.1.4 Prinsip Kerja Motor Induksi

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

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

Pada rangka stator terdapat kumparan stator yang ditempatkan pada slot-slotnya yang dililitkan pada sejumlah kutup tertentu. Jumlah kutup ini menentukan kecepatan berputarnya medan stator yang terjadi yang diinduksikan ke rotornya. Makin besar jumlah kutup akan mengakibatkan makin kecilnya kecepatan putar

medan stator dan sebaliknya. Kecepatan berputarnya medan putar ini disebut kecepatan sinkron.

Prinsip dasar dapat dijelaskan secara sederhana sebagai berikut :

- Tegangan induksi akan timbul pada setiap konduktor diakibatkan oleh medan magnet yang memotong konduktor (hukum Faraday).
- Karena konduktor dihubungkan menjadi satu, membuat tegangan induksi menghasilkan arus yang mengalir dari konduktor ke konduktor lain.
- Karena terjadi arus diantara medan magnet maka akan timbulah gaya (hukum Lorentz).
- Gaya akan selalu menarik konduktor untuk bergerak sepanjang medan magnetik.[9]

Sumber tegangan 3 fasa yang di pasang pada kumparan stator akan menimbulkan medan putar dengan kecepatan :

$$n_s = 120 f/p \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

n_s = Kecepatan medan putar stator

f = Frekuensi

p = Jumlah kutub

Tegangan induksi yang ditimbulkan akibat medan putar yang memotong konduktor pada rotor sebesar:

$$E_{2s} = 4,44 \times f_2 \times N_2 \times \Phi_m \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

E_{2s} = Tegangan induksi pada saat rotor berputar.

N_2 = Jumlah lilitan rotor

f_2 = Frekuensi rotor.

Φ_m = Fluks magnet yang dibangkitkan

Perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator (n_s) dengan kecepatan putar rotor (n_r) disebut *slip* (s) dengan :

$$s = (n_s - n_r)/n_s \times 100\% \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

$s = \text{slip } (\%)$

$n_s = \text{kecepatan medan putar stator (rpm)}$

$n_r = \text{kecepatan medan putar rotor (rpm)}$

4.2.1.5 Pengaruh Frekuensi Terhadap Kecepatan

Frekuensi pada dasarnya merupakan parameter sangat krusial karena akan berpengaruh banyak terhadap peralatan listrik. Frekuensi berpengaruh terhadap kecepatan putar motor, pada dasarnya motor berputar karena adanya prinsip kerja elektromagnetik, dimana ketika terdapat arus yang mengalir pada suatu penghantar maka akan timbul medan magnet yang mengelilingi penghantar tersebut yang dikenal dengan kaidah tangan kanan dimana ibu jari mewakili arah arus dan keempat jari lainnya mewakili arah medan. Sehingga arah arus mempengaruhi arah medan. Lilitan pada stator akan menjadikan inti besi pada stator menjadi magnet dengan kutub tertentu tergantung arah melilitkan lilitan kawatnya.

Jika ada penghantar yang memotong medan magnet tersebut maka akan timbul ggl induksi, sehingga bila penghantar tersebut menjadi suatu rangkaian tertutup maka akan timbul arus. Jika ada arus yang terdapat di dalam medan magnet akan menimbulkan gaya dorong yang disebut dengan gaya Lorentz.

Kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran/loop, maka kedua sisi loop, yaitu pada sudut kanan medan magnet, akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan. Pasangan gaya menghasilkan tenaga putar/ torsi untuk memutar kumparan. Karena perubahan arah arus yang cepat (50 kali tiap detik) maka gaya yang bekerja untuk memutar penghantar tersebut juga semakin cepat. Sehingga jika nilai kecepatan perubahan arah arus lebih lambat maka proses terjadi prinsip kerja elektromagnetik dari motor juga berjalan lebih lambat sehingga mempengaruhi kecepatan putar motor. Dengan demikian maka jika mengubah nilai frekuensi maka seperti mengubah kecepatan motor listrik. Dengan nilai perubahan yang linear. [10]

4.2.1.6 Torsi Motor Arus Searah

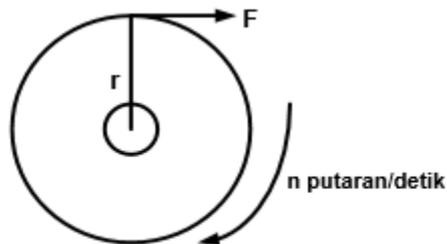
Torsi adalah putaran dari suatu gaya terhadap suatu poros. Torsi diukur dengan hasil kali gaya dengan jari-jari lingkaran dimana gaya tersebut bekerja. Gambar 2.5 menunjukkan pada suatu roda dengan jari-jari r bekerja suatu gaya F

Newton yang menyebabkan benda berputar dengan kecepatan n putaran per detik

$$\text{Torsi} = F \times r \text{ Newton-meter (Nm) (2.4)}$$

Usaha yang dilakukan oleh gaya tersebut pada suatu putaran adalah $= F \times 2 \pi r$

Joule. Terlihat pada Gambar 2.5 berikut:



Gambar 2. 4 Suatu roda yang berputar karena mengalami suatu gaya [11]

Untuk menghitung torsi motor pada saat beban penuh, kita dapat menerapkan rumus:

$$\tau = \frac{HP \times 5252}{n} \text{ (2.5)}$$

Atau menggunakan persamaan rumus sebagai berikut :

$$\tau = \frac{P_{out}}{\omega} \text{ (2.6)}$$

$$\omega = 2\pi \cdot n_r / 60 \text{ (2.7)}$$

Dimana :

τ = Torsi (NM)

HP = Daya kuda

5252 = Konstanta

n_r = Kecepatan Motor Induksi

P_{out} = Daya keluaran (output) motor induksi

ω = Kecepatan sudut putar

4.2.1.7 Daya pada Motor Induksi

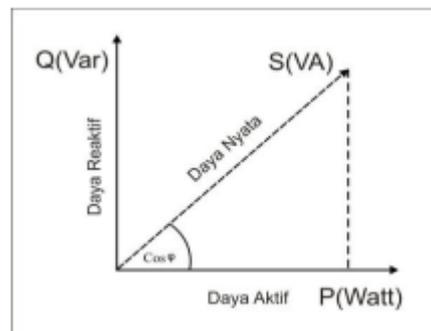
Satuan daya listrik dalam SI adalah Watt, yang didefinisikan sebagai berubahnya energi terhadap waktu dalam bentuk tegangan dan arus. Daya dalam watt diserap oleh suatu beban pada setiap saat sama dengan jatuh tegangan pada

beban tersebut (volt) dikalikan dengan arus yang mengalir lewat beban (Ampere), atau Daya listrik terbagi menjadi tiga jenis, yaitu daya aktif, daya reaktif dan daya nyata. [12]

Secara teoritis daya terbagi menjadi 3 yaitu daya aktif, daya reaktif dan daya semu sebagai berikut :

- Daya aktif (P) adalah daya yang diubah menjadi energi, persatuan waktu atau dengan kata lain adalah daya yang benar-benar terpakai yang dihasilkan oleh komponen resistif, satuannya adalah Watt (W).
- Daya reaktif (Q) adalah daya yang ditimbulkan oleh komponen reaktansi. Daya reaktif ditentukan dari reaktansi yang menimbulkannya, dapat berupa reaktansi induktif (XL) dan reaktansi kapasitif (Xc), satuannya adalah volt ampere reaktif (VAR).
- Daya semu (S) adalah jumlah secara vektoris daya aktif dan daya reaktif yang memiliki satuan volt ampere (VA).

Hubungan dari jenis Daya ini dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2. 5 Grafik hubungan Daya Aktif, Reaktif dan Daya Nyata [12]

Faktor Daya

Perbedaan fasa antara arus dan tegangan disebut sudut fasa dan cosinus sudut fasa disebut faktor daya ($\cos \phi$). Faktor daya merupakan suatu besaran yang dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara daya aktif dengan daya semu. Dinamakan sudut fasa, sudut ini menentukan kondisi tegangan mendahului atau tertinggal terhadap arus. Untuk efisiensi atau operasi diusahakan faktor daya ($\cos \phi$) mendekati satu.

Pada motor induksi terjadi perubahan energi listrik menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran rotor. Pada motor induksi daya mekanik yang dihasilkan digunakan untuk berbagai keperluan sesuai dengan yang diinginkan.

Daya masukan motor listrik dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$P_{in} = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \dots\dots\dots (2.8)$$

Daya semu motor dapat dihitung dengan persamaan :

$$S = \sqrt{3} \times V \times I \dots\dots\dots (2.9)$$

Daya keluar motor induksi dapat dihitung dengan rumus :

$$P_{out} = M \times \omega \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan : M = momen atau torsi (Nm)

ω = kecepatan sudut (rad/dt)

Kecepatan sudut dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\omega = 2\pi \times nr/60 \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan : nr = kecepatan putar rotor (rpm)

Energi Listrik dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$W = P \times t \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan : W = Energi (KWH)

P = Daya (KW)

t = Waktu (H)

4.2.1.8 Efisiensi pada Motor Induksi

Efisiensi sebuah mesin adalah suatu ukuran seberapa baik mesin dapat mengubah energi masukan listrik ke energi keluaran mekanik. Efisiensi berhubungan langsung dengan rugi-rugi motor induksi terlepas dari desain mesin itu sendiri. [6]

Dinyatakan sebagai perbandingan antara daya keluaran dan daya masukan dan biasanya dinyatakan dalam persen juga sering dinyatakan dengan perbandingan antara keluaran dengan keluaran ditambah rugi - rugi, yang dirumuskan dalam persamaan berikut.

$$\eta = P_{out}/P_{in} \times 100\% \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan : η = kecepatan putar rotor (%)

Pada beban-beban dengan nilai yang kecil, rugi-rugi tetap lebih besar dibandingkan dengan keluaran, untuk itu efisiensi yang dihasilkan rendah. Sebagaimana beban bertambah, efisiensi juga bertambah dan menjadi maksimum ketika rugi inti dan rugi variabel adalah sama. Efisiensi maksimum terjadi sekitar 80 – 95 % dari rating output mesin, dimana nilai yang lebih tinggi terdapat pada motor-motor yang besar. Jika beban yang diberikan melebihi beban yang menghasilkan efisiensi maksimum, maka rugi-rugi beban bertambah lebih cepat daripada output, konsekuensinya efisiensi berkurang.

Efisiensi motor induksi dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

- Usia: Motor baru lebih efisien
- Kapasitas: Sebagaimana pada hampir kebanyakan peralatan, efisiensi motor meningkat dengan laju kapasitasnya.
- Kecepatan: Motor dengan kecepatan yang lebih tinggi biasanya lebih efisien.
- Jenis motor: Sebagai contoh, motor sangkar tupai biasanya lebih efisien daripada motor belitan (cincin geser).
- Suhu: Motor yang didinginkan oleh fan dan tertutup total lebih efisien daripada motor tanpa pendingin.
- Penggulungan ulang motor dapat mengakibatkan penurunan efisiensi.

Ada beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya penurunan efisiensi motor induksi diantaranya:

- Tegangan yang tidak stabil pada motor (*V-Unbalance*) akan menurunkan kinerja dan usia motor 3 fasa dari umur teknis.
- Tegangan yang tidak stabil pada terminal stator motor menyebabkan fasa ketidakstabilan arus (*I-Unbalance*).
- Ketidakstabilan arus menyebabkan ketidakstabilan torsi, yang mengakibatkan terjadinya getaran dan stres mesin, meningkatkan energi *Lossis* dan motor menjadi lebih panas, yang pada akhirnya menyebabkan usia insulasi gulungan motor menjadi pendek.
- Motor akan menjadi lebih panas ketika beroperasi pada pasokan daya dengan tegangan yang tidak stabil.

Kinerja motor dipengaruhi oleh kualitas daya yang masuk, yang ditentukan oleh tegangan dan frekuensi aktual dibandingkan dengan dengan nilai dasar. Fluktuasi dalam tegangan dan frekuensi yang lebih besar daripada nilai yang diterima memiliki dampak yang merugikan pada kinerja motor. Ketidakseimbangan tegangan bahkan dapat lebih merugikan terhadap kinerja motor dan terjadi apabila tegangan tiga fasa dari motor tiga fasa tidak sama. Hal ini disebabkan oleh perbedaan pasokan tegangan untuk setiap fase dari tiga fase. Dapat juga diakibatkan dari penggunaan kabel dengan ukuran yang berbeda pada sistem distribusinya.

4.2.1.9 Maintenance pada Motor Induksi

Untuk menjaga performa kerja dan pada sebuah motor perlu dilakukan *maintenance* secara rutin. Perawatan motor listrik merupakan salah satu hal yang paling penting untuk meningkatkan *reliability*/keandalan proses produksi dalam suatu industri. Dalam berbagai kegiatan industri yang tentunya penuh dengan proses-proses yang ada, motor listrik merupakan salah satu *equipment* atau peralatan yang banyak digunakan untuk menunjang berbagai proses tersebut. Pada industri-industri besar, motor listrik/motor induksi menjadi penggerak utama untuk menggerakkan peralatan-peralatan lainnya.[13]

a. Tujuan Maintenance

Maintenance/perawatan memiliki tujuan utama supaya suatu mesin dapat bekerja dengan efektif, diantaranya yaitu:

1. Memaksimalkan waktu operasi atau kapasitas produksinya
2. Mengoptimalkan kemampuan produksi
3. Meminimalkan biaya per unitnya
4. Meminimalkan resiko hilangnya kapasitas produktif
5. Meminimalkan terjadinya kecelakaan terhadap karyawan

b. Macam-macam Maintenance

i. Preventive Maintenance (Pemeliharaan Pencegahan)

Preventive maintenance adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan – kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang dapat menyebabkan fasilitas produksi

mengalami kerusakan pada waktu digunakan dalam proses produksi. Dengan demikian semua fasilitas produksi yang diberikan *preventive maintenance* akan terjamin kelancarannya dan selalu diusahakan dalam kondisi atau keadaan yang siap dipergunakan untuk setiap operasi atau proses produksi pada setiap saat. Sehingga dapatlah dimungkinkan pembuatan suatu rencana dan jadwal pemeliharaan dan perawatan yang sangat cermat dan rencana produksi yang lebih tepat.

ii. *Corrective Maintenance* (Pemeliharaan Perbaikan)

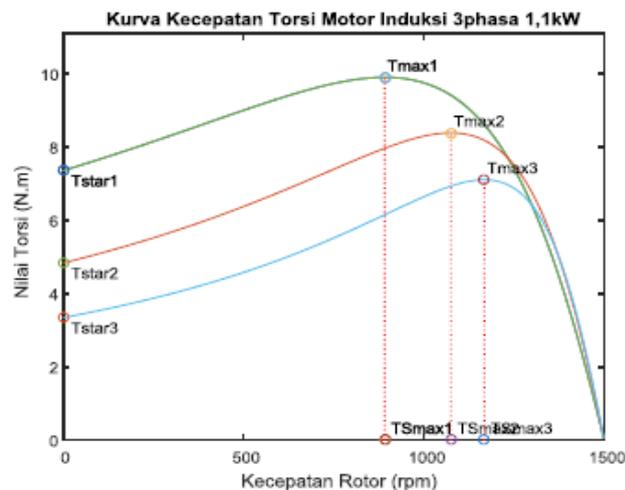
Corrective maintenance adalah suatu kegiatan *maintenance* yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan atau kelalaian pada mesin/peralatan sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik.

iii. *Predictive maintenance*

Predictive maintenance adalah tindakan – tindakan *maintenance* yang dilakukan pada tanggal yang ditetapkan berdasarkan prediksi hasil analisa dan evaluasi data operasi yang diambil untuk melakukan *predictive maintenance* itu dapat berupa getaran, temperatur, *vibrasi*, *flow rate* dan lain–lainnya. Perencanaan *predictive maintenance* dapat dilakukan berdasarkan data dari operator di lapangan yang diajukan melalui *work order* ke departemen *maintenance* untuk dilakukan tindakan yang tepat sehingga tidak akan merugikan perusahaan.

4.2.1.10 Hubungan antara Beban, Kecepatan dan Torsi Motor Induksi

Hubungan antara beban, kecepatan dan torsi motor induksi ditunjukkan pada gambar 2.6 berikut :



Gambar 2. 6 Kurva Kecepatan Torsi Motor Induksi[14]

Ketika motor mulai menyala terdapat arus start yang tinggi dan torsi yang rendah (*pull up torque*), setelah mencapai 80% kecepatan penuh maka torsi berada pada nilai tertinggi (*pull out torque*) dan arus mulai turun. Pada saat kecepatan penuh atau kecepatan sinkron maka arus torsi dan stator turun menjadi nol.

4.2.1.11 Starting Motor Induksi

Motor induksi saat dihidupkan secara langsung akan menarik arus 5 sampai 7 kali dari arus beban penuh dan hanya menghasilkan torsi 1,5 sampai 2,5 kali torsi beban penuh. Arus mula yang besar ini dapat mengakibatkan drop tegangan pada saluran sehingga akan mengganggu peralatan lain yang dihubungkan pada saluran yang sama. Untuk motor yang berdaya besar tentu arus pengasutan juga akan semakin besar, sehingga untuk motor dengan daya besar tidak dianjurkan menghidupkan motor secara langsung, untuk menghindari hal tersebut, suatu motor induksi seringkali di start dengan level tegangan yang lebih rendah dari tegangan nominalnya. Starting motor induksi dapat dilakukan dengan berbagai cara yaitu [15]:

1. Direct On Line (DOL)
2. Star – Delta (Y- Δ)
3. Autotransformer Starter
4. Soft Starter
5. Frequency Drive

4.2.1.12 Pengaturan Putaran Motor Induksi

Motor induksi pada umumnya berputar dengan kecepatan konstan, mendekati kecepatan sinkronnya. Namun untuk penggunaan tertentu diperlukan suatu pengaturan agar kecepatan motor induksi dapat diubah-ubah sesuai dengan kebutuhan. Pengaturan motor induksi memerlukan biaya yang agak tinggi. Biasanya pengaturan ini dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu dengan mengubah jumlah kutub motor, mengubah frekuensi jala-jala, mengatur tegangan jala-jala, dan mengatur tahanan luar.

a. Mengubah Jumlah Kutub Motor

Karena $n_s = 120fp$, maka perubahan kutub (p) atau frekuensi (f) akan mempengaruhi putaran rotor. Jumlah kutub dapat diubah dengan merencanakan kumparan stator sedemikian rupa sehingga dapat menerima tegangan masuk pada posisi kumparan yang berbeda-beda. Biasanya diperoleh dua perubahan kecepatan sinkron dengan mengubah kutub dari 2 menjadi 4.

b. Mengubah Frekuensi Jala-jala

Pengaturan putaran motor induksi dapat dilakukan dengan mengubah nilai frekuensi tegangan. Hanya saja untuk menjaga keseimbangan kerapatan fluks, perubahan tegangan harus dilakukan bersamaan dengan perubahan nilai frekuensi. Pengaturan frekuensi ini dapat dilakukan dengan menggunakan inverter. Tegangan searah yang masuk ke inverter akan diubah menjadi tegangan bolak-balik. Dengan mempercepat atau memperlambat periode pulsa yang memacu *thyristor*, frekuensi dan kecepatan motor dapat diatur.

c. Mengatur Tegangan Jala-jala

Dari persamaan kopel motor induksi $\tau \sim V^2$ diketahui bahwa kopel sebanding dengan pangkat dua tegangan yang diberikan. Salah satu pengaturan tegangan adalah dengan menggunakan *thyristor*. Penyalaan *thyristor* dilakukan dengan perbedaan sudut fasa 120. Dengan mengatur sudut penyalaan terhadap perpotongan sumbu nol sedemikian rupa akan diperoleh pengaturan antara $0 < V < V_{maks}$.

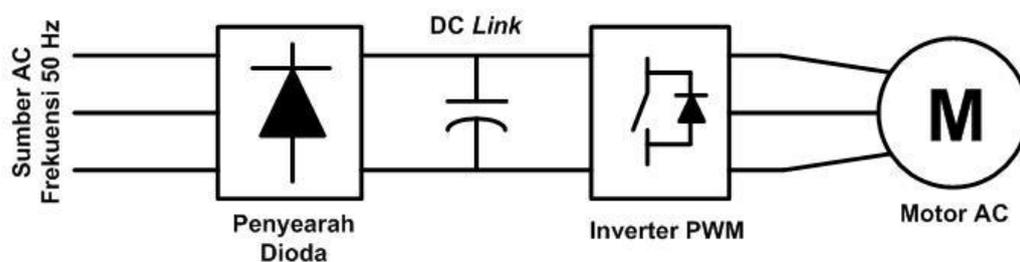
d. Pengaturan Tahanan Luar

Tahanan luar dari motor induksi rotor belitan dapat diatur, hal ini memungkinkan dilakukan karena pada motor induksi rotor belitan terdapat *slip* ring. Melalui *slip* ring ini tahanan luar dihubungkan dengan tahanan rotor, dengan demikian dihasilkan karakteristik kopel kecepatan yang berbeda-beda.

4.2.2 Variable Speed Drive (VSD)

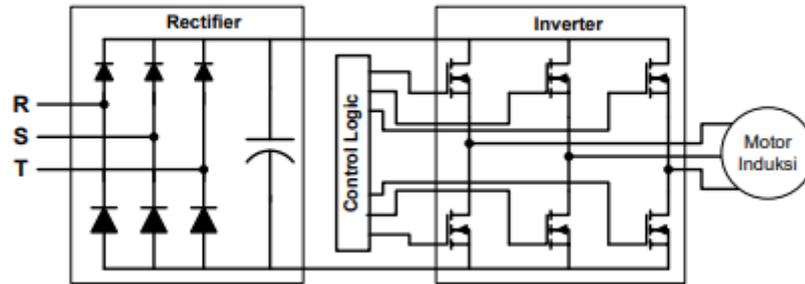
Variable speed drive atau variabel frekuensi *drive* adalah suatu alat yang digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor listrik (AC) dengan mengontrol frekuensi daya listrik yang dipasok ke motor. Variabel frekuensi *drive* semakin populer karena kemampuannya untuk mengontrol kecepatan motor induksi. VSD mengontrol kecepatan motor induksi dengan mengubah frekuensi dari grid untuk nilai disesuaikan pada sisi mesin sehingga memungkinkan motor listrik dengan cepat dan mudah menyesuaikan kecepatan dengan nilai yang diinginkan. [16]

Dua fungsi utama dari variabel frekuensi *drive* adalah untuk melakukan konversi listrik dari satu rekuensi ke yang lain, dan untuk mengontrol rekuensi keluaran. Aplikasi VSD digunakan dari mulai peralatan kecil sampai peralatan besar, yaitu pengaturan pabrik tambang, kompresor dan sistem ventilasi untuk bangunan besar. Selain itu VSD juga digunakan pada pompa, konveyor dan alat pengendali mesin. Penggunaan variabel frekuensi *drive* pada motor dapat menghemat energi sehingga mengurangi biaya listrik.



Gambar 2. 7 Rangkaian Pengendali Kecepatan Motor AC[4]

4.2.2.1 Prinsip Kerja *Variable Speed Drive* (VSD)



Gambar 2. 8 Prinsip Kerja VSD[17]

Prinsip kerja dari *variable speed drive* yang sederhana adalah sebagai berikut:

Gambar di atas menunjukkan bagian-bagian dari *Variable Speed Drive* Inverter yang memiliki prinsip kerja sebagai berikut:

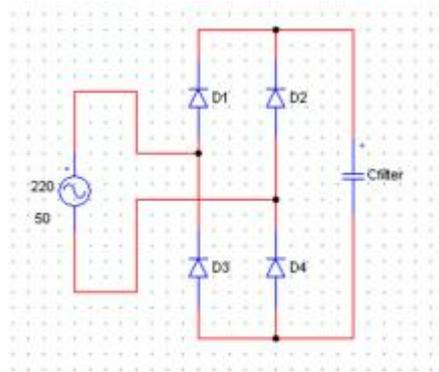
- Tegangan listrik 3 fasa dari sumber disearahkan dengan rangkaian penyearah 3 fasa *three Phase rectifier* sehingga menghasilkan tegangan DC murni setelah melalui DC bus kapasitor.
- Tegangan DC tersebut digunakan sebagai sumber yang dialirkan menuju inverter melalui saklar-saklar daya 3 lengan yang sudah dikendalikan dengan control logic sehingga pada setiap saklar yang berada dalam satu lengan bekerja secara bergantian dan dengan saklar pada lengan yang lain saling bergeser 120°.
- Saklar daya berupa *Insulated Gate Bipolar Transistor* (IGBT) yaitu suatu devais saklar semikonduktor yang mampu bekerja pada frekuensi relatif tinggi dengan kemampuan melewatkan arus yang relatif besar jika dibandingkan dengan mosfet dan transistor biasa.

4.2.2.2 Bagian-Bagian VSD

a. Penyearah Gelombang AC (*Dioda Rectifier*)

Penyearah tegangan atau yang biasa disebut dengan *rectifier* merupakan suatu bagian dari rangkaian catu daya atau *power supply* yang berfungsi sebagai pengubah tegangan AC (*Alternating Current*) menjadi tegangan DC (*Direct Current*). Rangkaian *rectifier* atau penyearah tegangan ini pada umumnya menggunakan dioda sebagai komponen utamanya. Hal ini dikarenakan fungsi dioda

sebagai penyearah dan karakteristik utamanya yaitu melewatkan arus listrik ke satu arah dan menghambat arus dari arah sebaliknya. Rangkaian dioda sendiri jika dialiri tegangan AC maka akan melewatkan setengah gelombang dan setengahnya lagi di blokir. [18]



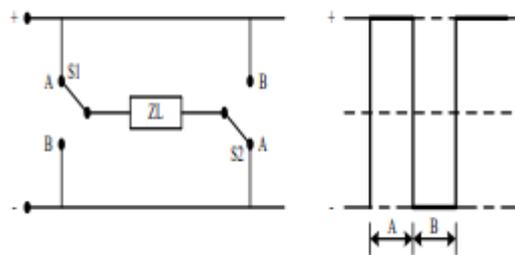
Gambar 2. 9 Rangkaian Rectifier[18]

b. Inverter

Inverter adalah suatu rangkaian yang mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC dengan nilai tegangan dan frekuensi dapat diatur. Fungsi inverter adalah untuk merubah kecepatan motor AC dengan cara merubah frekuensi inputnya.

Pada dasarnya inverter merupakan sebuah alat yang menghasilkan tegangan bolak-balik dari tegangan searah dengan cara pembentukan gelombang. Namun gelombang tegangan yang terbentuk dari inverter tidak berbentuk sinusoida melainkan berbentuk gelombang dengan persegi.

Struktur inverter memperlihatkan bahwa inverter dengan transistor yang menghasilkan daya arus bolak-balik (AC) dengan frekuensi dari sumber komersial yaitu (50 Hz atau 60 Hz). Bagian pertama sirkuit konverter yang mengubah sumber AC komersial menjadi sumber DC dan menghilangkan riak (ripple) pada output DC. Bagian kedua sirkuit inverter yang mengubah arus DC menjadi arus AC tiga fasa dengan frekuensi beragam (dapat disetel), kedua sirkuit ini disebut sirkuit utama. Bagian ketiga adalah sebuah sirkuit kontrol yang berfungsi sebagai pengontrol sirkuit utama. Gabungan keseluruhan dari sirkuit-sirkuit inilah yang disebut sebagai inverter.



Gambar 2. 10 Struktur Inverter Sederhana[2]

Bila kedudukan S1 dan S2 pada A, beban ZL mendapatkan tegangan positif, sedangkan tegangan negatif diperoleh ketika S1 dan S2 pada kedudukan B. Dengan demikian pemindahan saklar (S1 dan S2) secara bergantian akan menghasilkan tegangan bolak-balik yang berbentuk persegi yang besarnya ditentukan oleh sumber, dan frekuensinya ditentukan oleh kecepatan pemindahan saklar. Berdasarkan konfigurasi inverter dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu inverter satu fasa jembatan setengah dan inverter satu fasa jembatan penuh. Sedangkan berdasarkan jumlah fasanya, inverter dapat dibedakan atas 2 jenis juga yaitu inverter satu fasa dan inverter tiga fasa.

Prinsip dasar inverter adalah mengatur besar kecilnya nilai frekuensi dan tegangan yang dialirkan ke motor listrik 3 fasa dimana tegangan listrik PLN dalam bentuk tegangan AC yang dialirkan ke inverter melewati bagian Konverter. Konverter akan mengubah tegangan yang sudah disearahkan DC akan ditampung dalam DC bus (capasitor bank) C1 untuk mendapatkan tegangan arus searah (DC) yang konstan atau tetap. Tegangan arus searah (DC) tersebut kemudian dialirkan ke dalam bagian inverter untuk dicacah dan dimodulasi oleh rangkaian flip-flop untuk dihasilkan tegangan AC berupa gelombang pseudosine atau biasa disebut pulse wide modulation (PWM) dengan frekuensi yang akan dipakai. Pada rangkaian inverter terdapat suatu alat elektronik yang disebut IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor). Prinsip kerjanya pada saat gate diberi tegangan positif, arus yang akan mengalir melalui kolektor dan emiter. IGBT akan mati saat tegangan positif dihilangkan dari gate. [19]

Berdasarkan pengaturan tegangan dan frekuensinya, inverter terbagi atas dua jenis antara lain :

- Inverter *Constant Voltage Constant Frequency* (CVCF) yaitu inverter dengan frekuensi dan tegangan keluaran yang konstan.
- Inverter dengan frekuensi dan tegangan keluaran yang berubah-ubah. Umumnya inverter dengan frekuensi dan tegangan keluaran yang berubah-ubah digunakan pada pemakaian khusus seperti pemakaian pada motor listrik 3 fasa dengan menggunakan sumber tegangan AC. Kerugian cara ini adalah bahwa sistem hanya dapat digunakan pada pemakaian khusus saja, sedangkan keuntungannya adalah kemampuan untuk menggerakkan sistem (beban) dengan sumber-sumber yang berubah-ubah seperti misalnya *photovoltaic* atau *solarcell*. [2]

4.2.2.3 Pengendalian Tegangan *Variable Speed Drive*

Dalam aplikasi yang sering digunakan didunia industri sering digunakan untuk mengendalikan tegangan keluaran inverter. Terdapat beberapa teknik untuk mengendalikan tegangan keluaran inverter. Pada umumnya teknik yang sering dipakai adalah sistem PWM (*Pulse Width Modulation*), sistem kontrol yang berbeda-beda ini menghasilkan karakteristik motor yang berbeda pula seperti (getaran, suara, riak, arus motor, respon torsi). Pada PWM beberapa pulsa hidup mati dihasilkan dalam satu siklus dan lamanya juga beragam untuk mengubah ubah tegangan output. Jumlah pulsa hidup mati yang dihasilkan dalam satu detik disebut frekuensi pembawa. Pada sistem PWM ini getaran motor dan kebisingan motor dari komponen frekuensi sebanding dengan frekuensi pembawa yang dihasilkan, Frekuensi pembawa dari sebuah inverter bersuara akustik lebih rendah, jadi pada inverter dengan nilai frekuensi pembawa yang besar dapat menghaluskan suara bising dari motor listrik. Akan tetapi hal tersebut dapat membuat arus bocor yang terjadi antara motor dan inverter menjadi lebih besar, sehingga dapat mengakibatkan terjadinya arus lebih. Untuk kondisi seperti ini pemilihan penghantar kebocoran arus ke Bumi atau pentanahan harus dilakukan dengan benar. [2]

4.2.2.4 Pengaturan Frekuensi pada *Variable Speed Drive*

Jika beban motor memiliki inerti yang tinggi maka perlu diperhatikan

beberapa hal dalam acceleration dan deceleration. Untuk acceleration/percepatan akan memerlukan torsi yang lebih, terutama pada saat start dari kondisi diam. Pada saat deceleration/perlambatan, energi inertia beban harus didisipasi/ dibuang. Untuk perlambatan dalam waktu singkat atau pengereman, maka energi akan dikembalikan ke sumbernya. Motor dengan beban yang berat pada saat dilakukan pengereman akan berubah sifat menjadi “generator”. Jadi energi yang kembali ini akan masuk ke dalam DC Bus Inverter dan terakumulasi di sana karena terhalang oleh rectifier sebagai pengamanan, inverter akan trip jika level tegangan DC Bus melebihi batas yang ditoleransi. Untuk mengatasi tripnya inverter dalam kondisi ini diperlukan resistor brake. Resistor brake akan membuang tegangan yang lebih dalam bentuk panas. Besar kecilnya resistor brake ini sangat tergantung dengan beban dan siklus kerja inverter.

Beberapa parameter yang umum dipergunakan/ minimal adalah sebagai berikut:

- a) Display : Untuk mengatur parameter yang ditampilkan pada keypad display.
- b) Control : Untuk menentukan jenis control local/remote.
- c) Speed Control : Untuk menentukan jenis control frekuensi reference.
- d) Voltage : Tegangan Suply Inverter.
- e) Base Freq. : Frekuensi tegangan supply.
- f) Lower Freq. : Frekuensi operasi terendah.
- g) Upper Freq. : Frekuensi operasi tertinggi.
- h) Stop mode : Stop bisa dengan braking, penurunan frekuensi dan di lepas seperti starter DOL/ Y-D.
- i) Acceleration : Setting waktu Percepatan.
- j) Deceleration : Setting waktu Perlambatan.
- k) Overload : Setting pembatasan arus.
- l) Lock : Penguncian setting program.

4.2.2.5 Prinsip Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Menggunakan VSD

Pengaturan putaran motor induksi bisa dilakukan dengan berbagai macam metode, salah satunya ialah dengan menggunakan Inverter. Awalnya rangkaian Inverter bekerja dengan menggunakan V_{in} 380/400 VAC, dengan frekuensi 50 Hz.

Vin AC diubah menjadi DC melalui dioda *bridge*, tegangan yang telah disearahkan kemudian menyuplai kapasitor (untuk menyimpan muatan listrik) yang berguna untuk memperbaiki bentuk gelombang *ripple* yang dihasilkan oleh dioda. Dan tegangan yang sudah diperbaiki ripplanya kemudian dilanjutkan koresistor untuk membagi tegangan yang dihasilkan menjadi 24 VDC, dan tegangan ini digunakan untuk menyuplai osilator sementara. Fungsi osilator sebagai pembagi sinyal atau yang sering disebut *Pulse Width Modulation* (PWM), setelah frekuensi terkendali dibangkitkan lalu diumpankan sinyalnya ke gate dari mosfet. Rangkaian VSD ini digunakan untuk merubah tegangan 24 VDC keluaran dari boost konverter menjadi tegangan AC 380/400 Volt dengan frekuensi yang bisa diatur-aturl (variabel) untuk mengatur putaran motor induksi tiga fasa, komponen semikonduktor yang digunakan adalah IGBT.

4.2.2.6 Kelebihan dan Kekurangan VSD

VSD mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihan VSD yaitu:

- Hemat energi
VSD dapat digunakan untuk menghemat energi dalam jumlah besar dibandingkan dengan metode pengendalian tradisional dimana kecepatan atau beban pengoperasiannya bervariasi.
- Menurunkan tegangan start
VSD bertindak seolah-olah mengurangi tegangan start untuk membatasi jumlah in-rush current saat motor start. VSD secara umum mampu membatasi inrush current sampai 150%.
- Peningkatan proses pengontrolan
VSD adalah perangkat elektronik yang cocok untuk otomatisasi jaringan proses pengontrolan. VSD dapat menangkap signal input proses kontrol untuk start/stop, kontrol kecepatan, dan signal output ke sistem DCS dan PLC, atau menyediakan informasi lainnya ke computer.
- Sistem perawatan yang rendah
Sebuah VSD dapat mengurangi persyaratan sistem perawatannya. Sebuah VSD dapat mengurangi keausan pada belt, sheaves, gearboxes, dan kopling.
- Kemampuan mem-bypass
Banyak system VSD menggunakan bypass-starter secara parallel yang

memungkinkan VSD tersebut dapat dengan mudah bekerja ketika aplikasi penting (motormotor yang memegang peranan penting) membutuhkan alat control back-up.[20]

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan membahas tentang waktu dan tempat penelitian, diagram penelitian dan cara pengambilan data parameter motor yang dilakukan dengan pengujian motor induksi.

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1 Waktu Penelitian

Penelitian dan pengambilan data pada motor induksi 3 fasa akan dilakukan dalam 4 kali pengambilan data dengan perbedaan RPM. Total waktu pelaksanaan dari penyusunan proposal, penelitian, analisa hingga ke kesimpulan adalah 9 bulan dimulai dari persetujuan proposal.

3.1.2 Tempat Penelitian

Penelitian akan dilakukan di PT Sinarmas Oleochemical (SOCIMAS) yang beralamatkan Jl. Pulau Irian Kawasan Industri Medan No. 2, Sampali, Kec. Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara, 20242.

3.2 Peralatan Penelitian

3.2.1 Peralatan yang Digunakan dalam Penelitian

Adapun data-data yang diperlukan dalam penelitian ini akan diteliti dan observasi secara langsung oleh Penulis ke PT Sinarmas Oleochemical (Socimas) yang bertempat di Kawasan Industri Medan 1. Beberapa peralatan yang digunakan untuk proses pengujian pada penelitian skripsi ini adalah:

A. Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi 3 fasa yang akan diteliti untuk keperluan data pada Penulisan skripsi Penulis adalah motor jenis *Squirrel Cage* yang digunakan untuk pemutaran blower.



Gambar 3. 1 Motor Induksi 3 Fasa (Penulis, 2021)

Adapun rincian dari motor yang akan diteliti adalah:

1. Daya : 250 KW
2. Frekuensi : 50 HZ
3. Kecepatan putaran : 1490 RPM
4. Faktor daya : 0.9



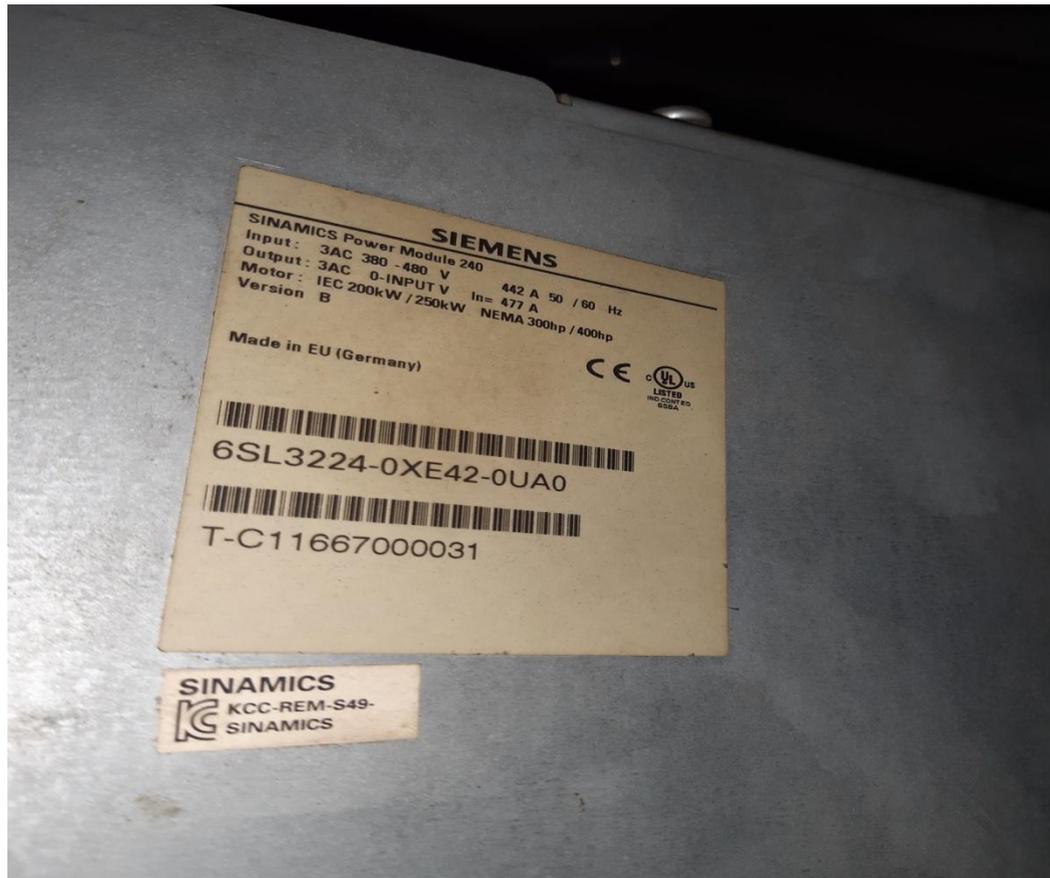
Gambar 3. 2 Name Plate Motor Induksi 3 Fasa(Penulis, 2021)

B. Inverter

Inverter digunakan sebagai pengatur frekuensi dan kemudian akan mengatur kecepatan pada motor sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Di bawah ini adalah inverter yang digunakan pada PT Socimas dan akan diteliti oleh Penulis.



Gambar 3. 3 Inverter Siemens (Penulis, 2021)



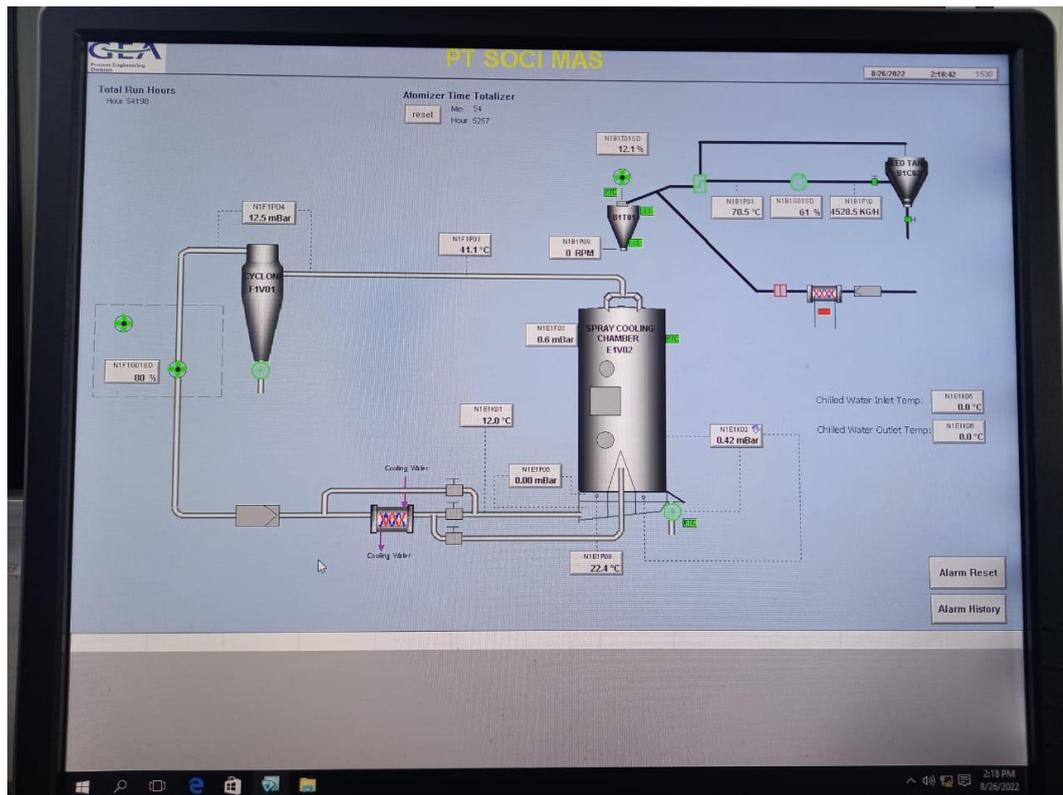
Gambar 3. 4 Spesifikasi Inverter Siemens (Penulis, 2021)

Adapun rincian dari Inverter yang akan diteliti adalah:

- *Brand* : Siemens
- *Type* : Sinamics Power Module 240
- *Input* : 3AC 380 – 480 Volt, 442 A, 50/60 HZ
- *Output* : 3AC 0 – Input V, In : 477 A
- *Motor* : IEC 200KW/250KW atau NEMA 300 HP/400HP

C. Monitor

Monitor yang terhubung ke inverter digunakan sebagai pengatur nilai frekuensi yang diinput ke inverter dan kemudian dihasilkan sebagai pengatur kecepatan pada motor yang dihubungkan ke inverter.



Gambar 3. 5 Monitor yang Terhubung ke Inverter (Penulis, 2021)

3.2.2 Rangkaian Pengujian

Dalam pengujian ini dibutuhkan motor induksi yang akan diukur nilai efisiensinya, serta beban yang dikopel dengan motor induksi. Beban pada motor induksi itu sendiri adalah blower yang digunakan untuk memberi udara dingin kepada produk yang dihasilkan. Motor induksi ini dihubungkan dengan inverter yang berfungsi sebagai pengatur kecepatan motor, kecepatan motor perlu diatur mengikuti kebutuhan pada beban yang diperlukan. Setiap perbedaan beban yang ada akan dihitung nilai efisiensi pada motor induksi.

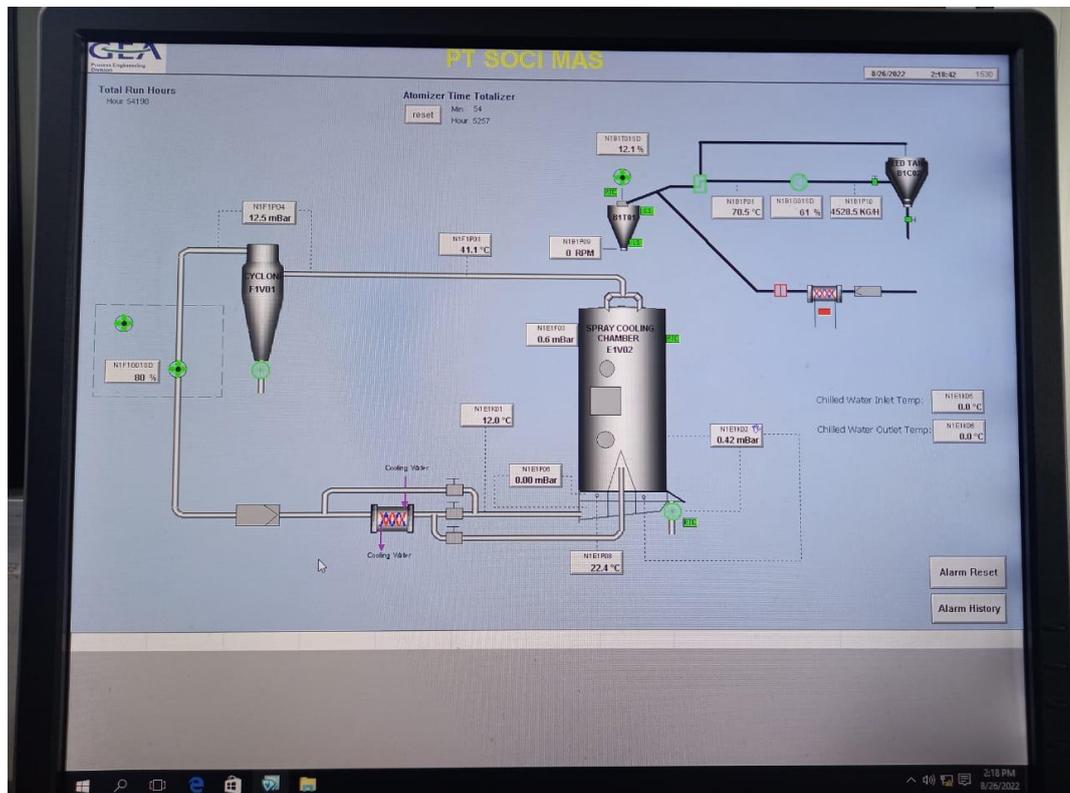
3.3 Prosedur Pengambilan Data Penelitian

Adapun langkah – langkah dalam melakukan pengambilan data pada penelitian terhadap Motor Blower Induksi 3 Fasa *Squirrel Cage* 250 KW pada PT Socimas adalah sebagai berikut :

1. Penulis dibantu oleh Operator lapangan dalam pengambilan data pada Motor Blower Induksi 3 Fasa *Squirrel Cage* 250 KW, Operator melakukan pengaturan pada monitor yang terhubung dengan Inverter. Pengaturan yang dilakukan oleh Operator adalah perubahan frekuensi motor.

Di Komputer :

- Start/Onkan fan motor
- Start/Onkan blower



Di Inverter :

- Tekan tombol “Hand Auto”



- Tekan tombol start



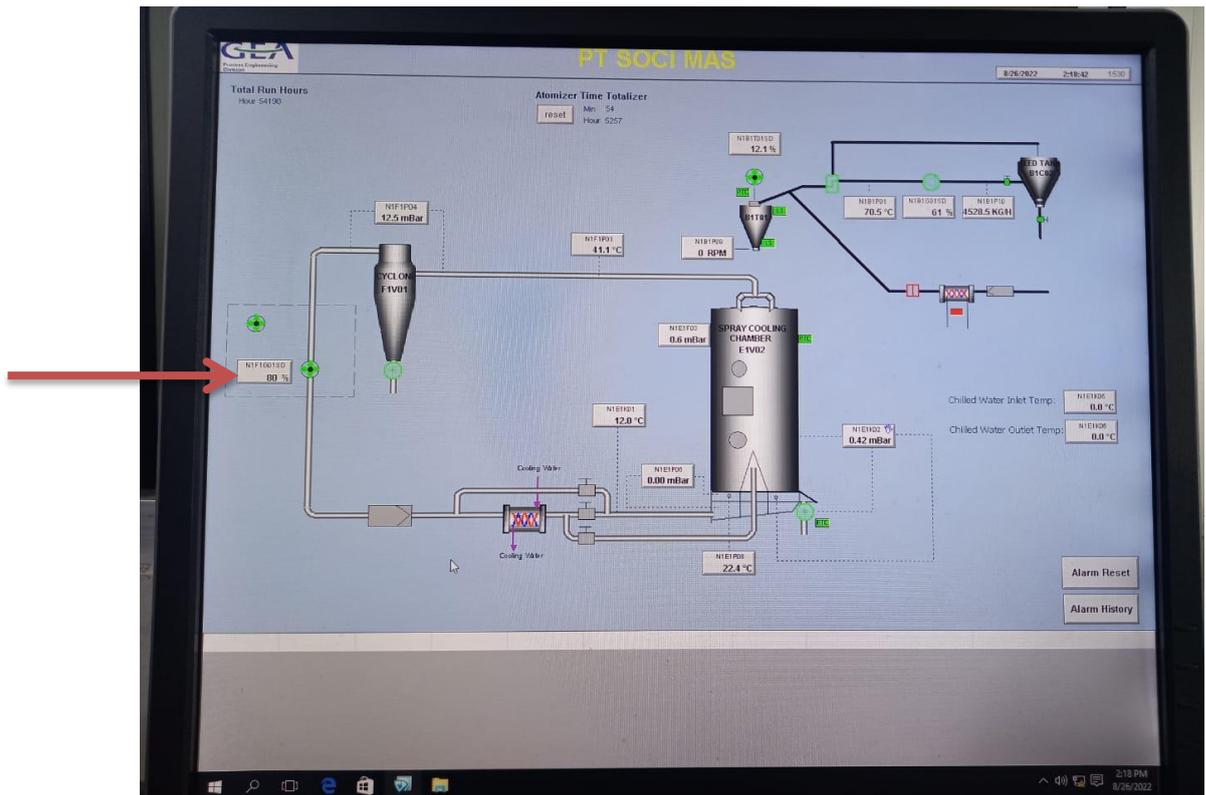
- Untuk menaikkan RPM, pada monitor inverter pastikan muncul tampilan SP 0 1/min dan 0 HZ



- Lalu tekan tombol merah pada inverter dan offkan fan serta blower di komputer



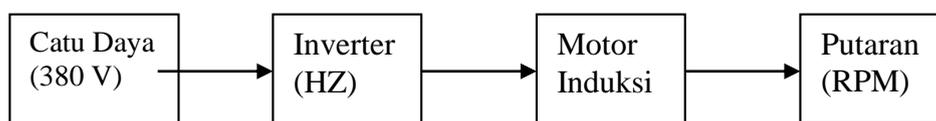
- Pada monitor, atur nilai frekuensinya. Kemudian catat nilai yang ditampilkan oleh layar inverter.



2. Setelah frekuensi diatur sesuai dengan keinginan, maka didapat data yang ditampilkan pada Inverter.
3. Penulis mencatat data yang diperoleh dari hasil pengubahan frekuensi motor. Data yang didapat berupa Arus, Tegangan dan Kecepatan Putaran motor.
4. Ulangi langkah yang sama dengan nilai frekuensi yang berbeda-beda setiap harinya sesuai dengan keinginan.

3.4 Block Diagram

Dibawah ini merupakan blog diagram dari Motor yang akan diteliti :



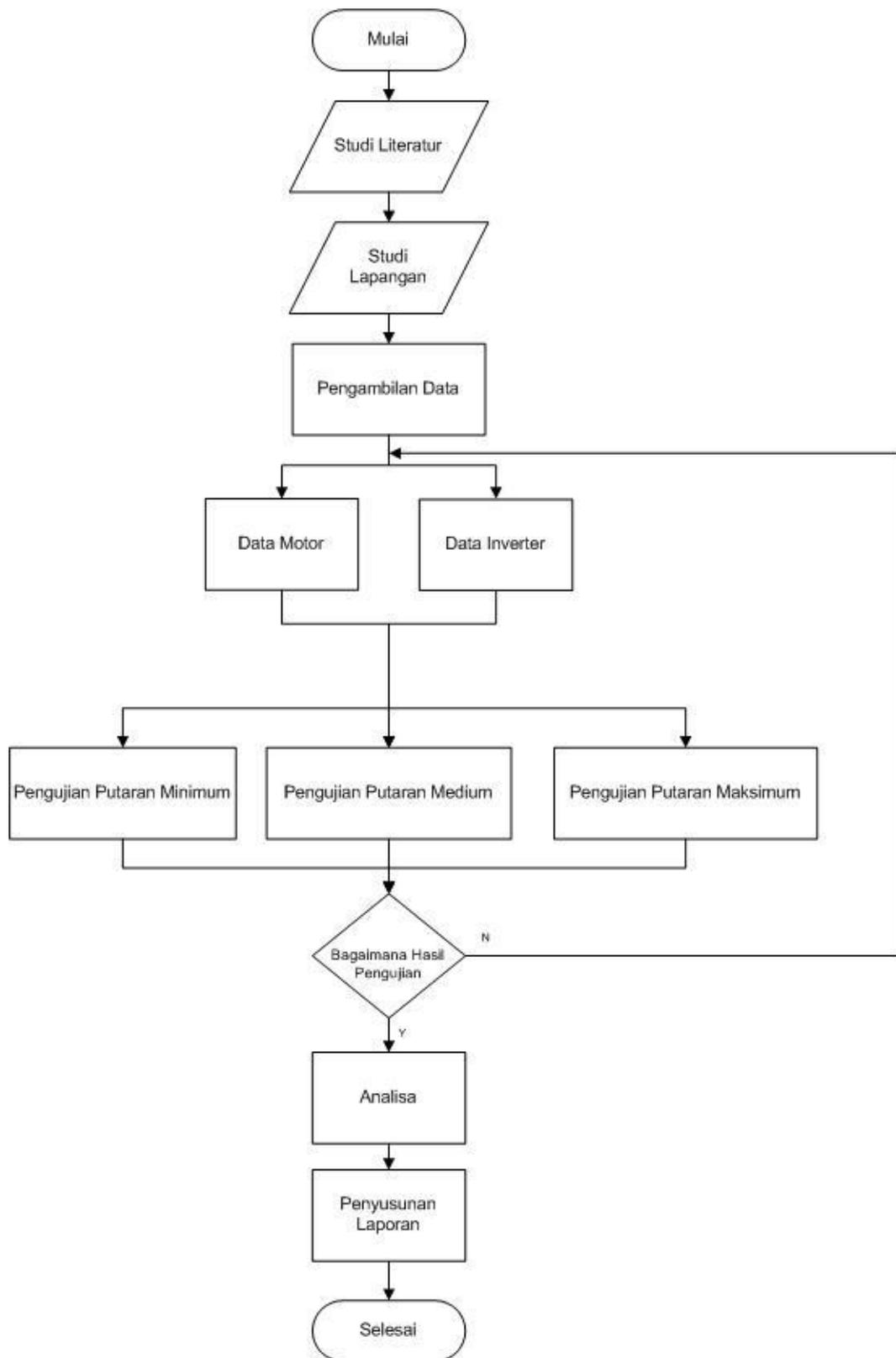
Gambar 3. 7 Blok Diagram

- Tegangan 380 Volt dihubungkan dan menjadi sumber tegangan pada inverter dan motor induksi.
- Sebuah inverter yang berfungsi untuk mengubah tegangan searah (DC)

menjadi tegangan bolak balik (AC) yang dapat diubah nilai frekuensinya dihubungkan dengan sebuah motor induksi.

- Motor induksi yang dihubungkan ke inverter dapat diatur nilai frekuensi yang masuk dan menyebabkan berubahnya kecepatan putaran pada motor (RPM)

3.5 Flow Chart



Gambar 3. 8 Flow Chart

Penjelasan Flow Chart :

- Penelitian dimulai dengan mencari studi literatur yang berupa jurnal untuk menjadi referensi bagi Penulis.
- Selanjutnya Penulis melakukan studi lapangan di PT. Socimas KIM 1 dan didapatkan sebuah motor induksi 3 fasa *squirrel cage* 250 KW dengan inverter sebagai pengatur speed.
- Penulis mengambil data selama 4 hari didampingi oleh operator setempat.
- Data yang diambil berupa data yang terdapat pada name plate motor dan inverter
- Kemudian dilakukan pengujian motor dengan inverter sebagai pengatur kecepatannya, yaitu pengujian saat putaran minimum, putaran medium dan putaran maksimum.
- Data kecepatan putaran (RPM) yang didapat dari pengujian di lapangan dibandingkan dengan data kecepatan putaran (RPM) dari hasil perhitungan. Apabila didapat hasil data di lapangan tidak sama atau tidak mendekati dengan data hasil perhitungan, maka pengujian diulang kembali. Namun apabila data yang didapatkan sama atau hampir mendekati, langkah selanjutnya adalah analisa.
- Data yang diperoleh dari hasil pengujian kemudian dianalisa hingga mendapatkan hasil yang diinginkan.
- Dilanjutkan dengan penyusunan laporan Tugas Akhir.

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil survey di PT. Socimas terhadap Motor Blower Induksi 3 Fasa *Squirrel Cage* 250 KW, didapat data sebagai berikut :

4.1 Hasil Penelitian

Setelah dilakukan pengambilan data pada Motor *Blower* Induksi 3 Fasa *Squirrel Cage* 250 KW selama 4 hari, maka didapat data sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Data Hasil Pengujian Motor

Tanggal	Frekuensi (Hz)	N (RPM)	Arus (A)	Tegangan (Vout)
07/01/2022	5	148	169	42,5
	9,9	298	154	83,3
	14,9	447	150	123,6
	19,9	596	148	163,6
	24,8	745	150	203
	29,8	895	157	242
	34,8	1044	170	282
	39,8	1192	186	320
26/01/2022	5	145	165	42,7
	10	298	155	83,3
	14,9	446	150	123
	19,9	595	148	163,5
	25	746	150	203
	29,9	894	156	242,4
	34,8	1045	167	282
	39,8	1192	180	321
27/01/2022	4,9	149	166	42,6
	10	299	155	83,3
	14,9	447	150	123,2

	19,9	597	148	163,2
	25	745	150	203,3
	29,8	894	156	242,5
	34,9	1045	166	282,3
	39,9	1193	180	321
28/01/2022	4,9	148	167	42,7
	10	298	154	83,2
	14,9	447	150	123,2
	19,9	597	148	163,2
	24,9	745	150	203,2
	29,8	893,4	156	242,5
	34,8	1044	166	282
	39,8	1192	180	321

Rata-rata nilai arus dan tegangan dari hasil pengujian adalah 159 Ampere dan 182,6 Volt.

Data di atas adalah data yang diperoleh melalui hasil penelitian di lapangan, selanjutnya Penulis akan mencari nilai Kecepatan Putaran (RPM) menggunakan perhitungan (Persamaan 2.1)

- Perhitungan RPM pada saat Frekuensi 5 HZ (data diambil menggunakan pengujian pada tanggal 07 Januari 2022)

$$N_s = \frac{120 \times f}{p}$$

$$N_s = \frac{120 \times 5}{4}$$

$$N_s = 150 \text{ RPM}$$

- Perhitungan RPM pada saat Frekuensi 10 HZ (data diambil menggunakan pengujian pada tanggal 07 Januari 2022)

$$N_s = \frac{120 \times f}{p}$$

$$N_s = \frac{120 \times 10}{4}$$

$$N_s = 300 \text{ RPM}$$

- Perhitungan RPM pada saat Frekuensi 15 HZ (data diambil menggunakan

pengujian pada tanggal 07 Januari 2022)

$$N_s = \frac{120 \times f}{p}$$

$$N_s = \frac{120 \times 15}{4}$$

$$N_s = 450 \text{ RPM}$$

- Perhitungan RPM pada saat Frekuensi 20 HZ (data diambil menggunakan pengujian pada tanggal 07 Januari 2022)

$$N_s = \frac{120 \times f}{p}$$

$$N_s = \frac{120 \times 20}{4}$$

$$N_s = 600 \text{ RPM}$$

- Perhitungan RPM pada saat Frekuensi 25 HZ (data diambil menggunakan pengujian pada tanggal 07 Januari 2022)

$$N_s = \frac{120 \times f}{p}$$

$$N_s = \frac{120 \times 25}{4}$$

$$N_s = 750 \text{ RPM}$$

- Perhitungan RPM pada saat Frekuensi 30 HZ (data diambil menggunakan pengujian pada tanggal 07 Januari 2022)

$$N_s = \frac{120 \times f}{p}$$

$$N_s = \frac{120 \times 30}{4}$$

$$N_s = 900 \text{ RPM}$$

- Perhitungan RPM pada saat Frekuensi 35 HZ (data diambil menggunakan pengujian pada tanggal 07 Januari 2022)

$$N_s = \frac{120 \times f}{p}$$

$$N_s = \frac{120 \times 35}{4}$$

$$N_s = 1050 \text{ RPM}$$

- Perhitungan RPM pada saat Frekuensi 40 HZ (data diambil menggunakan pengujian pada tanggal 07 Januari 2022)

$$N_s = \frac{120 \times f}{p}$$

$$N_s = \frac{120 \times 40}{4}$$

$N_s = 1200 \text{ RPM}$

Perhitungan seperti di atas juga dilakukan pada data yang diperoleh tanggal 26 Januari 2022, 27 Januari 2022 dan 28 Januari 2022. Dari hasil perhitungan, diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 4. 2 Data Hasil Perhitungan Putaran Motor

Tanggal	Frekuensi (Hz)	N Hasil Pengukuran (RPM)	N Hasil Perhitungan (RPM)	Arus (A)	Tegangan (V)
01/07/2022	5	148	150	169	42,5
	10	298	297	154	83,3
	15	447	447	150	123,6
	20	596	597	148	163,6
	25	745	744	150	203
	30	895	894	157	242
	35	1044	1044	170	282
	40	1192	1194	186	320
26/01/2022	5	145	150	165	42,7
	10	298	300	155	83,3
	15	446	447	150	123
	20	595	597	148	163,5
	25	746	750	150	203
	30	894	897	156	242,4
	35	1045	1044	167	282
	40	1192	1194	180	321
27/01/2022	5	149	147	166	42,6
	10	299	300	155	83,3
	15	447	447	150	123,2
	20	597	597	148	163,2
	25	745	750	150	203,3
	30	894	894	156	242,5
	35	1045	1047	166	282,3
	40	1193	1197	180	321
28/01/2022	5	148	147	167	42,7
	10	298	300	154	83,2
	15	447	447	150	123,2
	20	597	597	148	163,2

	25	745	747	150	203,2
	30	893,4	894	156	242,5
	35	1044	1044	166	282
	40	1192	1194	180	321

Melalui data pada tabel di atas dapat diketahui bahwa nilai RPM pada data yang didapatkan saat di lapangan memiliki nilai yang hampir sama dengan nilai RPM yang didapat melalui hasil perhitungan.

Cara dan perhitungan untuk mencari nilai daya input putaran minimum, putaran setengah, dan putaran maksimum (data diambil menggunakan pengujian pada tanggal 07 Januari 2022) :

- Perhitungan Daya Input Putaran Minimum (Persamaan 2.8)

$$P_{in} = \sqrt{3} \times V_{in} \times I \times \cos \theta$$

$$P_{in} = 1,73 \times 42,5 \times 169 \times 0,9$$

$$P_{in} = 11.180 \text{ Watt}$$

$$P_{in} = 11,18 \text{ KW} = 15 \text{ HP}$$

- Perhitungan Daya Input Putaran Menengah (Persamaan 2.8)

$$P_{in} = \sqrt{3} \times V_{in} \times I \times \cos \theta$$

$$P_{in} = 1,73 \times 203 \times 150 \times 0,9$$

$$P_{in} = 47.410 \text{ Watt}$$

$$P_{in} = 47,41 \text{ KW} = 63,58 \text{ HP}$$

- Perhitungan Daya Input Putaran Maksimum (Persamaan 2.8)

$$P_{in} = \sqrt{3} \times V_{in} \times I \times \cos \theta$$

$$P_{in} = 1,73 \times 320 \times 186 \times 0,9$$

$$P_{in} = 92.670 \text{ Watt}$$

$$P_{in} = 92,67 \text{ KW} = 124,27 \text{ HP}$$

Cara dan perhitungan untuk mencari nilai daya input putaran minimum, putaran setengah, dan putaran maksimum (data diambil menggunakan pengujian pada tanggal 26 Januari 2022) :

- Perhitungan Daya Input Putaran Minimum (Persamaan 2.8)

$$P_{in} = \sqrt{3} \times V_{in} \times I \times \cos \theta$$

$$P_{in} = 1,73 \times 42,7 \times 165 \times 0,9$$

$$P_{in} = 10.969,8 \text{ Watt}$$

$$P_{in} = 10,97 \text{ KW} = 14,71 \text{ HP}$$

- Perhitungan Daya Input Putaran Menengah (Persamaan 2.8)

$$P_{in} = \sqrt{3} \times V_{in} \times I \times \cos \theta$$

$$P_{in} = 1,73 \times 203 \times 150 \times 0,9$$

$$P_{in} = 47.410 \text{ Watt}$$

$$P_{in} = 47,41 \text{ KW} = 63,58 \text{ HP}$$

- Perhitungan Daya Input Putaran Maksimum (Persamaan 2.8)

$$P_{in} = \sqrt{3} \times V_{in} \times I \times \cos \theta$$

$$P_{in} = 1,73 \times 321 \times 180 \times 0,9$$

$$P_{in} = 89.963 \text{ Watt}$$

$$P_{in} = 89,96 \text{ KW} = 120,64 \text{ HP}$$

Cara dan perhitungan untuk mencari nilai daya input putaran minimum, putaran setengah, dan putaran maksimum (data diambil menggunakan pengujian pada tanggal 27 Januari 2022) :

- Perhitungan Daya Input Putaran Minimum (Persamaan 2.8)

$$P_{in} = \sqrt{3} \times V_{in} \times I \times \cos \theta$$

$$P_{in} = 1,73 \times 42,6 \times 166 \times 0,9$$

$$P_{in} = 11.010 \text{ Watt}$$

$$P_{in} = 11 \text{ KW} = 14,77 \text{ HP}$$

- Perhitungan Daya Input Putaran Menengah (Persamaan 2.8)

$$P_{in} = \sqrt{3} \times V_{in} \times I \times \cos \theta$$

$$P_{in} = 1,73 \times 203,3 \times 150 \times 0,9$$

$$P_{in} = 47.480 \text{ Watt}$$

$$P_{in} = 47,48 \text{ KW} = 63,67 \text{ HP}$$

- Perhitungan Daya Input Putaran Maksimum (Persamaan 2.8)

$$P_{in} = \sqrt{3} \times V_{in} \times I \times \cos \theta$$

$$P_{in} = 1,73 \times 321 \times 180 \times 0,9$$

$$P_{in} = 89.963 \text{ Watt}$$

$$P_{in} = 89,96 \text{ KW} = 120,64 \text{ HP}$$

Cara dan perhitungan untuk mencari nilai daya input putaran minimum, putaran setengah, dan putaran maksimum (data diambil menggunakan pengujian pada tanggal 28 Januari 2022) :

- Perhitungan Daya Input Putaran Minimum (Persamaan 2.8)

$$P_{in} = \sqrt{3} \times V_{in} \times I \times \cos \theta$$

$$P_{in} = 1,73 \times 42,7 \times 167 \times 0,9$$

$$P_{in} = 11.103 \text{ Watt}$$

$$P_{in} = 11,1 \text{ KW} = 14,89 \text{ HP}$$

- Perhitungan Daya Input Putaran Menengah (Persamaan 2.8)

$$P_{in} = \sqrt{3} \times V_{in} \times I \times \cos \theta$$

$$P_{in} = 1,73 \times 203,2 \times 150 \times 0,9$$

$$P_{in} = 47.457 \text{ Watt}$$

$$P_{in} = 47,48 \text{ KW} = 63,64 \text{ HP}$$

- Perhitungan Daya Input Putaran Maksimum (Persamaan 2.8)

$$P_{in} = \sqrt{3} \times V_{in} \times I \times \cos \theta$$

$$P_{in} = 1,73 \times 321 \times 180 \times 0,9$$

$$P_{in} = 89.963 \text{ Watt}$$

$$P_{in} = 89,96 \text{ KW} = 120,64 \text{ HP}$$

Dari hasil perhitungan Daya Input pada setiap putaran didapat data sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Daya Input dalam KW dan HP

Tanggal	Frekuensi (Hz)	N (RPM)	Pin (KW)	Pin (HP)
01/07/2022	5	148	88,88	119,10
	10	298	81,09	108,65
	15	447	78,98	105,83
	20	596	77,93	104,42
	25	745	78,98	105,83
	30	895	82,66	110,77
	35	1044	89,51	119,94
	40	1192	97,93	131,23
26/01/2022	5	145	86,88	116,42
	10	298	81,61	109,36

	15	446	78,98	105,83
	20	595	77,93	104,42
	25	746	78,98	105,83
	30	894	82,14	110,07
	35	1045	87,93	117,83
	40	1192	94,78	127,00
27/01/2022	5	149	87,40	117,12
	10	299	81,61	109,36
	15	447	78,98	105,83
	20	597	77,93	104,42
	25	745	78,98	105,83
	30	894	82,14	110,07
	35	1045	87,40	117,12
	40	1193	94,78	127,00
28/01/2022	5	148	87,93	117,83
	10	298	81,09	108,65
	15	447	78,98	105,83
	20	597	77,93	104,42
	25	745	78,98	105,83
	30	893,4	82,14	110,07
	35	1044	87,40	117,12
	40	1192	94,78	127,00

Setelah didapat nilai daya input untuk setiap putaran, maka dicari nilai torsi pada putaran minimum, menengah dan maksimum. (data diambil menggunakan pengujian pada tanggal 07 Januari 2022) :

- Perhitungan Torsi Putaran Minimum (persamaan 2.5)

$$\tau = \frac{(5252) \times P \text{ (HP)}}{n \text{ (rpm)}}$$

$$\tau = \frac{(5252) \times 15}{148}$$

$$\tau = 532,18 \text{ Nm}$$

- Perhitungan Torsi Putaran Menengah (persamaan 2.5)

$$\tau = \frac{(5252) \times P \text{ (HP)}}{n \text{ (rpm)}}$$

$$\tau = \frac{(5252) \times 63,58}{745}$$

$$\tau = 448,20 \text{ Nm}$$

- Perhitungan Torsi Putaran Maksimum (persamaan 2.5)

$$\tau = \frac{(5252) \times P \text{ (HP)}}{n \text{ (rpm)}}$$

$$\tau = \frac{(5252) \times 124,27}{1.192}$$

$$\tau = 547,56 \text{ Nm}$$

Setelah didapat nilai daya input untuk setiap putaran, maka dicari nilai torsi pada putaran minimum, menengah dan maksimum. (data diambil menggunakan pengujian pada tanggal 26 Januari 2022) :

- Perhitungan Torsi Putaran Minimum (persamaan 2.5)

$$\tau = \frac{(5252) \times P \text{ (HP)}}{n \text{ (rpm)}}$$

$$\tau = \frac{(5252) \times 14,71}{145}$$

$$\tau = 532,8 \text{ Nm}$$

- Perhitungan Torsi Putaran Menengah (persamaan 2.5)

$$\tau = \frac{(5252) \times P \text{ (HP)}}{n \text{ (rpm)}}$$

$$\tau = \frac{(5252) \times 63,58}{746}$$

$$\tau = 447,60 \text{ Nm}$$

- Perhitungan Torsi Putaran Maksimum (persamaan 2.5)

$$\tau = \frac{(5252) \times P \text{ (HP)}}{n \text{ (rpm)}}$$

$$\tau = \frac{(5252) \times 120,64}{1192}$$

$$\tau = 531,55 \text{ Nm}$$

Setelah didapat nilai daya input untuk setiap putaran, maka dicari nilai torsi pada putaran minimum, menengah dan maksimum. (data diambil menggunakan pengujian pada tanggal 27 Januari 2022) :

- Perhitungan Torsi Putaran Minimum (persamaan 2.5)

$$\tau = \frac{(5252) \times P \text{ (HP)}}{n \text{ (rpm)}}$$

$$\tau = \frac{(5252) \times 14,77}{149}$$

$$\tau = 520,62 \text{ Nm}$$

- Perhitungan Torsi Putaran Menengah (persamaan 2.5)

$$\tau = \frac{(5252) \times P \text{ (HP)}}{n \text{ (rpm)}}$$

$$\tau = \frac{(5252) \times 63,67}{745}$$

$$\tau = 448,85 \text{ Nm}$$

- Perhitungan Torsi Putaran Maksimum (persamaan 2.5)

$$\tau = \frac{(5252) \times P \text{ (HP)}}{n \text{ (rpm)}}$$

$$\tau = \frac{(5252) \times 120,64}{1193}$$

$$\tau = 531,10 \text{ Nm}$$

Setelah didapat nilai daya input untuk setiap putaran, maka dicari nilai torsi pada putaran minimum, menengah dan maksimum. (data diambil menggunakan pengujian pada tanggal 28 Januari 2022) :

- Perhitungan Torsi Putaran Minimum (persamaan 2.5)

$$\tau = \frac{(5252) \times P \text{ (HP)}}{n \text{ (rpm)}}$$

$$\tau = \frac{(5252) \times 14,89}{148}$$

$$\tau = 528,39 \text{ Nm}$$

- Perhitungan Torsi Putaran Menengah (persamaan 2.5)

$$\tau = \frac{(5252) \times P \text{ (HP)}}{n \text{ (rpm)}}$$

$$\tau = \frac{(5252) \times 63,64}{745}$$

$$\tau = 448,64 \text{ Nm}$$

- Perhitungan Torsi Putaran Maksimum (persamaan 2.5)

$$\tau = \frac{(5252) \times P \text{ (HP)}}{n \text{ (rpm)}}$$

$$\tau = \frac{(5252) \times 120,64}{1192}$$

$$\tau = 531,54 \text{ Nm}$$

Langkah selanjutnya adalah mencari daya keluaran (daya output) pada putaran minimum, menengah dan maksimum yang dihasilkan oleh motor (data diambil menggunakan pengujian pada tanggal 07 Januari 2022) :

- Perhitungan Daya Output Putaran Minimum (persamaan 2.10)

$$P_{out} = \tau \times \omega$$

$$P_{out} = \tau \times \frac{2 \times \pi \times n(rpm)}{60}$$

$$P_{out} = 532,18 \times \frac{2 \times 3,14 \times 148}{60}$$

$$P_{out} = 8.240 \text{ Watt}$$

$$P_{out} = 8,24 \text{ KW}$$

- Perhitungan Daya Output Putaran Menengah (persamaan 2.10)

$$P_{out} = \tau \times \omega$$

$$P_{out} = \tau \times \frac{2 \times \pi \times n(rpm)}{60}$$

$$P_{out} = 448,2 \times \frac{2 \times 3,14 \times 745}{60}$$

$$P_{out} = 34.950 \text{ Watt}$$

$$P_{out} = 34,95 \text{ KW}$$

- Perhitungan Daya Output Putaran Maksimum (persamaan 2.10)

$$P_{out} = \tau \times \omega$$

$$P_{out} = \tau \times \frac{2 \times \pi \times n(rpm)}{60}$$

$$P_{out} = 547,56 \times \frac{2 \times 3,14 \times 1.192}{60}$$

$$P_{out} = 68.310 \text{ Watt}$$

$$P_{out} = 68,31 \text{ KW}$$

Langkah selanjutnya adalah mencari daya keluaran (daya output) pada putaran minimum, menengah dan maksimum yang dihasilkan oleh motor (data diambil menggunakan pengujian pada tanggal 26 Januari 2022) :

- Perhitungan Daya Output Putaran Minimum (persamaan 2.10)

$$P_{out} = \tau \times \omega$$

$$P_{out} = \tau \times \frac{2 \times \pi \times n(rpm)}{60}$$

$$P_{out} = 532,8 \times \frac{2 \times 3,14 \times 145}{60}$$

$$P_{out} = 8.086 \text{ Watt}$$

$$P_{out} = 8,09 \text{ KW}$$

- Perhitungan Daya Output Putaran Menengah (persamaan 2.10)

$$P_{out} = \tau \times \omega$$

$$P_{out} = \tau \times \frac{2 \times \pi \times n(rpm)}{60}$$

$$P_{out} = 447,60 \times \frac{2 \times 3,14 \times 746}{60}$$

$$P_{out} = 34.950 \text{ Watt}$$

$$P_{out} = 34,95 \text{ KW}$$

- Perhitungan Daya Output Putaran Maksimum (persamaan 2.10)

$$P_{out} = \tau \times \omega$$

$$P_{out} = \tau \times \frac{2 \times \pi \times n(rpm)}{60}$$

$$P_{out} = 531,55 \times \frac{2 \times 3,14 \times 1.192}{60}$$

$$P_{out} = 66.317 \text{ Watt}$$

$$P_{out} = 66,32 \text{ KW}$$

Langkah selanjutnya adalah mencari daya keluaran (daya output) pada putaran minimum, menengah dan maksimum yang dihasilkan oleh motor (data diambil menggunakan pengujian pada tanggal 27 Januari 2022) :

- Perhitungan Daya Output Putaran Minimum (persamaan 2.10)

$$P_{out} = \tau \times \omega$$

$$P_{out} = \tau \times \frac{2 \times \pi \times n(rpm)}{60}$$

$$P_{out} = 520,62 \times \frac{2 \times 3,14 \times 149}{60}$$

$$P_{out} = 8.119 \text{ Watt}$$

$$P_{out} = 8,12 \text{ KW}$$

- Perhitungan Daya Output Putaran Menengah (persamaan 2.10)

$$P_{out} = \tau \times \omega$$

$$P_{out} = \tau \times \frac{2 \times \pi \times n(rpm)}{60}$$

$$P_{out} = 448,64 \times \frac{2 \times 3,14 \times 745}{60}$$

$$P_{out} = 34.983 \text{ Watt}$$

$$P_{out} = 34,98 \text{ KW}$$

- Perhitungan Daya Output Putaran Maksimum (persamaan 2.10)

$$P_{out} = \tau \times \omega$$

$$P_{out} = \tau \times \frac{2 \times \pi \times n(rpm)}{60}$$

$$P_{out} = 531.10 \times \frac{2 \times 3,14 \times 1.193}{60}$$

$$P_{out} = 66.317 \text{ Watt}$$

$$P_{out} = 66,32 \text{ KW}$$

Langkah selanjutnya adalah mencari daya keluaran (daya output) pada putaran minimum, menengah dan maksimum yang dihasilkan oleh motor (data diambil menggunakan pengujian pada tanggal 28 Januari 2022) :

- Perhitungan Daya Output Putaran Minimum (persamaan 2.10)

$$P_{out} = \tau \times \omega$$

$$P_{out} = \tau \times \frac{2 \times \pi \times n(rpm)}{60}$$

$$P_{out} = 528,39 \times \frac{2 \times 3,14 \times 148}{60}$$

$$P_{out} = 8.185 \text{ Watt}$$

$$P_{out} = 8,18 \text{ KW}$$

- Perhitungan Daya Output Putaran Menengah (persamaan 2.10)

$$P_{out} = \tau \times \omega$$

$$P_{out} = \tau \times \frac{2 \times \pi \times n(rpm)}{60}$$

$$P_{out} = 448,85 \times \frac{2 \times 3,14 \times 745}{60}$$

$$P_{out} = 34.999 \text{ Watt}$$

$$P_{out} = 35 \text{ KW}$$

- Perhitungan Daya Output Putaran Maksimum (persamaan 2.10)

$$P_{out} = \tau \times \omega$$

$$P_{out} = \tau \times \frac{2 \times \pi \times n(rpm)}{60}$$

$$P_{out} = 531.54 \times \frac{2 \times 3,14 \times 1.192}{60}$$

$$P_{out} = 66.316 \text{ Watt}$$

$$P_{out} = 66,32 \text{ KW}$$

Pemakaian motor blower 250 KW ini digunakan rata-rata 24 jam sehari, maka didapat nilai Energi yang dipakai adalah sebagai berikut (data diambil

menggunakan pengujian pada tanggal 7 Januari 2022) : :

- Perhitungan Energi Output Putaran Minimum (persamaan 2.12)
 $W = P \times t$
 $W = 8,24 \text{ KW} \times 24 \text{ H}$
 $W = 198 \text{ KWH}$
- Perhitungan Energi Output Putaran Menengah (persamaan 2.12)
 $W = P \times t$
 $W = 34,95 \times 24 \text{ H}$
 $W = 839 \text{ KWH}$
- Perhitungan Energi Output Putaran Maksimum (persamaan 2.12)
 $W = P \times t$
 $W = 68,31 \text{ KW} \times 24 \text{ H}$
 $W = 1639 \text{ KWH}$

Pemakaian motor blower 250 KW ini digunakan rata-rata 24 jam sehari, maka didapat nilai Energi yang dipakai adalah sebagai berikut (data diambil menggunakan pengujian pada tanggal 26 Januari 2022) : :

- Perhitungan Energi Output Putaran Minimum (persamaan 2.12)
 $W = P \times t$
 $W = 8,09 \text{ KW} \times 24 \text{ H}$
 $W = 194 \text{ KWH}$
- Perhitungan Energi Output Putaran Menengah (persamaan 2.12)
 $W = P \times t$
 $W = 34,95 \text{ KW} \times 24 \text{ H}$
 $W = 839 \text{ KWH}$
- Perhitungan Energi Output Putaran Maksimum (persamaan 2.12)
 $W = P \times t$
 $W = 66,32 \text{ KW} \times 24 \text{ H}$
 $W = 1592 \text{ KWH}$

Pemakaian motor blower 250 KW ini digunakan rata-rata 24 jam sehari, maka didapat nilai Energi yang dipakai adalah sebagai berikut (data diambil menggunakan pengujian pada tanggal 27 Januari 2022) : :

- Perhitungan Energi Output Putaran Minimum (persamaan 2.12)

$$W = P \times t$$

$$W = 8,12 \text{ KW} \times 24 \text{ H}$$

$$W = 195 \text{ KWH}$$

- Perhitungan Energi Output Putaran Menengah (persamaan 2.12)

$$W = P \times t$$

$$W = 34,98 \text{ KW} \times 24 \text{ H}$$

$$W = 840 \text{ KWH}$$

- Perhitungan Energi Output Putaran Maksimum (persamaan 2.12)

$$W = P \times t$$

$$W = 66,32 \text{ KW} \times 24 \text{ H}$$

$$W = 1592 \text{ KWH}$$

Pemakaian motor blower 250 KW ini digunakan rata-rata 24 jam sehari, maka didapat nilai Energi yang dipakai adalah sebagai berikut (data diambil menggunakan pengujian pada tanggal 28 Januari 2022) : :

- Perhitungan Energi Output Putaran Minimum (persamaan 2.12)

$$W = P \times t$$

$$W = 8,18 \text{ KW} \times 24 \text{ H}$$

$$W = 196 \text{ KWH}$$

- Perhitungan Energi Output Putaran Menengah (persamaan 2.12)

$$W = P \times t$$

$$W = 35 \text{ KW} \times 24 \text{ H}$$

$$W = 840 \text{ KWH}$$

- Perhitungan Energi Output Putaran Maksimum (persamaan 2.12)

$$W = P \times t$$

$$W = 66,32 \text{ KW} \times 24 \text{ H}$$

$$W = 1592 \text{ KWH}$$

Tabel 4. 4 Data Penggunaan Energi

Tanggal	Frekuensi (Hz)	Pout (KW)	Waktu (Hours)	W (KWH)
01/07/2022	5	8,24	24,00	198
	10	14,72	24,00	353
	15	21,28	24,00	511
	20	27,79	24,00	667

	25	34,95	24,00	839
	30	43,61	24,00	1047
	35	55,02	24,00	1321
	40	68,31	24,00	1640
26/01/2022	5	8,09	24,00	194
	10	14,82	24,00	356
	15	21,18	24,00	508
	20	27,77	24,00	667
	25	34,95	24,00	839
	30	43,40	24,00	1042
	35	54,05	24,00	1297
	40	66,32	24,00	1592
27/01/2022	5	8,12	24,00	195
	10	14,82	24,00	356
	15	21,21	24,00	509
	20	27,72	24,00	665
	25	35,00	24,00	840
	30	43,42	24,00	1042
	35	53,79	24,00	1291
	40	66,32	24,00	1592
28/01/2022	5	8,18	24,00	196
	10	14,71	24,00	353
	15	21,21	24,00	509
	20	27,72	24,00	665
	25	34,98	24,00	840
	30	43,42	24,00	1042
	35	53,73	24,00	1289
	40	66,32	24,00	1592

Setelah daya output dan daya input didapat, maka langkah terakhir adalah mencari nilai efisiensi pada tiap putaran minimum, menengah dan maksimum (data diambil menggunakan pengujian pada tanggal 07 Januari 2022) :

- Efisiensi pada Putaran Minimum (persamaan 2.12)

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{8,24}{11,18} \times 100\%$$

$$\eta = 73,72\%$$

- Efisiensi pada Putaran Menengah (persamaan 2.12)

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{34,95}{47,41} \times 100\%$$

$$\eta = 73,72\%$$

- Efisiensi pada Putaran Maksimum (persamaan 2.12)

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{68,31}{92,67} \times 100\%$$

$$\eta = 73,72\%$$

Setelah daya output dan daya input didapat, maka langkah terakhir adalah mencari nilai efisiensi pada tiap putaran minimum, menengah dan maksimum (data diambil menggunakan pengujian pada tanggal 26 Januari 2022) :

- Efisiensi pada Putaran Minimum (persamaan 2.13)

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{8,09}{10,97} \times 100\%$$

$$\eta = 73,72\%$$

- Efisiensi pada Putaran Menengah (persamaan 2.13)

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{34,95}{47,41} \times 100\%$$

$$\eta = 73,72\%$$

- Efisiensi pada Putaran Maksimum (persamaan 2.13)

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{66,32}{89,96} \times 100\%$$

$$\eta = 73,72\%$$

Setelah daya output dan daya input didapat, maka langkah terakhir adalah mencari nilai efisiensi pada tiap putaran minimum, menengah dan maksimum (data diambil menggunakan pengujian pada tanggal 27 Januari 2022) :

- Efisiensi pada Putaran Minimum (persamaan 2.13)

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{8,12}{11,01} \times 100\%$$

$$\eta = 73,72\%$$

- Efisiensi pada Putaran Menengah (persamaan 2.13)

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{35}{47,48} \times 100\%$$

$$\eta = 73,72\%$$

- Efisiensi pada Putaran Maksimum (persamaan 2.13)

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{66,32}{89,96} \times 100\%$$

$$\eta = 73,72\%$$

Setelah daya output dan daya input didapat, maka langkah terakhir adalah mencari nilai efisiensi pada tiap putaran minimum, menengah dan maksimum (data diambil menggunakan pengujian pada tanggal 28 Januari 2022) :

- Efisiensi pada Putaran Minimum (persamaan 2.13)

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{8,18}{11,10} \times 100\%$$

$$\eta = 73,72\%$$

- Efisiensi pada Putaran Menengah (persamaan 2.13)

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{34,98}{47,46} \times 100\%$$

$$\eta = 73,72\%$$

- Efisiensi pada Putaran Maksimum (persamaan 2.13)

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{66,32}{89,96} \times 100\%$$

$$\eta = 73,72\%$$

Dari hasil perhitungan terhadap data-data yang diperoleh di lapangan, didapat lah Daya Output dan Efisiensi pada setiap putaran motor pada tabel berikut :

Tabel 4. 5 Data Hasil Perhitungan

Tanggal	Frekuensi (Hz)	N (RPM)	Arus (A)	Tegangan (V)	Pin (KW)	Pin (HP)	Torsi NM	Pout (KW)	Effisiensi (%)
01/07/2022	5	148	169	42,5	11,18	15,00	532,18	8,24	73,72%
	10	298	154	83,3	19,97	26,78	472,05	14,72	73,72%
	15	447	150	123,6	28,87	38,71	454,82	21,28	73,72%
	20	596	148	163,6	37,70	50,55	445,49	27,79	73,72%
	25	745	150	203	47,41	63,58	448,20	34,95	73,72%
	30	895	157	242	59,16	79,33	465,52	43,61	73,72%
	35	1044	170	282	74,64	100,10	503,55	55,02	73,72%
	40	1192	186	320	92,67	124,27	547,56	68,31	73,72%
26/01/2022	5	145	165	42,7	10,97	14,71	532,83	8,09	73,72%
	10	298	155	83,3	20,10	26,96	475,12	14,82	73,72%
	15	446	150	123	28,73	38,52	453,63	21,18	73,72%
	20	595	148	163,5	37,68	50,52	445,97	27,77	73,72%
	25	746	150	203	47,41	63,58	447,60	34,95	73,72%
	30	894	156	242,4	58,88	78,95	463,83	43,40	73,72%
	35	1045	167	282	73,33	98,33	494,19	54,05	73,72%
	40	1192	180	321	89,96	120,64	531,55	66,32	73,72%
27/01/2022	5	149	166	42,6	11,01	14,77	520,44	8,12	73,72%
	10	299	155	83,3	20,10	26,96	473,53	14,82	73,72%
	15	447	150	123,2	28,77	38,59	453,35	21,21	73,72%
	20	597	148	163,2	37,61	50,43	443,66	27,72	73,72%
	25	745	150	203,3	47,48	63,67	448,86	35,00	73,72%
	30	894	156	242,5	58,90	78,99	464,02	43,42	73,72%
	35	1045	166	282,3	72,96	97,84	491,75	53,79	73,72%
	40	1193	180	321	89,96	120,64	531,10	66,32	73,72%
28/01/2022	5	148	167	42,7	11,10	14,89	528,35	8,18	73,72%
	10	298	154	83,2	19,95	26,75	471,49	14,71	73,72%
	15	447	150	123,2	28,77	38,59	453,35	21,21	73,72%
	20	597	148	163,2	37,61	50,43	443,66	27,72	73,72%
	25	745	150	203,2	47,46	63,64	448,64	34,98	73,72%

30	893,4	156	242,5	58,90	78,99	464,34	43,42	73,72%
35	1044	166	282	72,89	97,74	491,70	53,73	73,72%
40	1192	180	321	89,96	120,64	531,55	66,32	73,72%

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan dan disajikan pada tabel 4.4 dari 4 hari pengambilan data, didapat saat nilai frekuensi dinaikkan dari 5 HZ ke 40 HZ nilai kecepatan putarannya juga mengalami kenaikan yang didapat dengan persentase rata-rata kenaikan sebagai berikut (data diambil pada tanggal 7 Januari 2022) :

- Frekuensi 5 Hz ke 10 Hz :

$$= \frac{RPM\ 10\ Hz - RPM\ 5\ Hz}{RPM\ 10\ Hz} \times 100\ \% = \frac{298 - 148}{298} \times 100\ \% = 50\%$$

- Frekuensi 10 Hz ke 15 Hz :

$$= \frac{RPM\ 15\ Hz - RPM\ 10\ Hz}{RPM\ 15\ Hz} \times 100\ \% = \frac{447 - 298}{447} \times 100\ \% = 33\%$$

- Frekuensi 15 Hz ke 20 Hz :

$$= \frac{RPM\ 20\ Hz - RPM\ 15\ Hz}{RPM\ 20\ Hz} \times 100\ \% = \frac{596 - 447}{596} \times 100\ \% = 25\%$$

- Frekuensi 20 Hz ke 25 Hz :

$$= \frac{RPM\ 25\ Hz - RPM\ 20\ Hz}{RPM\ 25\ Hz} \times 100\ \% = \frac{745 - 596}{745} \times 100\ \% = 20\%$$

- Frekuensi 25 Hz ke 30 Hz :

$$= \frac{RPM\ 30\ Hz - RPM\ 25\ Hz}{RPM\ 30\ Hz} \times 100\ \% = \frac{895 - 745}{895} \times 100\ \% = 17\%$$

- Frekuensi 30 Hz ke 35 Hz :

$$= \frac{RPM\ 35\ Hz - RPM\ 30\ Hz}{RPM\ 35\ Hz} \times 100\ \% = \frac{1044 - 895}{1044} \times 100\ \% = 14\%$$

- Frekuensi 35 Hz ke 40 Hz :

$$= \frac{RPM\ 40\ Hz - RPM\ 35\ Hz}{RPM\ 40\ Hz} \times 100\ \% = \frac{1192 - 1044}{1192} \times 100\ \% = 12\%$$

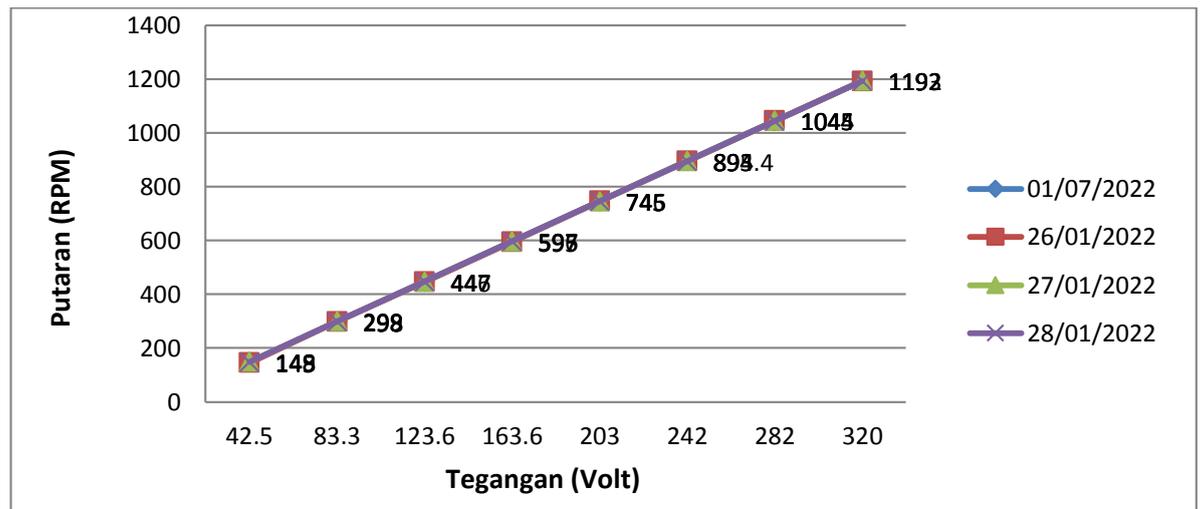
Maka dapat diketahui bahwa kenaikan frekuensi mempengaruhi kecepatan

putaran motor. Semakin besar nilai frekuensi, semakin cepat juga putaran motor (RPM).

4.2 Grafik

4.2.1 Grafik Perbandingan Putaran dengan Tegangan

Dari gambar dibawah, menunjukkan hubungan antara tegangan yang masuk ke motor terhadap putaran motor induksi.

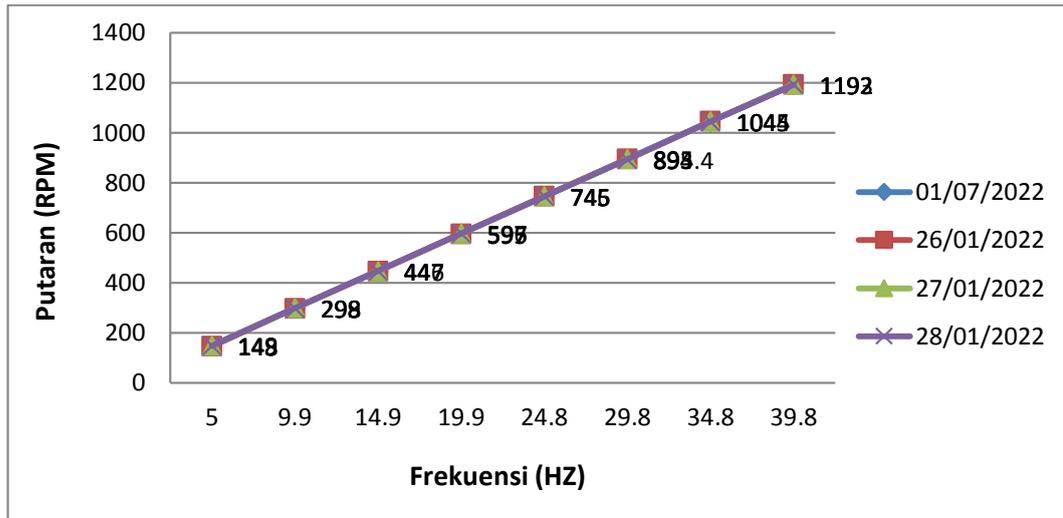


Gambar 4. 1 Grafik Perbandingan Putaran Motor VS Tegangan

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa setiap kenaikan tegangan sebanding dengan kenaikan kecepatan putaran motor induksi.

4.2.2 Grafik Perbandingan Putaran dengan Frekuensi

Dari gambar dibawah, menunjukkan hubungan antara frekuensi motor terhadap putaran motor induksi.

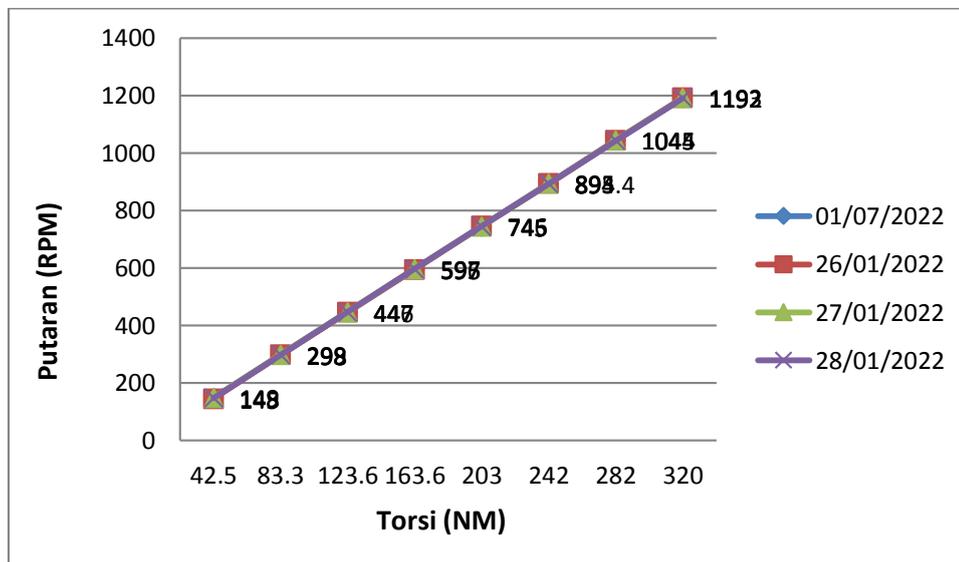


Gambar 4. 2 Grafik Perbandingan Putaran Motor VS Frekuensi

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa setiap kenaikan frekuensi sebanding dengan kenaikan kecepatan putaran motor induksi.

4.2.3 Grafik Perbandingan Putaran dengan Torsi

Dari gambar dibawah, menunjukkan hubungan antara frekuensi motor terhadap putaran motor induksi.



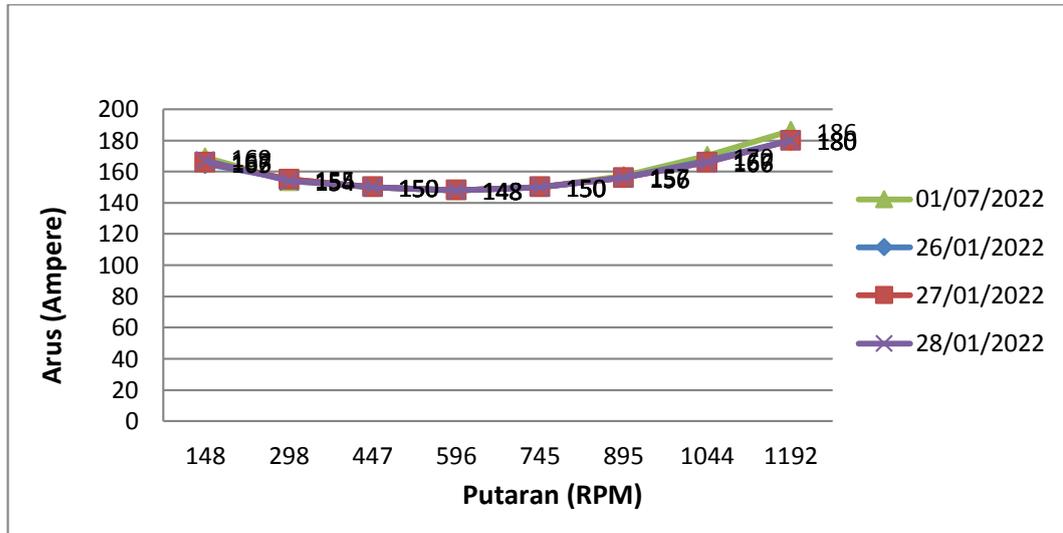
Gambar 4. 3 Grafik Perbandingan Putaran Motor VS Torsi

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa setiap kenaikan frekuensi sebanding dengan kenaikan kecepatan putaran motor induksi.

4.2.4 Grafik Perbandingan Putaran dengan Arus

Dari gambar dibawah, menunjukkan hubungan antara arus motor terhadap

putaran motor induksi.

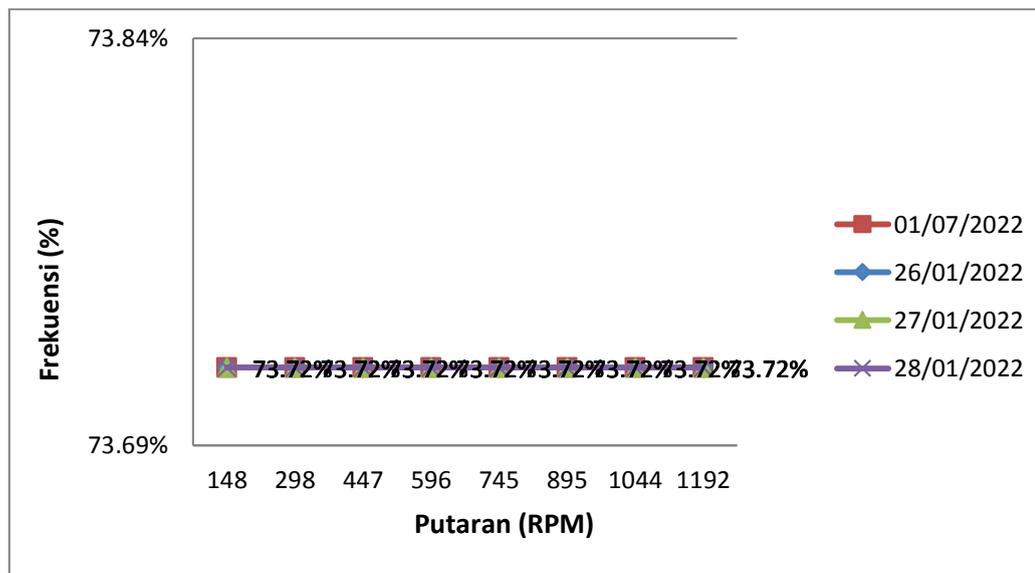


Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan Putaran Motor VS Arus

Dari grafik di atas dapat dilihat hubungan dari arus dan putaran motor, arus mengalami penurunan sesaat dan kemudian mengalami kenaikan kembali disaat putaran motor mengalami kenaikan juga.

4.2.5 Grafik Perbandingan Putaran dengan Efisiensi

Dari gambar dibawah, menunjukkan hubungan antara frekuensi motor terhadap putaran motor induksi.



Gambar 4. 5 Grafik Perbandingan Putaran Motor VS Efisiensi

Dari grafik di atas dapat dilihat hubungan antara frekuensi dan putaran, frekuensi pada Motor Blower Induksi 3 Fasa *Squirrel Cage* 250 KW adalah 73,72%.

Setelah dilakukan perhitungan nilai efisiensi, dapat diketahui hal-hal yang dapat mempengaruhi nilai efisiensi pada motor adalah sebagai berikut :

1. Suhu pada inti motor, setelah dilakukan pengukuran pada suhu motor, didapat nilai suhu motor pada bagian depan 52,3°C dan suhu motor pada bagian belakang adalah 35,9°C. Adapun data pengambilan suhu terdapat pada lampiran 3.
2. Kondisi pendingin motor yang kotor dapat mempengaruhi udara yang masuk sehingga berdampak pada kinerja pendingin dalam mendinginkan motor. Hal ini juga dapat berdampak pada rugi-rugi motor semakin besar, sehingga efisiensi motor semakin kecil. Adapun kondisi celah masuknya udara ke cover dapat dilihat pada lampiran 4.
3. Waktu pengoperasian motor, motor dioperasikan selama 24 jam sehari. Hal ini dapat mempengaruhi nilai dari efisiensi motor.

Adapun cara yang dilakukan oleh perusahaan untuk mempertahankan nilai efisiensi dari Motor Blower Induksi 3 Fasa *Squirrel Cage* 250 KW adalah dengan:

1. *Preventive Maintenance* (Pemeliharaan Pencegahan)

Pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan – kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang dapat menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu digunakan dalam proses produksi. Dilakukan secara berkala sesuai dengan jadwal yang ditentukan oleh pihak *Management*. Adapun jadwal *Preventive Maintenance* pada tahun 2022 dapat dilihat pada lampiran 5.

2. *Corrective Maintenance* (Pemeliharaan Perbaikan)

Corrective maintenance adalah suatu kegiatan *maintenance* yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan atau kelalaian pada mesin/peralatan sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik. Dilakukan dengan membuat *Work Order* kepada Departemen Maintenance. Contoh *Work Order* dapat dilihat pada lampiran 6.

3. *Predictive maintenance*

Predictive maintenance adalah tindakan–tindakan *maintenance* yang dilakukan pada tanggal yang ditetapkan berdasarkan prediksi hasil analisa dan evaluasi data operasi yang diambil untuk melakukan *predictive maintenance* itu dapat berupa getaran, temperatur, *vibrasi*, *flow rate* dan lain–lainnya. Setelah dilakukan analisa, maka dibuat pula *Work Order* hasil analisa. *Work Order* untuk *Predictive Maintenance* dapat dilihat pada lampiran 7.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapat dari analisa perhitungan yang telah dilakukan oleh Penulis adalah sebagai berikut :

- 5.1.1. Variasi dari putaran terhadap tegangan, frekuensi dan daya memiliki pengaruh semakin besar putaran akan semakin besar tegangan, frekuensi dan dayanya. Saat putaran minimum (data tanggal 7 Januari 2022) yaitu 148 rpm, tegangan motor 42,5 Volt, frekuensi motor 5 HZ, daya 11,18 KW. Saat putaran menengah (data tanggal 7 Januari 2022) 745 rpm, tegangan motor 203 Volt, frekuensi motor 24,8 HZ, daya 47,41 KW. Saat putaran maksimum (data tanggal 7 Januari 2022) 1192 rpm, , tegangan motor 320 Volt, frekuensi motor 39,8 HZ, daya 92,67 KW.
- 5.1.2. Torsi dan arus mengalami penurunan saat putaran minimum (data tanggal 7 Januari 2022) yaitu 148 rpm, torsi motor sebesar 532,18 NM, arus 169 Ampere. Saat putaran menengah (data tanggal 7 Januari 2022) yaitu 745 rpm, torsi motor sebesar 448,20 NM, arus 150 Ampere. Dan kembali naik saat putaran maksimum (data tanggal 7 Januari 2022) yaitu saat putaran 1192 rpm, torsi motor sebesar 547,56 NM, arus 186 Ampere. Nilai dari efisiensi motor, yaitu sebesar 73,72%.
- 5.1.3. Efisiensi pada motor dipengaruhi oleh suhu pada motor, kondisi pendingin pada motor dan waktu pemakaian motor.
- 5.1.4. Cara Perusahaan untuk mempertahankan efisiensi adalah dengan *Maintenance*. *Maintenance* yang dilakukan oleh pihak PT Socimas adalah *Corrective Maintenance* (Perawatan saat terjadi kerusakan), *Predictive Maintenance* (tindakan perawatan setelah prediksi dari hasil analisa) dan *Preventive Maintenance* (Perawatan Pencegahan) yang dilakukan setahun sekali.

5.2 Saran

Beberapa hal yang dapat disarankan oleh Penulis untuk Motor Induksi 250

KW yang terdapat di PT. Socimas adalah sebagai berikut:

- 5.2.1. Sebaiknya motor induksi dilakukan pemeliharaan secara berkala, karena dari hasil perhitungan didapat nilai efisiensi yang kurang dari 80%.
- 5.2.2. Diperlukan penelitian lanjutan untuk mengetahui perbandingan kinerja motor menurut lama pemakaian motor, yang selanjutnya untuk mengetahui menurunnya nilai efisiensi per tahun.
- 5.2.3. Skripsi dapat dikembangkan dengan mencari perhitungan rugi-rugi daya yang diakibatkan oleh pendingin motor yang tidak bekerja maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Kurnia Pratama, E. Zondra, and H. Yuwendius, “Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Akibat Perubahan Tegangan,” *J. Sain, Energi, Teknol. Ind.*, vol. 5, no. 1, pp. 35–43, 2020.
- [2] N. Evalina and A. A. Zulfikar, “Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Programmable Logic Controller,” *J. Electr. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 73–80, 2018.
- [3] Zulfikar, N. Evalina, A. A. H, and Y. T. Nugraha, “Analisis Perubahan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Dengan Menggunakan Inverter 3G3Mx2,” *Semnastek Uisu*, pp. 2–5, 2019.
- [4] E. S. Nasution and A. Hasibuan, “Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Dengan Merubah Frekuensi Menggunakan Inverter ALTIVAR 12P,” *Sist. Inf. ISSN*, vol. 2, no. 1, pp. 25–34, 2018.
- [5] R. A. Rangkuti, A. Atmam, and E. Zondra, “Studi Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Variable Speed Drive (VSD) Berbasis Programmable Logic Controller (PLC),” *J. Tek.*, vol. 14, no. 1, pp. 121–128, 2020, doi: 10.31849/teknik.v14i1.2295.
- [6] F. Septianto *et al.*, “ANALISA PENURUNAN EFISIENSI MOTOR INDUKSI AKIBAT CACATPADA CAGE BALL BANTALAN,” vol. 4, no. 4, pp. 397–407, 2015.
- [7] S. Nuari, Atmam, and E. Zondra, “Analisis Starting Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Programmable Logic Controller (PLC),” *SainETIn*, vol. 2, no. 2, pp. 60–67, 2018, doi: 10.31849/sainetin.v2i2.2019.
- [8] Zuriman Anthony, “Studi Pengaruh Perubahan Frekwensi Sumber terhadap Faktor Daya Motor Induksi 3-Fasa,” *Tek. Elektro Itp*, vol. 2, no. 2, pp. 49–52, 2013.
- [9] A. B. Priahutama, T. Sukmadi, and I. Setiawan, “Perancangan Modul Soft Starting Motor Induksi 3 Fasa dengan Atmega 8535,” *Transmisi*, vol. 12, no. 4, pp. 160–167, 2010, [Online]. Available: <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/transmisi>
- [10] Tresna Umar Syamsuri, Harrij Mukti K., and R. Duanaputri, “Analisis Penggunaan Variable Speed Drive (VSD) pada Motor Kompresor,”

- ELPOSYS J. Sist. Kelistrikan*, vol. 8, no. 3, pp. 72–75, 2021, doi: 10.33795/elposys.v8i3.82.
- [11] R. Harahap and S. Nofriadi, “Analisa Perbandingan Efisiensi Dan Torsi Dengan Menggunakan Metode Penyardapan Sejajar Terhadap Metode Pergeseran Sikat Pada Motor Arus Searah Kompon Pendek Dengan Kutub Bantu,” *J. Electr. Technol.*, vol. 4, no. 3, pp. 105–111, 2019.
- [12] R. Sulistyowat and D. D. Febriantoro, “Perancangan Prototype Sistem Kontrol Dan Monitoring Pembatas Daya Listrik Berbasis Mikrokontroler,” *J. Iptek*, vol. 16, pp. 10–21, 2015, [Online]. Available: <http://jurnal.itats.ac.id/wp-content/uploads/2013/06/4.-RINY-FINAL-hal-24-32.pdf>
- [13] M. M. B. Muhammad Sadikin, Alief Maulana, “Pemeliharaan Dan Pengujian Motor Induksi 3 Phasa Menggunakan Motor Circuit Analysis (MCA) Di PT.DIAN SWASTIKA SENTOSA,” *J. Tek.*, vol. 14, no. 1, pp. 47–52, 2018.
- [14] S. Zainal Abidin, Adam, “KARAKTERISTIK KURVA KECEPATAN TORSI DAN FAKTOR KERJA PROTOTYPE MESIN LISTRIK AC DINAMIS DAN STATIS DENGAN PEMODELAN RANGKAIAN EKIVALEN,” *SNITT-Politeknik Negeri Balik Papan*, no. ISBN:978-602-51450-1-8, pp. 4–9, 2018.
- [15] S. W. G. Ujang Wiharja, “ANALISIS EFISIENSI DAYA MOTOR INDUKSI 3 FASA DENGAN MENGGUNAKAN SOFT STARTER PADA RECIPROCATING COMPRESSOR,” *J. Elektro Vol 10 No 1 Januari 2022*, vol. 10, no. 8.5.2017, pp. 2003–2005, 2022, [Online]. Available: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders>
- [16] Z. Atmam, Abrar Tanjung, “ANALISIS PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK MOTOR INDUKSITIGA PHASA MENGGUNAKAN VARIABLE SPEED DRIVE(VSD),” *Sain, Energi, Teknol. Ind.*, vol. 2, no. 2, pp. 52–59, 2018.
- [17] E. A. Nugroho, “Implementasi Sistem Kendali Variable Speed Drive Pada Inverter 3 Fasa Menggunakan Mikrokontrol At89S52,” *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 9, no. 1, pp. 413–424, 2018, doi:

10.24176/simet.v9i1.1988.

- [18] N. M. A. S., D. Mulyana, and I. Y. A., “Pengaturan Kecepatan Motor Brushless DC(Direct Current) Menggunakan Cuk Converter,” *J. Tek. Elektro dan Komput. TRIAC*, vol. 6, no. 2, 2019, doi: 10.21107/triac.v6i2.5990.
- [19] H. D. Sudono, I. N. S. Kumara, and W. G. Ariastina, “ANALISIS OPERASI POMPA CHILLER MENGGUNAKAN FIXED SPEED DRIVE DAN VARIABLE SPEED DRIVE (STUDI KASUS : FOUR SEASON HOTEL JIMBARAN),” vol. 9, no. 1, pp. 151–158, 2022.
- [20] A. Multi and E. Febryane, “Penggunaan Variable Speed Drive Pada Motor Induksi Untuk Penghematan Konsumsi Energi Listrik,” *Sainstech J. Penelit. dan Pengkaj. Sains dan Teknol.*, vol. 22, no. 2, pp. 30–37, 2020, doi: 10.37277/stch.v22i2.609.

Lampiran 1. Data Hasil Penelitian



Gambar 6.1 Data Arus



Gambar 6.2 Data Frekuensi



Gambar 6.3 Data Tegangan dan Arus



Gambar 6.4 Data RPM dan Arus

Lampiran 2. Pengambilan Data di Lapangan



Gambar 6.5 Penulis Melakukan Pencatatan Terhadap Data yang Diperoleh

Lampiran 3. Suhu Motor

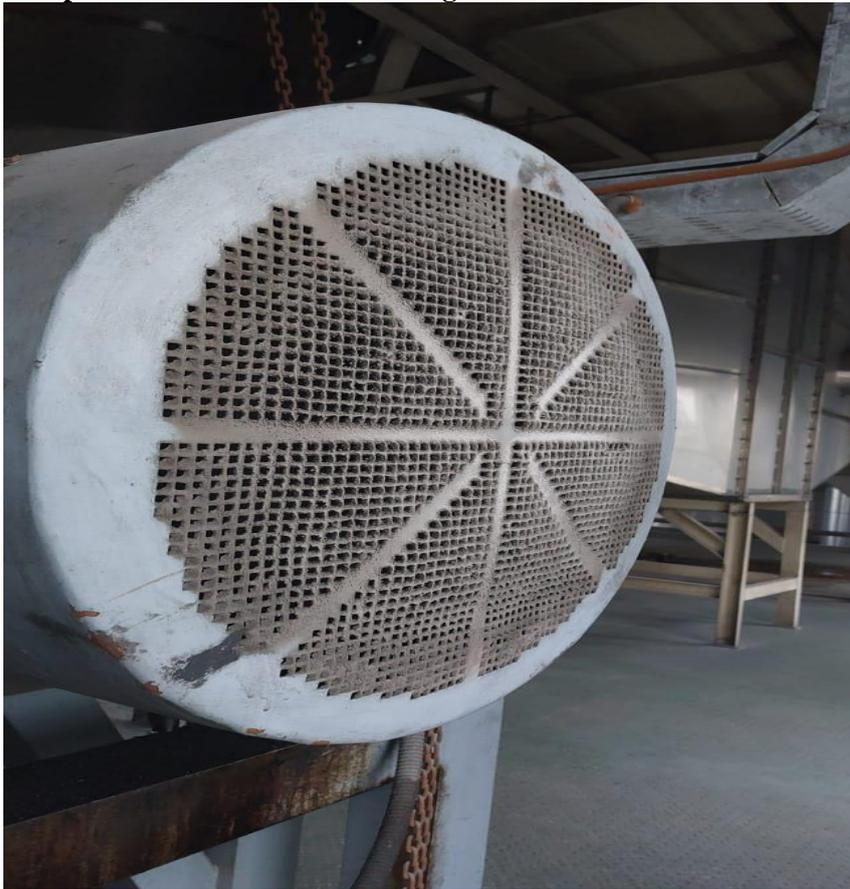


Gambar 6.6 Suhu Depan Motor



Gambar 6.7 Suhu Belakang Motor

Lampiran 4. Kondisi Cover Pendingin Motor



Gambar 6.8 Kondisi Pendingin yang Kotor

Lampiran 5. Jadwal Preventive Maintenance (Pemeliharaan Pencegahan)

OVERHAUL SCHEDULE P01, P02 & UTILITY 2022

NO	DESCRIPTION	Jan-22																				
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
		Fri	Sat	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun	Mon	Tue	Wed			
PLANT 01																						
1	#100; #400 SPLITTER																					
2	#200 HYDRO;#300 DISTILLATION;#500 FRACTIONATION	STOP																				
3	#710;#720;#750;#760;#770;#780 GLYCERIN						STOP															
4	#810;#820;#830;#840;#850 BEADER FLAKER																					
5	2#650 SOAP PLANT																		START UP			
UTILITIES PLANT 01																						
1	LPB																					
2	TOH (G1501) & G1502																					
3	TOH BASUKI																					
4	RWTP																					
5	WWTP																					
6	AIR COMPRESSOR	STOP																	START UP			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #00AEEF; color: white; text-align: center;">PLANT RUNNING</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #008000; color: white; text-align: center;">OVERHAUL</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #FFD700; text-align: center;">STOP AND START UP</td> </tr> </table>																				PLANT RUNNING	OVERHAUL	STOP AND START UP
PLANT RUNNING																						
OVERHAUL																						
STOP AND START UP																						

Gambar 6.9 Jadwal Pemeliharaan Tahunan (List Merah)

Lampiran 6. *Work Order Corrective Maintenance (Pemeliharaan Perbaikan)*

The screenshot shows the SAP PM Notification interface. The title bar includes 'PM Notification', 'Edit', 'Goto', 'Extras', 'Environment', 'System', and 'Help'. The main title is 'Display PM Notification: OC-Repair Request'. Below the title bar, there are several tabs: 'Notification', 'Location data', 'Scheduling overview', and 'Items'. The 'Notification' tab is active, showing the following data:

- Notification: 600026709 W1 Motor blower B-841 suara kasar
- Notific. Status: NOCO ORAS APPR
- Order: 200088145

Below the notification data, there are sections for 'Reference object' and 'Subject'.

Reference object:

- Functional loc.: [Redacted]
- Equipment: MECHANICAL ROTATING (0840)
- Assembly: RECIRCULATION FAN B-841

Subject:

- Description: Motor blower B-841 suara kasar
- K- Motor blower B-841 suara kasar sering terdengar
- K- 1 Unit
- D- Motor rusak
- T-

Gambar 6.10 *Work Order* Pemeliharaan Terjadinya Kerusakan

The screenshot shows the SAP PM Order Confirmation interface. The title bar includes 'Confirmation', 'Edit', 'Goto', 'Environment', 'System', and 'Help'. The main title is 'Display PM Order Confirmation: Actual Data'. Below the title bar, there are several tabs: 'Notification', 'Object List', 'Measurement Documents', and 'Administr.'. The 'Notification' tab is active, showing the following data:

- Order: 200088145 Motor blower B-841 suara kasar
- Oper./Act.: 0010 Motor blower B-841 suara kasar
- System Status: CNF ORSP TECO

Below the order data, there is a section for 'Confirmation Data'.

Confirmation Data:

- Confirmation: [Redacted] / 1 I40
- Work Center: MECHANIC R002 Mechanic Work Center
- Actual Work: 8,00 H Activity Type: WORKHR Posting date: 18.12.2020
- Final Confirmtn No Remain. Work Acctg Indicator: [Redacted]
- Clear Open Res. Remaining Work: 0,00 H
- Work Start: 18.12.2020 02:00:00 Actual Duration: 0,0 H
- Work Finish: 18.12.2020 05:00:00
- Reason: [Redacted]
- Confirm. text: Dilakukan regreasing dan vibrasi sudah n Long text exists

Gambar 6.11 *Closing Work Order* Setelah Selesai Dilakukan Pemeliharaan

Lampiran 7. Work Order Predictive maintenance

The screenshot shows a software window titled "Display PM Notification: OC-Repair Request". The interface includes a menu bar with "PM Notification", "Edit", "Goto", "Extras", "Environment", "System", and "Help". Below the menu is a toolbar with various icons. The main content area is divided into several sections:

- Notification:** 500038033, W1 FINDING WPM B-841
- Notific. Status:** NOCO ORAS, APPR
- Order:** 200143858

Navigation tabs include "Notification", "Location data", "Scheduling overview", and "Items".

Reference object:

- Functional loc.: [Redacted]
- Equipment: RECIRCULATION FAN B-841
- Assembly: [Redacted]

Subject:

Description: FINDING WPM B-841

Finding WPM B-841	MOTOR	FB : 0,2 mm/s	6,86 gE
		RB : 1,1 mm/s	2,93 gE

Ditemukan oleh Syamsul dan Heru pada WPM 12-05-2022
info PIC dapat dikerjakan pada saat stop.

Gambar 6.12 Work Order Pemeliharaan Setelah Adanya Analisa