

TUGAS AKHIR

SIMULASI SISTEM MONITORING SUHU, VIBRASI DAN RUNNING HOURS PADA BEARING MOTOR INDUKSI BERBASIS PLC DAN HMI UNTUK PREVENTIVE MAINTENANCE

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

Disusun Oleh:

JOKO SUSILO
1807220059



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

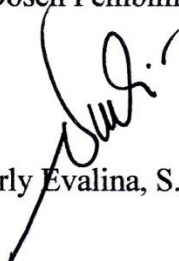
Nama : Joko Susilo
NPM : 1807220059
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Simulasi Sistem Monitoring Suhu, Vibrasi, dan Running Hours pada Bearing Motor Induksi Berbasis PLC dan HMI untuk Preventive Maintenance
Bidang ilmu : Sistem Kendali

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, 08 Januari 2023

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing




Noorly Evalina, S.T., M.T

Dosen Penguji I



Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T

Dosen Peguji II



Elvy Sahnur Nasution, S.T, M.Pd

Program Studi Teknik Elektro
Ketua,



Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

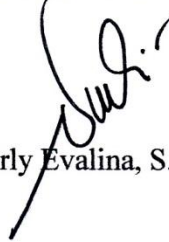
Nama : Joko Susilo
NPM : 1807220059
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Simulasi Sistem Monitoring Suhu, Vibrasi, dan Running Hours pada Bearing Motor Induksi Berbasis PLC dan HMI untuk Preventive Maintenance
Bidang ilmu : Sistem Kendali

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, 08 Januari 2023

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



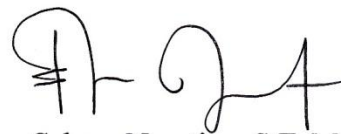
Noorly Evalina, S.T., M.T

Dosen Penguji I



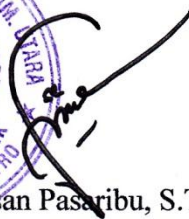
Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T

Dosen Peguji II



Elvy Sahnur Nasution, S.T, M.Pd

Program Studi Teknik Elektro
Ketua,



Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Joko Susilo
Tempat /Tanggal Lahir : Sei mati / 29 Maret 1999
NPM : 1807220059
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

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

“Simulasi Sistem Monitoring Suhu, Vibrasi, dan Running Hours pada Bearing Motor Induksi Berbasis PLC dan HMI untuk Preventive Maintenance”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan 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/ kesarjanaannya 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, 08 Januari 2023

Saya yang menyatakan,



Joko Susilo

ABSTRAK

Pada suatu proses produksi terdapat kendala yaitu kerusakan yang terjadi pada motor induksi yang dapat menyebabkan menurunnya kinerja dan hilangnya waktu produktifitas akibat perbaikan motor induksi yang cukup lama. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan *Preventive Maintenance* agar dapat mencegah terjadinya kerusakan dan menjaga performa motor induksi agar tetap handal serta beroperasi dengan baik. Dengan menggunakan metode sistem monitoring sebagai pendeteksi dini untuk dilakukannya *preventive maintenance* terhadap bearing motor induksi, pada sistem monitoring meliputi komponen berupa sensor suhu, vibrasi, penggunaan running hours yang telah terprogram di PLC dan menggunakan Profice Machine Edition 9.50 sebagai software PLC dan HMI menggunakan Software Cimplicity11.0 Workbench sebagai komponen utamanya. Pada hasil menunjukkan 3 tahapan uji coba terhadap bearing motor induksi sebagai penentu keberhasilan alat dalam sistem monitoring pendeteksi dini untuk dilakukannya Preventive Maintenance. pada monitoring tahapan pengujian pertama dengan pemakaian bearing ±4320 hours pada saat setingan running hours 24 jam nilai suhu sebesar 38 °C, vibrasi 2 mm/s dan pada setingan running hours 120 jam nilai suhu terukur sebesar 45 °C, vibrasi 3 mm/s. tahapan kedua pemakaian bearing ±8640 hours pada saat setingan running hours 24 jam suhu terbaca 51 °C, vibrasi 4 mm/s. pada setingan running hours 120 jam suhu sebesar 72.5 °C, vibrasi 7 mm/s. tahapan ketiga pemakaian bearing ±12960 hours pada running hours 24 jam suhu terbaca 76,8 °C, vibrasi 7,3 mm/s. dan running hours 120 jam nilai suhu terbaca 93,1 °C, vibrasi 10,6 mm/s. Maka semakin lama setingan running hours akan membuat suhu akan meningkat akibat lama motor beroperasi secara terus menerus dan penggunaan bearing yang sangat lama tanpa adanya pelumasan.

Kata Kunci: Suhu, Vibrasi, Running Hours, PLC, HMI

ABSTRACT

In a production process there are obstacles, namely damage to the induction motor which can cause a decrease in performance and loss of productivity time due to long induction motor repairs. This study aims to optimize Preventive Maintenance in order to prevent damage and maintain the performance of induction motors so that they remain reliable and operate properly. By using the monitoring system method as an early detector for preventive maintenance of induction motor bearings, the monitoring system includes components in the form of temperature sensors, vibration, use of running hours that have been programmed in the PLC and uses Profice Machine Edition 9.50 as PLC software and HMI uses Cimplicity11 Software .0 Workbench as its main component. The results show 3 stages of testing on induction motor bearings as a determinant of the success of the tool in the early detection monitoring system for Preventive Maintenance. in monitoring the first test stage with the use of bearing ± 4320 hours when setting running hours 24 hours the temperature value is $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ vibration is 2 mm/s and when setting running hours is 120 hours the measured temperature value is $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ vibration is 3 mm/s . the second stage is the use of the bearing ± 8640 hours when the setting is running hours 24 hours, the temperature reads $51\text{ }^{\circ}\text{C}$ the vibration is 4 mm/s . at the setting of running hours 120 hours, the temperature is $72.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ the vibration is 7 mm/s . the third stage is bearing usage ± 12960 hours in running hours 24 hours reading temperature is $76.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ vibration is 7.3 mm/s . and running hours of 120 hours, the reading temperature is $93.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ vibration is 10.6 mm/s . So the longer the running hours setting will make the temperature increase due to the long time the motor has been operating continuously and the very long use of bearings without lubrication.

Keywords: *Temperature, Vibration, Running Hours, PLC, HMI*

KATAPENGANTAR



Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Tidak ada kata yang lebih indah selain puji dan syukur kepada Allah SWT, yang telah menetapkan segala sesuatu, sehingga tiada sehelai daun yang jatuh tanpa izin-nya. Alhamdulillah atas izin-nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini yang berjudul “Simulasi Sistem Monitoring Suhu, *Vibrasi* dan *Running Hours* berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC) dan *Human Machine Interface* (HMI) untuk *Preventive Maintenance* di PT. Sinar Alam Permai Palembang (Wilmar Group Indonesia)” 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 karunianya dan izin nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir dan studi di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Kedua orang tua yang saya sayangi Bapak Legimin dan Ibu Sukatmi, yang telah bersusah payah mensupport dan membiayai studi penulis. serta kakak dan abang saya yang tak hentinya mendo'akan dan memberikan dukungan serta nasehat setiap harinya.
3. Saudara kandung saya kakak Rini, abangda Bamabang Suhari serta Rahmadi yang selalu membimbing dan 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 I 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. Ibu Noorly Evalina, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak 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 kepada penulis di bidang teknik elektro.
12. Bapak/Ibu staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
13. Seluruh Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro stambuk 18 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, 29 Juni 2022

Penulis

JOKO SUSILO

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATAPENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Ruang Lingkup.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II	7
TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	7
2.2 Landasan Teori.....	9
2.2.1 Motor Induksi.....	9
2.2.2 Klasifikasi Motor Induksi	11
2.2.3 Kontruksi Motor Induksi	11
2.2.4 Prinsip Kerja Motor Induksi	16
2.2.5 Slip pada Motor Induksi	17
2.2.6 Torsi Motor Induksi.....	19
2.2.7 Karakteristik Motor Induksi	21
2.2.8 Efisiensi pada Motor Induksi	23
2.3 Bearing/Bantalan Motor Induksi	23
2.4 PLC (<i>Programmable Logic Controller</i>)	26
2.4.1 Komponen PLC.....	27
2.4.2 Prinsip Kerja PLC	28
2.5 PLC (<i>Programmable logic controller</i>) GE Fanuc Series 90-30.....	30
2.5.1 <i>Power Supply</i> PLC (IC693PWR330).....	35
2.5.2 CPU (IC693CPU374).....	37
2.5.3 Konfigurasi Ethernet PLC to PC.....	38
2.5.4 Digital Input (IC693MDL645)	39

2.5.5	Digital Output (IC693MDL740).....	41
2.5.6	Analog Input (IC693ALG221)	41
2.5.7	Analog Output (IC693ALG392).....	43
2.6	HMI (Human Machine Interface).....	44
2.7	Sensor Vibrasi Transmitter Acceleration.....	45
2.8	Sensor Suhu (Thermocouple Tipe K).....	47
2.8.1	Tipe- tipe termokopel	49
2.9	TMT 182 (Temperatur Head transmitter).....	49
2.10	Pemeliharaan (Maintenance).....	50
2.10.1	Pengertian Pemeliharaan (Maintenance)	50
2.10.2	Tujuan Pemeliharaan (Maintenance)	51
2.10.3	Jenis-jenis Pemeliharaan	52
2.10.4	Tugas dan Kegiatan Pemeliharaan (Maintenance).....	55
2.10.5	Taktik Untuk Pemeliharaan (maintenance).....	56
2.10.6	Produktivitas dan Efisiensi Pemeliharaan (<i>maintenance</i>)	57
BAB III.....		58
METODOLOGI PENELITIAN.....		58
3.1	Waktu dan Tempat Perancangan	58
3.2	Bahan dan Alat.....	58
3.2.1	Bahan Perancangan	58
3.2.2	Alat Perancangan.....	59
3.3	Prosedur Kerja Alat.....	59
3.4	Prosedur Perancangan	60
3.4.1	Perancangan diagram blok <i>hardware</i>	60
3.4.2	Perancanagn <i>hardware</i>	62
3.4.3	Perancanagn diagram blok <i>Software</i>	68
3.4.4	Perancanagn <i>Software</i>	69
3.5	Diagram Alir Penelitian.....	75
BAB IV.....		77
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		77
4.1	Simulasi Sistem Monitoring Suhu, Vibrasi dan Running Hours.....	77
4.1.1	Pengujian Alat	78
4.2	Hasil Pengujian Program Ledder diagram PLC.....	82
4.3	Hasil Pengujian Monitoirng	90
4.3.1	Monitoring Sensor Suhu, <i>Vibrasi</i> dan <i>Running hours</i> terhadap bearing pemakaian ± 4320 <i>Hours</i>	90
4.3.2	Monitoring Sensor Suhu, Vibrasi dan Running hours terhadap bearing pemakaian ± 8640 <i>Hours</i>	92

4.3.3	Monitoring Sensor Suhu, Vibrasi dan Running hours terhadap bearing pemakaian ± 12960 <i>Hours</i>	94
BAB V	98
KESIMPULAN DAN SARAN		98
5.1	KESIMPULAN	98
5.2	SARAN	100
DAFTAR PUSTAKA		101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pengaplikasian motor induksi di industri.....	10
Gambar 2.2 Plat nama (<i>name plate</i>) motor induksi	10
Gambar 2.3 Konstruksi motor induksi 3-fasa.	11
Gambar 2.4 Cangkang (stator)	12
Gambar 2.5 Rotor sangkar (<i>squirrel cage rotor</i>).....	13
Gambar 2.6 Skematik motor induksi rotor belitan.....	14
Gambar 2.7 Rotor belitan (<i>wound rotor</i>).....	15
Gambar 2.8 Skema celah udara.....	15
Gambar 2.9 karakteristik torsi terhadap kecepatan motor	20
Gambar 2. 10 Grafik kopel sebagai fungsi dari daya dan kecepatan putaran ..	21
Gambar 2.11 Karakteristik Torsi dan Kecepatan pada Motor Induksi	22
Gambar 2.12 Bearing motor induksi	25
Gambar 2.13 komponen utama PLC.....	27
Gambar 2.14 Diagram Blok PLC (<i>Programmable Logic Controller</i>) (sumber manual book)	29
Gambar 2.15 Blok diagram CPU pada PLC (sumber. Iwan s.2010)	29
Gambar 2.16 peralatan dengan modul Input/output (sumber manual book PLC)	30
Gambar 2.17 Ilustrasi scanning (sumber. Iwan s.2010).....	30
Gambar 2.18 PLC GE Fanuc Series 90-30	32
Gambar 2.19 Ladder diagram	33
Gambar 2.20 <i>Function Block Diagram</i> (FBD).....	33
Gambar 2.21 <i>Instruction List</i> (IL).....	34
Gambar 2.22 <i>Sequential Function Chart</i> (SFC)	34
Gambar 2.23 <i>Structured Text</i> (ST).....	35
Gambar 2.24 Power Supply Pada PLC (IC693PWR330).....	36
Gambar 2.25 CPU (IC693CPU374).....	37
Gambar 2.26 Konfigurasi Ethernet PLC to PC	38
Gambar 2.27 Digital Input (IC693MDL645).....	40
Gambar 2.28 Digital Output (IC693MDL740)	41
Gambar 2.29 Analog Input (IC693ALG221).....	42

Gambar 2.30 Analog Output (IC693ALG392)	43
Gambar 2.31 HMI (Human Machine Interface)	44
Gambar 2.32 <i>Vibrasi Transmitter Acceleration</i>	46
Gambar 2. 33 Sensor Termokopel	48
Gambar 2.34 TMT182	50
Gambar 2.35 Manfaat pemeliharaan (Sumber: M. Samsul & Hendri 2003)..	
Gambar 3.1 Diagram Blok perancangan <i>hardware</i>	61
Gambar 3.2 Rangkaian Input Tegangan 220 VAC ke PLC	63
Gambar 3.3 Rangkaian Input power supply ke terminal blok dan modul I/O PLC	63
Gambar 3.4 Konfigurasi PC/Laptop to PLC	64
Gambar 3.5 Rangkaian Terminasi Modul D/O PLC to Relay	65
Gambar 3.6 Rangkaian Control Direc On Line	65
Gambar 3.7 Rangkaian Daya Direct On Line	66
Gambar 3. 8 Terminasi sensor suhu dan <i>Vibrasi</i> pada bearing motor induksi	67
Gambar 3.9 Diagram blok perancangan <i>software</i>	68
Gambar 3.10 Tampilan awal <i>software</i> PLC <i>Profice Machine Edition 9.50</i>	70
Gambar 3. 11 Tampilan <i>project template</i>	70
Gambar 3.12 Tampilan pengisian <i>type</i> modul PLC di <i>Main Rack</i>	71
Gambar 3.13 Tampilan akhir dalam pengisian <i>Main Rack</i>	71
Gambar 3.14 Tampilan awal <i>Software</i> HMI <i>Cimplicity 11.0 Workbench</i>	72
Gambar 3.15 Create user for new project sebagai keamanan program HMI...	73
Gambar 3.16 Tampilan pengisian ports pada Equipment	73
Gambar 3.17 Tampilan Primary Cable Address	74
Gambar 3.18 Tampilan pengisian New points	74
Gambar 3. 19 Diagram Alir	75
Gambar 3. 20 Rangkaian diagram sistem	76
Gambar 4. 1 Hasil Perancangan Alat simulasi	78
Gambar 4. 2 Pengaturan Sensor termokopel menggunakan <i>Hart communicator</i>	80
Gambar 4. 3 Sistem kerja Direct Online pada ladder diagram	83
Gambar 4. 4 Tampilan ladder diagram running hours	84
Gambar 4. 5 Tampilan ke dua dari ladder diagram running hours	85
Gambar 4. 6 Tampilan ke tiga dari ladder diagram running hours	85

Gambar 4. 7 Tampilan ke empat dari ledder diagram running hours	86
Gambar 4. 8 Ledder Diagram Sensor Suhu	87
Gambar 4. 9 Ledder Diagram Sensor Suhu	88
Gambar 4. 10 Ledder Diagram Sensor Vibrasi.....	89
Gambar 4. 11 Hasil pengujian monitoring bearing pemakaian ± 4320 <i>Hours</i>	90
Gambar 4. 12 Hasil pengujian monitoring terhadap bearing pemakaian ± 8640 Hours	92
Gambar 4. 13 Hasil pengujian monitoring bearing pemakaian ± 12960 <i>Hours</i>	94
Gambar 4. 14 Hasil pengujian suhu bearing motor induksi.....	96
Gambar 4. 15 Hasil pengujian vibrasi bearing motor induksi	97

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 nilai persentase kerusakan pada bearing (sumber. Da Silva,2006)..	25
Tabel 2.2 Spesifikasi Power Supply	36
Tabel 2.3 Spesifikasi <i>Vibrasi Transmitter Acceleration</i>	46
Tabel 2.4 Nilai <i>vibrasi</i> pada motor induksi berdasarkan ISO 10816-3.....	47
Tabel 4. 1 Pengujian nilai suhu	80
Tabel 4. 2 Pengujian Nilai Sensor <i>Vibrasi</i>	81
Tabel 4. 3 Pengujian Running Hours	82
Tabel 4. 4 Hasil Data Pengujian bearing pemakaian ± 4320 <i>Hours</i>	91
Tabel 4. 5 Hasil Data Pengujian bearing pemakain ± 8640 <i>Hours</i>	93
Tabel 4. 6 Hasil data pengujian bearing pemakain ± 12960 <i>Hours</i>	95

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Sinar Alam Permai (Wilmar Group) Palembang atau di singkat dengan PT. Sap Palembang adalah perusahaan swasta yang tergabung dalam Wilmar Group Indonesia terkemuka di Asia, perusahaan ini bergerak di bidang agribisnis dan industri terkait. Pada dasarnya PT. Sap Palembang berfokus pada pengolahan minyak sawit mentah *Crude Palm Oil* (CPO) menjadi minyak goreng kemasan, dan pengolahan inti sawit (kernel) *Crude Palm Kernel Oil* (CPKO). Di PT Sap Palembang terdapat beberapa departemen yang berperan penting dalam mengoperasikan dan meningkatkan produksi perusahaan, yaitu departemen *Refinery* dan *fraksinasi*, *Palm Kernel Crushing Plant*, *Central Laboratorium*, *Maintenance*, *Utility* dan *Consumer Pack Department*.

Dengan berjalanya waktu dan perkembangan teknologi 4.0 di bidang manufaktur serta meningkatnya Permintaan akan produk, maka perusahaan akan meningkatkan produksi dan kualitas. Untuk mencapai hasil produksi yang telah ditetapkan, maka diperlukan fasilitas yang dapat mendukung kelancaran dan meningkatkan proses produksi. Pada fasilitas tersebut motor induksi merupakan salah satu faktor penting dalam operasi industri. Hal ini dikarenakan motor induksi sebagai komponen penggerak utama, contoh pemanfaatan motor induksi digunakan diberbagai bidang seperti penggerak mesin press, penggerak mixer, penggerak conveyor, pengerak pompa dan lain sebagainya. Hampir 80-90% dunia industri menggunakan motor induksi sebagai komponen penggerak utama.

Namun dalam penelitian dilapangan suatu proses produksi masi terdapat permasalahan salah satunya kerusakan yang terjadi pada motor induksi, jika hal tersebut sering terjadi maka dapat menyebabkan menurunnya kinerja dan hilangnya waktu produktifitas akibat perbaikan motor induksi yang cukup lama. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kerusakan motor yaitu getaran (*vibrasi*), tegangan, temperatur, kurangnya *preventive maintenance* dan tidak terkontrolnya lama waktu pemakaian (*running hours*) pada motor yang akan

mengakibatkan pelumas pada bearing motor induksi akan cepat kering/haus, terjadi peningkatan suhu tinggi, bising pada motor induksi sampai dengan menuju kerusakan yang lebih parah sehingga dapat menyebabkan terjadinya *breakdown* hingga mengakibatkan *downtime* pada mesin yang menjadi penghambat proses produksi sehingga menimbulkan kerugian perbaikan peralatan dan kerugian terhentinya proses produksi.

Berdasarkan hasil survei yang telah dilakukan oleh *Electric Power Research Institute* (EPRI) yang mensurvei 6312 motor dan survei dari Motor Reability Working Group IEEE-IAS yang mensurvei 1141 motor. Kerusakan bearing berdasarkan lokasinya dapat dikategorikan sebagai kerusakan *inner-race* dan *outer-race*. Hampir sekitar 41-44% kerusakan motor induksi terjadi pada bearing. Bearing merupakan komponen motor induksi yang membantu rotor agar dapat bergerak secara bebas. Kerusakan bearing dapat menyebabkan terjadinya vibrasi, *noise* (bising), peningkatan suhu kerja, dan timbulnya bunga api yang dapat menyebabkan kerusakan pada bagian motor induksi yang lain (Da Silva, 2006). Beberapa kerusakan yang sering muncul pada mesin berputar adalah *bearing defect*, *unbalance*, *looseness* dan *misalignment*, beberapa kerusakan tersebut memiliki karakteristik khusus dalam pola sinyal *vibrasi* yang dibangkitkan. (Zainal Abidin et al., 2017)

Kerusakan pada rotor motor induksi dapat mempengaruhi parameter – parameter pada motor induksi, seperti arus dari keadaan normal, kerusakan 1,3% sampai kerusakan 3,9% mengalami perubahan yang signifikan dari nilai arus nominal motor, perubahan nilai slip dari kerusakan 1,3% sampai 3,9% juga mengalami kenaikan sampai 2,9% dan kecepatan motor saat terjadi kerusakan mengalami penurunan kecepatan sehingga akan mempengaruhi nilai efisiensi motor. Hal ini dikarenakan rusaknya rotor menyebabkan gesekan antara Stator dan rotor karena penyebab awal kerusakan bearing. (Prayogo, 2019)

Untuk menjaga kelancaran dan menghindari hambatan serta kerusakan pada saat berlangsungnya proses produksi, maka perlu adanya perawatan - perawatan secara rutin dan meningkatkan *preventive maintenance* terhadap motor induksi yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan dan menjaga *performa* motor agar tetap handal serta beroperasi dengan baik. Maka

dalam penelitian penulis akan merancang suatu sistem yang dapat memonitoring secara *real time* pada bearing motor induksi berbasis teknologi industri 4.0, sebagai Pemeliharaan terencana terdiri dari pemeliharaan pencegahan (*Preventive Maintenance*), guna mendukung, memajukan dan mengembangkan teknologi industri 4.0, dengan mencegah terjadinya gangguan mesin dan terhindar dari kerusakan, agar proses produksi dapat berjalan seoptimal mungkin. Dan dapat biaya yang lebih kecil untuk reparasi sederhana yang dilakukan sebelum terjadi kerusakan. Pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*) salah satu pilihan yang sangat tepat sebagai perawatan yang akan di padukan menggunakan teknologi – teknologi untuk mempermudah pemantauan *preventive maintenance* dibidang perawatan asset perusahaan dengan tepat waktu dan menghindari kerusakan yang serius. dengan menggunakan metode teknologi monitoring terhadap bearing motor induksi dari jarak jauh menggunakan sensor suhu, vibrasi dan *running hours* secara *continue* dan dihubungkan menggunakan *programmable logic controller* serta data yang telah dihasilkan dilapangan dapat di monitoring melalui ruang *control* dengan tampilan melalui *human machin interface*, guna mempermudah parah karyawan melakukan pemantauan *preventive maintenance* terhadap motor induksi secara *real time* tanpa harus ke lokasi.

Berdasarkan latar belakang masalah di atas maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang judul **SIMULASI SISTEM MONITORING SUHU, VIBRASI DAN *RUNNING HOURS* PADA BEARING MOTOR INDUKSI BERBASIS *PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER* (PLC) DAN *HUMAN MACHINE INTERFACE* (HMI) UNTUK *PREVENTIVE MAINTENANCE* DI PT SINAR ALAM PERMAI PALEMBANG (WILMAR GROUP INDONESIA)**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, maka yang akan dibahas dalam laporan penelitian ini adalah

1. Bagaimana cara membuat perancangan simulasi monitoring suhu, *vibrasi* dan *running hours* pada *bearing* motor induksi berbasis PLC dan HMI untuk *preventive maintenance*?
2. Bagaimana prinsip kerja suhu, *vibrasi* dan *running hours* pada *bearing* motor induksi berbasis PLC dan HMI untuk *preventive maintenance*?
3. Bagaimana hasil pengujian sistem monitoring suhu, *vibrasi* dan *running hours* pada *bearing* motor induksi berbasis PLC dan HMI untuk *preventive maintenance*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas tujuan penelitian dan pembahasan tugas akhir ini yaitu sebagai berikut:

1. Melakukan perancangan simulasi sistem monitoring suhu, *vibrasi* dan *running hours* pada *bearing* motor induksi berbasis PLC dan HMI untuk *preventive maintenance*
2. Menganalisis prinsip kerja dari sistem monitoring suhu, *vibrasi* dan *running hours* pada *bearing* motor induksi berbasis PLC dan HMI untuk *preventive maintenance*
3. Menganalisis dan pengujian alat sistem monitoring suhu, *vibrasi* dan *running hours* pada *bearing* motor induksi berbasis PLC dan HMI untuk *preventive maintenance*.

1.4 Ruang Lingkup

Agar Penelitian tugas akhir ini terarah tanpa mengurangi maksud dan tujuan, maka ditetapkan ruang lingkup dalam penelitian di tugas akhir ini. Adapun batasan masalah sebagai berikut:

1. Menjelaskan proses perancangan simulasi sistem monitoring suhu, *vibrasi* dan *running hours* berbasis PLC dan HMI untuk *preventive maintenance*.

2. Menjelaskan prinsip kerja simulasi sistem monitoring suhu, *vibrasi* dan *running hours* pada *bearing* motor induksi berbasis PLC dan HMI untuk *preventive maintenance*.
3. Melakukan pengujian pada perancangan simulasi sistem monitoring suhu, *vibrasi* dan *running hours* pada *bearing* motor induksi berbasis PLC dan HMI untuk *preventive maintenance*. Dalam pengujian menggunakan *bearing* yang telah terpakai selama ± 4320 hrs, ± 86400 hrs, ± 12960 hrs

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi penulis, sebagai kreatifitas dan inovasi baru dengan mengembangkan ilmu yang di perkuliahan telah dapat di implementasikan dengan baik
2. Bagi mahasiswa, sebagai pengetahuan tambahan, serta referensi tentang pentingnya PLC dan HMI yang dapat digunakan sebagai monitoring *preventive maintenance* di dunia industri
3. Bagi Industri, dapat meminimalisir sebelum terjadinya kerusakan pada motor induksi, sehingga mengurangi pengeluaran biaya untuk perbaikan dan mempermudah pelaksanaan *preventive maintenance* yang dapat dimonitoring secara langsung dalam skala jarak jauh /dekat melalui *control room* dan lebih efisiensi, sehingga meningkatkan hasil produksi, memperpanjang usia pemakaian motor induksi dan menjadi suatu inovasi di dunia industri 4.0

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran penyusunan tugas akhir ini penulis mengelompokkan ke dalam 5 bab secara singkat dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Pendahuluan merupakan bagian utama yang meliputi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

BAB ini meliputi tentang kajian dari berbagai literatur yang digunakan sebagai Ilmu Penunjang bagi peneliti dari berbagai literatur serta hasil studi yang relevan dengan pembahasan ini. diuraikan hal-hal tentang beberapa teori-teori yang berhubungan dengan perancangan tugas akhir.

BAB III Metodologi Penelitian

Pada BAB ini berisikan tentang lokasi dilaksanakannya penelitian, metode yang dipakai dalam penelitian, termasuk pengambilan data, diagram alir/*flowchart* dan proses perancangan Serta bahan uji penelitian.

BAB IV Analisa dan Pembahasan

Pada BAB ini membahas hasil pengujian pada tempat penelitian untuk mendapatkan nilai dari parameter pengujian dan melakukan analisa terhadap hasil penelitian yang telah dilakukan penulis untuk menentukan perbandingan dan efisiensi dari sistem penerapan *preventive maintenance*.

BAB V Kesimpulan dan Saran

BAB ini Merupakan penutup yang berisikan tentang kesimpulan dan saran Penulis tentang hasil penelitian dari simulasi sistem monitoring suhu, *vibrasi* dan *running hours* pada *bearing* induksi berbasis PLC dan HMI untuk *preventive maintenance*.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Penelitian ini adalah pengembangan dari penelitian-penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh beberapa di bidang teknik elektro, yaitu:

Muhammad Abduh, Iradiratu D.P.K dan Belly Yan Dewantara (2019) Judul TA Deteksi kerusakan bearing pada motor induksi melalui analisa arus stator menggunakan metode fast fourier transform (FFT) dengan tujuan membahas mengenai arus stator pada kondisi steady state yang terjadi pada outer race bearing motor induksi yang dilengkapi dengan algoritma Fast Fourier Transform (FFT). Yang kemudian diaplikasikan pada motor induksi untuk melakukan deteksi kerusakan bearing. (Abduh et al., 2019)

Deffi Meidiasha, et al. (2020) berjudul “Alat Pengukur Getaran, Suara dan Suhu Motor Induksi Tiga Fasa sebagai indikasi kerusakan Motor Induksi Berbasis Arduino” Penelitian ini bertujuan untuk mendesain dan membuat alat pengukur getaran, suara dan suhu motor induksi 3-fasa sebagai indikasi kerusakan pada motor induksi 3-fasa berbasis arduino. Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa alat dapat mengukur tingkat getaran dan suara (*noise*) motor melalui kondisi *LOW* dan *HIGH* dari sensor getaran dan sensor suara, sedangkan alat dapat mengukur tingkat suhu motor melalui data dari sensor suhu LM35. Sehingga dapat disimpulkan bahwa alat pengukur getaran, suara dan suhu dapat berfungsi dengan baik dalam mengindikasikan kerusakan motor. (Meidiasha et al., 2020)

Arif Dwi Laksono dan Subuh Isnur Haryudo (2020) dengan Judul “Rancang Bangun dan Analisis Peralatan Pendeteksi Dini Temperatur Motor Induksi 3 Fasa Dengan Sensor LM35 Berbasis PLC Zelio SR2B121BD.” Pada penelitian ini bertujuan untuk menjadi suatu alternatif baru dalam dunia industri dengan mendeteksi dini dan memonitoring temperatur motor induksi 3 fasa yang berbasis PLC zelio SR2B121BD. (Laksono & Haryudo, 2020)

Riza Samsinar, Eko Priatna dan Deni Almada (2020) yang berjudul “Sistem Pengingat Ganti Oli Berdasarkan *Running Hours* Mesin, Lama Waktu

Pemakaian dan Kekentalan Oli pada Mesin Wire Drawing Berbasis Raspberry Pi”. Dengan tujuan Melakukan perawatan mesin adalah dengan cara mengganti oli secara berkala dengan ditambahkan sistem pengingat ganti oli berdasarkan *running hours* mesin, lama waktu pemakaian dan kekentalan oli pada mesin wire drawing berbasis raspberry pi.(Samsinar et al., n.d.)

Penulis Adam Satria Putra Wahab (2016) yang judul “Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kerusakan Bearing Dengan Menggunakan Mikrokontroler”. Salah satu kerusakan pada self aligning ball bearing adalah kerusakan sangkar atau cage. Untuk mengetahui karakteristik getaran pada self aligning ball bearing sangat sulit karena diperlukan suatu percobaan. Perancangan alat pendeteksi kerusakan bearing ini untuk memudahkan mengetahui karakteristik getaran bearing sehingga kita dapat menganalisisnya dengan mudah. Komponen utama dari alat pendeteksi kerusakan pada bearing adalah sensor getaran dengan type HC-06 dan Mikrokontroler yang terdiri atas arduino uno, catu daya, memory, input-output, programming & perangkat lunak. Berfungsinya dan cara kerja alat pendeteksi kerusakan pada bearing ini tergantung dari program yang telah dimasukkan ke dalam board arduino. Cara kerja dari alat ini adalah berdasarkan getaran pada bearing yang dibaca oleh sensor getar kemudian dikirimkan ke arduino dan di proses untuk memberikan perintah pada LED indikator dan menampilkan nilai getaran bearing dalam bentuk angka pada LCD dan dalam bentuk Grafik pada Serial Plotter Arduino IDE.(Putra Wahab, 2016)

Penulis Tri Joko Pramono dan Adang Maksus (2016) dengan judul “Studi Analisis Sistem Monitoring Temperatur Ruang Bearing”. Dari judul tersebut menjelaskan kenaikan temperatur bearing dapat menyebabkan resiko terjadinya trip pada gas turbine. Karena banyaknya kemungkinan penyebab meningkatnya temperatur bearing, maka diperlukan sistem monitoring temperatur ruang bearing sebagai indikasi terjadinya kebocoran gas panas pada ruang bearing dan analisa tambahan yang lebih akurat untuk mengetahui penyebab tingginya temperature bearing turbin. Sistem monitoring temperatur pada ruang bearing ini akan memantau secara terus menerus, sehingga setiap gangguan yang terpantau dapat segera tertangani dengan metode yang tepat dan kemungkinan kerugian operasi karena adanya trip dari kenaikan bearing turbin dapat terhindari.(Pramono &

Maskus, 2016) .

2.2 Landasan Teori

Landasan teori adalah terdapat teori-teori yang relevan dengan penelitian yang sedang dilakukan, yang selanjutnya dijadikan dasar analisis untuk menjelaskan fakta-fakta yang ada. Adapun landasan teori yang digunakan dalam penelitian dengan judul “Simulasi Sistem Monitoring Suhu, *Vibrasi* dan *Running Hours* berbasis PLC dan HMI untuk *Preventive Maintenance* di PT. Sinar Alam Permai (Wilmar Group) Palembang” sebagai berikut.

2.2.1 Motor Induksi

Motor induksi adalah motor listrik arus bolak-balik (*ac*) yang putarannya tidak sama dengan putaran medan stator, dengan kata lain putaran rotor dengan putaran medan pada stator terdapat selisih putaran yang disebut slip. (Leonardus Siregar et al., 2021).

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 industri (Priahutama et al., 2010)

Bila motor asinkron bekerja pada sistem 3 fasa, besar arus dan juga fluksi pada kutub di masing-masing fasa selalu berubah sesuai dengan fungsi waktu. Fluksi-fluksi pada masing-masing kutub selalu menghasilkan fluksi total (resultant), yang bergerak mengelilingi stator dengan arah radial. Fluksi yang berputar tersebut disebut medan putar, kecepatan putarnya disebut putaran sinkron (n). (Nasution & Hasibuan, 2018)



Gambar 2.1 Pengaplikasian motor induksi di industri

Spesifikasi untuk pemakaian motor induksi sesuai dengan kebutuhan dan berhubungan dengan kerja motor induksi, daya atau tegangan dapat dilihat pada *name plate* motor induksi yang terletak di area body motor induksi. Hal tersebut merupakan sumber informasi data-data dari motor induksi itu sendiri. Data dan spesifikasi ditampilkan secara keseluruhan pada *name plate* motor induksi ini diperlihatkan pada gambar.2.2

Date		Hz	kW	r/min	η	cos φ
2017.6		50	55	1475	56.5	0.88
690 Y	50	55	1475	97.5	0.88	
400 Δ	50	55	1475	58.6	0.89	
660 Y	50	55	1475	102	0.89	
380 Δ	50	55	1475	95.0	0.87	
415 Δ	50	55	1480	99.9	0.89	
440 Δ	60	63	1775			

Motor M2JA250M4A B3
 IGT 4 Gb
 No. 3G1C17280610235001
 Ins. cl. F IP 56 AMB 40 °C
 Pred. code 3G1A252301-ADCX
 Cert. No. 1CIE 04 ATEX 6104 X
 6315/C3 6313/C3 563 kg
 CE 0081 Ex II 2G IEC 60034-1 QS/01C000271C

Gambar 2.2 Plat nama (*name plate*) motor induksi

2.2.2 Klasifikasi Motor Induksi

Dalam jumlah fasa tegangan yang digunakan maka motor induksi dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu:

1. Motor induksi satu fasa

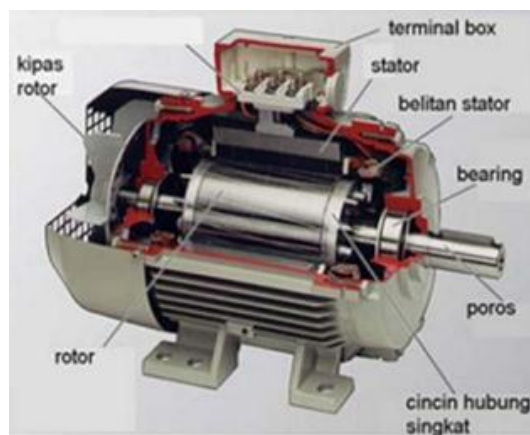
Disebut motor satu fasa karena untuk menghasilkan induksi elektromagnetik dan menjadi tenaga mekanik, pada motor tersebut harus disuplay dengan tegangan satu pahasa. Macam-macam motor satu fasa yaitu motor kapasitor, motor shaded pole, dan motor universal. Motor satu fasa ini sering digunakan pada skala rumah tangga dan industri.

2. Motor induksi tiga fasa

Disebut motor tiga fasa karena untuk menghasilkan tenaga mekanik, pada motor tersebut disuplai dengan tegangan tiga fasa. Jenis-jenis motor ditinjau dari jenis rotor yang digunakan, yaitu motor dengan rotor lilit, motor dengan rangkai sangkar tupai, dan motor kolektor.(Nuari et al., 2018)

2.2.3 Kontruksi Motor Induksi

Pada dasarnya semua jenis motor induksi mempunyai rotor dan stator, dimana rotor merupakan bagian yang berputar, sedangkan stator merupakan bagian yang diam (statis). Pada gambar 2.3 dijelaskan secara utuh komponen-komponen penyusun suatu motor induksi 3-fasa tipe rotor sangkar.



Gambar 2.3 Konstruksi motor induksi 3-fasa.

2.2.3.1 Stator

Stator ialah suatu bagian komponen tidak bergerak (statis) yang merupakan susunan dari beberapa laminasi inti serta memiliki alur sebagai tempat kumparan dililitkan yang berbentuk silindris. Tiap elemen laminasi inti dibentuk dari lembaran besi dimana tiap lembaran besi tersebut memiliki beberapa alur dan beberapa lubang pengikat untuk menyatukan inti . Tiap kumparan tersebar dalam alur yang disebut belitan fasa dimana untuk motor tiga fasa, belitan tersebut terpisah secara listrik sebesar 120°. Kawat kumparan yang digunakan terbuat dari tembaga yang dilapis dengan isolasi tipis.



Gambar 2.4 Cangkang (stator)

Cangkang (stator) merupakan bagian terluar dari stator yang berfungsi dalam beberapa tujuan yaitu:

1. Menutupi inti dari kumparannya.
2. Melindungi bagian-bagian mesin yang bergerak dari kontak langsung dengan manusia dan dari goresan yang disebabkan dari gangguan objek atau gangguan udara terbuka (cuaca luar).
3. Menyalurkan torsi ke bagian peralatan pendukung mesin dan oleh karena itu stator didisain untuk tahan terhadap gaya putar dan guncangan
4. Berguna sebagai sarana rumah ventilasi udara sehingga pendinginan lebih

2.2.3.2 Rotor

Rotor adalah merupakan elemen yang berputar atau bergerak dari suatu elektromagnetik sistem di motor listrik dan generator listrik. Pada rotor terdapat kutub-kutub magnet dengan lilitan-lilitan kawatnya. Rotor terdiri dalam 2 jenis, yaitu:

1. Rotor sangkar (*Squirrel cage rotor*)

Rotor ini memiliki konstruksi dari inti lapis berlapis dengan dengan poros mengelilingi permukaan inti, yang mana lilitan kumparannya berbentuk batang tembaga yang dihubungkan singkat pada setiap ujungnya yang kemudian disatukan. Rotor jenis ini terdiri dari satu set tembaga atau potongan aluminium yang dipasang ke dalam slot yang terhubung ke sebuah akhir cincin pada setiap akhir rotor. Konstruksi gulungan ini berputar menyerupai kandang tupai, sehingga dinamakan demikian.

Batang rotor dan cincin ujung motor sangkar yang berkapasitas kecil biasanya terdiri dari potongan coran tembaga atau aluminium, potongan ini biasanya di cor mati kedalam slot rotor sehingga konstruksinya sangat kasar. Sedangkan pada motor sangkar yang berkapasitas lebih besar, batang rotor tidak di cor, melainkan dibenamkan ke dalam alur rotor yang kemudian dilas dengan kuat ke cincin ujung. Sehingga batang-batang konduktor dapat dimasukkan ke dalam laminasi- laminasi yang terbuat dari bahan besi silikon serta menjadi satu dengan poros rotor.



Gambar 2.5 Rotor sangkar (*squirrel cage rotor*)

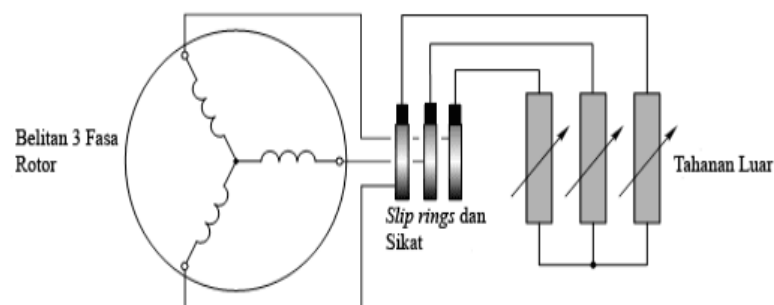
Batang rotor sangkar jenis ini posisinya tidak dipasang secara paralel (segaris) terhadap poros motor, tetapi dipasang atau diletakkan dengan posisi agak dimiringkan, hal ini dikarenakan untuk menghasilkan torsi yang lebih seragam dan juga untuk mengurangi derau dengung magnetik sewaktu motor berputar.

2. Rotor belitan (*wound rotor*)

Rotor belitan umumnya digunakan pada saat pengasutan atau pengaturan kecepatan, dimana dikehendaki torsi asut yang tinggi. Rotor ini terbuat dari susunan laminasi besi dengan alur sebagai wadah menempatkan belitan (Kumparan) dengan ujung – ujung belitan yang terhubung singkat.

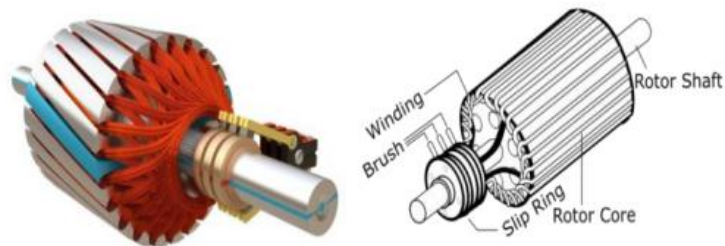
Belitan (Kumparan) yang terpasang pada rotor telah diisolasi layaknya kumparan yang terdapat pada stator. Belitan yang ada pada rotor diletakkan juga pada alur rotor dan setiap ujungnya dihubungkan secara langsung (secara hubungan bintang (Y)) pada cincin (*slip ring*). Pengaturan belitan (kumparan) untuk masing – masing fasa adalah sama dan masing – masing fasa ujung terbuka dikeluarkan ke cincin slip yang terpasang pada poros rotor.

Secara skematik dapat dilihat pada Gambar 2.6. Dari gambar ini dapat dilihat bahwa cincin slip dan sikat semata–mata merupakan penghubung tahanan kendali variabel luar ke dalam rangkaian rotor. Pada motor ini, cincin slip yang terhubung ke sebuah tahanan variabel eksternal berfungsi membatasi arus pengasutan yang bertanggung jawab terhadap pemanasan rotor. Konstruksi slip ring terhubung secara langsung dengan masing – masing sikat, sehingga dapat dihubungkan secara langsung ke tahanan luar untuk keperluan pengasutan torsi.



Gambar 2.6 Skematik motor induksi rotor belitan

Rotor jenis ini umumnya jarang digunakan mengingat harganya yang relatif lebih mahal dibandingkan dengan rotor sangkar, ditambah lagi pemeliharaannya yang lebih sulit. Rotor belitan juga dapat difungsikan sebagai rotor pada generator.

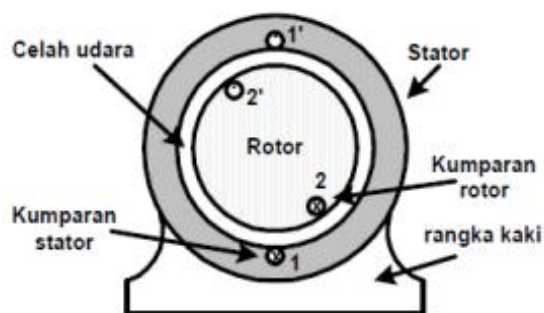


Gambar 2.7 Rotor belitan (*wound rotor*).

2.2.3.3 Cela udara

Diantara stator dan rotor terdapat celah udara yang merupakan ruangan antara stator dan rotor. Pada celah udara ini lewat fluks induksi stator yang memotong kumparan rotor sehingga menyebabkan rotor berputar. Celah udara yang terdapat antara stator dan rotor diatur sedemikian rupa sehingga didapatkan hasil kerja motor yang optimum.

Bila celah udara antara stator dan rotor terlalu besar, akan mengakibatkan efisiensi motor induksi rendah. Sebaliknya bila jarak antara celah terlalu kecil/sempit, dikhawatirkan akan menimbulkan kesukaran mekanis pada mesin. Bentuk gambaran sederhana celah udara pada motor induksi diperlihatkan pada gambar 2.8



Gambar 2.8 Skema celah udara

2.2.4 Prinsip Kerja Motor Induksi

Prinsip kerja motor induksi tiga fasa didasarkan pada hukum Faraday (tegangan induksi akan ditimbulkan oleh perubahan induksi magnetik pada suatu lilitan) dan hukum Lorentz. (perubahan magnetik akan menimbulkan gaya). Prinsip dasar dapat dijelaskan sebagai berikut:

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

.(Syari, 2018).

Dalam prinsip kerja motor induksi dapat juga dijelaskan sebagai berikut:

1. Apabila sumber tegangan tiga fasa dihubungkan ke terminal stator maka pada kumparan tegangan (stator) akan timbul arus yang menghasilkan fluksi. Fluksi pada stator biasanya konstan, kecepatan medan putar stator dapat di tulis dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{P} \quad (2.1)$$

Keterangan:

N_s = Kecepatan putaran stator (rpm)

F = Frekuensi (Hz)

P = Pole atau jumlah kutub

2. Pada medan putaran stator tersebut akan memotong batang konduktor.
3. Akibatnya pada kumparan motor akan timbul induksi (GGL) sebesar:

$$E_2 S = 4,44 \cdot f_2 \cdot N_2 \cdot \Phi m = s \cdot E_2 \text{ (untuk satu fasa)} \quad (2.2)$$

Keterangan:

$E_2 S$ = Tegangan induksi pada saat rotor berputar

f_2 = Frekuensi motor

N_2 = Jumlah lilitan motor

$\emptyset m$ = Fluks magnet yang dibangkitkan

4. Karena kumparan rotor merupakan rangkaian tertutup, maka ggl (E) akan menghasilkan arus induksi (I).
5. Karena Pada bagian rotor yang merupakan rangkaian tertutup, maka mengakibatkan arus (I) didalam medan magnet dan membangkitkan gaya (F) pada rotor
6. Apabilah kopel yang dihasilkan gaya (F) besar maka rotor akan berputar sesuai medan magnet dari stator.

2.2.5 Slip pada Motor Induksi

Apabila rotor dari motor induksi berputar dengan kecepatan N_r , dan medan magnet stator berputar dengan kecepatan N_s , maka perbedaan kecepatan relatif antara kecepatan medan magnet putar stator terhadap kecepatan rotor, ini disebut kecepatan slip yang besarnya sebagai berikut:

$$\text{Kec. slip} = N_s - N_r \quad (2.3)$$

Kemudian slip (s) adalah merupakan perbandingan antara kecepatan slip dengan kecepatan medan magnet statornya, yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\%. \quad (2.4)$$

Keterangan:

S = Slip (%)

n_s = Kecepatan medan putar stator (rpm)

n_r = Kecepatan medan putar rotor (rpm)

Fekkuensi yang masuk ke stator adalah (f_1) dimana

$$f_1 = \frac{N_s.P}{120} \quad (2.5)$$

Fekkuensi yang dibangkitkan ke kumparan rotor adalah (f_2) dimana

$$f_2 = \frac{(N_s - N_r).P}{120} \quad (2.6)$$

Dengan P =Jumlah kutp magnet stator

Dari membagi persamaan (2.6) dengan persamaan (2.5) di atas maka didapatkan hasil sebagai berikut.

$$\frac{f_2}{f_1} = \frac{(Ns-Nr)}{Ns} \quad (2.7)$$

Dengan mengacu ke persamaan (2.4) dan (2.7), maka dapat dibuatkan

$$f_2 = s f_1 \quad (2.8)$$

Apabila, slip (s) = 0 (karena $NS = Nr$) maka $f_2 = 0$. Apabila rotor ditahan, slip = 1 (karena $Nr = 0$) maka $f_2 = f_1$. Dari persamaan $f_2 = s f_1$, diketahui bahwa frekuensi rotor dipengaruhi oleh slip. Oleh karena GGL induksi dan reaktansi pada rotor merupakan fungsi frekuensi maka besarnya juga turut dipengaruhi oleh slip. Besarnya GGL induksi efektif pada kumparan stator dapat dituliskan sebagai berikut:

$$E_1 = 4,44 f_1 N_1 \Phi m \quad (2.9)$$

Besarnya GGL induksi efektif pada kumparan rotor adalah:

$$\begin{aligned} E_2 s &= 4,44 f_2 N_2 \Phi m \\ &= 4,44 s f_1 N_2 \Phi m \\ &= s . E_2 \end{aligned} \quad (2.10)$$

dimana:

E_2 = GGL pada saat rotor diam ($Nr = Ns$)

$E_2 s$ = GGL pada saat rotor berputar

N_1 = Jumlah lilitan primer (lilitan stator)

N_2 = Jumlah lilitan sekunder (lilitan rotor)

Karena kumparan rotor mempunyai reaktansi induktif yang di pengaruhi oleh frekuensi, maka dapat dibuatkan :

$$X_2 s = 2\pi f_2 L_2 \quad (2.11)$$

Dengan :

$X_2 s$ = Reaktansi pada saat rotor berputar.

X_2 = Reaktansi pada saat motor diam.

2.2.6 Torsi Motor Induksi

Torsi berhubungan dengan kemampuan motor untuk menggerakkan beban mekaniknya. Oleh karena itu Torsi (T) secara umum dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$T = \frac{Pm}{\omega_r} \quad (2.12)$$

Dengan: ω_r = Kecepatan sudut (mekanik) dari rotor (rad/dt).

Dari persamaan (2.19) dapat dibuat bahwa $Nr = Ns (1-s)$, sehingga diperoleh pula: $\omega t = \omega s (1-s)$ (2.13)

Bila dilihat torsi mekanik yang di transfer pada rotornya perhatikan gambar) akan diperoleh hasil sebagai berikut.

$$Tg = \frac{1}{\omega_s} \frac{sE_2^2 r_2}{[r_2^2 + (sX_2)^2]} = \frac{sa}{s^2 + \alpha^2} K \quad (2.14)$$

Dimana:

$$K = \frac{E_2^2}{\omega_2 + X_2}$$

$$\alpha = \frac{r^2}{X_2}$$

Torsi start yang dibutuhkan pada motor induksi dapat dihitung dengan memasukkan nilai $s = 1$ pada persamaan (2.14). selanjutnya dengan memperhatikan persamaan (2.15), torsi mekanik yang bermanfaat untuk memutar rotor menjadi

$$Tm = \frac{1}{\omega_s} Pm = Pg (1 - s) = \frac{sa (1-s)}{s^2 + \alpha^2} K \quad (2.15)$$

Torsi maksimum dicapai pada $\frac{dT}{ds} = 0$, Maka dari persamaan (2.16)

diperoleh hasil:

$$\frac{dT}{ds} = \alpha (s^2 + \alpha^2) - s \cdot \alpha (2s) = 0$$

$$s^2 + \alpha^2 - 2s^2 = 0$$

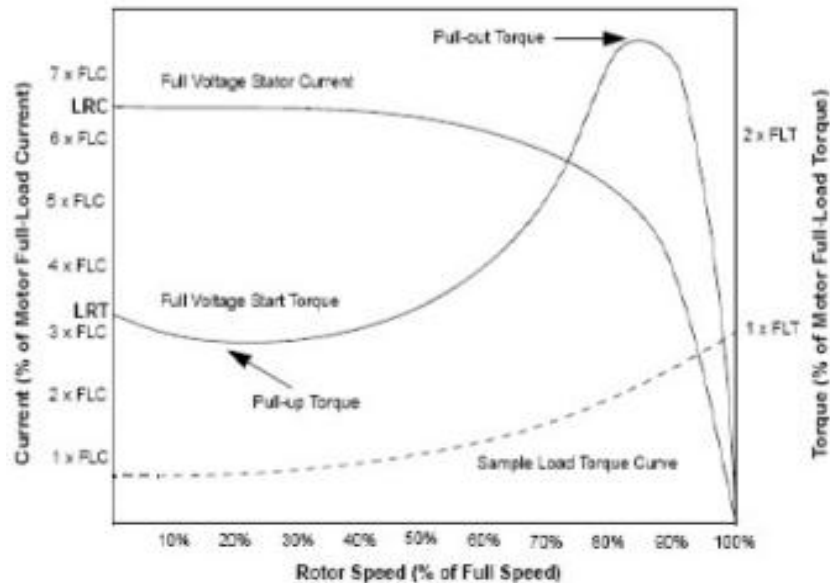
$$s^2 = \alpha^2$$

$$s = \pm \alpha$$

Dari keadaan ini akan diperoleh torsi maksimum (Tmx) sebesar:

$$T_{mx} = \frac{k\alpha^2}{2\alpha^2} = 0,5k \quad (2.17)$$

Torsi maksimum (0,5k) tersebut dicapai pada slip positif (mesin bertindak sebagai motor induksi) dan pada slip negatif (mesin bertindak sebagai generator induksi). Gambar menunjukkan contoh grafik karakteristik kerja motor hubungan antara torque terhadap kecepatan motor induksi AC tiga fase dengan arus yang sudah ditetapkan.



Gambar 2.9 karakteristik torsi terhadap kecepatan motor

Dari gambar ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Saat motor mulai menyala (*start*) ternyata arus nyala awal yang tinggi dan torque yang rendah (*"pull-up torque"*)
2. Mencapai 80% kecepatan penuh, torque berada pada tingkat tertinggi (*"pull-out torque"*) dan arus mulai turun.
3. Pada kecepatan penuh, atau kecepatan sinkron, arus torque dan stator turun ke nol.

2.2.7 Karakteristik Motor Induksi

Garis grafik kopel sebagai fungsi dari waktu daya dan kecepatan putaran, diperlihatkan pada Gambar 2.10. Pada bagian AB dari grafik, kopel hampir sebanding dengan bilangan slip (adalah pengurangan kecepatan sesuai dengan perubahan kopel). Sebaliknya pada bagian DE (motor berbeban lebih) bilangan slip bertambah terus tetapi kopel berkurang dan motor berhenti. Tidak semua tenaga listrik yang diserap motor induksi berubah menjadi tenaga mekanik yang berguna, tetapi sebagian hilang dalam bentuk tenaga panas. Tenaga mekanik ($W_{mekanik}$) sama dengan tenaga listrik ($W_{listrik}$) dikurang tenaga panas (W_k), rendamen (η) sebagai fungsi dari tenaga mekanik dan tenaga listrik. (Evalina & H, 2018)

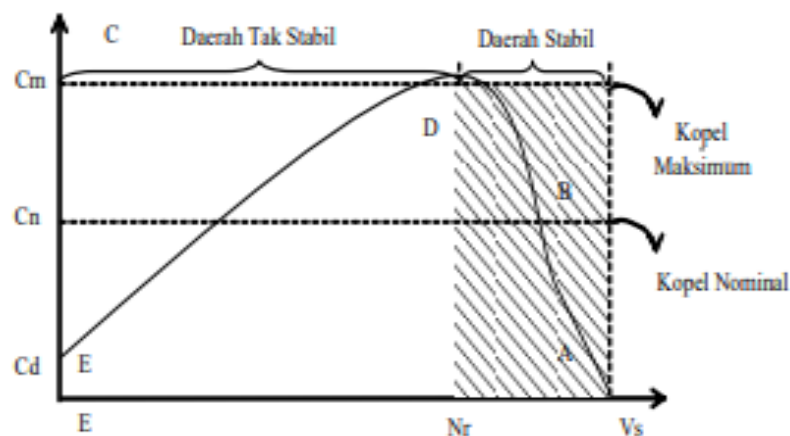
$$\eta = \frac{W_{mekanik}}{W_{listrik}} \quad (2.18)$$

Di mana:

η = efisiensi

$W_{mekanik}$ = daya mekanik (watt)

$W_{listrik}$ = daya listrik (watt)



Gambar 2. 10 Grafik kopel sebagai fungsi dari daya dan kecepatan putaran

Karakteristik Motor Induksi Standar NEMA Motor induksi rotor sangkar tupai dibuat dalam 4 kelas berdasarkan National Electrical Manufacturers Association (NEMA).

a. Motor Kelas A

Motor kelas A mempunyai rangkaian resistansi rotor kecil, beroperasi pada slip sangat kecil yaitu kurang dari 0.01 dalam keadaan berbeban, motor kelas A digunakan untuk keperluan torsi start yang sangat kecil.

b. Motor Kelas B

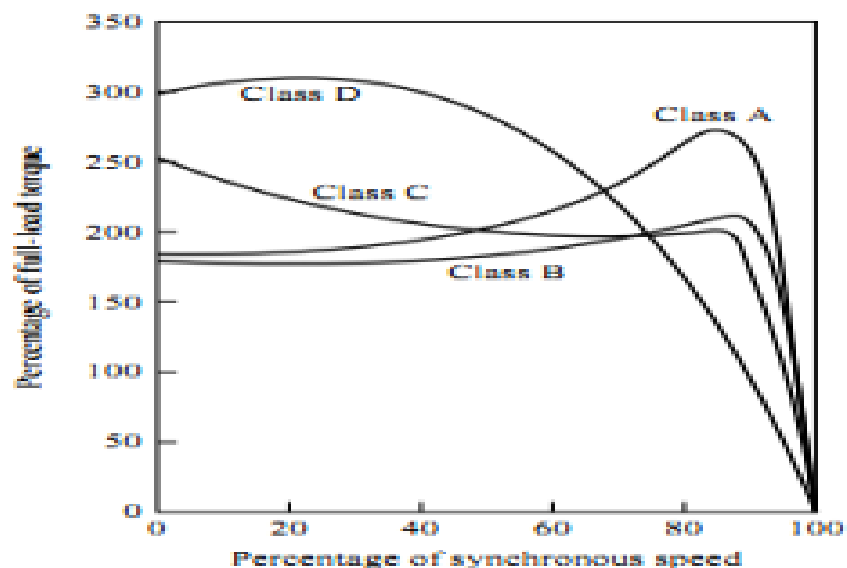
Motor kelas B digunakan untuk keperluan umum mempunyai torsi starting normal dan arus starting normal, regulasi kecepatan putar pada saat full load rendah dibawah 5% dan torsi starting sekitar 150% dari rated, walaupun arus starting normal biasanya mempunyai besar 600% dari full load.

c. Motor Kelas C

Motor kelas C mempunyai torsi starting yang lebih besar dibandingkan motor kelas B, arus starting normal, slip kurang dari 0.05 pada kondisi full load, torsi starting sekitar 200% s/d 250% dari rated, dan biasanya digunakan untuk konveyor, pompa, kompresor dan lain sebagainya.

d. Motor Kelas D

Motor kelas D mempunyai torsi starting yang besar dan arus starting relatif rendah, slip besar, pada slip beban penuh mempunyai efisiensi lebih rendah dibandingkan kelas motor lainnya dan torsi starting sekitar 300%.



Gambar 2.11 Karakteristik Torsi dan Kecepatan pada Motor Induksi

2.2.8 Efisiensi pada Motor Induksi

Efisiensi motor dapat didefinisikan sebagai “perbandingan daya keluaran motor yang digunakan terhadap daya yang digunakan terhadap daya masukan pada terminalnya”, yang dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2.19)$$

Dengan:

$$\eta = \text{efisiensi motor (\%)}$$

P_{out} = Daya keluaran motor (Watt).

P_{in} = Daya masukan motor (Watt).

Faktor- faktor yang mempengaruhi efisiensi adalah:

1. Usia, Motor baru lebih efisien
2. Kapasitas, Sebagaimana pada hamper kebanyakan peralatan, efisiensi motor meningkat dengan laju kapasitasnya.
3. Kecepatan, Motor dengan kecepatan yang lebih tinggi biasanya lebih efisien.
4. Jenis rotor, Sebagai contoh bahwa dengan rotor sangkar biasanya lebih efisien dari pada motor dengan rotor belitan / cincin geser.
5. Suhu, Motor yang didinginkan oleh fan dan tertutup total (TEFC) lebih efisien daripada motor *Screen Protected Drip-Proof* (SPDP).
6. Penggulungan ulang motor dapat mengakibatkan penurunan efisiensi.
7. Beban, seperti yang dijelaskan dibawah ini.

Efisiensi motor ditentukan oleh rugi atau kehilangan dasar yang hanya dapat dikurangi oleh perubahan pada rancangan dasar motor dan kondisi system operasi. Kehilangan dapat bervariasi dari kurang lebih dua persen hingga 20 persen.

2.3 Bearing/Bantalan Motor Induksi

Bearing motor induksi merupakan komponen penting pada motor induksi yang berfungsi membantu rotor agar dapat bergerak secara bebas.

Menurut (Putra Wahab, 2016) Bearing/Bantalan merupakan salah satu bagian dari elemen mesin yang memegang peranan cukup penting karena fungsi dari

bantalan yaitu untuk menumpu sebuah poros agar poros dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan. Bantalan harus cukup kuat untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik. Pada umumnya bantalan dapat diklasifikasikan menjadi 2 bagian yaitu:

1. Berdasarkan Gerakan Bantalan Terhadap Poros

a) Bantalan luncur:

Pada bantalan ini terjadi gesekan luncur antara poros dan bantalan karena permukaan poros ditumpu oleh permukaan bantalan dengan perantara lapisan pelumas.

b) Bantalan gelinding:

Pada bantalan ini terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berputar dengan yang diam melalui elemen gelinding seperti bola, rol, dan rol bulat.

2. Berdasarkan Arah Beban Terhadap Poros

a) Bantalan radial:

Arah beban yang ditumpu bantalan ini adalah tegak lurus sumbu.

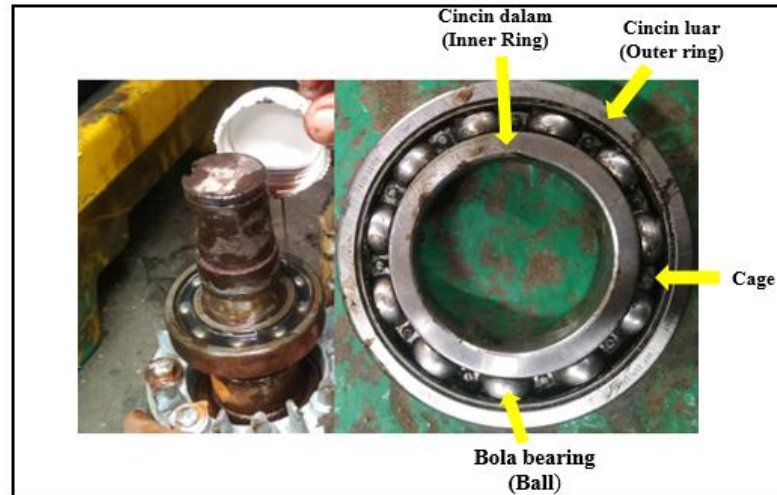
b) Bantalan aksial:

Arah beban bantalan ini sejajar dengan sumbu poros.

c) Bantalan gelinding khusus:

Bantalan ini dapat menumpu beban yang arahnya sejajar dan tegak lurus sumbu

Pada umumnya bearing/bantalan terletak pada main-shaft sedangkan pada tempat yang lain bearing terletak pada fan-shaft. Kontruksi Pada bagian bearing terdapat 4 bagian yaitu: cincin dalam (*Inner Ring*), cincin luar (*Out Ring*), Bola bearing (*Ball*), dan *cage*.



Gambar 2.12 Bearing motor induksi

Pada saat pengoperasian motor induksi maka secara *otomatis* ball beraing juga akan berputar mengikuti gerakan dan arah putaran dari motor induksi secara terus menerus selama motor induksi beroperasi. Apabila dalam pengoperasiannya tidak menerapkan pemeliharaan (*maintenance*) dengan jangka waktu yang tidak ditentukan maka kerusakan motor induksi akan sering terjadi.

Beberapa kerusakan yang sering muncul pada mesin berputar adalah bearing *defect*, *unbalance*, *looseness* dan *misalignment*, beberapa kerusakan tersebut memiliki karakteristik khusus dalam pola sinyal vibrasi yang dibangkitkan. Berdasarkan hasil survei oleh *Electric Power Research Institut* (EPRI) dan *Institut of Electrical and Electronis Engineerings Industry Application Society* (IEEE-IAS) dari berbagai survey yang telah dilakukan dapat diperoleh bahwa kerusakn terbear terletak pada bearing motor induksi. Kerusakan bearing dapat menyebabkan terjadinya *vibrasi*, *noise* (bising), peningkatan suhu kerja, dan timbulnya bunga api yang dapat menyebabkan kerusakan pada bagian motor induksi yang lain (Da Silva, 2006). Hasil survei oleh EPRI dan IEEE-IAS dapat dilihat pada table.2.2

Tabel 2.1 nilai persentase kerusakan pada bearing (sumber. Da Silva,2006)

Jenis Kerusakan	Persentase Kerusakan (%)	
	EPRI	IEE-IAS
Kerusakan Beraring	41	44

Kerukana Belitan	36	26
Kerusakan Rotor	9	8
Kerusakan Lainnya	14	22

2.4 PLC (*Programmable Logic Controller*)

PLC (*Programmable Logic Controller*) diperkenalkan pertama kali pada tahun 1969 oleh Richard E. morley yang merupakan pendiri *modicon corporation* (sekarang bagian dari Gauld Electronics) *for general motors hydermatic division*. Menurut *national electrical manufacturing assosiation* (NEMA). Kemudian beberapa perusahaan seperti *Allan Breadley*, *General Electric*, *GEC*, *Siemens*, dan *Westinghouse* memproduksi dengan harga standar dan kemampuan kerja tinggi.

PLC ialah suatu sistem control yang dapat diprogram dan menyimpan instruksi-instruksi sehingga dapat beroperasi dengan hasil input/output yang akurat. Sistem control tersebut merupakan rangkaian control elektronika digital dengan menggunakan memori dan CPU sebagai otak utama untuk menyimpan instruksi-intruksi dan mengeksekusi fungsi khusus seperti *sequencing*, *counting*, *logika*, *timing*, aritmatika yang telah terprogram dalam prangkat PLC dan PLC memiliki bahasa pemrograman yang dapat menjadikan suatu rangkain proses melalui CPU dan mengambil instruksi dari memori disalurkan melalui digital I/O, analog I/O sehingga dapat menghasilkan *flow* proses.

PLC adalah sebuah perangkat yang dirancang untuk menggantikan sistem *control elektrik* berbasis relay yang mulai digunakan pada tahun 1970-an. Ide utamanya adalah untuk mensubtitusi relai yang digunakan untuk mengemplementasikan logika *control*. Sesuai namanya, PLC dapat dengan mudah diprogram ulang.

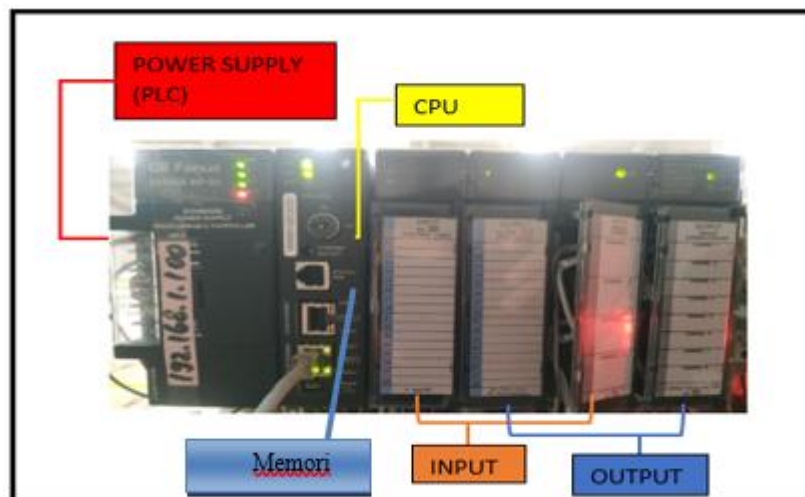
Keunggulan PLC dibandingkan sistem konvensional antara lain :

1. Relatif mudah untuk melakukan perubahan pada strategi control yang diterapkan, karena logika control yang digunakan diwujudkan dalam bentuk perangkat lunak.
2. Jumlah relai yang diperlukan dapat dikurangi hingga tinggal seperlimanya saja.

3. Lebih mudah untuk menginstalisasinya karena pengkabelannya lebih sederhana.
4. Lebih mudah untuk menemukan kesalahan dan kerusakan karena PLC memiliki fasilitas self-diagnosis
5. Secara umum biaya yang diperlukan lebih kecil, baik dari segi biaya pengadaan maupun pemeliharaan.
6. Tahan bekerja terus-menerus dalam lingkungan kerja yang umum dijumpai di pabrik, misalnya temperature tinggi, tekanan tinggi, kelembapan tinggi,.

2.4.1 Komponen PLC

Secara umum perangkat keras PLC pada dasarnya tersusun dari empat komponen utamanya yaitu: *Processor*, *Memori*, *Power Supply*, dan Modul *Input/Output*. Interaksi antara keempat komponen utama PLC dapat dilihat pada gambar 2.13



Gambar 2.13 komponen utama PLC

1. CPU (*Central Processing Unit*).

CPU merupakan otak dari sistem PLC yang didalamnya terdapat komponen mikroprosesor yang berfungsi sebagai mengatur tugas keseluruhan

sistem PLC. Pada sistem CPU ini mengeksekusi program, menyimpan dan mengambil data dari memori. menginterpretasikan sinyal-sinyal masukan serta menjalankan aksi-aksi control dengan program yang tersimpan di dalam memori

2. Memori

Memori, yaitu tempat untuk menyimpan program dan data yang akan dijalankan dan diolah oleh CPU. Dalam pembahasan PLC, memori sering disebut sebagai *file*. Dalam PLC memori terdiri atas memori program untuk menyimpan program yang akan dieksekusi, memori data untuk menyimpan nilai-nilai hasil operasi CPU, nilai *timer* dan *counter*, serta memori yang menyimpan nilai kondisi input dan output, kebanyakan PLC sekarang memiliki satuan memori dalam word (16 bit).

3. Catu daya pada PLC

Catu daya (*power supply*), pada umumnya *power supply* PLC membutuhkan tegangan masukan dari sumber AC yang besarnya bervariasi antar 110 sampai 220 VAC digunakan untuk menyuplai daya kepada semua komponen dalam PLC. Biasanya catu daya PLC adalah 220 VAC atau 24 VDC.

4. *Device Input* dan *Output*

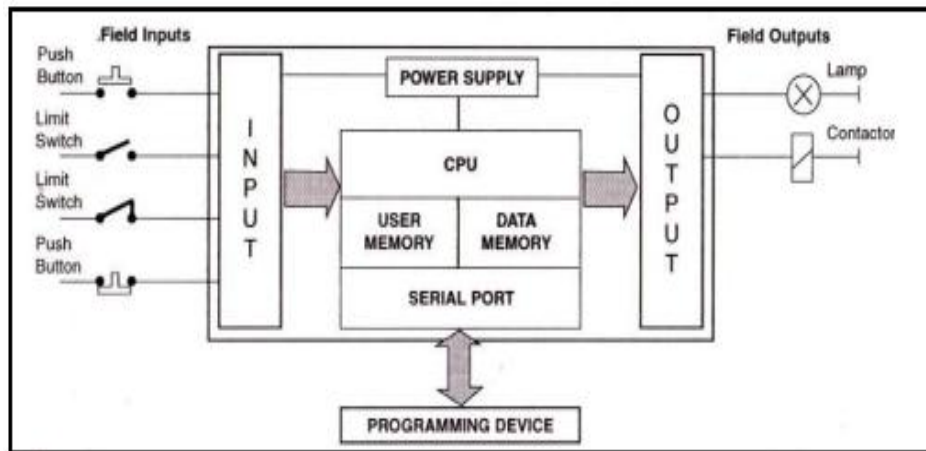
Device input merupakan bagian PLC yang berhubungan dengan perangkat luar yang memberikan masukan kepada CPU, Perangkat luar input dapat berupa tombol, *switch*, *sensor* atau peranti ukur lain.

Device output merupakan bagian PLC yang berhubungan dengan perangkat luar yang memberikan keluaran dari CPU. Perangkat luar output dapat berupa lampu, katub (*valve*), motor, dll.

2.4.2 Prinsip Kerja PLC

Secara umum, PLC terdiri dari kedua komponen penyusun utama seperti pada (gambar 2.3)

1. *Central Processing Unit (CPU)*
2. *Sistem antarmuka Input/Output*

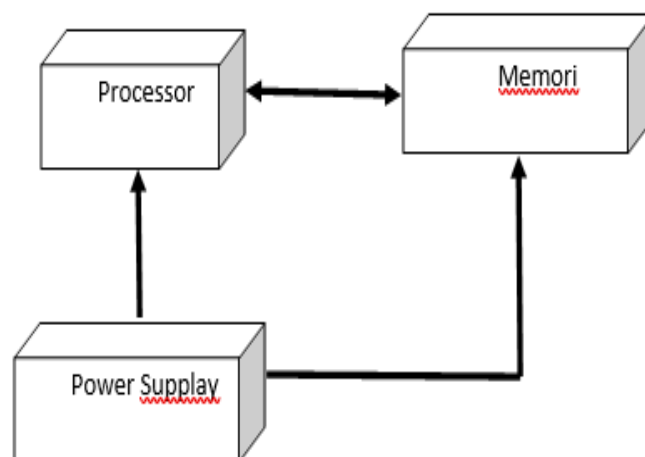


Gambar 2.14 Diagram Blok PLC (*Programmable Logic Controller*) (sumber manual book)

Fungsi dari CPU adalah mengatur semua proses yang terjadi di PLC. Ada tiga komponen utama penyusun CPU.

1. *Prosesor*
2. *Memori*
3. *Power supply*

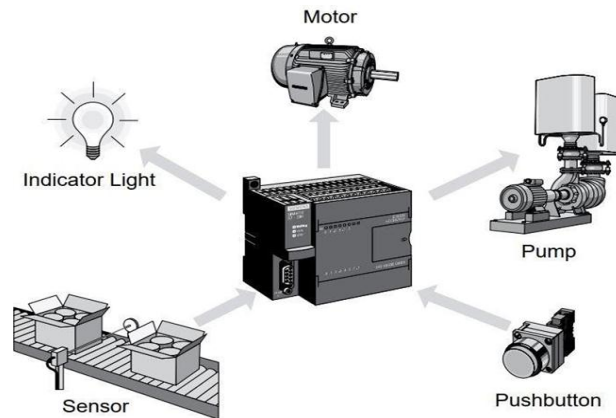
Interaksi antara ketiga komponen ini dapat dilihat pada gambar 2.15



Gambar 2.15 Blok diagram CPU pada PLC

Pada dasarnya, sistem pengoperasian PLC ini relative sederhana, peralatan

luar dikoneksi dengan modul input/output PLC yang tersedia. Peralatan ini dapat berupa sensor-sensor analog, push button, limit switch, motor stater, solenoid, lampu, dan lain sebagainya. Peralatan dapat dilihat pada gambar 2.16

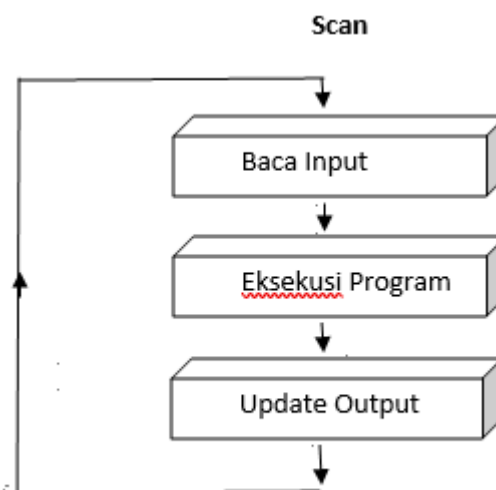


Gambar 2.16 peralatan dengan modul I/O (sumber manual book PLC)

Selama prosesnya, CPU melakukan tiga operasi utama yaitu:

1. Membaca data masukan dari perangkat luar via modul input
2. Mengeksekusi program control yang tersimpan di memori PLC
3. Meng-*update* atau memperbaharui data pada modul *output*.

Ketiga proses tersebut dinamakan *scanning*, dapat dilihat pada gambar 2.6



Gambar 2.17 Ilustrasi *scanning* (Iwan s.2010)

2.5 PLC (*Programmable logic controller*) GE Fanuc Series 90-30

PLC yang digunakan dalam perancangan sistem kontrol suhu, *vibrasi* dan *running hours* pada bearing motor induksi sebagai *preventive maintenance* menggunakan PLC GE Fanuc series 90-30. Pemilihan PLC ini merupakan ketersediaan alat dan salah satunya telah banyak digunakan di berbagai industri sebagai sistem kontrol. Pemilihan PLC GE Fanuc series 90-30 merupakan jenis PLC yang modular dan telah menyediakan fasilitas lengkap sesuai kebutuhan. Sehingga, peneliti dapat membuat suatu sistem flow proses sesuai dengan perancangan dengan komponen PLC yang tersedia. Komponen-komponen PLC GE Fanuc series 90-30 disusun beragam komponen modular. Komponen-komponennya meliputi:

1. Baseplate
2. Power supply
3. CPU
4. Analog I/O
5. Digital I/O
6. Milli volt
7. RTD I/O
8. Strain Gage I/O modul
9. Temperatur control
10. Thermocouple I/O module
11. Network and distribution I/O sistem
12. Serial Komunikasi modul
13. Remote Expansion module.

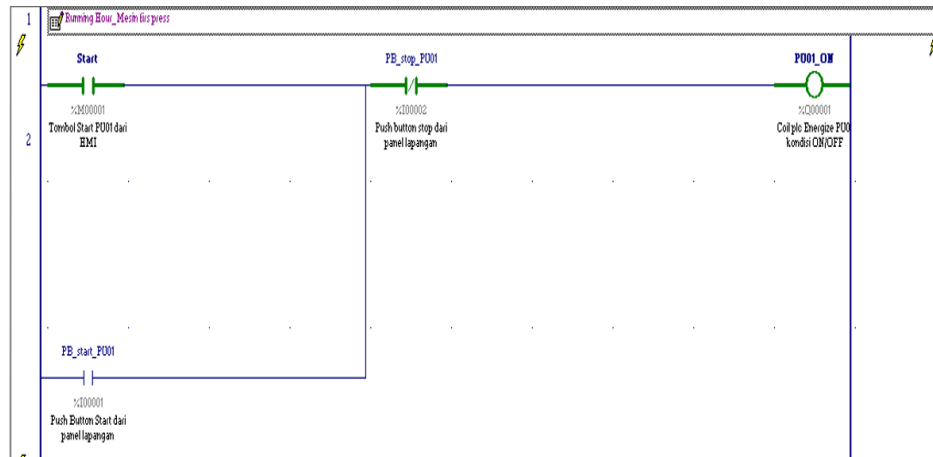


Gambar 2.18 PLC GE Fanuc Series 90-30

Dapat diketahui PLC GE Fanuc merupakan PLC yang menggunakan lima bahasa pemrograman yang dapat di bentuk sebuah rangkaian atau proses yang dapat digunakan sesuai keinginan Dengan adanya 5 bahasa pemrograman pada PLC ini dapat mempermudah pekerja di industri dll. Maka pengguna dapat memilih Bahasa pemrograman apa yang lebih mudah untuk digunakan Berikut ke lima Bahasa yang digunakan dalam GE Fanuc series antara lain:

1. *Ladder Diagram*

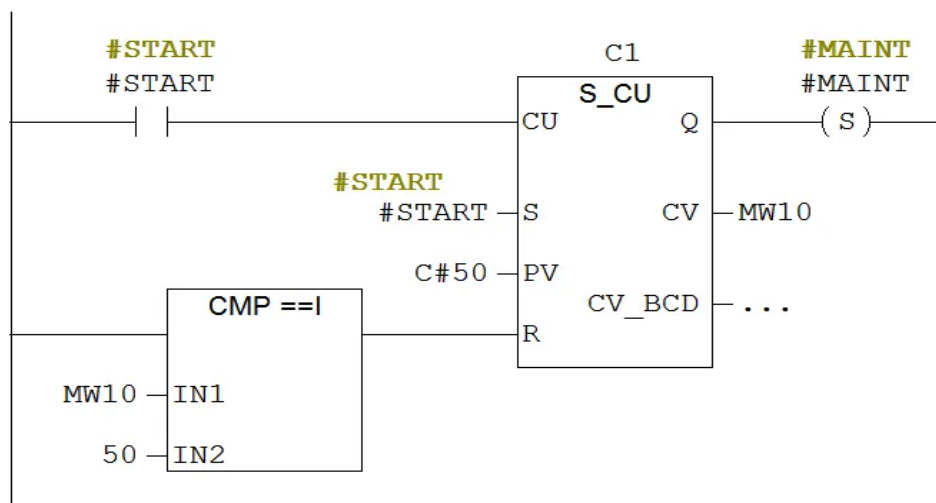
(LD) *Diagram ladder* atau diagram satu garis merupakan salah satu bahasa pemrogram PLC, yang dapat menggambarkan suatu proses control sekuensial yang banyak dijumpai di industri. Diagram ini mempersentasikan interoneksi antara perangkat input dan perangkat output sistem control. Dinamakan diagram ledder (tangga) karena digram ini menyerupai dengan tangga, diagram ini juga terdapat anak-anak tangga tempat setiap peralatan dikoneksikan. Seperti terlihat pada gambar 2.19



Gambar 2.19 Ladder diagram

2. Function Block Diagram (FBD)

FBD berbasis pada bahasa grafis. Aplikasi aliran proses dapat ditunjukkan secara grafis sebagai function block yang diwiring bersama. Gambar 2.20 Berikut memperlihatkan salah satu contoh *Function Block Diagram* (FBD)



Gambar 2.20 Function Block Diagram (FBD)

3. Instruction List (IL)

IL adalah bahasa assembly tingkat rendah. Dalam hal ini instruksi-instruksi diorganisasikan dalam format seperti daftar. Gambar 2.21 Berikut

memperlihatkan salah satu contoh *Instruction List* (IL)

```

/PUMP ON Logic
IF (Pump_Off = 0) AND (Pump_Trip
=1)
Pump_ON := 1
ENDIF

/PUMP OFF Logic
IF Pump_ON = 1
Pump_Off := 0
ENDIF

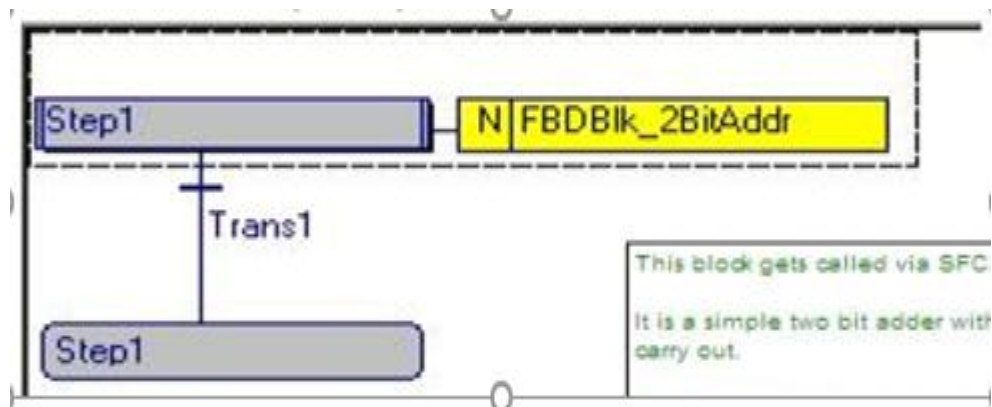
#include "plcc9030.h"
EXE_stack_size=2048;
main() {
  if (BIT_TST_I(120))
    BIT_SET_Q(137);
    BIT_SET_M(29);
    BIT_SET_T(99);
  } else {
    BIT_CLR_Q(137);
    BIT_CLR_M(29);
    BIT_CLR_T(99);
  }
  return(OK);
}

```

Gambar 2.21 *Instruction List* (IL)

4. *Sequential Function Chart* (SFC)

(SFC) merupakan Pemrograman yang terdiri dari langkah dan transisi mirip dengan Flow Chart. Setiap langkah diwakili oleh kotak yang berisi satu atau lebih tindakan utama. Ketika semua tindakan di dalam kotak terpenuhi Sebuah langkah transisi harus benar sebelum melanjutkan ke langkah berikutnya. Setelah meninggalkan langkah tertentu, prosesor mengeksekusi langkah berikutnya. Langkah-langkah sebelumnya tidak lagi dieksekusi/ini mirip dengan diagram alir pemrograman, yang terdiri dari langkah-langkah transisi. Masing-masing langkah ditunjukkan oleh kotak yang berisi satu atau lebih. Gambar 2.22 Berikut memperlihatkan salah satu contoh *Sequential Function Chart* (SFC)



Gambar 2.22 *Sequential Function Chart* (SFC)

5. *Structured Text* (ST)

ST adalah bahasa pemrograman berbahasa Inggris yang menyusun ulang pemrograman BASIC. Gambar 2.23 Berikut memperlihatkan salah satu contoh

Structured Text (ST)

```
IF Start_PB THEN
    MOTOR_RUN_RELAY := 1;
END_IF;

IF Stop_PB THEN
    MOTOR_RUN_RELAY := 0;
END_IF;
```

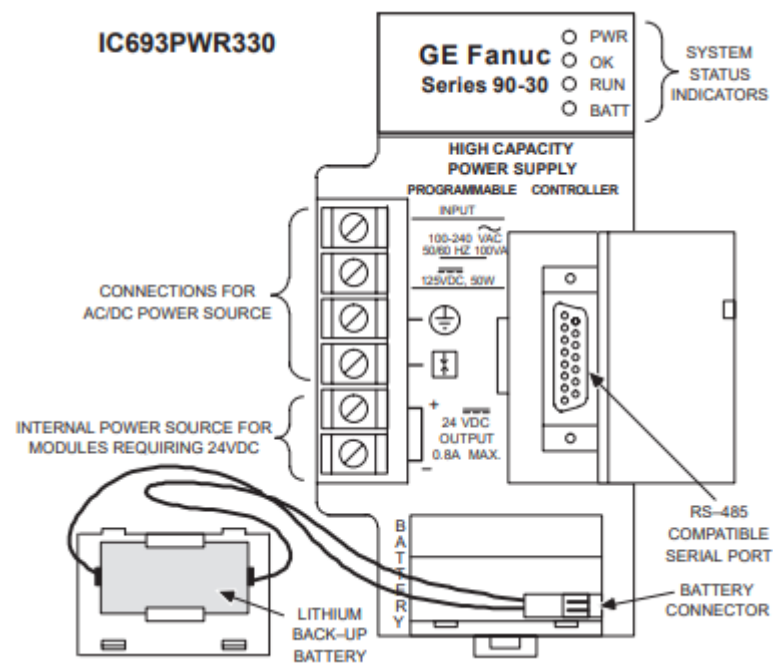
Gambar 2.23 Structured Text (ST)

2.5.1 Power Supply PLC (IC693PWR330)

Sistem PLC memerlukan sumber Koneksi sumber daya AC yang besarnya bervariasi antara 120 sampai 240 VAC. pada *power supply* merupakan suatu hal yang sangat penting untuk mendukung komponen lain dapat beroperasi. Untuk koneksi sumber daya kabel positif, netral dan ground dari sumber daya 120 VAC atau L1, L2 dan ground dari sumber daya 240 VAC terhubung ke sistem melalui bagian atas tiga terminal strip terminal bagian depan catu daya.

Koneksi sumber daya VDC dengan hubungkan + dan – kabel dari sumber listrik 125VDC (nominal) ke dua terminal teratas pada konektor terminal. Koneksi ini tidak sensitive terhadap polaritas pada catu daya input AC/DC.

Power supply/catu daya IC693PWR330 mempunyai kapasitas dengan memiliki beban 30watt, nominal input 100 hingga 240 VAC atau 125 VDC dengan kapasitas keluaran (tegangan/daya) +5 VDC 30 watt, +24 VDC terisolasi 20watt dan +24 VDC relai 15 watt.



Gambar 2.24 Power Supply Pada PLC (IC693PWR330)
(Sumber manual book PLC GE).

Tabel 2.2 Spesifikasi Power Supply

Nominal Rated Voltage	120/240 VAC or 125 VDC
Input Voltage Range	
AC	85 to 264 VAC
DC	100 to 300 VDC
Input Power (Maximum with Full Load)	100 VA with VAC Input 50 W with VDC Input
Inrush Current	4A peak, 250 ms maximum
Output Power	5 VDC: 30 watts maximum 24 VDC Relay: 15 watts maximum 24 VDC Isolated: 20 watts maximum <i>NOTE: 30 watts maximum total (all three outputs)</i>
Output Voltage	5 VDC: 5.0 VDC to 5.2 VDC (5.1 VDC nominal) 24 VDC Relay: 24 to 28 VDC 24 VDC Isolated: 21.5 VDC to 28 VDC
Protective Limits	
Overvoltage:	5 VDC output: 6.4 to 7 V
Overcurrent:	5 VDC output: 7 A maximum
Ride-Through Time:	20 ms minimum

2.5.2 CPU (IC693CPU374)

CPU (Central Processing Unit) merupakan jantung dari sistem PLC. Model CPU kelas menengah ini bersifat modular dan tersedia dalam berbagai ukuran memori, kemampuan kinerja, dan peningkatan fungsionalitas seperti penggantian, jam yang didukung baterai, dan dukungan modul Koprosesor yang Dapat Diprogram. CPU berkinerja tinggi didasarkan pada prosesor 386EX terbaru untuk komputasi cepat dan throughput tinggi. Dalam CPU ini dapat menangani hingga 4.096 I/O dan mulai dari memori 32K dan dapat diprogram dalam sejumlah bahasa standar.

Prinsip kerja/operasi dari CPU dijelaskan secara ringkas sebagai berikut:

- a. CPU menerima dan mengambil data input berbagai alat sensor, mengeksekusi program pemakaian yang disimpan pada memori, dan mengirimkan perintah output untuk mengendalikan peralatan output.
- b. CPU berisi baterai yang akan menjaga program operasi tetap ada dalam penyimpanan, penggunaan baterai sebagai back up daya jika power supply mati. Program atau data pada memori akan hilang jika catu daya PLC mati.



Gambar 2.25 CPU (IC693CPU374)

2.5.3 Konfigurasi Ethernet PLC to PC

Ethernet adalah protocol LAN yang memungkinkan setiap PC berlomba untuk mengakses network. Protokol LAN yang paling populer karena relative mudah diinstal serta ditangani. Ethernet dibuat oleh Xerox pada tahun 1976, Ethernet disetujui sebagai salah satu standar industri protocol LAN pada tahun 1983. Sebuah network yang menggunakan Ethernet sebagai protocol sering disebut Ethernet network

Ethernet merupakan protokol jaringan yang mengontrol metode komunikasi antara komputer dan perangkat. *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)* mendefinisikan Ethernet sebagai protokol 802.3. Ini adalah protokol tautan data Layer 2 yang sering digunakan sebagai bagian dari tumpukan TCP / IP. TCP/IP berada pada Layer 3 atau 4, menjadikan Ethernet sebagai dasar komunikasi menggunakan protokol TCP/IP. Data ditransmisikan dalam frame Ethernet yang IP Layer 3 dipecah menjadi paket-paket dengan panjang yang bervariasi.



Gambar 2.26 Konfigurasi Ethernet PLC to PC

Fungsi Ethernet yaitu untuk mengkoneksi computer kedalam jaringan melalui media UTP. Dan mentransper program ladder diagram PLC ke modul

CPU PLC dengan mengganti addressing TCP/IP di sesuaikan pada modul PLC yang digunakan maka perangkat PLC dapat terhubung ke sistem PC/Laptop sehingga dapat mentransfer program yang telah dibuat.

Spesifikasi Ethernet terbagi menjadi 4 jenis berdasarkan kecepatannya:

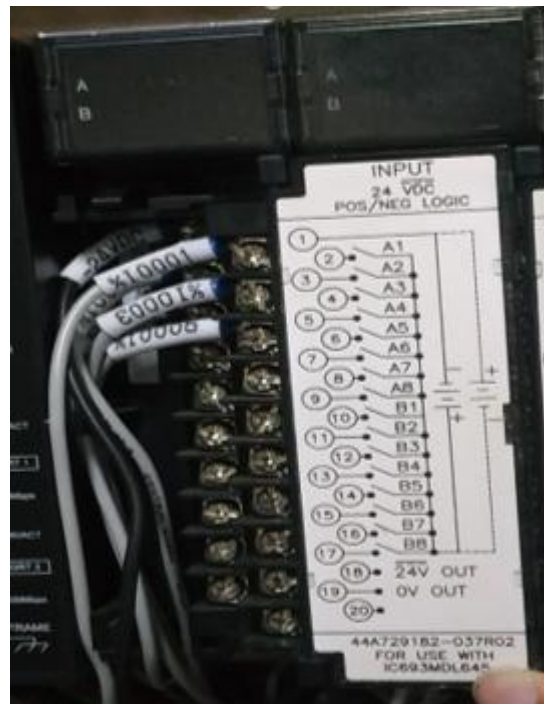
1. 10 Mb/sec, yang sering disebut sebagai Ethernet saja (standar yang digunakan 10 base 2, 10 base 5, 10 base T, 10 base F)
2. 100 Mb/sec yang sering disebut sebagai fast Ethernet (Standar yang digunakan 100 base fx, 100 base T, 100 base T4, 100 base Tx)
3. 1000 Mb/sec yang disebut sebagai gigabyte Ethernet (standar yang digunakan 1000 base x, 1000 base Lx, 1000 base Sx, 1000 base T)
4. 10000 Mb/sec atau 10 Gbyte/sec, (standar ini belum banyak di implementasikan).

2.5.4 Digital Input (IC693MDL645)

Digital input adalah sinyal masukan/informasi dengan dua kondisi (sinyal biner) yaitu kondisi On atau Off dan biasa disimbolkan dengan kondisi 1 atau 0, yang diterima oleh sistem kontrol Instrument/equipment. Kondisi On atau 1 berarti terdapat sinyal masukan (input) menuju ke PLC. Jika kondisi Off atau 0 berarti tidak ada masukan (input) menuju ke PLC.

Dalam penggunaan digital input dapat digunakan pada perangkat antara lain:

1. *Level Switch: Low level, high level*
2. *Limit switch: valve actuator*
3. *Proximity switch*
4. *Contacts: NO/NC at contactor, run, trip indication/NO/NC pada contactor, indikasi run, trip*
5. *Buttons/switches: emergency, push button, selector switch/Tombol/Saklar, Photoelectric Sensors*

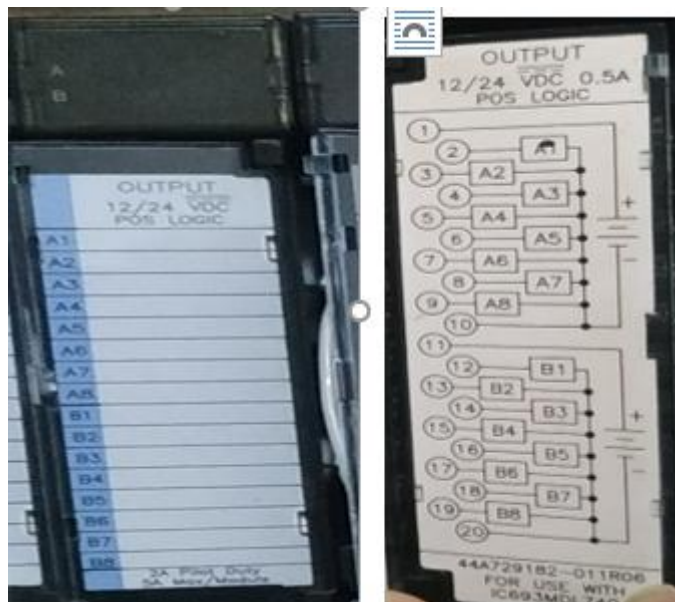


Gambar 2.27 Digital Input (IC693MDL645)

IC693MDL645 merupakan modul Digital Input yang menyediakan 16 channel diskrit input yang dapat diprogram. Pengguna dalam diskrit input memiliki dua opsi untuk menyalakan perangkat lapangan, baik suplay daya secara langsung atau gunakan suplai +24 VDC yang kompatibel. Modul Input Logika Positif/Negatif DC 24 volt ini memiliki tegangan 24 volt dengan rentang tegangan input 0 DC hingga +30 volt DC. Isolasi 1500 volt antara sisi medan dan sisi logic. Input curen pada tegangan biasanya 7 mA. Untuk karakteristik inputnya tegangan on-state adalah 11,5 hingga 30 volt DC sedangkan tegangan off-state adalah 0 hingga ± 5 volt DC. Arus on-state minimum 3,2 mA dan arus off-state maksimum 1,1 mA. Waktu respons hidup dan mati biasanya 7 ms untuk masing-masing. Konsumsi daya pada 5V adalah 80 mA (ketika semua input aktif) dari bus 5 volt di bidang belakang. Konsumsi daya pada 24V adalah 125 mA dari bus backplane 24-volt terisolasi atau dari daya yang disediakan pengguna.

2.5.5 Digital Output (IC693MDL740)

Digital Output adalah keluaran/perintah dari sinyal PLC dengan dua kondisi (sinyal biner) yang dikirimkan ke sistem kontrol dengan hanya kondisi yaitu ON/OFF, Run/Stop, Close/Open dll.



Gambar 2.28 Digital Output (IC693MDL740)

Modul IC693MDL740 dalam pengoperasiannya diperlukan output tegangan 12/24volt DC, dan arus keluaran maksimum 0,5 amp per titik dengan maksimum 2amp serta memiliki 16 chanel. Karakteristik Keluaran arus masuk 4,7amp selama 10 ms. Tegangan Output maksimum turun 1 volt. Konsumsi Daya 110 mA (semua output aktif) dari bus 5 volt di backplane

2.5.6 Analog Input (IC693ALG221)

Analog Input adalah masukan/informasi dengan banyak kondisi (sinyal kontinu) yang diterima oleh sistem control dengan nilai yang terus menerus berubah Sinyal variabel yang mewakili semua nilai antara batas minimum dan maksimum dengan Input Sinyal 4 hingga 20mA atau 1 hingga 5 (0 hingga 10) volt dari sensor pengukuran dan termokopel.

Dalam penggunaan digital input dapat digunakan pada perangkat antara lain:

1. *Pressure Transmitter (PT)*
2. *Level Transmitter (LT)*

3. *Flow Transmitter (FT)*
4. *Speed Indicator Controller (SIC)*
5. *Temperature Transmitter (TT), TC, RTD*
6. *Resistance Temperature Detector (RTD)*
7. *Vibrasi transmitter acceleration*



Gambar 2.29 Analog Input (IC693ALG221)

Tipe IC693ALG221 merupakan modul Analog Input yang menyediakan empat saluran input, masing-masing mampu mengubah sinyal input analog menjadi sinyal digital untuk digunakan sesuai kebutuhan aplikasi dalam penggunaannya. GE Fanuc 90-30 IC693ALG221 menyediakan dua rentang input, dengan rentang default adalah 4 hingga 20 mA dengan data pengguna diskalakan sehingga 4 mA sesuai dengan hitungan 0 dan 20 mA sesuai dengan hitungan 32000 dengan masing-masing 1000 hitungan mewakili 0,5 mA . Kecepatan konversi untuk masing-masing dari empat saluran pada GE Fanuc 90-30 IC693ALG221 adalah satu setengah milidetik yang memberikan tingkat pembaruan dua milidetik untuk saluran apa pun. Dan rentang tegangan pada modul ini -10 v ke +10 v.

2.5.7 Analog Output (IC693ALG392)

Nilai yang terus menerus berubah Sinyal variabel yang mewakili semua nilai antara batas minimum dan maksimum. Sinyal analog output adalah sinyal keluaran/perintah yang berasal dari PLC dengan banyak kondisi (sinyal kontinu) yang dikirimkan oleh sistem kontrol. Kerja dari peralatan akan bergantung pada nilai analog yang diterima PLC. Output Sinyal 4 hingga 20mA atau 1 hingga 5 (0 hingga 10) volt untuk mengontrol derajat buka/tutup valve, kecepatan motor dengan penggerak AC. Missal PLC di program sehingga ketika tegangan input 6volt maka PLC memerintahkan Control Calve (Output) untuk buka/tutup aliran.

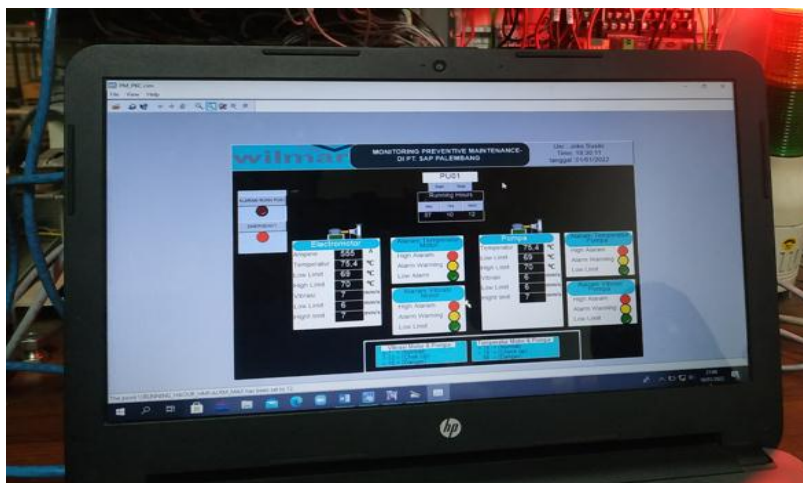


Gambar 2.30 Analog Output (IC693ALG392)

Tipe IC693ALG392 menyediakan output arus/tegangan analog hingga 8 saluran keluaran ujung tunggal dengan keluaran loop arus. Setiap saluran analog output pada GE Fanuc 90-30 IC693ALG392 mampu memberikan dua rentang keluaran arus atau dua rentang keluaran tegangan. Setiap saluran pada analog output IC693ALG392 dapat dikonfigurasi secara individual untuk rentang output yang diperlukan 4 hingga 20 mA. Setiap Chanel mampu mengonversi 15 hingga 16 bit (tergantung pada rentang yang digunakan) dari data biner (digital) ke output analog untuk digunakan sesuai kebutuhan aplikasi. Kedelapan chanel diperbarui setiap 12 milidetik.

2.6 HMI (Human Machine Interface)

Human Machine Interface yaitu suatu sistem sebagai alat komunikasi atau penghubung yang digunakan manusia (operator) sebagai *interface/* antarmuka agar dapat memonitoring dari suatu proses yang dijalankan oleh alat- alat instrument PLC atau mesin. Penggunaan HMI sebagai alat monitoring dapat berupa, PC, LCD, atau bentuk tampilan lainnya. Pada dasarnya bahwa alat-alat instrument, mesin-mesin, maupun flow proses lainnya dapat dimonitoring secara real time oleh HMI, Kondisi kedua pragkat yaitu HMI dan alat-alat yang ingin dijalankan harus terhubung melalui sistem moduler I/O PLC yang telah terprogram sesuai keinginan sehingga dapat dijalankan. Seperti yang terdapat pada gambar 2. 31 Memonitor suatu proses suhu, vibrasi dan *running hours*.



Gambar 2.31 HMI (*Human Machine Interface*)

Sistem monitoring adalah sistem yang berfungsi untuk mengawasi dan mengendalikan proses kerja pada suatu plant. Human Machine Interface (HMI) dan Supervisor Control and Data Acquisition (SCADA) dapat menjalankan fungsi monitoring dengan berkomunikasi dengan PLC untuk saling bertukar data untuk dapat melakukan pengontrolan dan pengawasan (Sulthoni et al., n.d.). HMI dapat berupa pengendali dan berupa status, baik dilakukan dengan manual ataupun visualisasi computer yang bersifat real time. HMI dapat terhubung ke sistem PLC yang telah terprogram dengan memasukan addressing ladder diagram perangkat yang ingin dijalankan ke sistem *software simplicity11.0 workbench HMI* perangkat yang ingin dijalankan dengan cara monitoring biasanya bekerja secara online dan real time. Hal tersebut dapat diperoleh dengan membaca data-data yang

dikirim melalaui sinyal I/O. Port yang bisanya digunakan PLC dan akan dibaca oleh HMI anatar lain adalah port USB, port Com, port RS232, RS485 dan port serial Enthernet.

Tugas *dari Human Machine Interface* yaitu membuat visualisasi dari teknologi atau sistem secara nyata. Sehingga dengan desain HMI dapat disesuaikan sehingga dapat memudahkan pekerjaan fisik. Tujuan HMI adalah sebagai interaksi antara manusia (operator) dengan mesin maupun alat-alat lainnya. dengan cara memonitoring melalui tampilan layar komputer untuk mempermudah operator melakukan pemantauan dan flow proses yang dijalankan

2.7 Sensor Vibrasi Transmitter Acceleration

Pada dasarnya sensor *vibrasi transmitter acceleration* merupakan alat yang berfungsi untuk mendeteksi adanya getaran dengan cara mengubah gerakan mekanis kedalam sinyal listrik dan menghasilakn sinyal 4 hingga 20mA, yang dapat terhubung ke sistem PLC/HMI.

Acceleration dalam vibrasi berguna untuk menghitung percepatan getaran yang ada pada bearing motor induksi. Dengan ini, maka acceleration berguna ketika muncul velocity kecepatan perubahan posisi dari suatu benda dengan suatu arah yang mempunyai satuan jarak persatuan waktu (cm/detik). Dasar pengukuran vibrasi melalui vibrasi acceleration, dapat digunakan pada mesin-mesin yang berputar (rotating equipment). Analisis yang dihasilkan dari mesin yang berputar akan mendeteksi kerusakan yang bisanya muncul pada bagian bearing motor induksi dan memiliki pengukuran dengan kecepatan tinggi. Deteksi masalah dari acceleration dapat terlihat cepat dan lebih awal. pada arsitektur otomasi industri berfungsi mendeteksi parameter tertentu. Dan sensor akan mengirim data ke prosesor PLC guna diolah lebih lanjut disesuaikan dengan deskripsi sistem yang dikehendaki. Dalam otomasi industri parameter penting yang ditangkap oleh sensor umumnya terdiri dari perubahan temperature, level, posisi (*displacement*), aliran (*flow*), getaran (*vibration*), dan tekanan (*pressure*) (Moro et al., n.d.).



Gambar 2.32 *Vibrasi Transmitter Acceleration*

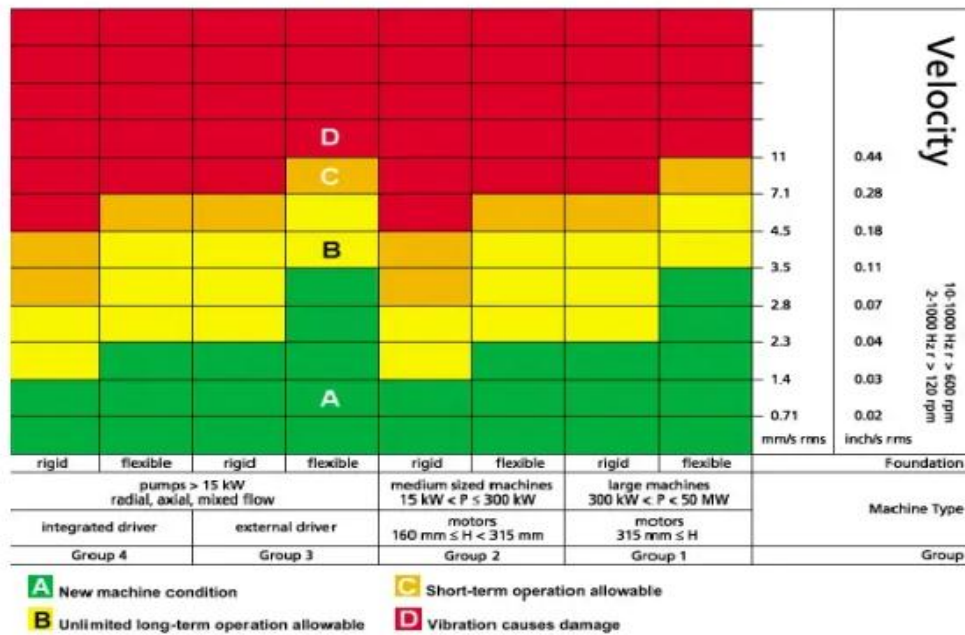
Tabel 2.3 Spesifikasi *Vibrasi Transmitter Acceleration*

Vibrasi	
Terdapat integrasi Getaran pemancar dua-kawat sistem bergetar	18Vdc ~ 30Vdc
getaran sensor (Vibrasi)	4-20mA PLC/HMI/DCS
tegangan listrik	18Vdc s/d 30Vdc
rentang pengukuran:	0 s/d 100 mm/s (intensitas getaran/nilai kecepatan)
sinyal Analog Output: dua kawat output	4 s/d 20mA Dapat menerima digital display PLC, HMI dan DCS
mode koneksi	dua core navigasi merah-menghubungkan port positif 24Vdc hitam-menghubungkan daya 24Vdc negative

Pemanfaat spektrum vibrasi untuk mengindikasikan kerusakan pada motor induksi. Berdasarkan Standard Internasional ISO 10816-3, 2003, dampak kecepatan vibrasi terhadap kelayakan operasi motor induksi diperlihatkan pada Table 2.4

Tabel 2.4 Nilai *vibrasi* pada motor induksi berdasarkan ISO 10816-3

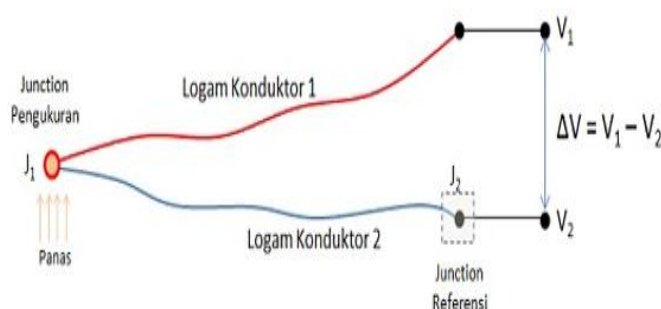
Standar ISO 10816-3



2.8 Sensor Suhu (Thermocouple Tipe K)

Thermocouple adalah jenis sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur suhu melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang digabung pada ujungnya sehingga menimbulkan efek “Thermo-electric”. Termokopel tipe K memiliki beberapa kelebihan termokopel yang membuatnya populer ialah responnya yang cepat terhadap perubahan suhu dan juga rentang suhu operasionalnya yang luas yaitu bekisar diantar -200°C hingga 1250°C . Selain respon yang cepat sensor termokopel tipe K ini juga tahan terhadap guncangan/getaran dan mudah digunakan. Termokopel tipe K terdapat bahan logam konduktor positif: Nickel-Chromium dan bahan logam konduktor negative: Nickel-Aluminium. Berikut tampilan dari sensor suhu (Termokopel tipe K-Drat)

Termokopel (Thermocouple)



Gambar 2. 33 Sensor Termokopel

Spesifikasi Thermocouple Tipe K-Drat	
Akurasi Suhu	0.25 °C
rentang pengukuran:	0 °C – 800 °C
sinyal Analog Output: dua kawat output	4 s/d 20mA Dapat menerima digital display PLC, HMI dan DCS
Fitur 1	Dilengkapi rangkaian kompensasi dan cold junction
Fitur 2	Dilengkapi dengan TMT sebagai penghubung termokopel dan sinyal Analog 4 s/d 20mA to PLC

Termokopel bekerja berdasarkan hukum Seebeck dimana jika ada 2 buah material logam berbeda jenis lalu disatukan dan diberi beda temperatur pada sambungannya (hot junction), maka akan menghasilkan electromotive (emf). Nilai emf tersebut dikenal juga sebagai koefisien Seebeck yang berbeda nilainya pada tiap jenis termokopel. Koefisien Seebeck pada termokopel tipe K adalah $40\mu\text{V}/^\circ\text{C}$. (Riantono, 2019). Pada dasarnya termokopel hanya terdiri dari dua kawat logam konduktor yang berbeda jenis dan digabungkan ujungnya. Satu jenis logam konduktor yang terdapat pada termokopel akan berfungsi sebagai referensi dengan suhu konstan (tetap) sedangkan satu lagi sebagai logam konduktor yang mendeteksi panas. Kedua persimpangan atau junction memiliki suhu yang sama, maka beda potensial atau tegangan listrik yang melalui dua persimpangan adalah “NOL” atau $V_1=V_2$. Dan apabila persimpangan yang terhubung dalam rangkaian diberikan ke obyek pengukuran, maka menghasilkan tegangan listrik yang nilainya sebanding dengan suhu panas yang diterimanya atau V_1-V_2 . Tegangan listrik yang timbul

pada umumnya sekitar antara $1\mu\text{V}$ hingga $70\mu\text{V}$ setiap perbedaan satu derajat celsius. Selanjutnya tegangan tersebut akan dikonversikan sesuai dengan Tabel

referensi yang telah ditetapkan sehingga menghasilkan pengukuran yang dapat dipahami oleh pengguna.

2.8.1 Tipe- tipe termokopel

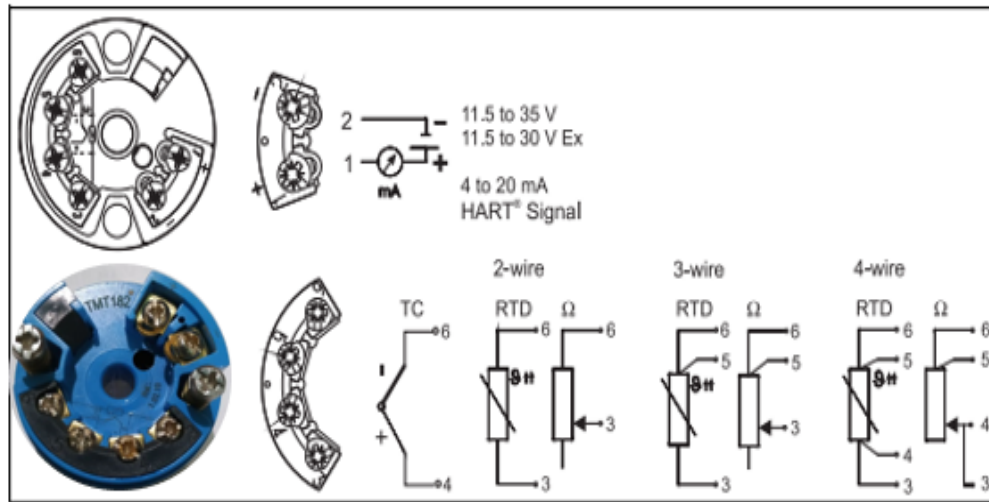
1. Termokopel Tipe E
 - Bahan Logam Konduktor Positif : Nickel-Chromium
 - Bahan Logam Konduktor Negatif :Constantan
 - Ruang Suhu : 200 °C– 900 °C
2. Termokopel Tipe J
 - Bahan Logam Konduktor Positif : Iron (Besi)
 - Bahan Logam Konduktor Negatif : Constantan
 - Rentang Suhu : 0°C- 750°C
3. Termokopel Tipe K
 - Bahan Logam Konduktor Positif : Nickel- Chromium
 - Bahan Logam Konduktor Negatif : Nickel – Aluminium
 - Rentang Suhu : -200°C - 1250°C
4. Termokopel Tipe N
 - Bahan Logam Konduktor Positif : Nicrosil
 - Bahan Logam Konduktor Negatif : Nisil
 - Rentang Suhu: 0°C - 1250°C
5. Termokopel Tipe T
 - Bahan Logam Konduktor Positif : Copper (Tembaga)
 - Bahan Logam Konduktor Negatif : Constantan
 - Rentang Suhu : -200°C – 350°C
6. Termokopel Tipe U (Kompensasi Tipe S dan Tipe R)
 - Bahan Logam Konduktor Positif : Copper (Tembaga)
 - Bahan Logam Negatif : Copper-Nicker
 - Rentang Suhu : 0°C - 1450°C

2.9 TMT 182 (Temperatur Head transmitter)

TMT182, *Temperatur Head transmitter with HART* dalam penggunaannya untuk mengubah berbagai sinyal masukan menjadi skalabel sinyal analog 4 hingga 20mA, 20 hingga 4mA. Dalam penggunaannya TMT182 digunakan untuk pemasangan di kepala sensor yang mempunyai prinsip pengukuran dengan electronic monitoring dan menkonversi sinyal input dari alat-alat instrument seperti:

1. Resistance thermometer (RTD)
2. Thermocouple (TC)

Sistem pengukuran pemancar kepala suhu TMT182 adalah pemancar 2-kawat dengan output analog. Dengan memiliki input pengukuran untuk termometer resistansi (RTD) dalam koneksi 2, 3 atau 4 kawat, termokopel dan pemancar tegangan. Penyetelan TMT182 dilakukan menggunakan protocol HART dengan modul pengoperasian (DXR275, DXR375) atau PC (perangkat lunak konfigurasi ReadWin 2000 atau FlidCare)



Gambar 2.34 TMT182

Penggunaan dari TMT182 memiliki keandalan, akurasi, dan stabilitas jangka Panjang yang tidak tertandingi dalam proses kritis di semua industri. Pemancar yang dapat dikonfigurasi tidak hanya sinyal yang dikonversi dari resistansi thermometer (RTD) dan termokopel (TC), tetapi juga menstarnsfer sinyal resistansi dan tegangan menggunakan komunikasi HART. dapat dipasang sebagai peralatan yang secar intrinsic aman di zona 1 area berbahaya. Pengoperasian, visualisasi dan pemeliharaan yang cepat dan mudah oleh PC menggunakan operasi perangkat lunak.

2.10 Pemeliharaan (Maintenance)

2.10.1 Pengertian Pemeliharaan (Maintenance)

Pemeliharaan atau Perawatan (*Maintenance*) ialah seluruh kegiatan yang mencakup upaya menjaga sistem peralatan, agar dapat bekerja sesuai harapan. (Assauri Sofjan, 2016)

M. Samsul & Hendri (2003) menyatakan bahwa manfaat dari adanya kegiatan pemeliharaan (*maintenance*) antara lain:

1. Perbaikan terus menerus
yaitu kegiatan utama dalam proses pemeliharaan terutama perusahaan manufaktur yang menggunakan mesin terus menerus
2. Meningkatkan kapasitas
Yaitu Biaya Ketika mesin rusak dapat dikurangi sehingga kapasitas akan meningkat
3. Mengurangi persediaan
Yaitu Penumpukan bahan baku yang harus disiapkan untuk melakukan produksi ulang dapat dihindari
4. Biaya Operasi lebih rendah
Yaitu Kapasitas produksi yang meningkat biasanya diikuti dengan persediaan yang rendah sehingga mengakibatkan biaya operasi yang lebih rendah. Tidak perlu penyimpanan bahan baku dan tidak perlu adanya biaya tambahan karena proses pengerjaan ulang
5. Produktivitas lebih tinggi
Yaitu Jika biaya operasi lebih rendah, produktivitas dan output akan semakin besar
6. Meningkatkan kualitas
Yaitu Akan tercipta *cost advantage*, yaitu kualitas yang sama baik, harga dapat ditetapkan menjadi lebih murah

2.10.2 Tujuan Pemeliharaan (Maintenance)

(Assauri Sofjan, 2008). Tujuan utama fungsi pemeliharaan (*maintenance*)

didefinisikan sebagai berikut:

1. Kemampuan produksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.
2. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produksi yang tidak terganggu.
3. Untuk membantu mengurangi pemakaian dan penyimpangan yang diluar batas dan menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan selama waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijaksanaan perusahaan mengenai investasi tersebut.
4. Untuk mencapai tingkat biaya pemeliharaan serendah mungkin, dengan melaksanakan kegiatan *maintenance* secara efektif dan efisien keseluruhannya.
5. menghindari kegiatan *maintenance* yang dapat membahayakan keselamatan para pekerja.
6. Mengadakan suatu kerja sama yang erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dari suatu perusahaan dalam rangka untuk mencapai tujuan utama perusahaan, yaitu tingkat keuntungan atau return of investment yang sebaik mungkin dan total biaya yang terendah.

Sedangkan menurut Daryus A (2013) tujuan dilakukannya perawatan (*Maintenance*) dapat didefinisikan sebagai berikut:

1. Untuk memperpanjang kegunaan asset
2. Untuk menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi dan mendapatkan laba investasi maksimum
3. Untuk menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam darurat setiap waktu
4. Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.

2.10.3 Jenis-jenis Pemeliharaan

Kegiatan pemeliharaan (*maintenance*) pada perusahaan adalah untuk

menunjang operasi produksi suatu perusahaan, baik perusahaan manufaktur maupun perusahaan jasa/non-manufaktur. Dalam kegiatan maintenance dibagi menjadi beberapa kriteria yaitu:

1. *Planned maintenance* (pemeliharaan terencana)
 - a) *Preventive maintenance*
 - b) *Corective maintenance*
2. *Unplanned maintenance* (pemeliharaan tak terencana)
 - c). *Emergency maintenance*

1) ***Planned maintenance*** (pemeliharaan terencana)

a. ***Preventive Maintenance*** (pemeliharaan pencegahan)

Preventive Maintenance meliputi pelaksanaan inspeksi rutin dan kegiatan service, serta upaya untuk menjaga agar fasilitas tetap dalam kondisi operasi yang baik. kegiatan ini dimaksudkan untuk dapat membangun sistem yang akan menghindari kemungkinan potensi kegagalan, dan mempersiapkan reperasi, bila akan menghadapi kegagalan.

Preventive Maintenance akan menjaga mesin dan peralatan, agar tetap dapat berjalan. *Preventive Maintenance* juga mencakup pendesainan sistem teknikal dan *human* dalam menjaga agar proses produksi dapat bekerja di dalam batas toleransi. Sehingga dengan perawatan ini dapat selalu terjaga agar sistem dapat bekerja dengan secara baik (Assauri Sofjan, 2016).

Sedangkan *preventive maintenance* menurut. (Ahmad Gatot Nazir, 2018) adalah rencana yang meliputi pemeriksaan secara rutin., pemeliharaan, dan menjaga fasilitas atau alat-alat produksi tetap dalam kondisi yang baik untuk mencegah kerusakan yang akan terjadi.

Keuntungan penting dari program preventive maintenance antara lain:

1. Berkurangnya waktu untuk berhenti produksi
2. Berkurangnya pembayaran kerja lembur bagi tenaga perawatan.
3. Berkurangnya waktu untuk menunggu peralatan yang dibutuhkan.
4. Berkurangnya pengeluaran biaya untuk perbaikan.
5. Penggantian suku cadang yang direncanakan dapat dihemat kebutuhannya sehingga suku cadang selalu tersedia di gudang.
6. Keselamatan kerja para operator lebih tinggi karena kerusakan berkurang

Dengan tujuan dilakukannya preventive maintenance dapat mengatasi kerusakan yang terjadi secara tiba-tiba. Hal ini dikarenakan preventive maintenance dapat mendeteksi kerusakan yang dialami oleh suatu sistem. Preventive maintenance juga bisa digunakan untuk menentukan kapan suatu sistem memerlukan perbaikan.

Preventive maintenance yang dilakukan oleh suatu perusahaan dapat dibedakan atas dua kegiatan yaitu:

1. *Routine maintenance*, yaitu kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan secara rutin misalnya setiap hari. Sebagai contoh kegiatan *routine maintenance* adalah pembersihan fasilitas/peralatan, pelumasan (*lubrication*) atau pengecekan oli, serta pengecekan isi bahan bakarnya dan mungkin termasuk pemansan (*warning up*) dari mesin-mesin selama beberapa menit sebelum dipakai beroperasi sepanjang hari
2. *Periodic maintenance*, yaitu kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan secara berkala atau dalam jangka waktu tertentu, misalnya setiap satu minggu sekali, lalu meningkat setiap bulan sekali, dan akhirnya setiap satu tahun sekali *periodic maintenance* dapat dilakukan pula dengan memakai lamanya jam kerja operasi mesin atau fasilitas produksi tersebut sebagai jadwal kegiatan misalnya setiap seratus jam kerja mesin sekali dan seterusnya.

b. *Corrective maintenance* atau *breakdown* (pemeliharaan koreksi)

Pendapat (Ahmad Gatot Nazir, 2018). *Corrective* atau *Breakdown Maintenance* harus dilakukan secara langsung setelah peralatan mengalami kerusakan (*Breakdown Maintenance*) akibat tidak dilakukannya preventive maintenance dan harus diperbaiki secepatnya karena kondisi darurat atau atas dasar prioritas. Dan beberapa alasan untuk melaksanakan program *preventive maintenance* di perusahaan industri antara lain:

1. Mengurangi penghematan produksi sebagai akibat dari kerusakan pada mesin.
2. Perlindungan asset yang lebih baik dan meningkatnya masa kerja asset untuk mencegah penggantian mesin dan peralatan secara premature.
3. Perbaikan yang rutin dan tepat waktu berarti perbaikan skala besar yang lebih sedikit

4. Berkurangnya biaya perbaikan dengan mengurangi kegagalan sekunder. Kerusakan pada beberapa bagian biasanya mengakibatkan kerusakan pada bagian-bagian lain.
5. Berkurangnya produk yang ditolak karena kondisi peralatan yang secara keseluruhan lebih baik.
6. Identifikasi peralatan dengan biaya pemeliharaan yang berlebihan menunjukkan perlunya pemeliharaan yang bersifat perbaikan, dan pelatihan operator atau pengganti peralatan yang telah usang.
7. Meningkatkan kondisi keselamatan.
8. Kualitas hasil (output) yang lebih baik.

2) *Unplanned maintenance* (pemeliharaan tidak terencana)

(Prawirosentono Suryadi, 2007). *Unplanned maintenance* (pemeliharaan tidak terencana) merupakan pemeliharaan yang dilakukan karena adanya indikasi atau petunjuk bahwa adanya tahap kegiatan proses produksi yang tiba-tiba memberikan hasil yang tidak layak. Dalam hal ini perlu dilakukan kegiatan pemeliharaan atas mesin secara tidak berencana.

c. *Emergency maintenance*

Emergency maintenance merupakan kegiatan perawatan mesin yang memerlukan penanggulangan yang bersifat darurat agar tidak menimbulkan akibat yang lebih parah

2.10.4 Tugas dan Kegiatan Pemeliharaan (Maintenance)

Kegiatan-kegiatan dasar yang penting pada perawatan preventive maintenance menurut (Ahmad Gatot Nazir, 2018) antara lain:

1. Inpeksi
Inpeksi atau pemeriksaan adalah salah satu fungsi pokok dalam kegiatan preventive maintenance.
2. Pelumasan
Komponen mesin seperti roda gigi, ring, bantalan, rantai dan elemen-elemen mesin lain yang permukaannya bergesekan harus diberi pelumas secara rutin dan tepat agar mesin tetap dapat bekerja dengan baik dan tahan lama.

3. Perencanaan dan Penjadwalan
Program perawatan perlu dibuat secara lengkap dan terperinci menurut spesifikasi yang diperlukan seperti adanya jadwal harian, mingguan, bulanan, tiap tiga bulan, tiap setengah tahun, setiap tahun dan sebagainya.
4. Pencatatan dan Analisis
Catatan yang terpelihara dengan baik dapat menunjang kegiatan preventive maintenance
5. Latihan Bagi Petugas Perawatan
Program preventive maintenance teknisi maupun pengawas harus terlatih untuk menjalankan perawatan, inspeksi, dan perbaikan-perbaikan secara sistematis
6. Penyimpanan Suku Cadang
Sistem penyimpanan suku cadang merupakan peranan penting dan berpengaruh terhadap produktivitas mesin. Maka perusahaan harus menyiapkan suku cadang sesuai kebutuhan jika terdapat suku cadang yang berlebihan maka dapat menimbulkan biaya yang besar.

2.10.5 Taktik Untuk Pemeliharaan (maintenance)

Pendapat Mohamad Syamsul Ma'arif & Hendri Tanjung (2003). Menyatakan bahwa Ada 2 taktik pemeliharaan yang dapat digunakan yaitu:

1. Menerapkan pemeliharaan pencegahan (*Preventive maintenance*)
2. Meningkatkan kemampuan atau kecepatan perbaikan (*breakdown maintenance*).

Preventive maintenance yang periodic dan terencana sangat diperlukan pada fasilitas-fasilitas produksi yang termasuk dalam "Unit Kritis" seperti:

- a. Keseluruhan fasilitas akan menyebabkan terhentinya seluruh aktifitas proses produksi.
- b. Kerusakan fasilitas yang akan mempengaruhi kualitas produk.
- c. Investasi yang ditanamkan dalam fasilitas yang cukup besar
- d. Kerusakan fasilitas yang akan membahayakan pekerja, baik kesehatan maupun keselamatan.

Preventive maintenance mampu mengatasi kerusakan tiba-tiba atau mendadak. Hal ini dikarenakan *preventive maintenance* dapat mendeteksi dan

menangkap sinyal kapan suatu sistem akan mengalami kerusakan. Artinya, preventive maintenance ini dapat menentukan kapan suatu sistem memerlukan service atau perbaikan. Pada prinsipnya, preventive maintenance ini ditunjukkan untuk menghindari suatu kerusakan yang fatal dan signifikan pada sistem produksi dan operasi.

Pemeliharaan perbaikan (*breakdown maintenance*) dilakukan setelah suatu mesin produksi mengalami kerusakan pada saat mesin sedang beroperasi. Biasanya kerusakan ini terjadi akibat tidak diimplementasikannya *preventive maintenance* menurut programnya.

2.10.6 Produktivitas dan Efisiensi Pemeliharaan (*maintenance*)

Pendapat (Prawirosentono Suryadi, 2007). Dalam upaya mencapai efektivitas pemeliharaan mesin dan seluruh fasilitas secara optimal maka kegiatan *maintenance* di bagi menjadi 5 kegiatan pokok antara lain;

1. *Mechanical maintenance* (pemeliharaan mesin) adalah kegiatan pemeliharaan mesin-mesin dengan cara pemeriksaan, pelumasan reparasi atas kerusakan-kerusakan yang terjadi.
2. *Electrical maintenance* (pemeliharaan instalasi listrik)
3. *Instrumen maintenance* (pemeliharaan instrument)
4. *Electrical power maintenance* (perawatan pembangkit listrik)
5. *Workshop* (bengkel pemeliharaan)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas waktu dan tempat perancangan, alat dan bahan. Penjelasan akan dipaparkan secara terperinci sebagai berikut:

3.1 Waktu dan Tempat Perancangan

Waktu pelaksanaan perancangan simulasi ini dilakukan dalam waktu 5 bulan yaitu dimulai dari bulan September 2021 s/d Januari 2022 Perancangan ini dilakukan di PT. Sinar Alam Permai (Wilmar Group) Palembang departemen maintenance (electrical & instrument) JL. Sabar jaya, mariana ilir, Banyuasin I, Kab. Banyuasin, Sumatera Selatan 30962.

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan Perancangan

Bahan perancangan salah satu Faktor utama untuk mendukung proses penelitian ini. Maka bahan yang digunakan oleh penulis dalam perancangan ini adalah:

1. MCB
2. Power Supply
3. Relay
4. Fuse Holder
5. Terminal Blok
6. *Software PLC (Profice Machine Edition 9.50)*
7. *Software HMI (Workbench HMI SCADA-CIMPLICITY 11.0).*
8. PLC GE Fanuc Series 90-30
9. Lampu Tower light 3 warna *plus Buzzer*
10. Motor Induksi 3 Phase
11. Kontaktor
12. Selector switch
13. Sensor Suhu Termokopel tipe k
14. Sensor Vibrasi *vibrasi transmitter acceleration*
15. Kable 1,5 mm
16. Sekun

17. TMT182

3.2.2 Alat Perancangan

Alat perancangan merupakan salah satu komponen pendukung dalam proses penelitian ini. Maka alat yang digunakan oleh penulis dalam perancangan ini adalah:

1. PC/Laptop
2. Kabel lan
3. Tang potong
4. Tespen
5. Obeng plus (+) dan minus (-)
6. Multi tester

3.3 Prosedur Kerja Alat

Sistem kerja monitoring suhu, vibrasi dan running hours pada bearing motor induksi berbasis PLC dan HMI untuk preventive maintenance ada beberapa kondisi, yaitu:

1. Kondisi awal ketika user tidak memberi input ke HMI yang telah *teconnection* ke PLC, maka monitoring suhu, vibrasi dan *running hours* pada bearing motor induksi tidak akan bekerja (dalam ke adaan *off*)
2. Ketika user melakukan input (meRUN) tombol start di HMI yang telah *terconnection* ke PLC dan terhubung dengan motor induksi beserta alat monitoring maka sensor suhu, *vibrasi* dan *running hours* dalam keadaan ON
3. Ketika keseluruhan dalam kondisi ON, maka bearing motor induksi akan termonitoring oleh sensor suhu dan *vibrasi*, maka *running hours* (waktu lama pemakaian) akan *otomatis* menghitung lama waktu motor induksi beroperasi kemudian analog input PLC akan memproses nilai sensor tersebut untuk dapat di tampilkan di HMI sebagai hasil monitoring . Untuk menghasilkan nilai *running hours*, maka user dapat menyeting waktu lama pemakaian motor induksi, ketika motor induksi ON maka sistem *running hours* akan otomatis menghitung waktu, kemudian sinyal digital output PLC akan memonitoring

running hours (waktu lama pemakaian) untuk mencapai pemakaian yang sesuai dengan set point

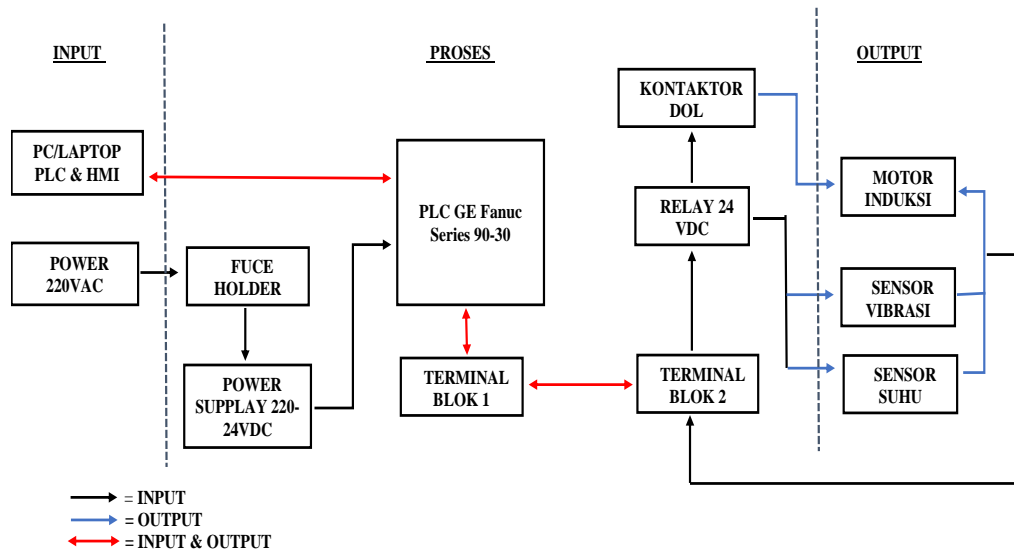
4. Kondisi akhir yaitu, ketika *running hours* (waktu lama pemakaian) pada bearing motor induksi telah mencapaisettingan, maka motor induksi akan tetap ON namun kondisi *alarm running hours* akan ON menandakan bahwa motor telah beroperasi sesuai settingan, kemudian sensor suhu, vibrasi memiliki indikasi *alaram* dan lampu untuk indikasi low alaram (hijau), alaram warning (kuning), high alaram (merah). Jika kondisi *running hours* telah tercapai dan suhu serta vibrasi dari bearing motor induksi memberi indikasi alaram warning(kuning) maka hal tersebut harus dilakukan preventive maintenance pada bearing motor induksi, hal tersebut dilakukan agar terhindar dari kerusakan yang berlebih, menghemat biaya perbaikan dan lebih efisien.

3.4 Prosedur Perancangan

Dalam pembuatan perancangan simulasi sistem monitoring suhu, vibrasi dan running hours pada bearing motor induksi ini membutuhkan beberapa tahap perancangan, tahapan yang dimaksud agar perancangan ini mudah dipahami berdasarkan urutan dan langkah-langkah dari awal hingga akhir proses perancangan yang membutuhkan beberapa perangkat *Hardware* dan *software* antara lain:

3.4.1 Perancangan diagram blok *hardware*

Dalam perancangan ini menggunakan PLC sebagai alat utama. PLC yang digunakan adalah PLC GE Fanuc series 90-30. Dan begitu pula alat bantu lainnya seperti Power suplay, sensor suhu, sensor getaran (vibrasi), dan motor induksi. Sistem ini menggunakan dua macam sensor yaitu sensor suhu dan sensor vibrasi. Sensor suhu disini digunakan sebagai alat pendeteksi temperatur bearing motor induksi ketika sedang beroperasi, sesnor suhu akan diletakan di body motor induksi mendekati bearing sebagai pembacaan suhu bearing. Sensor vibrasi disini digunakan sebagai pendeteksi pergerakan atau getaran yang dihasilkan dari bearing motor induksi . Adapun perancangan hardware dengan menggunakan diagram blok dari sistem yang dirancang adalah seperti yang diperlihatkan pada gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3.1 Diagram Blok perancangan *hardware*

Dalam flow proses diagram blok perancangan *hardware* meliputi 3 fase yaitu: Input, Proses dan Output

1. Input diatas menjelaskan bahwa power sebesar 220 VAC sebagai inputan ke MCB dan fuse holder yang berfungsi sebagai mengON/OFF kan perangkat dan juga sebagai sistem proteksi kemudian masuk ke zona proses dari tegangan 220 VAC di ubah oleh power supplay PLC menjadi 24 VDC sesuai kebutuhan.
2. Inputan PC/Laptop yang telah di lengkapi *software* PLC dan HMI beserta perogramnya yaitu sebagai inputan dan output. Input dari PC/Laptop akan mengirim ledder digram sesuai dengan perancangan dan kebutuhan, kemudian program ledder diagram di download ke CPU PLC sampai tersimpan pada memori sebagai perintah. Agar sistem PLC lebih mudah digunakan maka ledder diagram PLC di kembangkan ke sistem HMI dengan memasukan addressing ledder diagram PLC ke sisitem *software* HMI agar dapat memonitoring suhu, vibrasi dan running hours menjadi lebih mudah. Maka tujuan adanya HMI untuk mempermudah pekerjaan operator dengan hanya memonitoring menggunakan computer dll.
3. Kemudian lanjut ke tahap proses, telah dijelaskan di point no 1 dan 2 memonitoring suhu, vibrasi dan running hours dapat dilakukan adanya sinyal

I/O dari sensor suhu dan vibrasi dengan rentang tegangan bernilai 4 hingga 20mA maka peralatan tersebut telah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan sistem PLC.

4. Lanjut pada bagian output. Output yang telah dirancang pada blok diagram menjelaskan sensor suhu, vibrasi akan dapat bekerja jika operator meng-On kan motor induksi sebagai output. Jika motor induksi beroperasi maka sistem *running hours* akan ON dan menghitung lama waktu motor induksi beroperasi dan *running hours* sendiri telah terprogram di dalam PLC dengan memberi batasan maksimum beroperasinya motor tersebut disesuaikan dengan settingan pemakaian. Output dari sensor suhu dan vibrasi akan mengirimkan nilai suhu dan getaran ke sistem PLC kemudian data akan diteransfer ke HMI sebagai tampilan hasil monitoring sehingga operator langsung dapat memonitoring ke adaan bearing motor induksi *secara real time*. Dan apabila kondisi bearing terdeteksi dengan nilai suhu dan vibrasi yang terukur melebihi batas toleransi maka sistem PLC akan memberi perintah alarm warning akan On, sebagai indikasi bahwasanya harus melakukan preventive maintenance, hal tersebut akan terpantau melalui HMI.

3.4.2 Perancangan hardware

3.4.2.1 Rangkaian Input Tegangan 220VAC ke Power Supply PLC

Sumber tegangan 1 fasa 220 VAC melalui MCB dan Fuse Holder dan akan terhubung ke Power supply PLC dari 220 VAC menjadi 125 VDC, 24 VDC fungsi dari MCB sendiri sebagai pemutus dan penghubung sumber tegangan 1 fasa ke sistem PLC, tidak hanya itu fungsi dari fuse holder sendiri sebagai sistem proteksi bila terjadi short circuit pada sistem rangkaian sehingga dapat menjamin perangkat komponen PLC tetap dalam keadaan aman.



Gambar 3.2 Rangkaian Input Tegangan 220 VAC ke PLC

3.4.2.2 Input Power Supply ke terminal blok dan Modul I/O PLC

Sumber inputan 1 phasa 220 V AC langsung di ubah menjadi 24 V DC oleh power supplay. Power supplay yang ada di gambar bawah ini bertujuan merubah arus AC (arus bolak-balik) tegangan 220 V di ubha menjadi arus DC (arus searah) tegangan 24 V . dapat dilihat pada gambar wiring daya aoutput dari power supplay terhubung ke terminal blok. Dengan adanya Terminal blok ini bertujuang sebagai penghubung ke terminal I/O pada PLC dan terminal blok yang digunakan telah dilengkapi dengan fuse sebagai sistem proteksi



Gambar 3.3 Rangkaian Input power supply ke terminal blok dan modul I/O PLC

3.4.2.3 Konfigurasi PC/Laptop to PLC

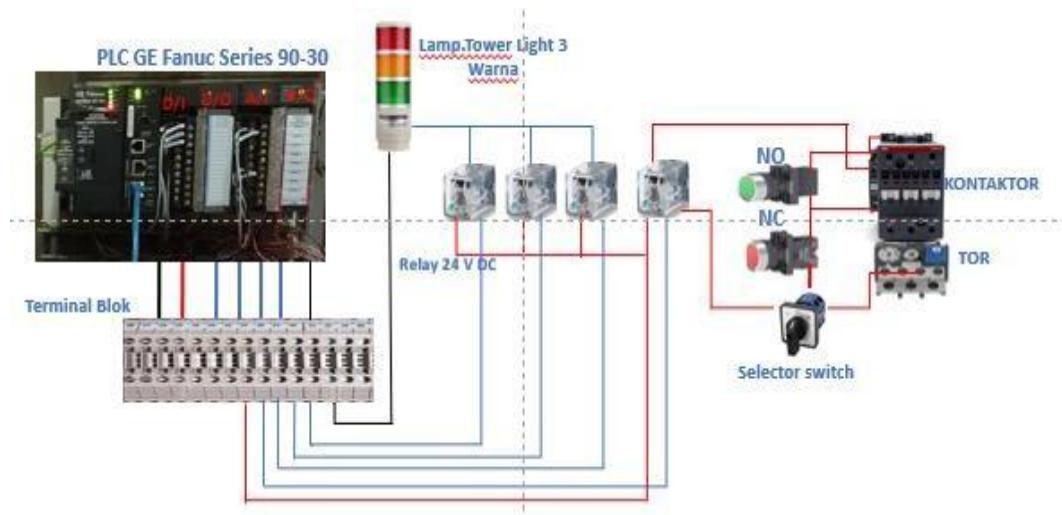
Sebagai penghubung PC/ Laptop ke dalam sistem PLC maka dalam perancangan ini menggunakan bentuk komunikasi serial port jaringan kabe Lan Ethernet. Dalam menggunakan Ethernet memiliki Spesifikasi dan konfigurasi lebih cepat dan memperluas jangkauan transmisi data., dan fitur terbesar dari standar ini adalah dapat menghubungkan hingga 32 perangkat pada satu sistem.



Gambar 3.4 Konfigurasi PC/Laptop to PLC

3.4.2.4 Rangkaian Terminasi Modul D/O PLC to Relay

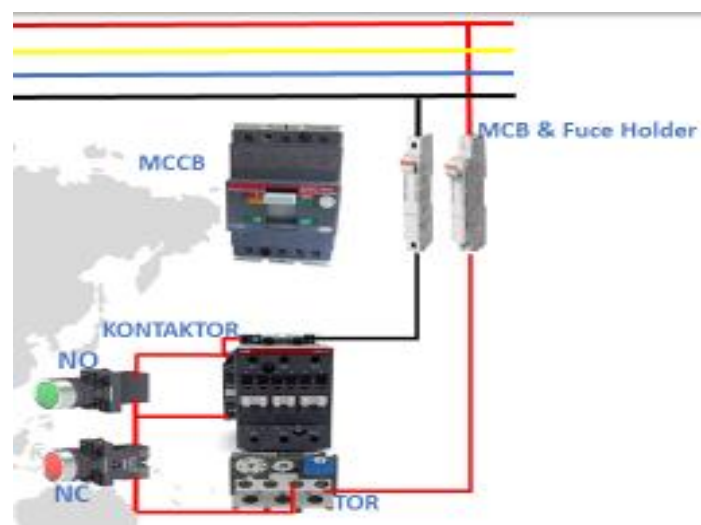
Dalam rangkaian terdapat Digital Output Module menghubungkan output diskrit fisik (relay dan output dari relay akan terhubung ke lampu tower light 3 warna yang dilengkapi dengan buzzer.) dengan PLC. Jenis – jenis Digital Output Module ialah : Triac output (output tegangan AC). Transistor output (output tegangan DC). Relay output (output tegangan AC/DC).



Gambar 3.5 Rangkaian Terminasi Modul D/O PLC to Relay

3.4.2.5 Rangkaian Control Direc On Line

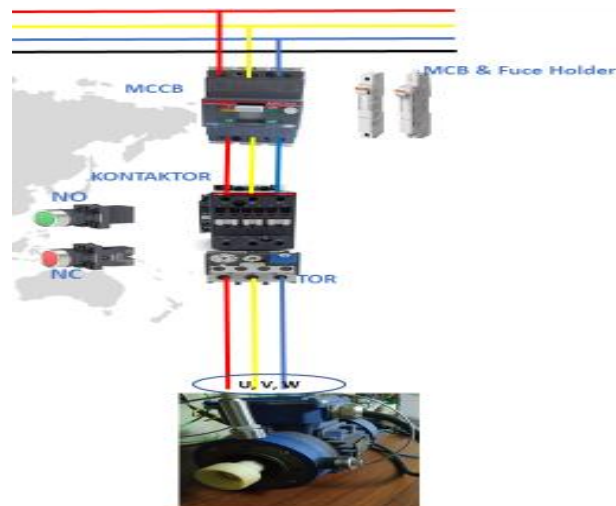
Rangkaian DOL atau Rangkaian Direct Online adalah sebuah rangkaian motor listrik yang terdiri dari satu buah kontaktor, motor listrik dan satu buah Thermal Overload Relay (TOR). Rangkaian jenis ini dinilai paling dasar pada rangkaian motor listrik dan Rangkaian kontrol ini berfungsi untuk mengendalikan mesin-mesin listrik.(motor induksi). Rangkaian kontrol ini akan di kendalikan secara otomatis menggunakan Digital Output Module PLC menghubungkan output diskrit fisik (relay dan output dari relay terhubung dengan rangakain control DOL



Gambar 3.6 Rangkaian Control Direc On Line

3.4.2.6 Rangkaian Daya Direct On Line

Rangkaian Direct Online adalah sebuah rangkaian motor listrik yang terdiri dari satu buah kontaktor, motor listrik dan satu buah Thermal Overload Relay (TOR). Rangkaian daya yaitu rangkaian yang merupakan jalur tegangan utama motor bisa 220V, 380V, 660V, bahkan 6.6 kV, Pada dasarnya motor listrik tegangan rendah dengan kapasitas kecil <10kW rangkaian dayanya di hubungkan secara DOL (Direct On Line). DOL adalah tipe rangkaian motor listrik ini bisa langsung di hubungkan dari Fuse/MCB/ELCB sebagai pengaman beban listrik dengan stop kontak listrik ataupun sakelar sebagai pemutus tegangan. Tujuan dalam membuat rangkain Direct On Line ini untuk mengerakan motor induksi sebagai penelitian.

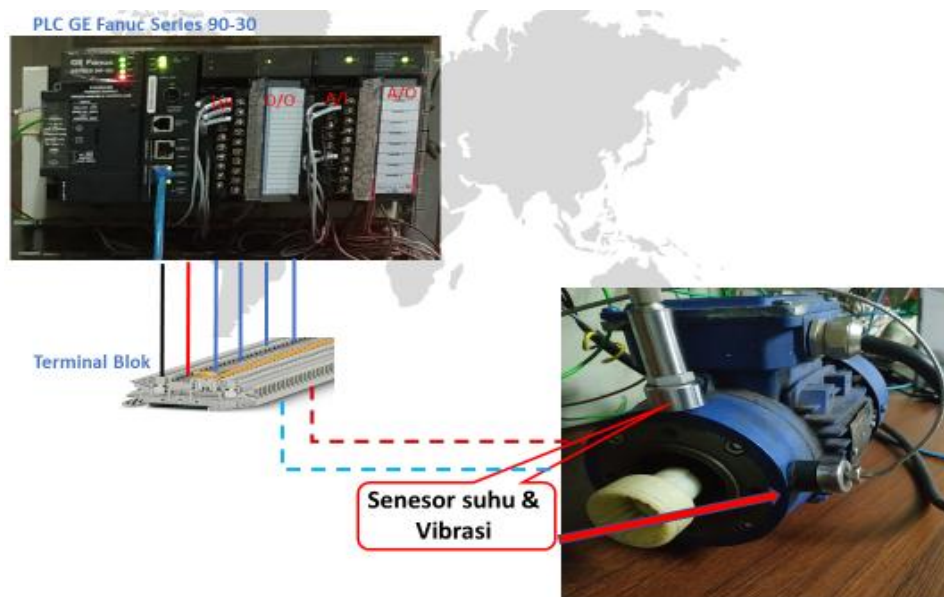


Gambar 3.7 Rangkaian Daya Direct On Line

3.4.2.7 Terminasi sensor suhu dan *Vibrasi* pada bearing motor induksi

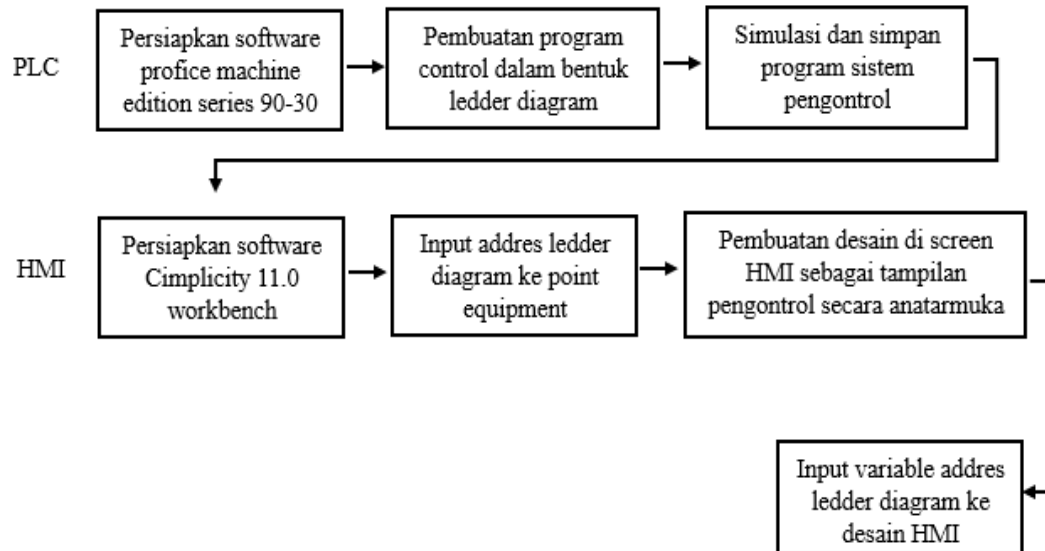
Dalam PLC memiliki Analog input/output module Selain modul input/output diskrit, terdapat juga modul input/output analog. Pada perancangan ini menggunakan Modul input analog yang dapat menerima tegangan dan arus dengan level tertentu (misal 0 – 10 V, 4 – 20 mA) dari 33 input device analog (misal: sensor analog, potensiometer). Sedang modul output analog dapat memberikan tegangn dan arus dengan level tertentu (misal 0 – 10 V, 4 – 20 mA) pada output device analog (misal: motor DC, motor AC, control valve) (Handy

Wicaksono, 2004). Perancangan untuk memonitoring suhu bearing menggunakan sensor suhu (thermocouple) yang memiliki arus dengan level 4-20 mA, sehingga dapat terhubung pada Analog Input module. Dalam perancangan ini dilengkapi dengan sensor vibrasi (Vibrasi transmitter acceleration) yaitu sensor khusus pendeteksi getaran yang memiliki arus dengan level 4-20 mA. Yang dapat terhubung dengan Anlaog Input module.



Gambar 3. 8 Terminasi sensor suhu dan *Vibrasi* pada bearing motor induksi

3.4.3 Perancangan diagram blok *Software*



Gambar 3.9 Diagram blok perancangan *software*

Dalam flow proses diagram blok perancangan *software* diatas terdapat 7 bagian yang bila di digabungkan menjadi suatu sistem maka dapat dioperasikan dengan baik. Berikut adalah perancangan *software* berdasarkan diagram blok diatas:

1. Bagian pertama persiapkan *software* PLC Ge Fanuc *profice machine edition 9.50*
2. *Software profice machine edition* digunakan untuk membuat program untuk mengontrol sistem PLC sesuai project yang di inginkan, hasil akan di eksekusi oleh sistem PLC program ini menggunakan Bahasa LD (ladder diagram)
3. Simpan program yang telah di buat didalam *software* dan download ke sistem CPU PLC
4. Bagian keempat mempersiapkan *software* HMI, yang berfungsi sebagai monitoring, antarmuka/interface dari suatu sistem pengontrolan PLC ke suatu alat/mesin yang digunakan.
5. Untuk memonitoring sistem pengontrolan PLC ke suatu alat/mesin maka harus dilakukan pengisian equipment di HMI dengan memasukan adres

ladder diagram dan penamaan address ke point equipment, berfungsi untuk menghubungkan antar PLC dengan HMI

6. Membuat desain sistem pengontrolan di HMI yang berfungsi sebagai monitoring suhu, vibrasi dan running hours untuk preventive maintenance. Tampilan design pada HMI menjadi penghubung antara operator dengan mesin atau peralatan yang akan dikendalikan secara remot.
7. Tampilan desain HMI yang telah dibuat harus di input addressing ladder diagram secara lengkap agar nantinya dapat dilakukan sistem monitoring melalui HMI .

3.4.4 Perancangan Software

Software untuk pembuatan sistem monitoring suhu vibrasi dan running hours pada bearing motor induksi menggunakan 2 perangkat *software* antara lain:

1. *Software Profice Machine Edition 9.50*
2. *Software CIMPLICITY 11.0 Workbench.*

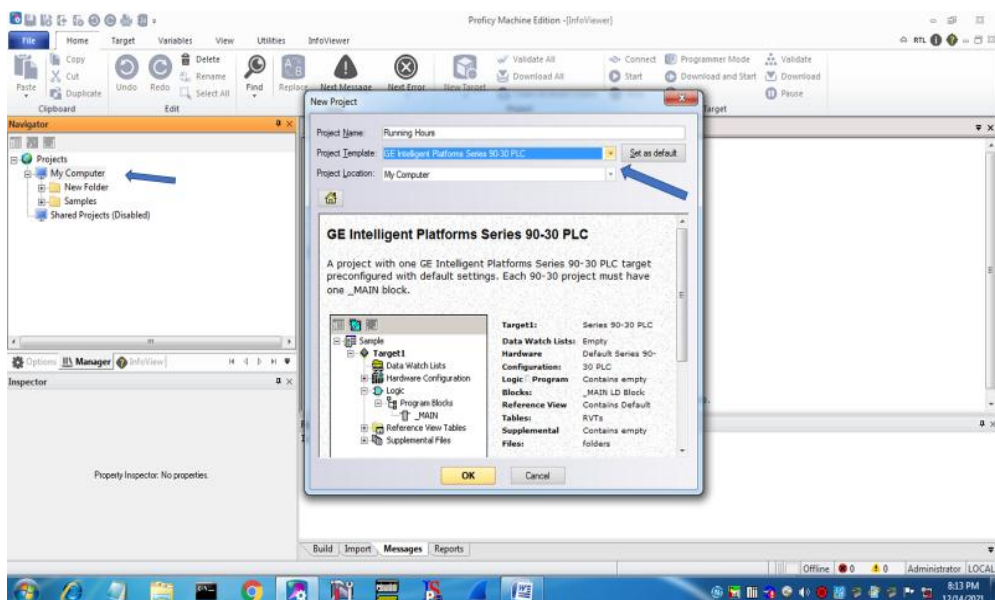
3.4.4.1 Perancangan Software Profice Machine Edition 9.50

1. Langkah pertama yaitu siapkan *Software Profice Machine Edition 9.50* Sebagai Aplikasi Programmable Logic Controller (PLC) GE Fanuc sediakan aplikasi tersebut di laptop maupun dikomputer dan klik *software Profice Machine Edition 9.50*, maka akan muncul tampilan loading seperti gambar 3.10, tunggu loading sampai selesai maka akan terlihat bentuk tampilan seperti Gambar 3.11



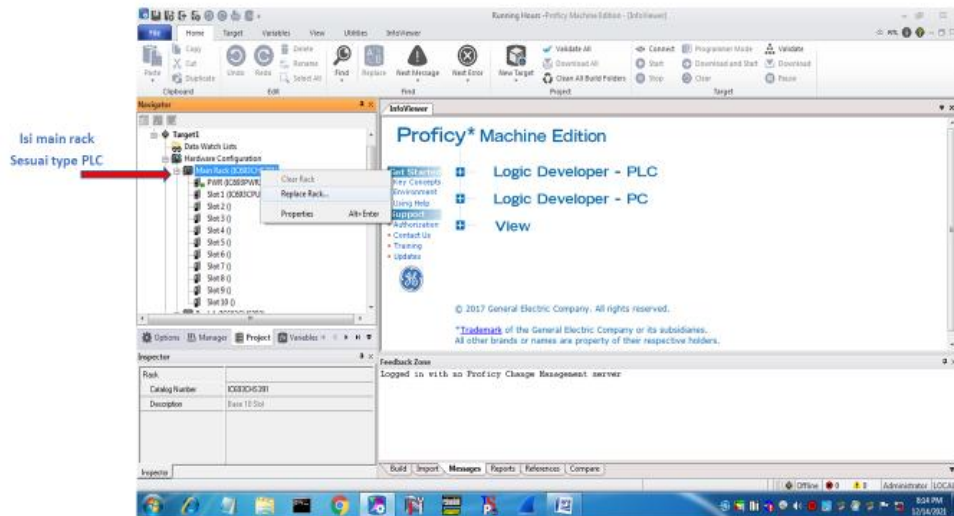
Gambar 3.10 Tampilan awal *software PLC Profice Machine Edition 9.50*

2. Langkah kedua yaitu dalam tampilan yang tertera pada gambar 3.9 klik pada icon my computer kemudian akan tampil menu New project kemudian isi Project name sesuai dengan project kemudian isi project template dengan type PLC yang digunakan yaitu PLC GE Fanuc series 90-30 dan isi project location dengan my computer kemudian klik ok.



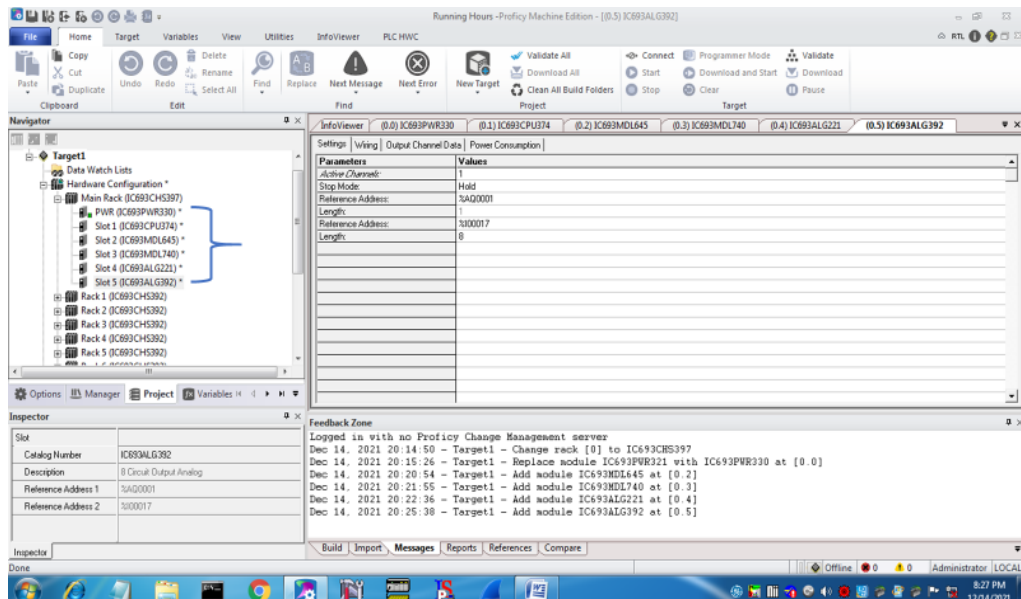
Gambar 3. 11 Tampilan *project template*

3. Pengisian type module yang digunakan pada menu *Main Rack*



Gambar 3.12 Tampilan pengisian *type* modul PLC di *Main Rack*

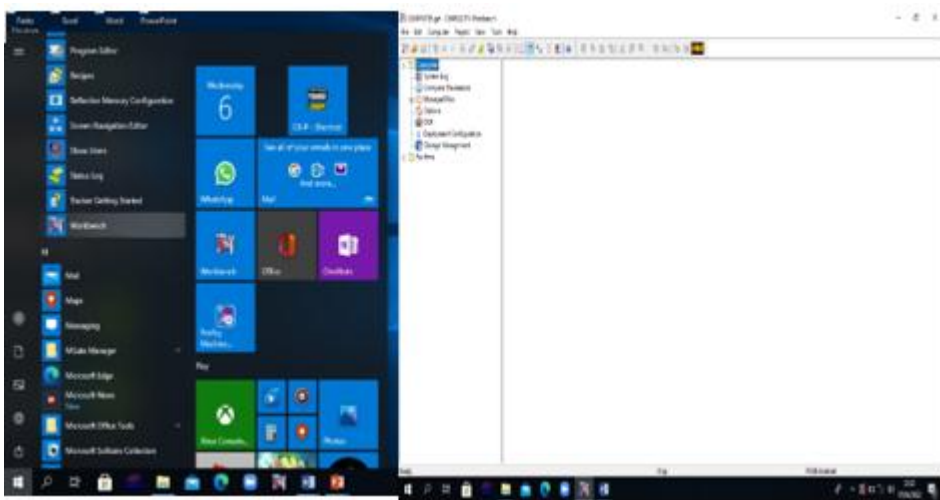
4. ketika sudah mengisi *Main Rack* tampilan dapat dilihat pada gambar 3.13



Gambar 3.13 Tampilan akhir dalam pengisian *Main Rack*

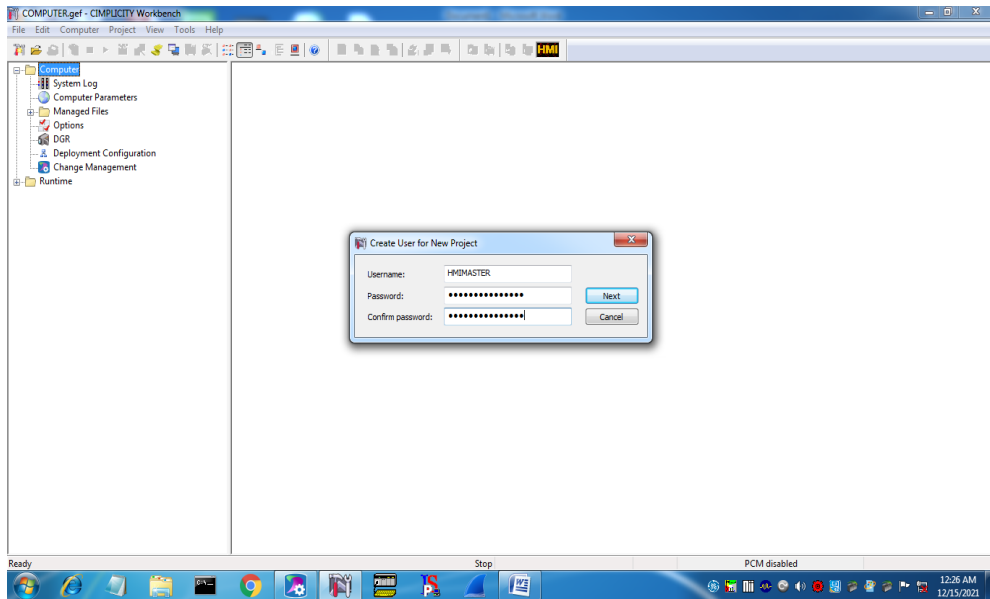
3.4.4.2 Perancangan *Software Cimplicity11.0 Workbench*

1. pertama yaitu siapkan *Software HMI CIMPLICITY 11.0 Workbench* sebagai komunikasi ke Programmable Logic Controller (PLC). *Software HMI* tersebut dapat di gunakan pada PC/Laptop, dan Setelah menginstal *Software* tersebut kemudian dapat mengklik icon aplikasi HMI *CIMPLICITY 11.0 Workbench* seperti tampilan gambar 3.14 bagian sebelah kiri maka akan muncul tampilan awal seperti gambar 3.14 bagian sebelah kanan. Dengan adanya *software* ini sebagai komunikasi ke sistem PLC dan terkomunikasi ke HMI melalui alamat addressing yang terdapat di ladder diagram PLC kemudian addressing tersebut di pindahkan ke HMI agar dapat terkomunikasi. Adanya sistem ini bertujuan untuk memudahkan para User dalam melakukan aktifitas pekerjaan yang berkaitan dengan *automation industry* serta dapat dengan mudah di pahami dibandingkan dengan sistem PLC secara langsung.



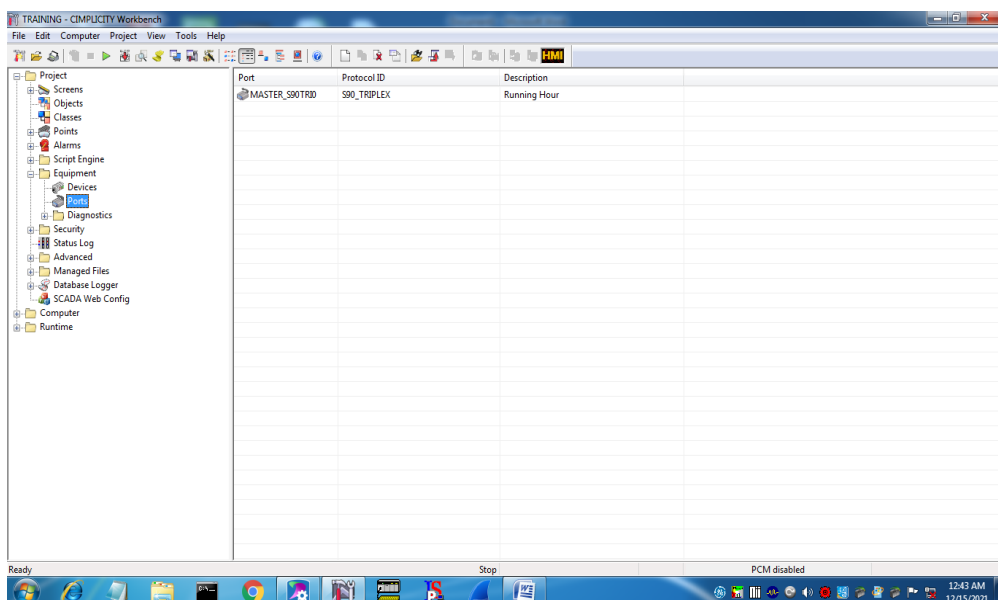
Gambar 3.14 Tampilan awal *Software HMI Cimplicity 11.0 Workbench*

2. Langkah kedua yaitu klik icon *computer* maka akan muncul *create user for new project* kemudian masukan *Username* dan *password* > *Next*, berfungsi sebagai pengaman sistem program HMI yang dibuat



Gambar 3.15 Create user for new project sebagai keamanan program HMI

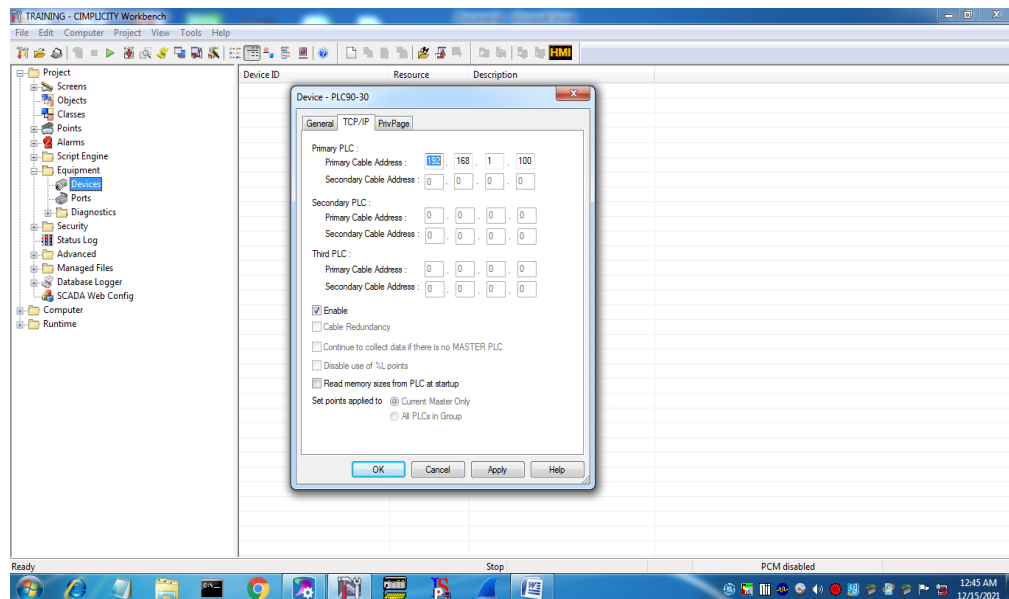
3. Klik tanda + pada equipment dan klik kanan pada ports kemudian isi description sesuai dengan project



Gambar 3.16 Tampilan pengisian ports pada Equipment

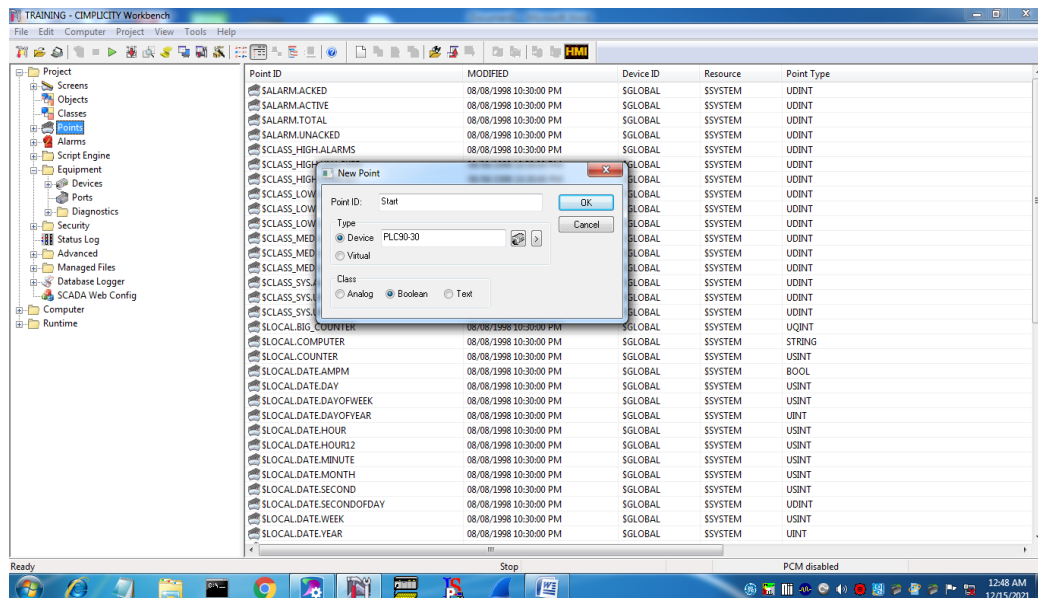
4. Klik Tab TCP/IP>Primary Cable Address:192.168.1.100 (diisi sesuai IP

PLC)>Klik OK. Hal tersebut wajib dilakukan sebagai penghubung ke system PLC, HMI dan PC menggunakan komunikasi Ethernet



Gambar 3.17 Tampilan Primary Cable Address

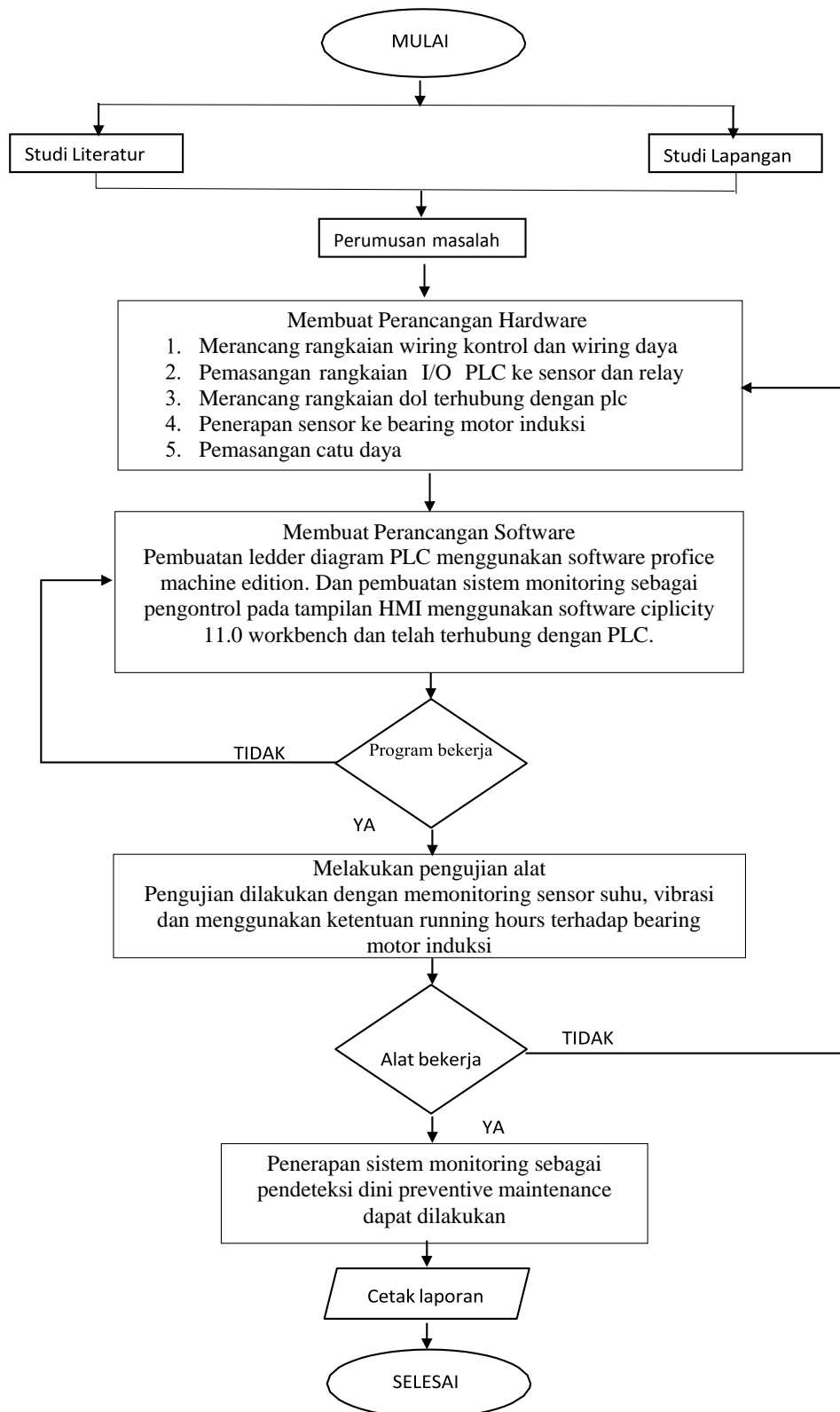
- Point ID: Start (tombol start yg ada di program PLC)>Device: pilih sesuai nama device yg ada pada Equipment>Class: pilih apakah tipe dari tombol start pada Program, kalau bersifat ON/Off di sebut Boolean, kalau angka: pilih analog.



Gambar 3.18 Tampilan pengisian New points

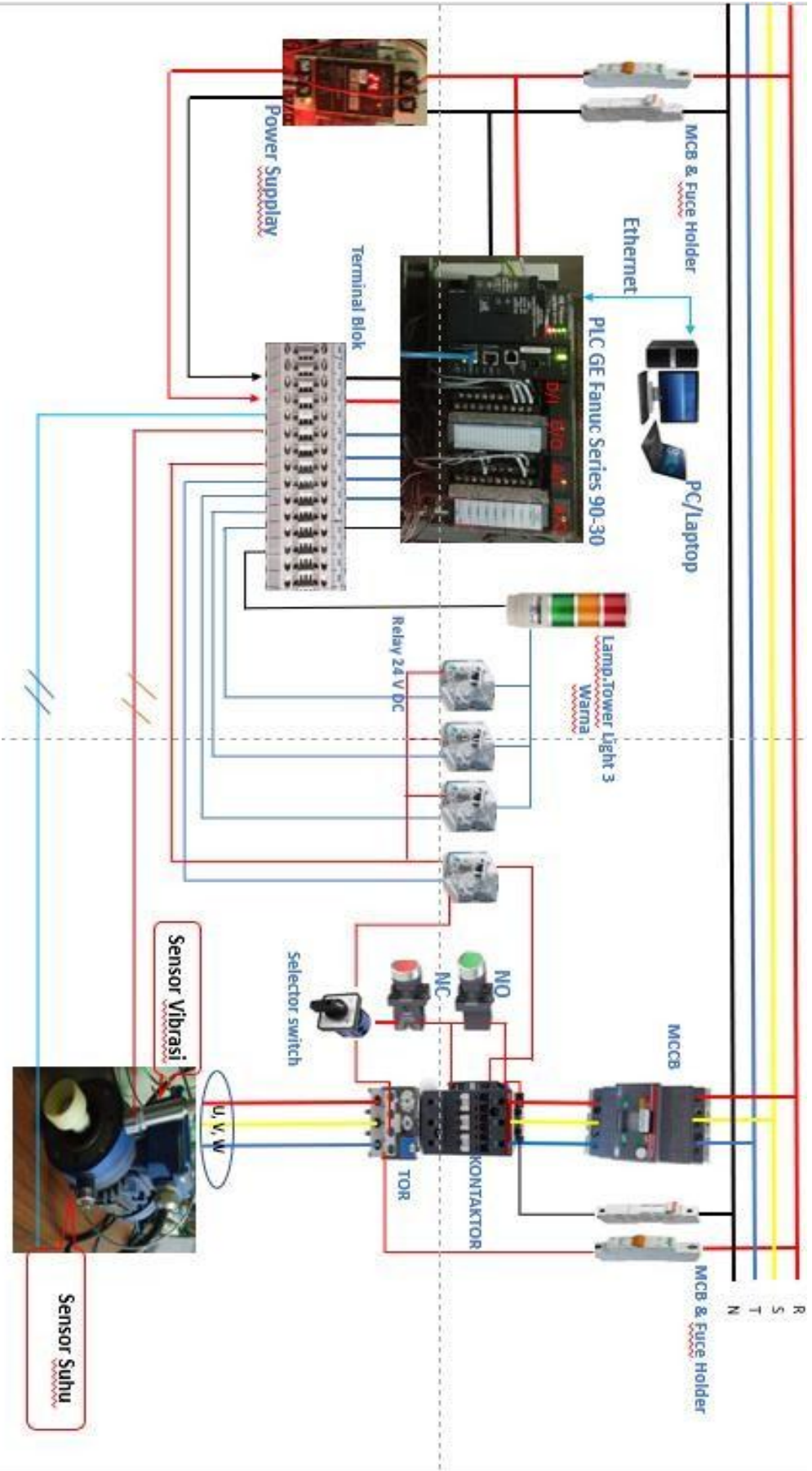
3.5 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 19 Diagram Alir

Rangkaian diagram sistem



Gambar 3. 20 Rangkaian diagram sistem

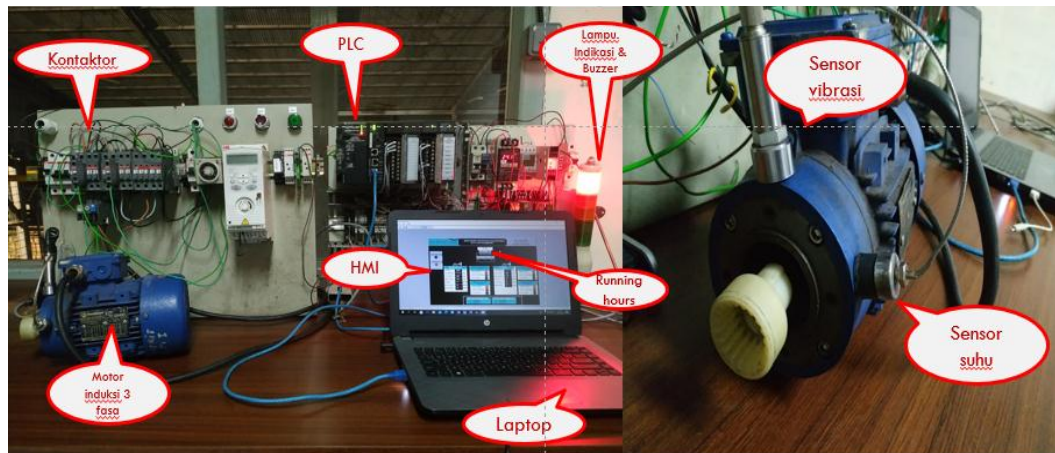
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Teknik analisa data untuk mendapatkan hasil monitoring adalah menguji hasil kinerja alat simulasi beserta program yang telah dibuat sesuai dengan prosedur perancangan. Data yang diambil dari pengujian simulasi sistem monitoring adalah mengukur nilai suhu, vibrasi pada bearing motor induksi dan pengoperasian motor induksi di atur oleh running hours. Dalam pengujian alat simulasi akan menggunakan bearing yang telah terpakai selama ± 4320 hours, 8640 hours, dan 12960 hours. Hasil kinerja alat simulasi akan termonitoring secara real time oleh HMI melalui pemograman yang telah dibuat di PLC. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hasil kinerja alat simulasi sebagai Penentuan *preventive maintenance*

4.1 Simulasi Sistem Monitoring Suhu, Vibrasi dan Running Hours

Dalam keberhasilan simulasi sistem monitoring suhu, vibrasi dan running hours ini telah didukung oleh 2 software yaitu; PLC yang menggunakan software *Profice Machine Edition 9.50*. Bahasa pemograman yang digunakan adalah ladder diagram (LD) dan Function. Untuk hasil monitoring suhu, vibrasi, dan running hours pada bearing motor induksi menggunakan HMI (*Human Machine Interface*) software yang digunakan adalah *Cimplicity11.0 Workbench*. Perancangan ini digunakan khusus untuk penentuan preventive maintenance agar terhindar kerusakan yang akan terjadi pada motor induksi. Berikut gambar 4.1 sebagai hasil perancangan alat simulasi.



Gambar 4. 1 Hasil Perancangan Alat simulasi

4.1.1 Pengujian Alat

Pengujian dari Simulasi Sistem Monitoring Suhu, Vibrasi dan *Running Hours* pada Bearing Motor Induksi merupakan bagian yang paling penting dan utama pada pengujian alat bertujuan untuk mengetahui alat dapat bekerja dengan baik atau tidak. Maka dari hasil perancangan alat yang telah dibuat sesuai prosedur akan diuji terlebih dahulu, dalam pengujian terdapat 3 parameter yaitu pengujian dari sensor suhu, sensor vibrasi dan penggunaan running hours. Berikut merupakan pengujiannya.

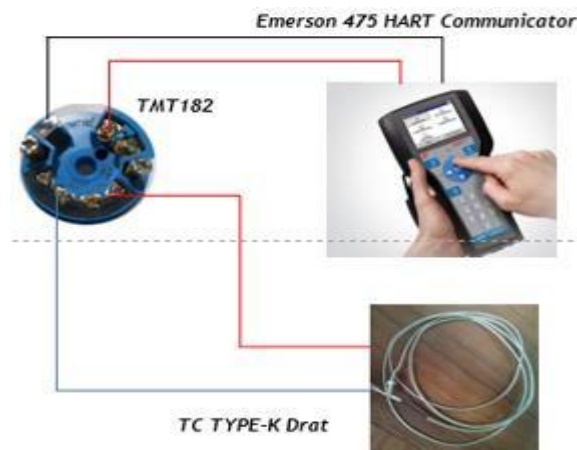
4.1.1.1 Pengujian sensor suhu

Pada pengujian Sistem monitoring Suhu bearing motor induksi menggunakan sensor termokopel yang akan mengukur nilai suhu pada bearing. Dalam pemasangan sensor suhu diletakkan pada bagian terdekat bearing, agar dapat terukur nilai suhu secara akurat maka sensor akan diletakan dengan posisi horizontal ataupun Vertikal lebih tepatnya dapat dilihat pada gambar 4.1. Sensor termokopel akan mendeteksi suhu pada bearing sehingga nilai suhu akan terkirim ke TMT untuk dikonvert dan menghasilkan pembacaan berupa analog input dan sinyal 4–20 mA sehingga dapat terbaca oleh PLC dan termonitor di tampilan HMI yang terprogram sebagai sistem monitoring. Pengaturan pada sensor suhu ini adalah jika sensor mendeteksi nilai suhu $<70\text{ }^{\circ}\text{C}$ akan mengaktifkan low alarm dengan indikasi lampu berwarna hijau sebagai penanda bahwa bearing motor induksi masi dalam keadaan baik dan Jika sensor suhu mendeteksi nilai suhu $>70^{\circ}\text{C}$ maka akan mengaktifkan alarm warning dengan indkasi lampu berwarna

kuning untuk menandakan bahwa kondisi bearing motor induksi dalam keadaan warning (harus dilakukan preventive maintenance) jika pada saat alarm warning tidak dilakukan tindakan preventive maintenance maka alarm warning akan tetap aktif hingga melewati batas waktu alarm warning, jika suda melewati batas waktu alarm warning maka otomatis akan mengaktifkan hihg alarm dengan indikasi lampu berwarna merah dan mengaktifkan status emergency yang menandakan bahwa keadan bearing motor induksi dalam keadaan buruk dan berpotensi akan mengalami kerusakan pada bearing maupun motor induksi. Dalam pengujian sensor suhu akan mengguankan 2 cara pengujian yaitu: Pengaturan Kalibrasi sensor termokopel dengan TMT menggunakan Hart Communicator dan melakukan perbandingan pembacaan nilai suhu termokopel di pembacaan HMI dengan Thermometer infrared fluke 62 max dan nilai suhu pada ruangan. Berikut pengujainnya:

A. Pengujian Pengaturan Kalibras sensor termokopel dengan TMT menggunakan Hart Communicator

1. Gunakan Emerson 475 HART Communicator
2. Pilih Hart Aplication
3. Pilih online
4. Pilih Matrix parameters
5. Pilih calibrator
 - Pilih sensor input (pilih sensor termocopel)
 - Pilih measuring unit (pilih derajat celcius)
 - Pilih direction output (pilih 4-20mA)
 - Pilih min measurm range (set range min c)
 - Pilih max measurm range (set range max c)
 - Pilih TC conection (pilih 2 wire)



Gambar 4. 2 Pengaturan Sensor termokopel menggunakan *Hart communicator*

Pada pengujian diatas bertujuan untuk mengatur kegunaan sensor yang terhubung degan TMT182 sebagai pemancar sinyal analog 4-20mA sehingga pembacaan nilai suhu dapat terkirim ke sistem kontroler PLC. Dalam penggunaanya harus dilakukan pengaturan kalibrasi terlebih dahulu menggunakan Hart Communicator sehingga pembacaan sensor termokopel dapat digunakan sabagai mana mestinya

B. Perbandingan pembacaan nilai suhu termokopel di pembacaan HMI dengan Thermometer infrared fluke 62 max dan nilai suhu pada ruangan

Tabel 4. 1 Pengujian nilai suhu

Waktu pengujian	Posisi pengujian	Hasil Pengukuran suhu (°C)			Selisi nilai output sensor
		Termokopel Tipe K-Drat	Thermometer infrared fluke 62 max	Suhu ruangan	
10 menit	Horizontal	23,6	23,2	23	0,4
20 menit	Horizontal	27,9	27,1	27	0,8

Pada tabel 4.1 dalam hasil pengujian pengukuran nilai suhu, menerapkan perbandingan pengukuran nilai suhu. Dalam pengujian melakukan perbandingan pembacaan nilai suhu termokopel di pembacaan HMI dengan Thermometer infrared fluke 62 max dan perbandingan nilai suhu pada ruangan, dalam pengujian ini bertujuan untuk mengetahui ketepatan dalam pembacaan nilai suhu yang diukur oleh termokopel

4.1.1.2 Pengujian sensor vibrasi

Pada pengujian getaran terhadap bearing motor induksi menggunakan sensor *Vibrasi Transmitter Acceleration*, dalam pemasangannya sensor akan diletakan dekat dengan bagian bearing dan pastikan posisi pemasangan sensor vibrasi dalam posisi vertikal atau pun horizontal agar pembacaan getaran yang terjadi akibat

bearing motor induksi dapat terbaca dengan akurat. Pada sensor vibrasi ini telah terdapat analog input dan sinyal 4-20 mA yang dapat terkoneksi dengan sistem PLC, sehingga nilai getaran pada bearing motor induksi akan terbaca oleh sensor kemudian terkirim ke sistem PLC dan termonitoring ke program sistem HMI. Fungsi adanya monitoring vibrasi pada bearing atau pun pada motor induksi sangat lah penting karena nilai vibrasi yang terbaca akan menentukan kondisi bering atau pun motor dalam keadaan baik atau buruk, jika nilai vibrasi 0-7 mm/s maka masi dalam keadaan normal dan jika vibrasi melebihi dari 7 mm/s maka kondisi vibrasi dalam kondisi buruk dan akan mengaktifkan high alarm dengan indikasi lampu merah dan emergency akan aktif, jika terdapat indikasi tersebut maka harus segera melakukan preventive maintenance terhadap bearing ataupun motor induksi tersebut. Dengan adanya monitoring pembacaan vibrasi ini dapat mencegah terjadinya kerusakan pada motor induksi karena sistem ini telah termonitoring secara real time dan meningatakan kesiagaan dalam melaksanakan preventive maintenance

Tabel 4. 2 Pengujian Nilai Sensor *Vibrasi*

Pengujian <i>Vibrasi</i>	Posisi Pengujian	Hasil Pembacaan <i>Vibrasi</i> (mm/s)		
		Sensor <i>Vibrasi</i> (Pembacaan di HMI)	Vibrator tester JFE ADVANTECH MK-21	Selisi nilai output sensor
10 menit	Vertikal	2,3	2,2	0,1
20 menit	Vertikal	2,5	2,3	0, 2

Pada tabel 4.2 melakukan pengujian niali sensor vibrasi menggunakan perbandingan dengan alat ukur vibrasi, pembacaan nilai vibrasi pada tampilan HMI akan dibandingkan dengan nilai vibrasi yang diukur dengan alat Vibrator tester JFE ADVANTECH MK-21 dengan hasil selisi nilai output terhitung 01 dan 0,2 hal ini bertujuan untuk memastikan alat perancangan sensor vibrasi dapat membaca dengan akurasi yang baik.

4.1.1.3 Pengujian Running Hours

Pada pengujian sistem Running Hours ini telah terletak di program PLC.

pengujian pada running hours ini mengatur waktu lama pemakaian pada motor induksi dan juga sebagai pengingat untuk melakukan preventive maintenance terhadap bearing motor induksi. Pada perancangan yang telah dibuat Running hours dapat aktif ketika tombol start di HMI telah aktif dan program di PLC akan menghitung waktu lama pemakaian hingga mencapai batasan running hours yang telah ditentukan. Sebelum mengoperasikan motor induksi harus mensetting running hours terlebih dahulu di tampilan HMI, contoh ketika running hours yang kita inginkan 1000 jam maka pada saat motor induksi beroperasi hanya bisa mencapai 1000 jam disaat motor induksi sudah menyentuh nilai batas running hours (1000 jam) maka alarm running hours akan aktif sebagai pengingat bahwa running hours telah terpenuhi dan harus dilakukan preventive maintenance, ini bertujuan untuk membatasi pegoperasian yang berlebihan terhadap motor induksi dan menjaga kondisi motor induksi beserta komponen didalam seperti bearing dll tetap dalam keadaan normal dan terhindar terjadinya kerusakan yang berlebih. Jadi pada running hours kita dapat mengatur berapa lama motor akan beroperasi yang bertujuan untuk menghindari kerusakan dan meningkatkan kualitas dari preventive maintenance.

Tabel 4. 3 Pengujian Running Hours

Settingan Running hours	Lama motor beroperasi	Hasil Pembacaan Running Hours		
		Tombol Start	MOTOR	Keterangan
120 jam	24 jam	ON	Run	ON
	120 jam	ON	Run	Alarm Running Hours

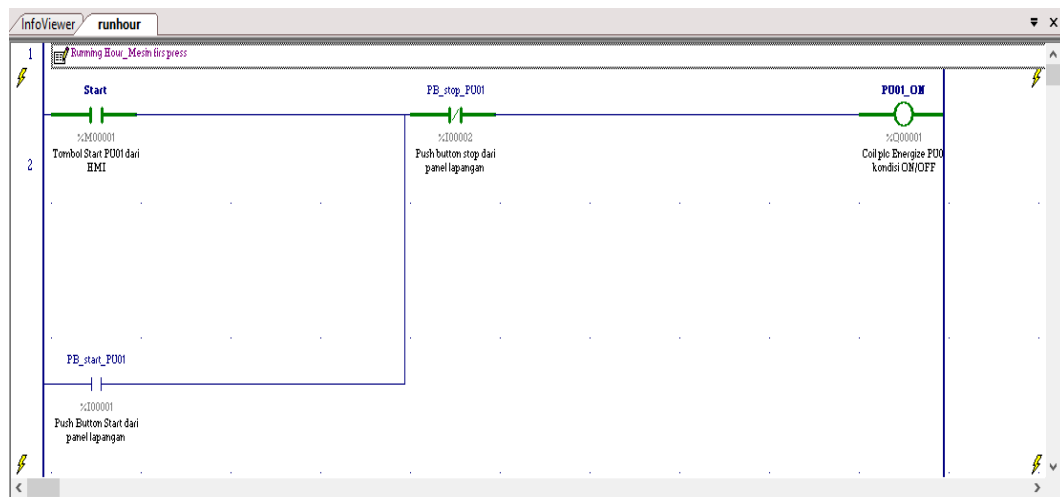
Pengujian ini dilakukan dengan mensetting running hours 120 jam dengan hasil pengujian pada saat lama motor induksi beroperasi 24 jam dengan tombol start ON dan motor running dengan keterangan ON. Jika lama motor induksi beroperasi selama 120 jam, tombol start ON maka motor akan running dan mendapatkan keterangan alarm running hours akan menyala mengindikasikan bahwa motor telah melawati batas ketentuan dari running hours.

4.2 Hasil Pengujian Program Ladder diagram PLC

Pengujian Program Ladder diagram PLC ini bertujuan untuk mengetahui Program dapat berjalan normal sesuai dengan perencanaan yaitu dapat melakukan Sistem Monitoring terhadap Suhu, Vibrasi dan Running Hours pada Bearing Motor Induksi

1. Pengujian Kontrol Direct Online pada Ladder diagram

Intruksi pada ladder diagram untuk kontrol direct online ini sangat dibutuhkan yang berfungsi sebagai menjalankan motor induksi. Sistem ini dapat bekerja diantaranya terdapat dua kondisi garis yang dihubungkan secara seri pada garis intruksi yang sama. Maka kondisi yang pertama menggunakan intruksi AND dan AND NOT. Jika tombol start ditekan (%M00001), maka tombol stop (%I00002) akan menjadi NC sehingga Output motor (%Q00001) akan running. Jika ingin melakukan start lokal, maka harus menekan tombol start yang terdapat di baris kedua (%I00001) sehingga dapat di intruksi menjadi gerbang OR.



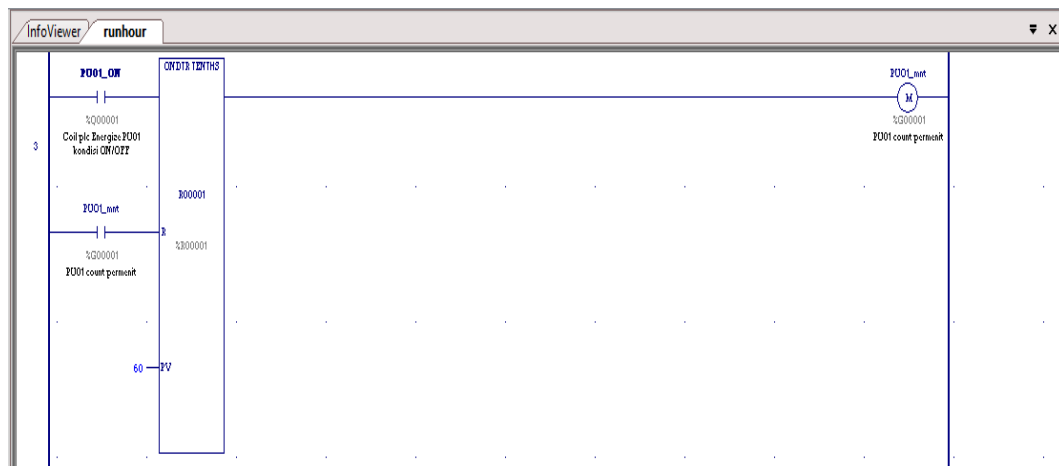
Gambar 4. 3 Sistem kerja Direct Online pada ladder diagram

Hasil Pengujian ini dilakukan untuk melihat hasil rangkaian kontrol dan ladder diagram direct online bahwa dapat bekerja sesuai prosedur perancangan. Untuk lebih memastikan pengujian ini berhasil ialah kita bisa melihat dari cara

penyusunan ladder diagram, pemberian adres sebagai intruksi dan melakukan simulasi pada alat perancangan dan jika berhasil maka ketika di run kan maka menghasilkan output, muncul garis berwarna hijau dan tidak terjadinya error pada sistem.

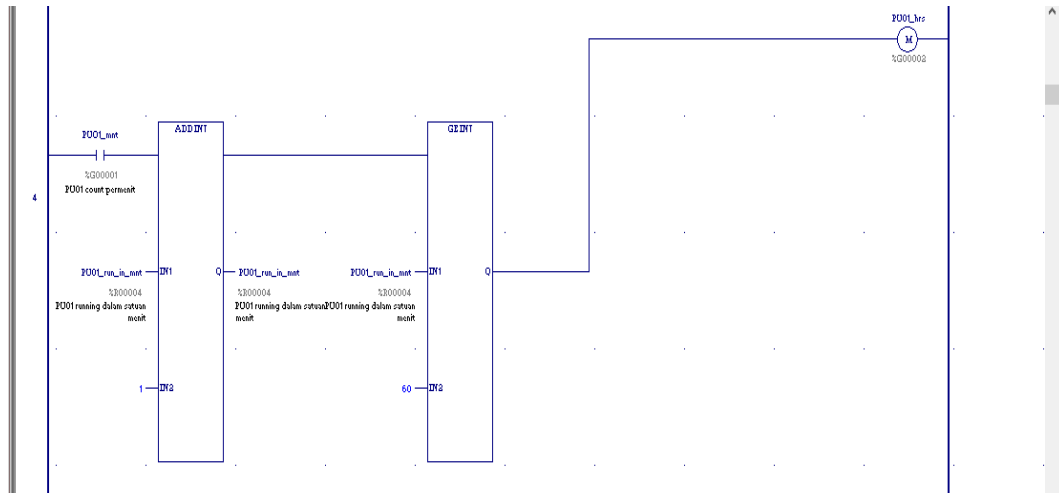
2. Pengujian Running Hours pada Ladder Diagram

Pada gambar 4.3 Intruksi ladder diagram untuk sistem kontrol running hours ini dapat bekerja diantaranya pada rung ketiga terdapat satu kondisi garis yang berkaitan dengan ONDTR TENTHS (sebagai penghitung waktu permenit). Pada saat motor induksi telah di hidupkan maka output motor (%Q0001) akan mengkatifkan ONDTR TENTHS yang berfungsi untuk menghitung waktu kinerja motor dan mengaktifkan %G0001 sebagai counter permenit



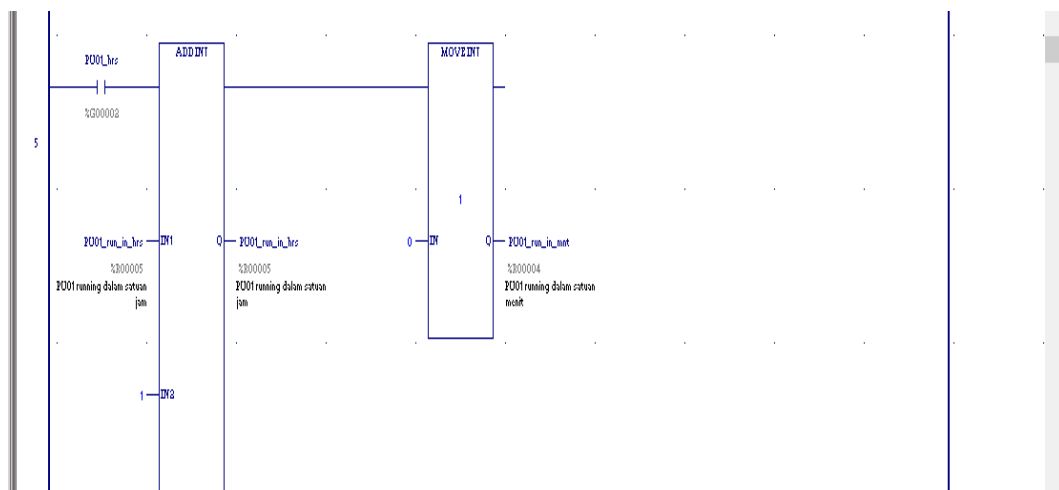
Gambar 4. 4 Tampilan ladder diagram running hours

Pada gambar 4.4 dari rung ketiga ketika tombol start menyala (%I0001) maka rung empat %G0001 mengaktifkan intruksi ADD INT yang berasal dari coil transisi (one-shot), pada saat ADD INT telah aktif maka akan menambahkan satu nilai ke %R00004 secara berulang, nilai waktu yang terhitung akan disimpan di register %R00004 yang bertujuan untuk menghitung waktu running motor dalam satuan menit secara berulang dan GE INT akan menerima intruksi dari ADD INT untuk membandingkan nilai input IN2 dengan IN2 sehingga Output GE INT (Q) akan mengaktifkan %G00002



Gambar 4. 5 Tampilan ke dua dari ladder diagram running hours

Pada gambar 4.5 ketika output rung empat (`%G00002`) telah aktif maka `%G00002` pada rung ke lima akan aktif dan mengintruksikan `ADD INT` sebagai penambahan nilai waktu dalam satuan jam dan tersimpan pada `%R00005` dan intruksi `MOVE INT` akan menyalin data waktu dalam satuan menit dari input `IN` dan nilai data waktu akan di oper ke output `Q` (`%R00004`) menghitung dalam satuan menit.



Gambar 4. 6 Tampilan ke tiga dari ladder diagram running hours

Pada gambar 4.6 dari rung ke lima selanjutnya menuju ke rung enam yang terdapat `%M00001` yang merupakan tombol start yang dapat di start melalui

ladder diagram PLC atau melalui HMI, Jika tombol start diteka maka motor akan running dan mengintruksikan GE INT untuk menghitung waktu dalam satuan jam dan IN1 sebagai penghitung waktu pada saat motor running dan IN2 akan di setting sebagai alarm maksimal running hours yang akan bekerja, maka jika IN1 telah menghitung waktu sampai batas maksimal yang telah ditentukan di IN2, maka alarm maksimal running hours di IN2 akan menghasilkan output dan mengaktifkan %G00006 untuk menghidupkan alarm dan buzzer sebagai penanda bahwa pengoperasian motor induksi sudah mencapai batas maksimal running hours yang telah ditentukan



Gambar 4. 7 Tampilan ke empat dari ladder diagram running hours

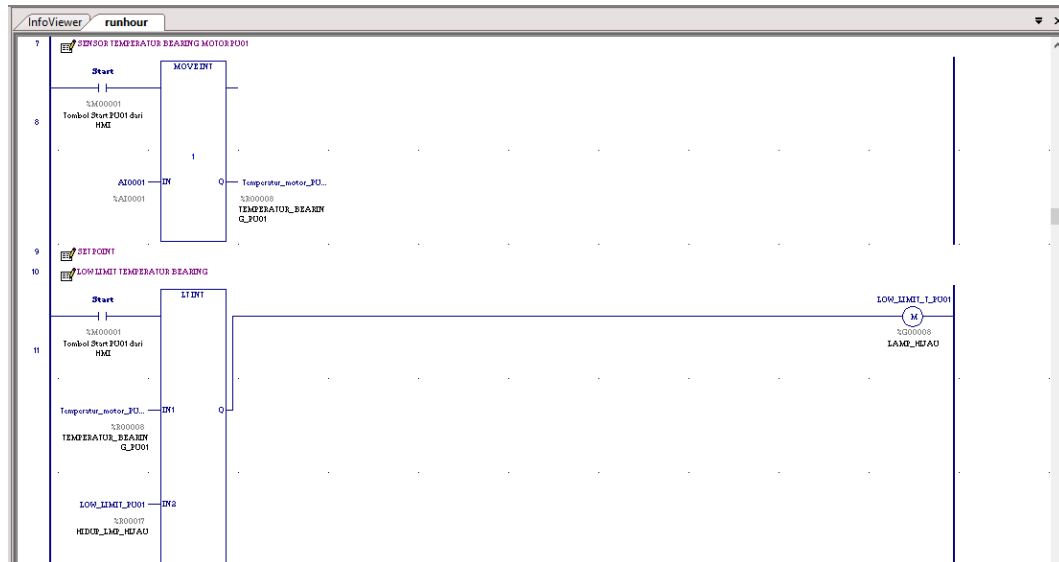
3. Pengujian Sensor Suhu Low, Warning & High pada Ladder Diagram

Intruksi pada ladder diagram untuk pembacaan nilai suhu dalam kondisi low warning dan high alarm pada bearing motor induksi ini berfungsi sebagai memonitoring nilai suhu pada bearing secara akurat, real time dan meningkatkan kualitas preventive maintenance. Berikut perencanaan yang telah dibuat

Jika tombol start dari HMI %M00001 di ON kan maka MOVE INT kan menerima intruksi yaitu membaca nilai suhu pada bearing motor induksi. Sistem pembaca nilai suhu pada rung pertama menggunakan MOVE INT yang di dalamnya terdapat IN %AI0001 sebagai addressings sensor suhu dan Q %R00008 sebagai output pembacaan nilai suhu.

Pada rung sepuluh sebagai pembacaan low limit suhu pada bearing dalam pembacaannya menggunakan LT INT yang terdapat IN1 (pembacaan nilai suhu

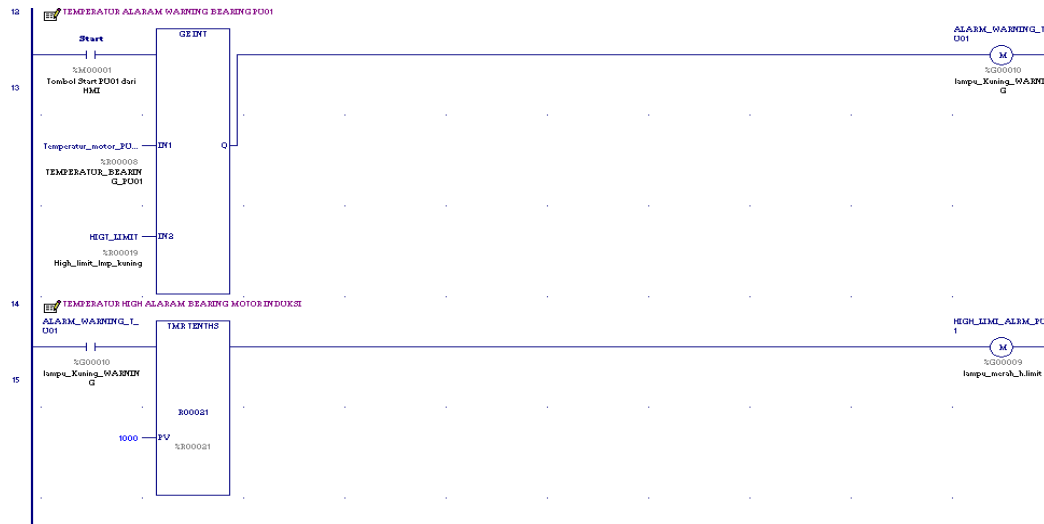
bearing), IN2 (low limit hidup lampu hijau) dan Q output, maka ketika LT INT aktif akan mengintruksikan pembacaan nilai suhu, jika pembacaan nilai suhu di $IN1 < IN2$ (low limit) maka output Q akan mengaktifkan low limit indikasi lampu hijau (%G00008) yang menandakan bahwa bearing dalam keadaan aman.



Gambar 4. 8 Ledder Diagram Sensor Suhu

Pada gambar 4.8. terdapat rung tiga belas sebagai pembacaan alarm warning pada suhu bearing dalam pengontrolanya menggunakan GE INT yang didalamnya terdapat IN1 (pembacaan suhu bearing), IN2 (alarm warning hidup lampu kuning) dan Q output, maka ketika nilai suhu yang terbaca di $IN1 >$ setingan nilai suhu di IN2 (alarm warning) maka Q akan mengaktifkan alarm warning indikasi lampu warna kuning (%G00010) sebagai pengingat bahwa suhu bearing dalam ke adaan rawan dan harus dicek/preventive maintenance.

Pada saat alarm warning aktif maka TMR TENTHS yang terdapat di rung empat belas akan aktif. TMR TENTHS berfungsi untuk menghitung waktu batas alarm warning berbunyi dan jika alarm warning sudah melewati waktu batasan yang telah di ditentukan maka akan mengaktifkan HIGH ALARM indikasi lampu merah (%G0009) bertujuan untuk pengingat bahwa bearing motor induksi sudah keadaan buruk atau harus di preventive maintenance



Gambar 4. 9 Ladder Diagram Sensor Suhu

4. Hasil Pengujian Sensor Vibrasi Pada Ladder Diagram

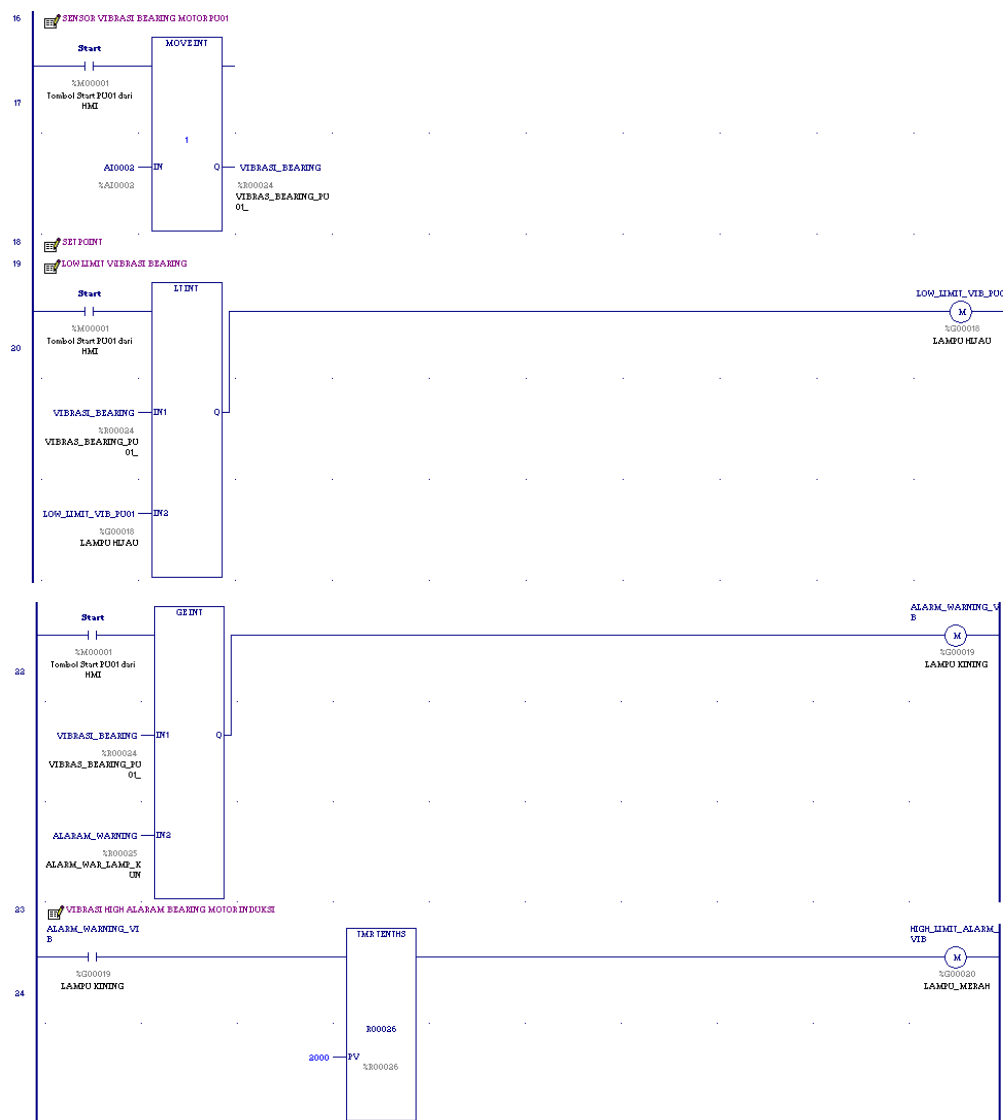
Pada gambar 4.10 Intruksi pada ladder diagram berupa pembacaan nilai vibrasi dalam kondisi *low warning* dan *high alarm* pada bearing motor induksi ini berfungsi sebagai memonitoring nilai vibrasi pada getaran bearing, Berikut perencanaan yang telah dibuat

Jika tombol start dari HMI %M00001 di ON, maka MOVE INT menerima intruksi yaitu membaca nilai value vibrasi. Sistem pembacaan nilai suhu pada rung enam belas menggunakan MOVE INT yang di dalamnya terdapat IN %AI0002 sebagai addressing sensor vibrasi dan Q %R000024 sebagai output pembacaan nilai vibrasi.

Pada rung sembilan belas sebagai pembacaan low limit pembacaannya menggunakan LT INT yang terdapat IN1 & IN2 dan Q output, maka ketika LT INT aktif akan mengintruksikan pembacaan nilai vibrasi, jika pembacaan di IN1 < IN2 (low limit) maka output Q akan mengaktifkan low limit indikasi lampu hijau (%G00008) yang menandakan bahwa vibrasi bearing dalam keadaan aman.

terdapat rung ke duapuluh dua sebagai pembacaan alarm warning dalam pengontrolanya menggunakan GE INT yang didalamnya terdapat IN1 & IN2 dan Q (output), maka ketika nilai vibrasi yang terbaca di IN1 > setingan nilai di IN2 (alarm warning) maka Q akan mengaktifkan alarm warning indikasi lampu warna kuning (%G00019) sebagai pengingat bahwa vibrasi bearing dalam keadaan rawan dan harus dicek/preventive maintenance.

Pada saat alarm warning aktif maka TMR TENTHS yang terdapat di rung duapuluh tiga akan aktif. TMR TENTHS berfungsi untuk menghitung waktu batas alarm warning berbunyi dan jika alarm warning sudah melewati waktu batasan yang telah di ditentukan maka akan mengaktifkan %G000020 (High Alarm) indikasi bertujuan untuk pengingat bahwa bearing motor induksi sudah keadaan buruk atau harus di preventive maintenance

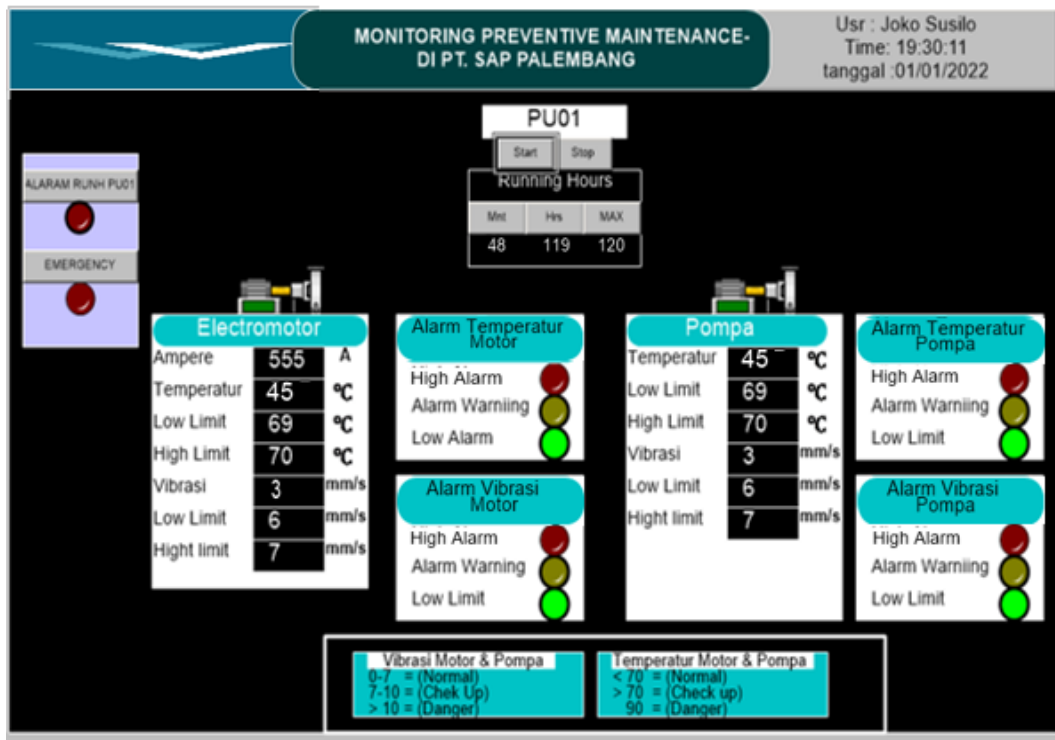


Gambar 4. 10 Ladder Diagram Sensor Vibrasi

4.3 Hasil Pengujian Monitoring

Pada hasil tampilan simulasi sistem monitoring suhu, vibrasi dan running hours pada bearing motor induksi yang dilakukan menggunakan HMI (*Human Machine Interface*) software yang digunakan adalah *Cimplicity11.0 Workbench* yang berfungsi sebagai alat komunikasi atau penghubung terhadap kinerja alat-alat instrumentasi PLC yang ada di lokal kemudian hasil kinerja alat akan ditampilkan secara keseluruhan pada tampilan HMI. Ada 3 parameter yang akan diuji coba pada sistem simulasi untuk penentuan preventive maintenance ini yaitu pembacaan suhu, vibrasi dan running hours untuk mendapatkan hasil dalam pengujian alat simulasi akan menggunakan bearing yang telah terpakai selama ± 720 hours, 2.160 hours, dan 8.640 hours Perancangan ini digunakan khusus untuk penentuan preventive maintenance agar terhindar dari kerusakan yang akan terjadi pada bearing motor induksi mau pun motor induksi itu sendiri.

4.3.1 Monitoring Sensor Suhu, Vibrasi dan Running hours terhadap bearing pemakaian ± 4320 Hours



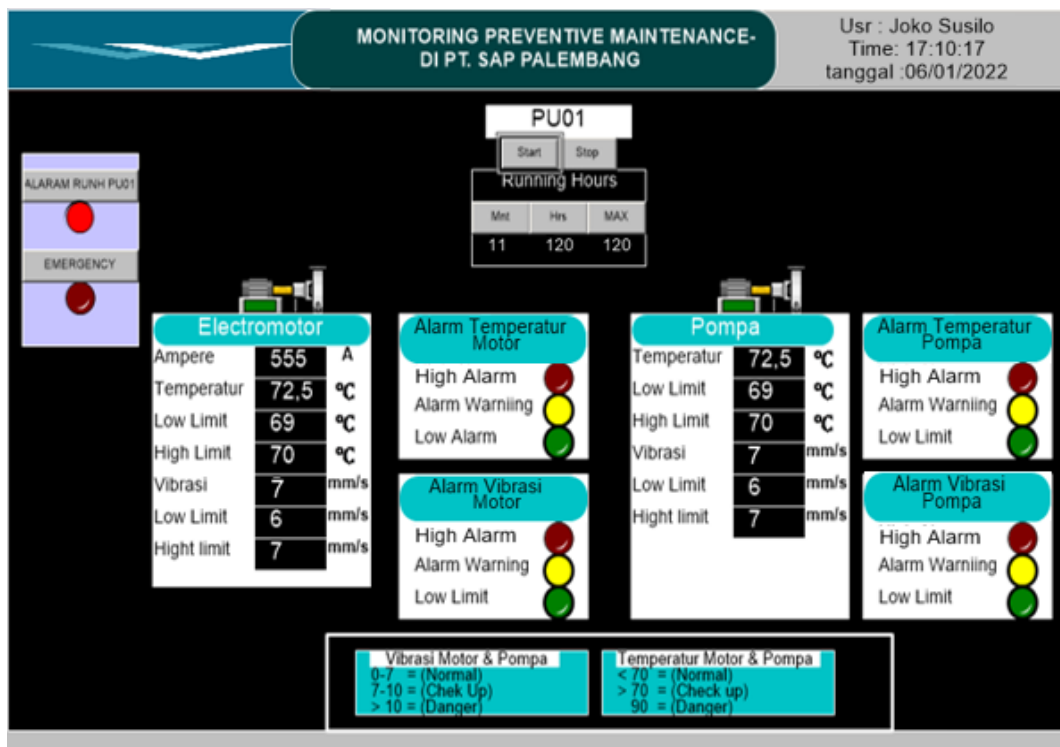
Gambar 4. 11 Hasil pengujian monitoring bearing pemakaian ± 4320 Hours

Tabel 4. 4 Hasil Data Pengujian bearing pemakaian \pm 4320 *Hours*

RPM	Running Hours	Suhu Bearing	Vibrasi Bearing	Alarm		Lampu Indikasi	Emergency	Kondisi Bearing	Ket
				Suhu	Vibrasi				
1500	24 hours	38 °C	2 mm/s	Low Alarm	Low Alarm	Hijau	Off	Normal	No Preventive Maintenance
	48 hours	41 °C	2,1 mm/s	Low Alarm	Low Alarm	Hijau	Off	Normal	No Preventive Maintenance
	72 hours	42,8 °C	2,4 mm/s	Low Alarm	Low Alarm	Hijau	Off	Normal	No Preventive Maintenance
	96 hours	43,6 °C	2,8 mm/s	Low Alarm	Low Alarm	Hijau	Off	Normal	No Preventive Maintenance
	120 hours	45 °C	3 mm/s	Low Alarm	Low Alarm	Hijau	Off	Normal	No Preventive Maintenance

Pada tabel 4.4 menjelaskan pada saat putaran 1500 rpm apabila running hours 24 jam, suhu 38°C. vibrasi yang terukur 2 mm/s, maka alarm pada suhu pada posisi low dan alarm pada vibrasi pada posisi low, lampu indikator akan mengaktifkan lampu berwarna hijau dan tidak ada status emergency sehingga menandakan bearing motor induksi dalam kondisi *normal* dengan keterangan no preventive maintenance, pada pengujian kedua pada saat putaran 1500 rpm dengan running hours 72 jam, suhu terbaca 42,4°C dan vibrasi yang terukur 2,4 mm/s maka alarm pada suhu dalam keadaan low dan keadaan vibrasi pada posisi low alarm, dengan lampu indikator berwarna hijau dan tidak ada status emergency sehingga menandakan bahwa bearing motor induksi masi dalam kondisi normal. Begitu seterusnya hingga pengujian terakhir di running hours 120 jam, dengan nilai suhu menjadi meningkat yang awalnya 38°C kini menjadi 45°C dan vibrasi meningkat yang awalnya hanya 2 mm/s kini terukur dengan nilai 3 mm/s, adanya peningkatan suhu dan vibrasi di karena motor induksi terus dioperasikan dengan running hours 120 jam kerja, sehingga dapat menyebabkan peningkatan suhu maupun vibrasi, adapun pengujian awal hingga akhir yang telah dilakukan nilai suhu dan vibrasi masi dalam keadaan normal dengan keterangan no preventive maintenance. Hal ini dikarenakan nilai suhu masi dibawah 70°C dan vibrasi masi dibawah 7 mm/s nilai vibrasi pada motor induksi mengikuti standar ISO 10816-3

4.3.2 Monitoring Sensor Suhu, Vibrasi dan Running hours terhadap bearing pemakaian ± 8640 Hours



Gambar 4. 12 Hasil pengujian monitoring terhadap bearing pemakaian ± 8640 Hours

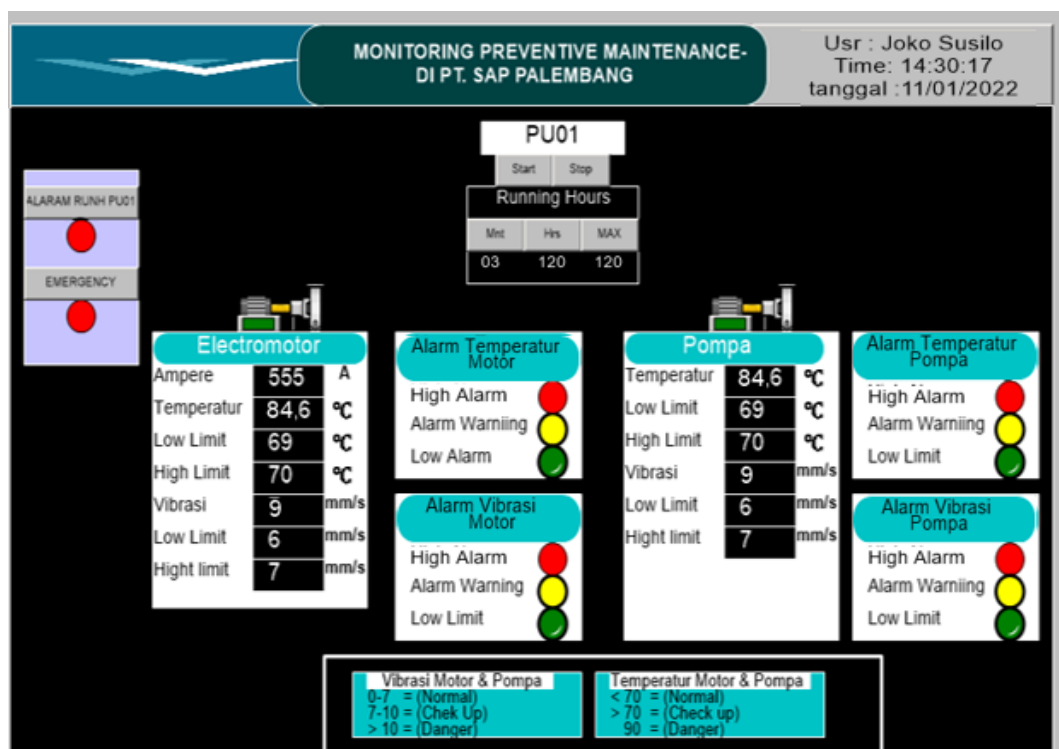
Tabel 4. 5 Hasil Data Pengujian bearing pemakain \pm 8640 Hours

RPM	Running Hours	Suhu Bearing	Vibrasi Bearing	Alarm		Lampu Indikasi	Emergency	Kondisi Bearing	Ket
				Suhu	Vibrasi				
1500	24 hours	51 °C	4 mm/s	Low Alarm	Low Alarm	Hijau	Off	Normal	No Preventive Maintenance
	48 hours	57 °C	4,8 mm/s	Low Alarm	Low Alarm	Hijau	Off	Normal	No Preventive Maintenance
	72 hours	64,2 °C	5,6 mm/s	Low Alarm	Low Alarm	Hijau	Off	Normal	No Preventive Maintenance
	96 hours	66,7 °C	6,3 mm/s	Low Alarm	Low Alarm	Hijau	Off	Normal	No Preventive Maintenance
	120 hours	72,5 °C	7 mm/s	Alarm Warning	Alarm Warning	Kuning	Off	Chek Up	Preventive Maintenance

Tabel 4.5 diatas merupakan hasil pengujian monitoring suhu, vibrasi dan running hours pada bearing motor induksi pengujian menggunakan sampel bearing yang telah terpakain \pm 8640 Hours. Pada pengujian pertama menjelaskan pada saat motor induksi beroperasi dengan putaran 1500 rpm apabila running hours 24 jam, dengan nilai suhu bearing 51 °C dan vibrasi bearing terukur 4 mm/s, maka alarm pada suhu di posisi low dan alarm vibrasi pada posisi low, pada saat nilai suhu dan vibrasi low alarm maka lampu indikator berwarna hijau akan menyala dan tidak ada status emergency sehingga menandakan bahwa bearing motor induksi dalam keadaan normal dengan keterangan tidak perlu dilakukan preventive maintenance terhadap bearing maupun motor induksi tersebut. Pada pengujian monitoing kedua, tiga dan empat dengan running hours yang berbeda-beda nilai suhu masi tetap dibawah 70°C dan vibrasi masi dibawah 7 mm/s sehingga menandakan bahwa bearing motor induksi dalam kondisi normal, namun pada saat pengujian monitoirng terakhir di putaran 1500 rpm dengan running hours 120 jam mendapati peningkatan suhu yaitu dengan suhu bearing 72,5 °C dan vibrasi yang terukur 7 mm/s maka otomatis alarm suhu berubah ke posisi warning dan vibrasi juga berubah ke psoisi alarm warning sehingga lampu indikator berwarna kuning akan menyala, tidak ada status emergency namun

kondisi bearing menandakan *cek up* dengan artiyannya harus dilakukan preventive maintenance agar tidak terjadi kerusakan yang berlebih. Pada saat melakukan monitoring mendapati nilai suhu di atas batasan normal suhu yaitu 70°C dan melebihi batasan normal vibrasi 7 mm/s, maka sistem monitoring akan otomatis mengaktifkan alarm warning dengan lampu indikator berwarna kuning akan menyala. Dan terlihat pada gambar 4.10. jika sttingan running hours (120 jam) telah terpenuhi, maka akan mengaktifkan alarm ruunning hours sebagai penanda bahwa motor induksi telah memenuhi batas beroperasi sesuai dengan settingan running hours dengan artiyannya harus dilakukan preventive maintenance terhadap motor induksi

4.3.3 Monitoring Sensor Suhu, Vibrasi dan Running hours terhadap bearing pemakaian ± 12960 Hours



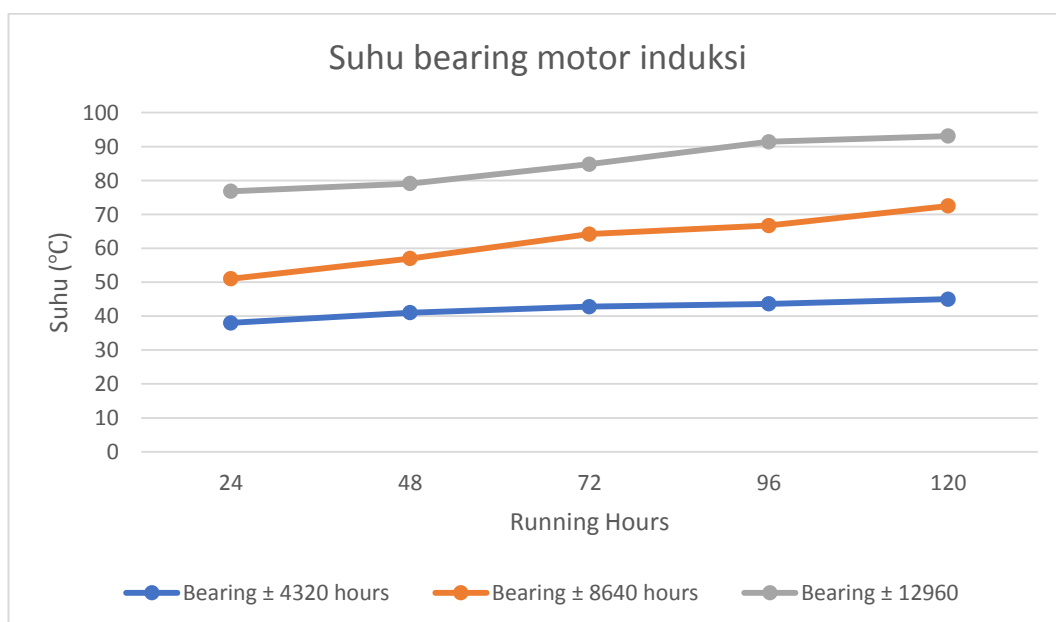
Gambar 4. 13 Hasil pengujian monitoring bearing pemakaian ± 12960 Hours

Tabel 4. 6 Hasil data pengujian bearing pemakain ± 12960 Hours

RPM	Running Hours	Suhu Bearing	Vibrasi Bearing	Alarm		Lampu Indikasi	Emergency	Kondisi Bearing	Ket
				Suhu	Vibrasi				
1500	24 hours	76,8 °C	7,3 mm/s	Alarm Warning	Alarm Warning	Kuning	Off	Chek Up	Preventive Maintenance
	48 hours	79,1 °C	7,9 mm/s	Alarm Warning	Alarm Warning	Kuning	Off	Chek Up	Preventive Maintenance
	72 hours	84,8 °C	8,6 mm/s	Alarm Warning	Alarm Warning	Kuning	Off	Chek Up	Preventive Maintenance
	96 hours	91,4 °C	9,8 mm/s	Hight Alarm	Hight Alarm	Kuning & Merah	On	Danger	Preventive Maintenance
	120 hours	93,1 °C	10,6 mm/s	Hight Alarm	Hight Alarm	Kuning & Merah	On	Danger	Preventive Maintenance

Tabel 4.6 diatas merupakan hasil pengujian monitoring suhu, vibrasi dan running hours pada bearing motor induksi pengujian pada tabel diatas menggunakan sampel bearing yang telah terpakai ± 12960 Hours. Pada pengujian pertama menjelaskan pada saat motor induksi beroperasi dengan putaran 1500 rpm dengan running hours 24 jam, dan mendapatkan hasil monitoring nilai suhu bearing 76,8 °C dan vibrasi bearing terukur 7,3 mm/s, maka alarm pada suhu bearing di posisi alarm warning dan alarm vibrasi pada posisi alarm warning, pada saat nilai suhu dan vibrasi alarm warning maka lampu indikator berwarna kuning akan menyala tidak ada status emergency sehingga menandakan bahwa bearing motor induksi dalam keadaan chek up dengan keterangan perlu dilakukan preventive maintenance terhadap bearing maupun motor induksi tersebut. Pada pengujian monitoring kedua dan ketiga nilai suhu dan vibrasi masi dalam kondisi *cek up* dengan keterangan perlu dilakukan preventive maintenance. Namun pada pengujian monitoring ke empat mengalami peningkatan suhu dan vibrasi dengan pengujian diputaran 1500 rpm dan running hours 96 jam nilai suhu 91,4°C dan vibrasi yang terukur 9,8 mm/s, nilai suhu dan vibrasi yang telah terukur di pengujian ke empat ini telah melewati batas *cek up* yaitu nilai batas *cek up* suhu 90 °C dan vibrasi 10 mm/s. maka alarm pada suhu bearing berada diposisi high

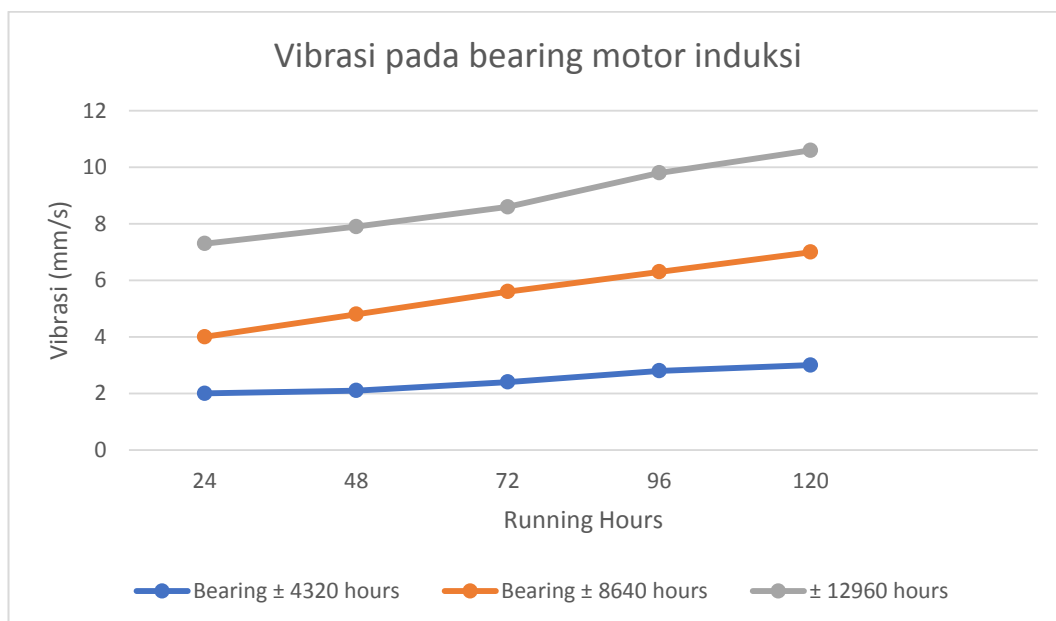
alarm dan alarm vibrasi pada posisi high alarm, ketika high alarm aktif maka lampu indikator berwarna kuning dan merah akan menyala dibarengi dengan status emergency akan On, sebagai penentu/penanda bahwa kondisi bearing dalam keadaan danger dan wajib dilakukan preventive maintenance. Dan terlihat juga pada gambar 4.11. jika sttingan running hours (120 jam) telah terpenuhi, maka akan mengaktifkan alarm ruunning hours sebagai penanda bahwa motor induksi telah memenuhi batas beroperasi sesuai dengan settingan running hours dengan artiyan harus dilakukan preventive maintenance terhadap motor induksi



Gambar 4. 14 Hasil pengujian suhu bearing motor induksi

Hasil dari 3 tahapan pengujian pengukuran sensor suhu menggunakan ketentuan *running hours* maka pada pembacaan tahapan pengujian pertama dengan pemakaian bearing ± 4320 hours pada saat settingan *running hours* 24 jam nilai suhu sebesar 38 °C dan pada settingan *running hours* 120 jam nilai suhu terukur sebesar 45 °C. pada tahapan kedua menggunakan pemakaian bearing ± 8640 hours pada saat settingan *running hours* 24 jam suhu terbaca 51 °C, pada settingan *running hours* 120 jam suhu terbaca sebesar 72.5 °C. Pada tahapan ketiga dengan pemakain bearing ± 12960 hours pada settingan *running hours* 24

jam nilai suhu terbaca 76,8 °C dan settingan *running hours* 120 jam nilai suhu terbaca sebesar 93,1 °C. maka semakin lama setingan *running hours* akan membuat suhu akan meningkat akibat lama motor beroperasi secara terus menerus.



Gambar 4. 15 Hasil pengujian vibrasi bearing motor induksi

Dari 3 tahapan pengujian hasil pengukuran dari sensor vibrasi menggunakan ketentuan *running hours* maka pada pembacaan tahapan pengujian pertama dengan pemakaian bearing ± 4320 hours pada saat settingan *running hours* 24 jam vibrasi terukur 2 mm/s dan pada settingan *running hours* 120 jam nilai vibrasi terukur sebesar 3 mm/s. pada tahapan kedua menggunakan pemakaian bearing ± 8640 hours pada saat settingan *running hours* 24 jam vibrasi terbaca 4 mm/s pada settingan *running hours* 120 jam vibrasi terbaca sebesar 7 mm/s. Pada tahapan ketiga dengan pemakain bearing ± 12960 hours pada settingan *running hours* 24 jam nilai vibrasi terbaca 7,3 dan settingan *running hours* 120 jam nilai vibrasi terbaca sebesar 10,6 mm/s. Maka semakin lama setingan *running hours* akan menentukan hasil pengukuran vibrasi, dan vibrasi akan meningkat akibat lama motor beroperasi secara terus menerus.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian simulasi sistem monitoring suhu, vibrasi dan running hours pada bearing motor induksi berbasis PLC dan HMI untuk preventive maintenance yang telah dijelaskan pada BAB IV maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. PLC dan HMI sebagai otak utama yang dapat digunakan untuk simulasi sistem monitoring suhu, vibrasi dan running hours pada bearing motor induksi untuk preventive maintenance. keseluruhan sistem yang bekerja akan dibaca oleh PLC dan hasil pembacaan akan ditampilkan menggunakan HMI sehingga sistem dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan yaitu dapat mengatur pengoperasian lama waktu pemakaian motor induksi yang ditentukan oleh *running hours*, pada saat pengoperasian sudah mencapai batasan *running hours* maka akan mengaktifkan *alarm running hours* sebagai tanda bahwa motor induksi telah mencapai pemakaian yang telah ditentukan dan jika monitoring suhu $< 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan vibrasi terukur $< 7\text{ mm/s}$ maka akan mengaktifkan alarm diposisi *low alarm*, dan lampu indikator akan mengaktifkan lampu berwarna hijau, ketika suhu $> 70^{\circ}\text{C}$ dan vibrasi terukur 7-10 mm/s maka akan mengaktifkan alarm diposisi *alarm warning*, dan lampu indikator akan mengaktifkan lampu berwarna kuning sebagai penanda harus dilakukan preventive maintenance, jika sensor suhu $> 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan vibrasi terukur $> 10\text{ mm/s}$ maka akan mengaktifkan *alarm diposisi high alarm* dengan keterangan harus dilakukannya *preventive maintenance* terhadap bearing atau pun motor induksi itu sendiri yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan dan menjaga *performa* motor agar tetap handal
2. Berdasarkan hasil penelitian monitoring pada tahapan pertama ketika menggunakan bearing yang telah terpakai selama $\pm 4320\text{ Hours}$ dengan running hours 24 jam nilai suhu terbaca 38°C dan vibrasi terukur 2 mm/s maka alarm pada suhu pada posisi *low* dan alarm pada vibrasi pada posisi

low, maka lampu indikator akan mengaktifkan lampu berwarna hijau dan tidak ada status *emergency*, menandakan bearing motor induksi dalam kondisi *normal*, keterangan no preventive maintenance, hingga pengujian terakhir di running hours 120 jam, dengan nilai suhu meningkat yang awalnya 38°C kini menjadi 45°C dan vibrasi meningkat awalnya 2 mm/s kini terukur dengan nilai 3 mm/s, adapun pengujian pada tahapan pertama, nilai suhu dan vibrasi masih dalam keadaan normal dengan keterangan no preventive maintenance. Pada pengujian tahapan kedua mendapati indikasi alarm warning dengan menggunakan bearing yang telah terpakai selama \pm 8640 *Hours* pengujian monitoring di putaran 1500 rpm dengan *running hours* 120 jam mendapati peningkatan suhu yaitu suhu bearing 72,5 °C dan vibrasi terukur 7 mm/s, maka alarm suhu di posisi warning dan vibrasi di posisi alarm warning, lampu indikator berwarna kuning akan aktif, tidak ada status *emergency* namun kondisi bearing menandakan *cek up* artinya harus dilakukan preventive maintenance. Pada pengujian tahapan ketiga menggunakan bearing yang telah terpakai selama \pm 12960 *Hours* mengalami peningkatan suhu dan vibrasi dengan pengujian diputaran 1500 rpm dan running hours 96 jam nilai suhu 91,4°C dan vibrasi yang terukur 9,8 mm/s, pengujian ke empat ini telah melewati batas *cek up* yaitu nilai batas *cek up* suhu 90 °C dan vibrasi 10 mm/s. maka alarm pada suhu bearing berada di posisi high alarm dan alarm vibrasi di posisi high alarm, ketika high alarm aktif maka lampu indikator berwarna kuning dan merah akan menyala dibarengi dengan status *emergency* akan On, sebagai penentu bahwa kondisi bearing dalam keadaan *danger* artinya wajib dilakukan preventive maintenance.

3. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi hasil nilai suhu dan vibrasi yaitu peletakan sensor yang tidak tepat, cuaca, suhu disekitar dan efek vibrasi dari motor induksi disekitar area dan adanya beban mekanis yang terkopel/terhubung dengan motor induksi.
4. Terdapat dari 3 tahapan pengujian simulasi sistem monitoring bahwa pengukuran sensor suhu dan vibrasi menggunakan ketentuan running hours, pada pembacaan tahapan pengujian dengan pemakaian bearing

± 4320 hours, ± 8640 hours dan ± 12960 hours. Sehingga dapat dimonitoring dengan baik dan semakin lama settingan running hours dan semakin lama bearing maupun motor induksi beroperasi secara terus-menerus akan membuat nilai suhu dan vibrasi meningkat hal tersebut dapat terjadi akibat kurangnya pelumasan pada bearing, minim perawatan dan beban pada motor terlalu over.

5.2 SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka saya menyarankan untuk menyempurnakan penelitian dengan memonitoring nilai amper pada motor induksi dengan menambahkan sensor arus (*current transducer*) di salah satu fasa untuk mengetahui nilai amper yang terukur pada saat motor induksi running, dimana pada saat arus lebih dari arus nominal maka motor induksi akan trip hal ini bertujuan untuk meminimalisir kerusakan pada motor induksi

DAFTAR PUSTAKA

- Abduh, M., Dpk, I., & Yan Dewantara, B. (2019). *Deteksi Kerusakan Outer Race Bearing Pada Motor Induksi Melalui Analisa Arus Stator Menggunakan Metode Fast Fourier Transform (FFT)*.
- Ahmad Gatot Nazir. (2018). *MANAJEMEN OPERASI* (Kusumaningtyas Retno Ayau, Ed.; 1st ed.). Cahaya Prima Sentosa.
- Assauri Sofjan. (2008). *MANAJEMEN PRODUKSI DAN OPERASI* (Rahardja Prathama, Ed.). Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Assauri Sofjan. (2016). *Manajemen OPERASI PRODUKSI* (3rd ed.). PT RAJAGRAFINDO PERSADA.
- Evalina, N., & H, A. A. (2018). *Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Programmable logic controller*. 3(2).
- Laksono, A. dwi, & Haryudo, subuh isnur. (2020). RANCANG BANGUN DAN ANALISIS PERALATAN PENDETEKSI DINI TEMPERATUR MOTOR INDUKSI 3 FASA DENGAN SENSOR LM35 BERBASIS ZELIO SR2B121BD. *Jurnal Teknik Elektro*, 09(02), 365–373.
- Leonardus Siregar, I., Silaen, R., & Hutabarat, J. L. (2021). Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Putaran Dan DayaMasuk Motor Induksi Tiga Fasa (Aplikasi Pada Laboratorium Konversi Energi Listrik FT-UHN). In *Telecommunications & Control System-ELPOTECs Jurnal ELPOTECs /* (Vol. 4, Issue 1).
- Meidiasha, D., Rifan, M., & Subekti, M. (2020). Alat Pengukur Getaran, Suara Dan Suhu Motor Induksi Tiga Fasa Sebagai Indikasi Kerusakan Motor Induksi Berbasis Arduino. *Journal of Electrical Vocational Education and Technology*, 5(1), 27–31. <https://doi.org/10.21009/jevet.0051.05>
- Moro, K. N., Dwiyanti, M., Inayati, E., Fadlli Besstian, I., Reyhan Rahmat Adisaputro, dan, Pengajar Program Studi Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta, S., & Kampus Baru, J. (n.d.). RANCANG BANGUN PLC SEBAGAI PEMROSES SINYAL ANALOG SENSOR LEVEL, TEMPERATUR DAN PUTAR BERBASIS HMI DAN SCADA. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro* (Vol. 3, Issue 2018).
- Nasution, E. S., & Hasibuan, A. (2018). *Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Dengan Merubah Frekuensi Menggunakan Inverter ALTIVAR 12P*. 2(1), 25–34.
- Nuari, S., Atmam, & Zondra, E. (2018). Analisis Starting Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Programmable Logic Controller (PLC). *SainETIn*, 2(2), 60–67. <https://doi.org/10.31849/sainetin.v2i2.2019>
- Pramono, T. J., & Maskus, A. (2016). Studi analisis sistem monitoring temperatur ruang bearing. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(11), 8.
- Prawirosentono Suryadi. (2007). *MANAJEMEN OPERASI* (4th ed.). PT Bumi Aksara.
- Prayogo, D. (2019). Analisis Pengaruh Kerusakan Rotor Pada Motor Induksi 3 Fasa Dengan Metode Motor Current Signature Analysis (Mcsa). *EPIC : Journal of Electrical Power, Instrumentation and Control*, 2(2), 1–11. <https://doi.org/10.32493/epic.v2i2.2888>
- Priahutama, A. B., Sukmadi, T., & Setiawan, I. (2010). Perancangan Modul Soft

- Starting Motor Induksi 3 Fasa dengan Atmega 8535. *Transmisi*, 12(4), 160–167. <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/transmisi>
- Putra Wahab, A. S. (2016). RANCANG BANGUN ALAT PENDETEKSI KERUSAKAN BEARING DENGAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER. *JURNAL TEKNIK MESIN UBL*, 4(1), 248–253.
- Riantono, A. (2019). *Kalibrasi Sensor Temperatur Termokopel Tipe K dan DS18B20 Pada Temperatur Es Mencair dan Air Mendidih Sistem Dengan Akuisisi Data (DAQ) Berbasis Arduino*.
<https://www.researchgate.net/publication/363053101>
- Samsinar, R., Priatna, E., & Almanda, D. (n.d.). *Sistem Pengingat Ganti Oli Berdasarkan Running Hours Mesin , Lama Waktu Pemakaian dan Kekentalan Oli pada Mesin Wire Drawing Berbasis Raspberry Pi*. 2(2), 121–130.
- Sulthoni, A., Faqihuddin, M., Cening Nicky Prasada Gayatri, N., Damar Aji, A., Teknik Otomasi Listrik Industri, P., Teknik Elektro, J., Negeri Jakarta Jl Siwabessy, P. G., & Baru, K. U. (n.d.). *Kinerja Modul Latih Sistem Kendali Kecepatan Motor Induksi.... ELECTRICES VOL 4 NO 2 2022 36 KINERJA MODUL LATIH SISTEM KENDALI KECEPATAN MOTOR INDUKSI BERBASIS PLC HMI SCADA*.
- Syari, M. A. (2018). *STUDI KARAKTERISTIK VEKTOR MEDAN PUTAR MOTOR INDUKSI TIGA FASA DENGAN METODE SIMULASI ANSOFT MAXWELL*. 2, 2548–9712.
- Zainal Abidin, G., Wayan Sujana, I., & Kunci, K. (2017). DETEKSI KERUSAKAN BEARING PADA CONDENSATE PUMP DENGAN ANALISIS SINYAL VIBRASI. In *Jurnal "FLYWHEEL* (Vol. 8, Issue 1).
- Silva, D., & Andreno, M. (2006). *Induction Motor Fault Diagnostic and Monitoring Methods*

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Perancangan Sistem Monitoring Suhu, Vibrasi, dan Running Hours pada Bearing Motor Induksi Berbasis Programmable Logic Controller (PLC) dan Human Machine Interface (HMI) untuk Preventive Maintenance di PT. Sinar Alam Permai Palembang (Wilmar Group Indonesia)

Nama : Joko Susilo
NPM : 1807220059

Dosen Pembimbing : Noorly Evalina, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	22/13/2012	ACC Judul	Susilo
2	20/15/2022	- Perbaiki rumus masalah. - Lajin perubatan - Pung Lyky	Susilo
3	24/15/2022	- Perbaiki gambar - Cara pemeliharaan - T	Susilo
4	3/6/2022	- Perbaiki Kaji Pakeh - Cara Pakeh	Susilo
5	20/16/2022	Perbaiki slot Diagram	Susilo
6	27/16/2022	ACC Diagram	Susilo

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Simulasi Sistem Monitoring Suhu, Vibrasi dan Running Hours pada
Bearing Motor Induksi Berbasis PLC dan HMI
untuk Preventive Maintenance
di PT. Sinar Alam Permai Palembang (Wilmar Group Indonesia)

Nama : Joko Susilo
NPM : 1807220059

No	Hari/Tanggal	Kegiatam	Paraf
1	Rabu / 21-12-2022	Proteksi Keseluruhan Pada B2/B1	Joko Susilo
2	Selasa / 2-1-2023	Proteksi Pembebanan Pada TV	Joko Susilo
3	Rabu / 8-1-2023	Proteksi tahanan dan ground	Joko Susilo
4	Rabu / 8-1-2023	APC Suhu	Joko Susilo
5			
6			
7			

Dosen Pembimbing

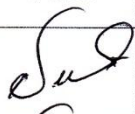
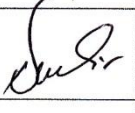
Rabu / 8-1-2023

Noorly Evalina, S.T, M.T.

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Simulasi Sistem Monitoring Suhu, Vibrasi dan Running Hours pada
Bearing Motor Induksi Berbasis PLC dan HMI
untuk Preventive Maintenance

Nama : Joko Susilo
NPM : 1807220059

No	Hari/Tanggal	Kegiatam	Paraf
1	20/ 2 - 2023	Perbaikan Alarm, Humid	
2	21/ 2 - 2023	AEC dan TA	
3			
4			
5			
6			
7			

Dosen Pembimbing

21/2 2023
AEC
Noorly Evalina, S.T, M.T.
