



**TUGAS AKHIR (612502A)**

**RANCANG BANGUN *SMART PANEL SHIP SHORE CONNECTION* DALAM RANGKA PEMANFAATAN ENERGI LISTRIK DI PELABUHAN *LOGISTICS HULU MIGAS***

**KURNIAWAN JOKO PRASETYO  
NRP. 0421140054**

Dosen Pembimbing  
Dr. Yuning Widiarti, S.T., M.T.  
Hendro Agus Widodo, S.ST., M.T.

**PROGRAM STUDI D4 TEKNIK KELISTRIKAN KAPAL  
JURUSAN TEKNIK KELISTRIKAN KAPAL  
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA  
SURABAYA  
2023**





**PPNS** POLITEKNIK  
PERKAPALAN  
NEGERI SURABAYA

**TUGAS AKHIR (612502A)**

**RANCANG BANGUN *SMART PANEL SHIP SHORE CONNECTION* DALAM RANGKA PEMANFAATAN ENERGI LISTRIK DI PELABUHAN *LOGISTICS HULU MIGAS***

**KURNIAWAN JOKO PRASETYO**  
NRP. 0421140054

Dosen Pembimbing  
Dr. Yuning Widiarti, S.T., M.T.  
Hendro Agus Widodo, S.ST., M.T.

**PROGRAM STUDI D4 TEKNIK KELISTRIKAN KAPAL**  
**JURUSAN TEKNIK KELISTRIKAN KAPAL**  
**POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA**  
**SURABAYA**  
**2023**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

**RANCANG BANGUN SMART PANEL SHIP SHORE CONNECTION  
DALAM RANGKA PEMANFAATAN ENERGI LISTRIK DI PELABUHAN  
LOGISTICS HULU MIGAS**

**Disusun Oleh:  
Kurniawan Joko Prasetyo  
0421140054**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Kelulusan  
Program Studi D4 Teknik Kelistrikan Kapal  
Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal  
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA**

**Disetujui oleh Tim penguji Tugas Akhir Tanggal Ujian : 18 Januari 2023  
Periode Wisuda : September 2023**

**Menyetujui,**

<b>Dosen Penguji</b>	<b>NIDN</b>	<b>Tanda Tangan</b>
1. Lilik Subiyanto, S.T., M.T.	(0030016903)	(.....)
2. Annas Singgih Setiyoko, S.T., M.T.	(0013067104)	(.....)
3. Hendro Agus Widodo, S.ST., M.T.	(0013076902)	(.....)
4. Dr. Yuning Widiarti, S.T., M.T.	(0016058004)	(.....)
<b>Dosen Pembimbing</b>	<b>NIDN</b>	<b>Tanda Tangan</b>
1. Dr. Yuning Widiarti, S.T., M.T.	(0016058004)	(.....)
2. Hendro Agus Widodo, S.ST., M.T.	(0013076902)	(.....)

**Menyetujui  
Ketua Jurusan**




**Annas Singgih Setiyoko, S.T., M.T.**  
NIP. 197106131999101001

**Mengetahui  
Koordinator Program Studi,**

**Dr. Yuning Widiarti, S.T., M.T.**  
NIP. 198005162006042001

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



	<b>PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT</b>	No. : F.WD I. 021 Date : 3 Nopember 2015 Rev. : 01 Page : 1 dari 1
---	-------------------------------------	---

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Kurniawan Joko Prasetyo

NRP : 0421140054

Jurusan/Prodi : Teknik Kelistrikan Kapal/D4 RPL Teknik Kelistrikan Kapal

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa:

Tugas Akhir yang akan saya kerjakan dengan judul:

**RANCANG BANGUN SMART PANEL SHIP SHORE  
CONNECTION DALAM RANGKA PEMANFAATAN ENERGI  
LISTRIK DI PELABUHAN LOGISTICS HULU MIGAS**

adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain.

Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam karya ilmiah tersebut,  
maka saya bersedia menerima **sanksi** sesuai ketentuan peraturan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan penuh tanggung jawab.

Surabaya, 18 Januari 2023

Yang membuat pernyataan,



(Kurniawan Joko Prasetyo)

NRP. 0421140054

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan kasih sayang Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Rancang Bangun *Smart Panel Ship Shore Connection* dalam Rangka Pemanfaatan Energi Listrik Di Pelabuhan *Logistics* Hulu Migas” yang menjadi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Kelistrikan Kapal jenjang Diploma 4 Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Keberhasilan penulis tidak lepas dari peran berbagai pihak. Sebagai apresiasi, ucapan terima kasih yang tulus disampaikan kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan, kelancaran, dan kekuatan yang besar dalam kehidupan penulis untuk mengerjakan Tugas Akhir ini serta anugrah tiada terkira sehingga Tugas Akhir ini dapat dikerjakan dan terselesaikan.
2. Kedua orang tua penulis bapak Suwanto dan Ibu Munaiyah yang selalu melimpahkan kasih sayang, kepercayaan, doa, dan dukungan kepada penulis
3. Istri tercinta Diana Nurmawati yang telah memberikan perhatian dan selalu mendukung hingga terselesainya tugas akhir ini.
4. Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc., FRINA, selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
5. Bapak Annas Singgih Setiyoko, ST. MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal.
6. Ibu Dr. Yuning Widiarti, S.T., M.T., selaku Koordinator Program Studi Teknik Kelistrikan Kapal serta Dosen Pembimbing 1 yang telah membimbing serta memberikan masukan dan arahan dalam proses penyusunan Tugas Akhir.
7. Bapak Hendro Agus Widodo S.ST., MT. selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah membimbing serta memberikan masukan dan arahan dalam proses penyusunan Tugas Akhir.
8. Rekan-rekan Prodi D4 Teknik Kelistrikan Kapal RPL 2022 dan Reguler 2019 atas bantuan dan dukungannya sehingga Tugas Akhir ini dapat selesai.

Semoga dengan selesainya penyusunan dan pengerjaan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi civitas akademik Program Studi Teknik

Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Penulis menyadari dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran bagi pembaca yang bersifat membangun sehingga Laporan Tugas Akhir ini bisa menjadi lebih baik lagi untuk proses pengembangan lebih lanjut.

Surabaya, 18 Januari 2023

Penulis

# RANCANG BANGUN *SMART PANEL SHIP SHORE CONNECTION* DALAM RANGKA PEMANFAATAN ENERGI LISTRIK DI PELABUHAN *LOGISTICS HULU MIGAS*

Kurniawan Joko Prasetyo

## ABSTRAK

Saat kapal sedang berlayar, kebutuhan energy listrik *disupply* oleh Generator listrik yang digerakan oleh AE (*Auxiliary Engine*). Pada saat sedang berlabuh, terutama pada pelabuhan yang modern saat ini sudah banyak yang menyediakan energy listrik dari darat, missalkan dari PLN. Dengan menghubungkan sumber listrik PLN ke kapal, diharapkan dapat memberikan efisiensi biaya karena pengurangan konsumsi BBM, pengurangan perawatan mesin termasuk minyak pelumas AE karena penurunan jam kerja AE serta dan pengurangan polusi gas buang dari AE. Penerapan sistem ini dikenal dengan *Power Shore Connection*. Sistem ini sudah banyak diterapkan penerapannya pada pelabuhan logistik umum, namun pada pelabuhan logistik hulu Migas hal ini masih tergolong system baru. pada sistem *Power Shore Connection*, kabel listrik dihubungkan dari PLN ke panel Main Switch Boar kapal dimana pada proses ini Generator AE harus dimatikan terlebih dahulu. Waktu tunggu ini selama proses ini dapat merugikan, karena kegiatan bongkar muat terutama cargo cair bisa tertunda. Oleh karena sebuah *Smart Panel Ship Shore Connection* dirancang untuk memiliki kemampuan lebih dibandingkan Panel model konvensional. Kemampuan tersebut adalah: sinkronisasi 2 sumber listrik (PLN ke Gen AE 1, Gen AE 1 ke Gen AE 2, Gen AE ke PLN), *Real time wireless monitoring* dengan system IoT, nilai pengukuran listrik bisa dilihat secara aktual di komputer dan handphone. Dengan dua kemampuan ini maka potensi delay bongkar muat karena menunggu proses koneksi *power shore connection* yang sekitar  $\pm 30$  menit bisa berkurang menjadi tidak lebih dari 5 menit. Pada tugas akhir ini akan memfokuskan pada pembuatan *prototype Smart Panel Ship Shore Connection*. Uji simulasinya menggunakan sumber tenaga listrik dari 2unit Generator 3 phase. PLN 3 phase dan beban motor 3 phase di Kampus PPNS.

**Kata Kunci:** Simulasi menggunakan generator, PLN, beban motor di ppns

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



# **DESIGN OF SMART PANEL SHIP SHORE CONNECTION IN ORDER TO UTILIZE ELECTRICAL ENERGY IN THE PORT LOGISTICS OF UPSTREAM OIL AND GAS**

**Kurniawan Joko Prasetyo**

## **ABSTRACT**

*The ship is sailing, the need for electrical energy is supplied by an electric generator driven by AE (Auxiliary Engine). While at anchor, especially in modern ports, many currently provide electrical energy from land, for example from PLN. By connecting the PLN electricity source to the ship, it is hoped that it can provide cost efficiency due to reduced fuel consumption, reduced engine maintenance including AE lubricating oil due to reduced AE working hours and reduced exhaust gas pollution from AE. The application of this system is known as the Power Shore Connection. This system has been widely implemented at general logistics ports, however at upstream oil and gas logistics ports this is still a new system. In the Power Shore Connection system, the electrical cable is connected from PLN to the ship's Main Switch Board panel, where in this process the AE Generator must be turned off first. This waiting time during this process can be detrimental, because loading and unloading activities, especially liquid cargo, can be delayed. Because a Ship Shore Connection Smart Panel is designed to have more capabilities than conventional Panel models. These capabilities are: synchronization of 2 electricity sources (PLN to Gen AE 1, Gen AE 1 to Gen AE 2, Gen AE to PLN), Real time wireless monitoring with the IoT system, electricity measurement values can be seen actually on computers and cellphones. With these two capabilities, the potential delay in loading and unloading due to waiting for the power shore connection process, which is around + 30 minutes, can be reduced to no more than 5 minutes. This final project will focus on making a Smart Panel Ship Shore Connection prototype. The simulation test uses an electric power source from 2 units of 3 phase generators. 3 phase PLN and 3 phase motor loads on the PPNS Campus.*

**Keywords:** *Simulation using generator, PLN, motor load on PPNS*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT... ..</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xix</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah.....	6
1.3    Tujuan .....	6
1.4    Manfaat .....	6
1.5    Batasan Masalah .....	7
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>9</b>
2.1    Penelitian Sebelumnya.....	9
2.2 <i>Power Shore Connection</i> .....	10
2.3    Daya Listrik .....	11
2.4    Generator .....	13
2.4.1 Prinsip dasar generator <i>Alternating Current</i> .....	17
2.4.2. Prinsip Dasar Dari Sebuah Alternator .....	20
2.4.3 Koneksi Alternator Star dan Delta.....	24
2.4.4 Pengaman Generator.....	26



2.4.5	Efesisensi Generator .....	27
2.5	Kontaktor.....	38
2.6	MCCB ( <i>Moulded Case Circuit Braker</i> ).....	39
2.7	HMI ( <i>Human Machine Interface</i> ) .....	40
2.8	SCADA ( <i>Supervisory Control and Data Acquisition</i> ).....	40
2.9	PLC ( <i>Programmable Logic Controllers</i> ).....	41
2.10	CT ( <i>Current Transformer</i> ) .....	42
2.11	KWH Meter.....	42
2.12	Sistem <i>Internet Of Things</i> (IoT).....	42
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>45</b>
3.1	Alur Penelitian.....	45
3.2	Tahap Identifikasi Masalah .....	46
3.3	Studi Literatur .....	47
3.4	Observasi Lapangan.....	48
3.5	Analisa Kebutuhan Lapangan .....	50
3.6	Perancangan Sistem .....	51
3.7	Perancangan <i>Hardware</i> dan <i>Software</i> .....	52
3.8	Perakitan Komponen.....	53
3.9	Sinkronisasi Alat.....	53
3.10	Pengujian <i>Prototype</i> .....	53
3.11	Analisa Data.....	54
3.12	Kesimpulan dan Saran Serta Dossier.....	54
3.13	Diagram Blok Sistem.....	54
3.14	<i>Flowchart</i> Rencana Kerja Sistem .....	57
3.15	Perancangan <i>Wiring</i> Diagram Komponen .....	59
3.16	<i>Wiring</i> Diagram Komponen <i>Power Supply</i> DC.....	59

3.17	<i>Wiring</i> Diagram perangkat 24 Volt DC.....	60
3.18	<i>Wiring</i> Diagram <i>Power</i> Control System.....	61
3.19	<i>Wiring</i> Diagram <i>Power</i> sisi PLN.....	62
3.20	<i>Wiring</i> Diagram <i>Power</i> sisi Generator AE.....	62
3.21	<i>Wiring</i> Diagram sisi Beban dan <i>Power</i> Meter.....	63
3.22	<i>Wiring</i> Diagram Metering, <i>Relay</i> Pengaman dan <i>Synchoscope</i> .....	63
3.23	<i>Wiring</i> Diagram <i>Power</i> Distribution .....	64
3.24	Layout Penempatan Komponen.....	65
3.25	Design Panel Tampak Depan dan Samping .....	65
3.26	Design System IoT .....	66
3.27	Perancangan <i>Input</i> dan <i>Output</i> PLC .....	67
3.28	Pengadaan Sesuai Kebutuhan Sistem .....	68
<b>BAB 4 PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>71</b>
4.1.	Pengujian Komponen Utama .....	71
4.1.1	Pengujian <i>Power</i> Supply.....	71
4.1.2	Pengujian Kontaktor .....	72
4.1.3	Pengujian pada <i>Power</i> Meter.....	73
4.1.5	Pengujian PLC .....	76
4.2	Realisasi <i>Hardware</i> .....	85
4.3	Realisasi Tampilan HMI.....	87
4.4	Realisasi Dashboard IoT.....	88
4.5	Pengujian Simulasi .....	89
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>91</b>
5.1	Kesimpulan: .....	91
5.2	Saran: .....	91
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>93</b>

<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>97</b>
----------------------	-----------

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 ANSI Codes untuk Pengaman.....	27
Tabel 3. 1 I/O PLC .....	67
Tabel 3. 2 Daftar komponen untuk panel.....	69
Tabel 4. 1 Pengujian <i>Power Supply</i> .....	71
Tabel 4. 2 Pengujian Kontaktor .....	72
Tabel 4. 3 Pengujian Kontaktor .....	73
Tabel 4. 4 Pengujian I/O PLC .....	79
Tabel 4. 5 Tampilan dalam <i>dashboard</i> .....	88
Tabel 4. 6 hasil pengujian simulasi .....	90

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Grafik Daya Aktif, Reaktif & Nyata .....	12
Gambar 2. 2 Pembangkit Listrik Dalam Diagram .....	14
Gambar 2. 3 <i>Single Line</i> Diagram Alternator Ke Distribusi.....	14
Gambar 2. 4 <i>Wiring Line</i> Diagram Alternator Dengan Netral Ke Pentanahan.....	15
Gambar 2. 5 <i>Single line</i> dan <i>wiring line</i> generator 3 fase 5.5 kV .....	15
Gambar 2. 6 Generator dengan Netral Yang di Distribusikan.....	16
Gambar 2. 7 Representasi Vektor Dari Sistem Distribusi Tiga Fase Bentuk Bintang .....	16
Gambar 2. 8 Konfigurasi Sistem Delta 3 Fasa Pada Sistem Distribusi .....	17
Gambar 2. 9 <i>Principle of The Generation of Alternating Current</i> .....	18
Gambar 2. 10 Putaran Dalam Medan Magnet (Training manual Course EXP-MN- SE060-EN, TOTAL SA) .....	18
Gambar 2. 11 Produksi Listrik Arus Bolak Balik (Training manual Course EXP- MN-SE060-EN, TOTAL SA) .....	18
Gambar 2. 12 Medan Magnet Di Putar Dalam Kumparan (Training Manual Course EXP-MN-SE060-EN, TOTAL SA).....	19
Gambar 2. 13 Tegangan Yang Terbentuk Oleh Magnet Yang Berputar Di Kumparan .....	20
Gambar 2. 14 Alternator 1 Fasa (Training manual Course EXP-MN-SE060-EN, TOTAL SA) .....	21
Gambar 2. 15 Alternator Dengan 2 Pasang Pole (Training Manual Course EXP- MN-SE060-EN, TOTAL SA) .....	22
Gambar 2. 16 Kumparan Alternator (Training manual Course EXP-MN-SE060-EN, TOTAL SA) .....	22
Gambar 2. 17 <i>Generator with Three Stator Windings: U-X, V-Y and W-Z</i> .....	23
Gambar 2. 18 Sinusoida Tegangan 3 Fase .....	23
Gambar 2. 19 Bagian Bagian dari Brushless Generator (Training manual Course EXP-MN-SE060-EN, TOTAL SA) .....	24
Gambar 2. 20 Sistem Sambungan Delta .....	24

Gambar 2. 21 Arus dan Tegangan dalam Sistem Delta.....	25
Gambar 2. 22 <i>Connection Diagram and Windings Arrangement for a wye Connection</i> .....	26
Gambar 2.23 Distribusi Beberapa Generator Yang Di Pararel Dalam Sistem .....	29
Gambar 2. 24 <i>Generator Synchronizing</i> .....	30
Gambar 2. 25 Urutan Fasa Sama Dan Beda Arah Putar.....	31
Gambar 2. 26 Rotasi Sama Dan Beda Urutan Fase.....	31
Gambar 2. 27 Fase Sesuai .....	31
Gambar 2. 28 Perbedaan Frequency TG1 dan TG2 .....	32
Gambar 2.29 Perbedaan Frequency pada TG1 dan TG 2.....	33
Gambar 2. 30 Dua Generators Beroperasi Dengan Frequency Yang Sama.....	33
Gambar 2. 31 TG 1 dan TG 2 berfrequency sama.....	34
Gambar 2. 32 Voltage Berbeda - frequency OK .....	34
Gambar 2. 33 <i>Single Harmonics In Permanence The Limit Values (Rules For Electrical, BKI Class 2022)</i> .....	35
Gambar 2. 34 <i>Phases 'A' In Opposition At 0 &amp; 180° And In The Same Opposition At 90 &amp; 270°</i> .....	36
Gambar 2. 35 Generators To Synchronise 30° Out Of Phase.....	36
Gambar 2. 36 Ilustrasi Beda Sudut Fase .....	37
Gambar 2. 37 <i>Coupling With A Three-Phase Alternator Lamp</i> .....	38
Gambar 2.38 Panel Menggunakan <i>Synchoscope</i> .....	38
Gambar 2. 39 Kontaktor ( <i>Harahap, Dwiono, and Harpawi 2012</i> ).....	39
Gambar 2. 40 MCCB.....	39
Gambar 2. 41 HMI ( <i>Imnadir and Zai 2022</i> ).....	40
Gambar 2. 42 <i>Current Trafo</i> .....	42
Gambar 3. 1 Flow chart metotologi.....	45
Gambar 3. 2 Panel listrik <i>shore connection</i> di kapal MRP 19 .....	48
Gambar 3. 3 Panel listrik shore connection di kapal MRP 19.....	49
Gambar 3. 4 Selector Swith Generator AE 1, AE 2 dan <i>Power Darat</i> .....	49
Gambar 3. 5 MCCB terhubung ke Kontaktor .....	50
Gambar 3. 6 Perancangan <i>Hardware</i> .....	52
Gambar 3. 7 Blok Diagram <i>Power Distribusi dan Kontrol</i> .....	56



Gambar 3. 8 <i>Flowchart</i> Kerja Sistem .....	57
Gambar 3. 9 <i>Wiring Diagram Power Supply</i> DC.....	60
Gambar 3. 10 <i>Wiring Diagram</i> PLC Head .....	61
Gambar 3. 11 <i>Diagram Power Control System</i> .....	61
Gambar 3. 12 <i>Wiring Diagram</i> Sisi PLN .....	62
Gambar 3. 13 <i>Wiring Diagram</i> dari Sisi Generator AE.....	62
Gambar 3. 14 <i>Wiring Diagram</i> Sisi Beban dan <i>Power Meter</i> .....	63
Gambar 3. 15 <i>Wiring Diagram</i> <i>Relay</i> , Pengaman, dan <i>Synchromoscope</i> .....	64
Gambar 3. 16 <i>Wiring Diagram Power Distribution</i> .....	65
Gambar 3. 17 <i>Desain Board</i> tampak depan .....	66
Gambar 3. 18 panel tampak depan dan samping.....	66
Gambar 3. 19 <i>Desain system IoT</i> .....	67
Gambar 4. 1 Pengujian <i>Power Supply</i> Menggunakan Tang Amper .....	72
Gambar 4. 2 Pengujian <i>Power Meter</i> dengan tegangan L-N 220 Volt .....	74
Gambar 4. 3 Pengukuran tegangan L-N dengan Tang Amper.....	74
Gambar 4. 4 <i>Power meter</i> saat <i>power</i> 220 Volt dimatikan .....	75
Gambar 4. 5 bagian bagian PFR. ....	76
Gambar 4. 6 PFR saat <i>power</i> masuk dan <i>relay</i> berfungsi .....	76
Gambar 4. 7 Pengujian <i>Output PLC</i> .....	77
Gambar 4. 8 Pengujian <i>Power Input PLC</i> 220 Volt AC .....	77
Gambar 4. 9 Pengujian response PLC menjalankan program.....	78
Gambar 4. 10 Ketika PLC <i>output Q0</i> memerintahkan <i>Relay R1</i> aktif.....	78
Gambar 4. 11 Ketika PLC <i>output Q0-4</i> memerintahkan <i>Relay R1- 4</i> aktive.....	79
Gambar 4. 12 Tampilan <i>software PLC</i> , SoMachine Basic V1.5 .....	80
Gambar 4. 13 Ladder 1.....	80
Gambar 4. 14 Ladder 2.....	81
Gambar 4. 15 Ladder 3.....	82
Gambar 4. 16 Ladder 4.....	82
Gambar 4. 17 Ladder 5.....	83
Gambar 4. 18 Ladder 6.....	83
Gambar 4. 19 Ladder 7.....	84
Gambar 4. 20 Ladder 8.....	84

Gambar 4. 21 Tampilan pintu panel shore connection .....	85
Gambar 4. 22 Komponen dalam panel shore connection .....	86
Gambar 4. 23 Tampilan HMI .....	87
Gambar 4. 24 Dashboard IoT Arus, Frequency dan Tegangan .....	88
Gambar 4. 25 Dashboard IoT Daya .....	89

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Industri migas berperan penting dalam ekonomi Indonesia, sebagai sumber pendapatan untuk APBN dan sumber energi (khususnya BBM) untuk menggerakkan berbagai sektor kehidupan di seluruh Indonesia (Rasyid, Susanto, and Devagan 2020). Oleh karena itu, kemajuan dan kemunduran industri migas sangat berpengaruh pada roda perekonomian negara. Secara kategoris terdapat dua jenis kegiatan usaha di industri migas, yakni usaha Inti (*core business*) dan usaha Penunjang (*non-core business*). Usaha inti terdiri atas kegiatan usaha hulu dan kegiatan usaha hilir, sementara usaha penunjang meliputi jasa penunjang (*services*) dan industri penunjang (*supporting industries*).

Kegiatan usaha hulu migas terdiri atas kegiatan usaha eksplorasi dan eksploitasi. Kegiatan eksplorasi adalah kegiatan yang bertujuan memperoleh informasi mengenai kondisi geologi untuk menemukan dan memperoleh perkiraan cadangan migas di Wilayah kerja yang ditentukan. Sementara kegiatan eksplotasi merupakan rangkaian kegiatan yang bertujuan untuk memproduksi migas yang terdiri dari atas pengeboran dan penyelesaian sumur, pembangunan sarana pengangkutan, penyimpanan dan pengolahan untuk pemisahan dan permunian minyak dan gas bumi di lapangan serta kegiatan lainnya yang mendukungnya (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral 2011 dalam (Ismanto and Asmara 2017)).

Salah satu industri migas di Indonesia yang melakukan kegiatan *upstream* adalah PT. Pertamina Hulu Mahakam. Kegiatan utama industri adalah memproduksi bahan bakair baik dalam bentuk minyak dan gas. Untuk melakukan kegiatan utama tersebut maka ada beberapa kegiatan penunjang, antara lain pengeboran, pengolahan minyak mentah, logistik dan transportasi. Area operasi untuk kegiatan utama dan penunjang pada umumnya berada dekat dengan laut. Hal ini dikarenakan tranportasi utama Migas adalah dengan menggunakan kapal karena Indonesia adalah negara kepulauan. Disinilah peran operasi logistik pelabuhan

sangat strategis agar semua kegiatan perusahaan bisa berlangsung dengan sangat efisien.

Per tanggal 3 Sept 2022 harga BBM subsidi telah mengalami kenaikan dari harga semula Rp. 7.650 menjadi Rp.10.000 untuk Pertalite dan dari Rp, 5.150 menjadi Rp. 6.800 untuk Bio Solar. Dan untuk BBM non-subsidi harganya mengikuti harga keekonomian pasar (sesuai harga *Crude Oil*). Kegiatan utama maupun penunjang, BBM yang digunakan harus non subsidi. Solar, dalam hal ini Pertadex adalah jenis BBM utama yang digunakan. Pada saat Tugas Akhir ini ditulis harga BBM non subsidi untuk jenis solar industry adalah Rp. 22.000.

Dengan harga yang cukup tinggi tersebut, oleh karenanya penting untuk dilakukannya langkah-langka penghematan dalam hal penggunaan BBM. Salah satu sektor yang bisa berperan penting dalam hal melakukan upaya penghematan BBM adalah sektor bidang transportasi laut. PT. Pertamina Hulu Mahakam mengoperasikan beberapa pelabuhan untuk menunjang kegiatan utamanya. Pelabuhan terpadat nya ada di Handil 2 *Logistics Base* di Kalimantan Timur. Pelabuhan ini menyediakan 3 Jetty sebagai tempat sandar kapal-kapal jenis LCT, *Tugboat* dan AHT untuk melakukan kegiatan proses bongkar muat barang.

Pada Saat kapal sedang berlayar, kapal akan menggunakan ME (*Main Engine*) untuk menggerakkan propeller dan untuk *supply* energy listriknya pada umumnya ada dua AE (*Auxiliary Engine*) yang memutar generator untuk menghasilkan listrik. Dua AE ini beroperasi secara bergantian. Kapal juga harus dilengkapi dengan *Emergency Generator* yang diletakan terpisah dengan tujuan jika terjadi masalah dengan penggerak utama, kapal masih memiliki sumber energi listrik terakhir.

Pada saat kapal melakukan proses bongkar muat di pelabuhan maka hanya AE yang beroperasi, sedangkan ME di berhenti AE bisa beroperasi satu saja atau tandem dua AE, misalnya perlu daya listrik yang besar untuk menggerakkan *crane* atau pumpping unit. Secara umum, pelabuhan pelabuhan untuk operasi hulu Migas Sudah disediakan *crane* di *jetty* sehingga tidak diperlukan penggunaan *crane* kapal, dengan begitu hanya satu AE yang beroperasi.

Pada pelabuhan pelabuhan *modern*, saat ini sudah banyak yang menyediakan *power shore connection*. Sistem koneksi tenaga listrik di pelabuhan ini menyediakan sambungan listrik dari pelabuhan ke kapal. Sistem sambungan tenaga listrik ini memanfaatkan energi listrik dari darat untuk menggantikan tenaga listrik yang dibangkitkan oleh generator AE. Jadi saat *power shore connection* tersambung ke kapal maka Generator AE bisa dimatikan. Dengan matinya Generator AE maka penggunaan BBM di kapal ikut berhenti dan berkurang, sehingga biaya BBM bisa berkurang dan biaya pengantiannya lebih murah. Sudah banyak penelitian yang memberikan kesimpulan bahwa menggunakan *power shore connection* lebih murah jika dibandingkan dengan menggunakan Generator AE. Selain dari pada itu juga polusi udara sebagai akibat dari gas buang dari generator AE di area pelabuhan dapat dikurangi.

*power shore connection* merupakan sistem penyediaan tenaga listrik dari pelabuhan ke kapal di dermaga dimana mesin utama dan mesin bantunya dimatikan. Sistem ini dapat menghemat konsumsi bahan bakar—yang seharusnya digunakan untuk daya kapal saat di pelabuhan—serta mengurangi polusi udara di pelabuhan akibat konsumsi bahan bakar dari permesinan bantu kapal (Putra, 2016 dalam (Mutaqin, Setiyoko, and Munadhif 2022)).

Ada tiga jenis transfer tenaga listrik didalam kegiatan industri Migas. Tiga jenis transfer tenaga listrik tersebut adalah:

1. *Ship to Platform*: contoh kegiatannya adalah sebuah kapal jenis *utility boat* dipasang tambahan generator listrik. Generator listrik ini ditujukan untuk membangkitkan tenaga listrik untuk disalurkan ke elektik crane yang ada di anjungan lepas pantai Migas.
2. *Ship to Ship*: contoh kegiatannya adalah saat ada pekerjaan konstruksi anjungan Migas di laut atau di sungai, maka akan ada crane barge untuk konstruksi dan material barge yang menyimpan material konstruksinya. Untuk pekerjaan *setup* konstruksi di atas material *barge* tersebut tentu memerlukan tenaga listrik yang digunakan oleh peralatan peralatan misalkan *welding machine* dan *power tools* lainnya. Oleh karena itu disalurkan tenaga listrik dari *crane barge* ke Material *barge*.

3. *Shore to Ship*: contoh kegiatannya adalah saat kapal atau *barge* sedang di konstruksi *yard*, jika *yard* tersebut memiliki daya listrik yang cukup besar maka bisa digunakan untuk disalurkan ke dalam kapal sehingga generator AE bisa dimatikan.

Agar proses transfer tenaga listrik tersebut dapat berlangsung dengan baik dan aman maka dibutuhkan sebuah panel listrik yang berfungsi sebagai penghubung dan kontrol. Panel listrik adalah suatu perangkat atau peralatan listrik yang memiliki fungsi sebagai pemutus, pelindung, penghubung, pengendali, pembagi sistem tenaga listrik dari sumber tenaga listrik dan juga berfungsi untuk mengurangi bunga api yang terjadi saat melakukan penyambungan. Panel listrik pada umumnya berisikan MCB, Kontaktor, Bus Bar, dan kabel-kabel.

Pada jenis transfer energi listrik *shore to ship*, pada mulanya saat kapal sandar di *jetty* masih menggunakan energy listrik dari generator AE kapal. Saat kapal sudah dalam posisi yang aman, kemudian dilakukan pergantian sumber energi listrik semula memakai generator AE kapal diganti dengan sumber energi listrik dari pelabuhan atau *Jetty*. Sumber energi listrik di pelabuhan Migas bisa berupa *diesel engine* generator, gas turbine generator dan juga PLN untuk pelabuhan yang sudah teroneksi jaringannya. Proses penyambungannya adalah dengan mematikan Generator AE Kapal, kemudian memasang kabel koneksi dari panel listrik pelabuhan ke kapal di bagian *input* panel MSB (*Main Switch Board*). Setelah tersambung dengan baik, selanjutnya tenaga listrik dari pelabuhan diaktifkan melalui panel *power shore connection* yang ada darat. Langkah terakhir adalah mengaktifkan satu persatu koneksi beban di MSB kapal. Proses koneksi ini bisa memerlukan waktu yang cukup lama sekitar 30 menit – 1 jam.

Metode koneksi seperti diatas yang mana memerlukan waktu yang cukup lama akan mengakibatkan ada waktu operasional bongkar muat barang yang terbuang. Ini karena proses bongkar muat barang tidak bisa dilakukan, terutama jika prosesnya adalah *liquid cargo transfer* yang memerlukan energi listrik. Dengan melihat operasi yang tidak efisien seperti ini, maka perlu dirancang metode yang *Smart* agar saat proses koneksi antara sumber listrik dari darat ke MSB kapal

tidak perlu mematikan Generator AE sehingga aktivitas diatas kapal tidak perlu tertunda.

Metode yang memungkinkan adalah dengan cara melakukan sinkronisasi antara kedua sumber listrik (Generator AE dan sumber energi dari *Jetty*), dan peralatan yang bisa melakukannya adalah sebuah *synchronizing electrical panel*. Pada operasi kegiatan transfer energi listrik dari *Jetty* ke Kapal, panel tersebut seharusnya bisa ditambahkan beberapa fungsi *monitoring* dan *recording*. Hasilnya akan mempermudah kegiatan penyambungan kabel koneksi dan mengurangi waktu bahkan menghilangkan waktu *delay* yang terjadi sebelumnya.

Sesuai dengan tujuan kegunaannya, panel ini selanjutnya akan dinamakan *Smart Panel Shore Connection*. Didalam panel akan beris berbagai macam komponen listrik, antara lain: MCB, PLC, HMI, syncro check *relay*, kontaktor, fuse, *powermeter*, dual frequency meter dan dual voltage meter. Panel akan ditambah modul IoT untuk monitoring dan recording jarak jauh.

*Smart Panel Shore Connection* akan menggunakan minimal 3 paramater *input* untuk diproses, yaitu tegangan, *frequency*, urutan fase R, S, T, dari sumber listrik yang dibangkitkan dari generator AE dan sumber listrik dari darat. Jika semua nilai parameter terpenuhi, maka *Smart Panel Shore Connection* akan memberikan *output* 'Ready to Go' artinya siap dilakukan sinkronisasi. Mengkutip kata *Smart* pada *smart panel shore connection*, beberapa kemampuan yang diharapkan dari panel ini adalah:

1. Mendeteksi Kesalahan koneksi R,S,T
2. Memberikan informasi frekuensi sumber listrik pertama dan kedua
3. Memberikan informasi tegangan sumber listrik pertama dan kedua
4. Memberikan informasi arus ke beban
5. Memberikan informasi aktual daya yang digunakan
6. Mampu memeberikan keputusan kesiapan sinkronisasi 2 sumber listrik
7. Dapat memberikan informasi jarak jauh melalui IoT
8. Menggunakan layer sentuh untuk interface kontrol

*Smart Panel Shore Connection* ini, disarankan dipasang di dalam ruang mesin kapal, sehingga ada fungsi tambahan yaitu untuk sinkronisasi Generator AE 1 dan 2.



## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat disusun beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara membuat sistem sinkronisasi untuk memasukan energi listrik dari pelabuhan ke MSB kapal tanpa mematikan Generator AE yang sedang beroperasi saat kapal sedang sandar di pelabuhan untuk proses bongkar muat barang.
2. Bagaimana cara memonitor parameter listrik di *Smart Panel Shore Connection* dari jarak jauh.

## 1.3 Tujuan

Ditinjau dari rumusan masalah yang ada, tujuan yang ingin dicapai pada Tugas Akhir ini adalah:

1. Untuk membuat sistem yang dapat memanfaatkan energi listrik sisa di Pelabuhan.
2. Membuat prototipe panel yang dimensi dan sistem kerjanya bisa langsung digunakan atau dipasang di dalam kapal dan hanya memerlukan sedikit minor setup.

## 1.4 Manfaat

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain:

1. Penelitian ini mampu memberikan kemudahan kepada *operation and maintenance* dalam melakukan monitoring berbagai parameter pada *shore connection* secara cepat dan tepat.
2. Terciptanya sistem *monitoring* pada *Smart Panel Shore Connection* di Pelabuhan hulu migas
3. Penelitian ini dapat menjadi referensi penelitian selanjutnya, apabila dalam penelitian ini masih terdapat kekurangan dan ingin mengembangkan ke tingkat yang lebih kompleks.

## **1.5 Batasan Masalah**

Dalam penelitian ini juga memiliki batasan-batasan permasalahan yang dituliskan dengan tujuan pembahasan yang dilakukan lebih terfokus pada tujuan.

1. Dalam pengujian alat pada tugas akhir ini menggunakan 2 diesel generator 3 fase dan sumber PLN yang ada di Lab Bengkel Reparasi Listrik di PPNS.
2. Diesel generator ke 1 disimulasikan sebagai sumber listrik dari pelabuhan dan diesel generator ke 2 diasumsikan sebagai Generator AE di kapal.
3. Sistem IoT terpasang sebagai monitoring tidak termasuk golongan kontrol.
4. Beban maksimal adalah 80% dari 32A.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Sebelumnya

Penelitian *Power Shore Connection* telah banyak dilakukan sebelumnya. Berikut ini beberapa penelitian yang berhubungan dengan tugas akhir ini :

1. Menurut penelitian (Pradana 2020), dalam jurnal berjudul “*Prototype Monitoring Panel Shore Connection Berbasis Mikrokontroler dengan Metode Komunikasi LoRa RFM95*”, peneliti dalam jurnal ini menggunakan sensor PZEM-004T untuk memantau tegangan dan juga arus untuk kemudian data tersebut dikirimkan ke penerima atau pengguna dengan menggunakan teknologi nirkabel LoRa RFM95 yang dapat mengirimkan data dengan suplai daya yang rendah dan jarak jangkauan yang cukup jauh. Data yang diterima pengguna akan ditampilkan dalam tampilan layar LCD 20x4 dengan keterangan waktu yang berasal dari modul RTC DS3231 dan data yang ditampilkan pada layar LCD akan tersimpan pada kartu memori dengan modul SD Card. Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah *monitoring panel shore connection* menggunakan PZEM004T sudah cukup mampu dengan nilai *error* yang tidak terlalu besar dan cukup akurat. Pengujian pengiriman data menggunakan LoRa pada jarak tertentu data yang dikirim bisa tiba-tiba hilang dikarenakan adanya angin atau halangan seperti kendaraan besar yang melintas.
2. Menurut penelitian (Mutaqin, Setiyoko, and Munadhif 2022), dalam jurnal yang berjudul “*Prototype Alat Proteksi dan Pendeteksi Jenis Gangguan Tegangan pada Shore Connection Terminal Teluk Lamong*”. Pada penelitian ini mengangkat tentang pengaplikasian monitoring kualitas daya, proteksi *over* dan *under voltage*, proteksi gagal fasa, dan proteksi dari kegagalan grounding pada *shore connection*. Kualitas daya dimonitor dengan menggunakan metode *fuzzy sugeno* sehingga didapatkan monitor daya sesuai rule IEEE yaitu : *short duration rms variation* yang meliputi *sag*, *swell*, dan *interruption Voltage* dan *long duration rms variation* yang meliputi *sustained-interruption*, *Undervoltage*, dan *overvoltage*. Metode kontrol

dilakukan dengan relai yang mentrigger UVT dan mengamankan jaringan dari gangguan. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah, relai dapat mengamankan *shore connection* dari gangguan *undervoltage* dengan nilai tegangan 22-198 V, *overvoltage* dengan nilai tegangan lebih dari 242V, juga berhasil mengamankan dari kebocoran pembumian dengan nilai arus 10% ICT yaitu 40A dengan rata rata durasi waktu

3. Menurut penelitian (Nira,2021) dalam jurnal berjudul “*Aplikasi SCADA pada panel shore connection berbasis outseal mega*”, pada penelitian ini mengangkat pengawasan performa *Shore connection* dirancang sebagai simulasi aplikasi teknologi SCADA. Menggunakan protokol komunikasi Modbus RTU, parameter dari Modul PZEM016 diterima oleh Outseal PLC yang bertugas sebagai master dan slave untuk ditampilkan pada SCADA yang mana menggunakan Haiwell Scada. SCADA akan menampilkan gauge dan data *logger* dari parameter terukur yang nantinya disimpan pada internal storage untuk dapat dijadikan pembandingan. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa sistem *monitoring* dapat berjalan dengan baik, rata-rata *error* pembacaan nilai parameter yang ditampilkan pada SCADA adalah 0% hingga 0.28% dari nilai aktual. Sistem berhasil memutus rangkaian ketika terjadi kegagalan fasa, dan keberhasilan SCADA dalam menyimpan data adalah 100%.

## **2.2 Power Shore Connection**

Selain literatur penelitian diatas, diperlukan juga literatur lain yang membahas pengertian dan instalasi *power shore connection*. *power shore connection* adalah proses yang memungkinkan kapal dapat mematikan mesinnya ketika sedang sandar dan menghubungkan listriknya pada sumber listrik darat. Fungsi dari *power shore connection* adalah untuk mengganti penggunaan generator mesin bantu kapal (*AE-auxiliary engine*) dalam menyuplai kebutuhan listrik kapal saat sandar di pelabuhan melakukan proses bongkar muat. Konsep *power shore connection* diciptakan untuk mengurangi emisi gas, pemakaian BBM, *maintenance* mesin dan mengurangi biaya pelabuhan.

Di Indonesia, sumber listrik yang digunakan untuk *power shore connection* pada pelabuhan adalah dari PLN atau dari *power house* (diesel generator). Dari sumber ini digunakan tegangan 3 fasa 380volt dengan *frequency* di 50 Hz, dan dilengkapi dengan *Netral* dan *Grounding*.

Penggunaan *power shore connection* ketika kapal bersandar mempunyai maksud untuk menghemat bahan bakar serta jam penggunaan dari generator yang ada di dalam kapal, agar generator tidak cepat memasuki masa *maintenance* dan awet (Maulana et al. 2021). Konsep *shore connection* diciptakan untuk mengurangi emisi gas, pemakaian BBM dan mengurangi biaya pelabuhan. Meski demikian, belum banyak perusahaan pelayaran yang menggunakan fasilitas ini (Mujahid, Setiyoko, and Darmajanti 2022).

### **2.3 Daya Listrik**

Bahasan *power shore connection* sangat erat hubungannya dengan daya listrik, oleh karena ini pengertian daya-daya dalam listrik juga akan mendapatkan pembahasan. Daya Listrik dalam bahasa Inggris disebut dengan *electrical power* adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian. Sumber energi seperti tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut.

Mengingat bahwa tenaga listrik sangat penting dalam proses produksi, maka sumber tenaga listrik ini harus dijaga dari adanya berbagai macam gangguan tenaga listrik yang digunakan berasal dari: 1. Suplai jaringan dari PLN. 2. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) atau *generator set*. Namun, untuk menentukan pilihan dalam penyediaan suplai tenaga listrik perlu dipertimbangkan kondisi kelompok beban listrik terpasang. (PUIL, 2000:8 dalam (Akbar, Notosudjono, and Machdi 2017)).

Satuan daya listrik dalam SI adalah Watt, yang didefinisikan sebagai berubahnya energi terhadap waktu dalam bentuk tegangan dan arus. Daya dalam watt diserap oleh suatu beban pada setiap saat sama dengan jatuh tegangan pada beban tersebut (volt) dikalikan dengan arus yang mengalir lewat beban (*Ampere*), Menurut (Sulistyowat and Febriantoro 2015)

Daya listrik terbagi menjadi tiga jenis, yaitu daya aktif, daya reaktif dan daya nyata, berikut ini uraiannya :

1. *Daya Aktif (Watt)*

Adalah Daya yang berupa daya kerja seperti daya mekanik, panas, cahaya, dan sebagainya. Daya aktif dinyatakan dalam satuan Watt (W).  
Persamaan dapat ditulis sebagai berikut :

$$P = V \times I \times \cos \phi \quad (2.1)$$

2. *Daya Reaktif (Var)*

Merupakan daya yang diperlukan oleh peralatan listrik yang bekerja dengan sistem elektromagnet. Daya reaktif dinyatakan dalam satuan Var.  
Persamaan dapat ditulis sebagai berikut :

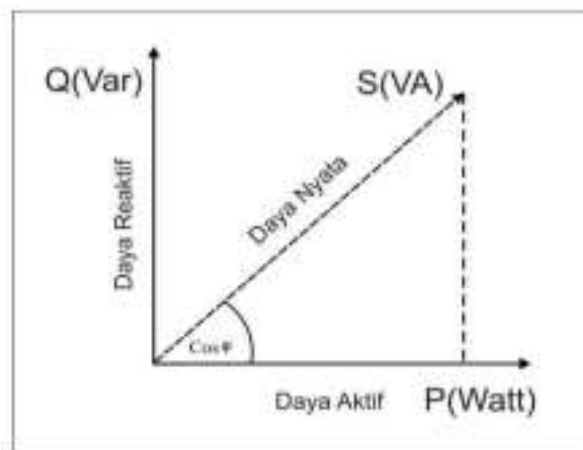
$$Q = V \times I \times \sin \phi \quad (2.2)$$

3. *Daya Nyata (VA)*

Adalah penjumlahan vektor dari daya aktif dan reaktif. Daya ini dinyatakan dalam satuan VA. Persamaan dapat ditulis sebagai berikut :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (2.3)$$

$$S = V \times I \quad (2.4)$$



**Gambar 2. 1** Grafik Daya Aktif, Reaktif & Nyata (Sulistyowat & Febriantoro, 2015)



## 2.4 Generator

Sesuai dengan subbab 2.2 *power shore connection*, maka untuk merancang dan membangun *smart panel shore connection*, maka diperlukan pembahasan terkait prinsip utama pembangkitan dan distribusi tenaga listrik 3 fasa. Sesuai dengan area kerja yakni di pelabuhan hulu migas, sumber tenaga listrik yang tersedia adalah 3 fase bertegangan 380volt dengan *frequency* 50 Hz, maka akan dibahas prinsip kerja pembangkitan tenaga listrik 3 *phase*.

Generator adalah suatu perangkat mesin yang menghasilkan energi listrik dari sumber energi mekanik atau gerak melalui proses induksi elektromagnetik. Generator memperoleh energi mekanis dari *prime mover* atau penggerak mula (Mirza 2019). Generator merupakan komponen utama yang dibutuhkan sebagai sumber tenaga untuk memenuhi segala kebutuhan tenaga listrik di kapal. Semua kebutuhan daya yang besar di kapal sebanyak mungkin ditanggung oleh generator. Hal inilah yang menyebabkan seringnya terjadi penumpukan daya pada sistem instalasi kelistrikan kapal. Penumpukan daya biasanya digunakan pada saat kondisi tertentu dimana beberapa peralatan di kapal sedang digunakan pada waktu yang bersamaan. Sehingga pada saat pemilihan kapasitas generator sebagai sumber tenaga di kapal di tentukan dengan pemilihan daya yang paling besar agar dapat dijangkau oleh generator yang ada di kapal.

Fungsi dari generator di kapal adalah untuk menyediakan kebutuhan daya seluruh bagian kapal. Daya listrik ini dipakai untuk mensuplai atau mengasut motor-motor listrik dan peralatan elektronik di dalam *engine room* dan dek, sistem penerangan, *navigation system*, *system HVAC*, peralatan yang ada di bagian dapur (*galley*), sistem sanitasi, penyimpanan dingin, sistem alarm dan kebakaran, dan lainnya. Dalam membuat sistem kelistrikan di kapal yang sangat perlu diperhatikan adalah kapasitas atau spesifikasi dari sebuah generator, peralatan listrik penunjang lainnya dan selanjutnya kebutuhan peralatan yang paling banyak membutuhkan daya atau yang terkecil membutuhkan daya (Prayetno, 2016 dalam (Yanto, Wijaya, and Susanti 2022))

Prinsip kerja generator berdasarkan hukum *faraday* yang mengandung pengertian bahwa apabila sepotong kawat penghantar listrik berada dalam medan

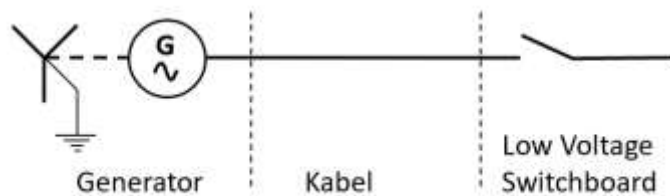
magnet berubah-ubah, maka di dalam kawat tersebut akan terbentuk gaya gerak listrik induksi. Demikian pula sebaliknya bila sepotong kawat penghantar listrik digerak-gerakkan dalam medan magnet, maka kawat penghantar tersebut juga terbentuk gaya gerak listrik induksi (Mirza 2019).

Berdasarkan buku *Training manual Course EXP-MN-SE060-EN Revision 0*, Perusahaan *Oil & Gas Internasional, TOTAL SA*, pembangkitan energy listrik di industri Migas bisa berupa: *Gas Turbine Generator, Gas / Diesel Engine Generator*, turbin angin, panel surya, dan lain lain. Ada juga pasokan listrik dari perangkat penyimpanan pembangkitan arus searah seperti baterai dan UPS. Di industr Migas, generator listrik yang banyak digunakan adalah generator 3 fase dengan jenis *tubine* generator dengan sumber pasokan bahan bakar dari yang disalurkan dari sumur Migas dan Diesel / Gas *engine* generator. Gambar Simbol pembangkit tenaga listrik pada gambar diagram akan seperti gambar 2.2 dibawah ini:



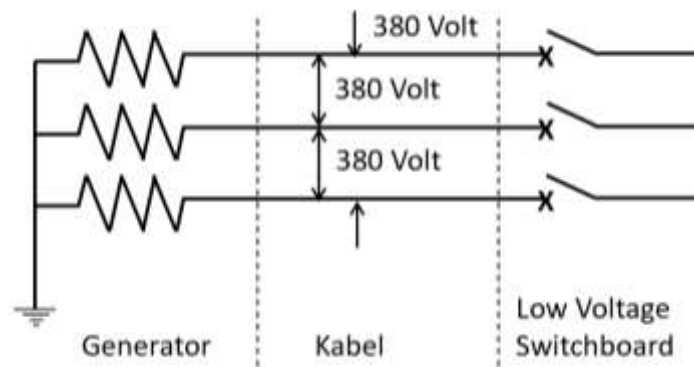
**Gambar 2. 2** Pembangkit Listrik Dalam Diagram

Untuk penggambaran *Single Line* diagram di gambar 2.3 dan *wiring line* diagram seperti ditunjukkan gambar 2.4.



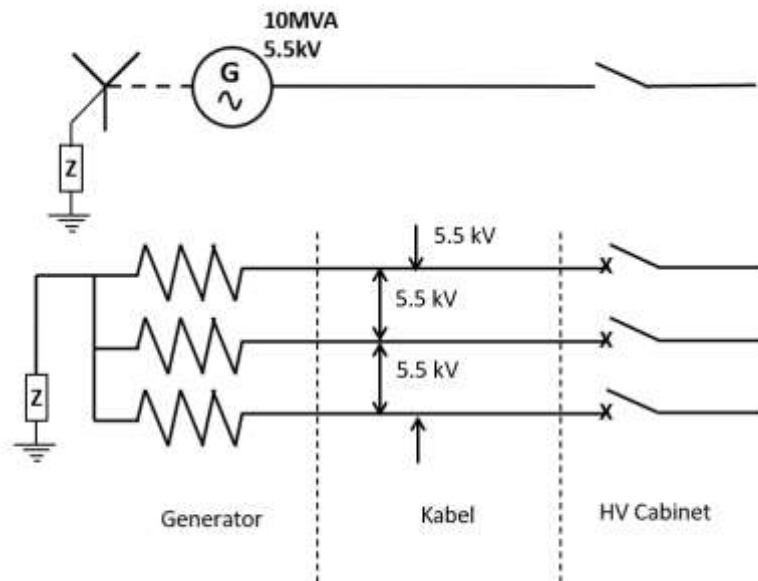
**Gambar 2. 3** *Single Line* Diagram Alternator Ke Distribusi

Menggambaran spesifik tegangan 3 fase 3 x 380, konfigurasi belitan adalah Bintang atau Y.



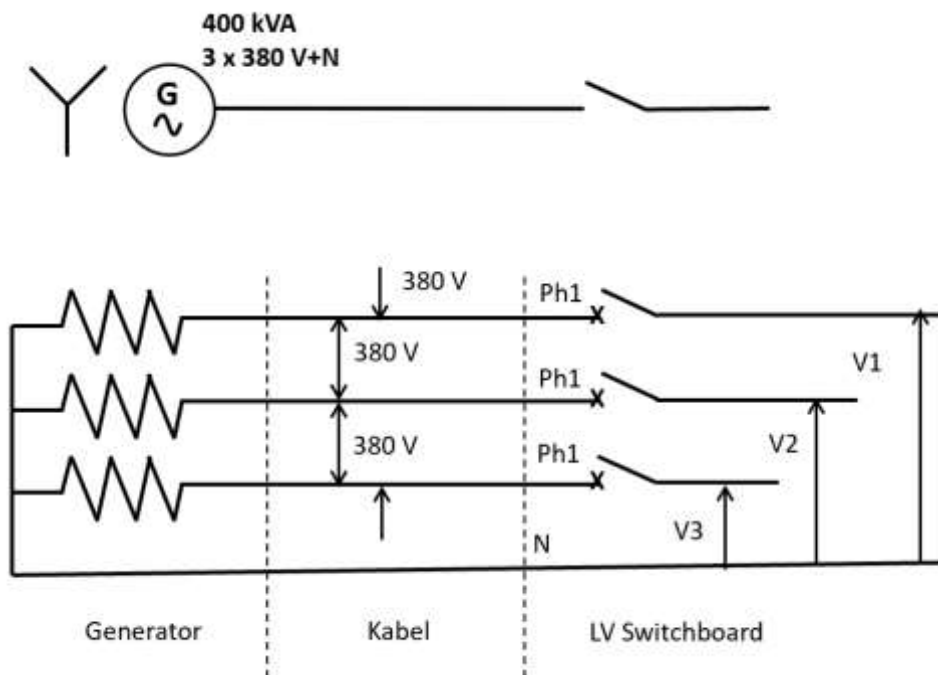
**Gambar 2. 4** *Wiring Line* Diagram Alternator Dengan Netral Ke Pentanahan

Pada gambar *wiring line* diagram 2.4 diatas, menunjukan jalur distribusi 3 fase dengan netral tidak didistribusikan namun digroundingkan. Tegangan antar fasenya adalah 380 volt. Untuk perlindungan tiga kutubnya menggunakan MCB 3 fase dalam LV (*Low Voltage*) switchboard.



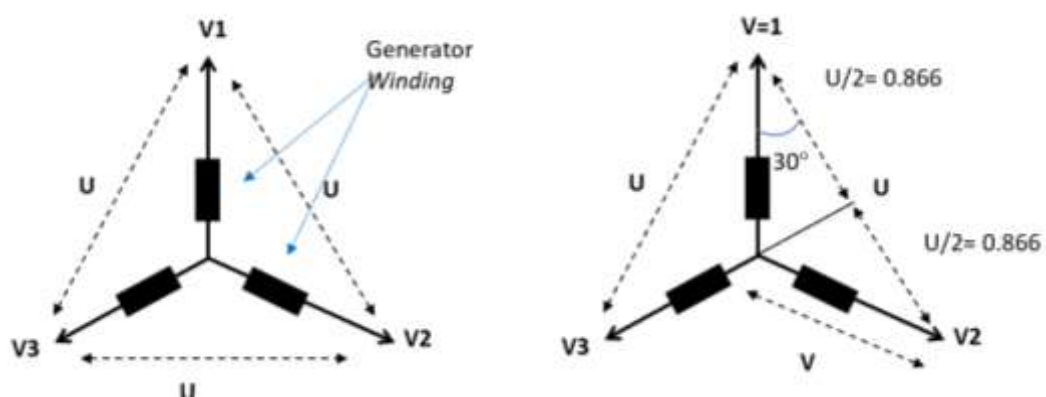
**Gambar 2. 5** *Single line* dan *wiring line* generator 3 fase 5.5 kV

Gambar 2.5 merepresentasikan sebuah generator 3 fase 10 MVA dengan tegangan antar fase nya 5.5 kV dan untuk netralnya dibumikan melalui sebuah impedansi. Tegangan antar fasa adalah 5,5 kV dengan pemutus daya ditempatkan dalam HV (*High Voltage*) kabinet



**Gambar 2. 6** Generator dengan Netral Yang di Distribusikan

Pada Gambar 2.6 generator beroperasi menghasilkan daya maksimal 400kVA pada tegangan rendah 3 x 380V dengan Netral yang didistribusikan. Konfigurasi belitannya adalah bintang atau Y. Dengan tegangan antar fase 380 volt, maka untuk tegangan fase netral bisa ditentukan sesuai dengan penjelasan gambar vektor dibawah ini.



**Gambar 2. 7** Representasi Vektor Dari Sistem Distribusi Tiga Fase Bentuk Bintang

Pada Gambar 2.7 vektor tegangan 3 fase 380volt untuk tegangan antara fase netralnya bisa dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$U/2 = V \times \sin 30^\circ = V \times \sqrt{3} / 2 \quad (2.5)$$

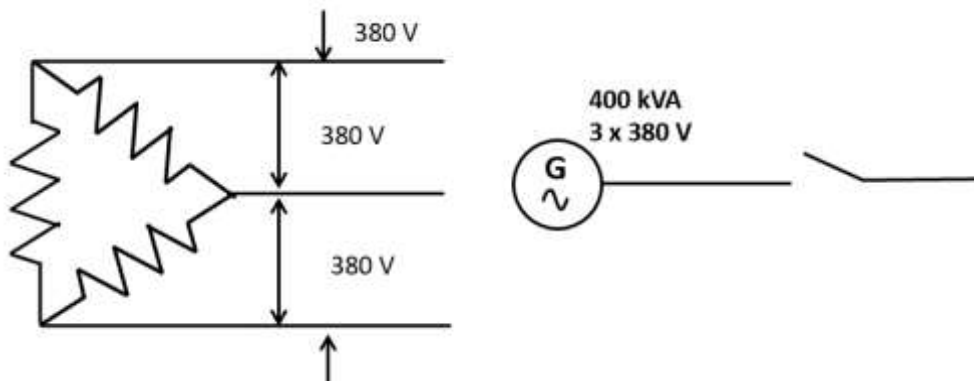
Sehingga

$$U = 2 U/2 = 2 V \times \sqrt{3}/2 = V \times \sqrt{3}$$

Sehingga, jika tegangan antar fase nya 380 volt, untuk tegangan fase netralnya adalah:

$$\begin{aligned} V &= U : \sqrt{3} \\ &= 380 : 1,73 = 220 \text{ volt} \end{aligned}$$

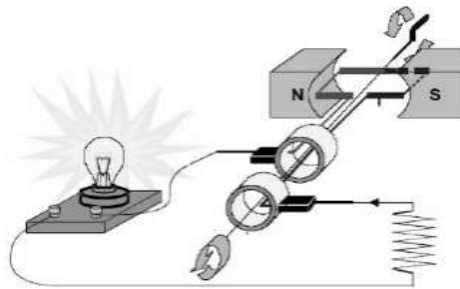
Berbeda dengan konfigurasi belitan Start/Y, untuk konfigurasi belitan Delta tidak ada distribusi Neutral, yang ada hanya tegangan antara fase ke fase (Gambar 2.8)



**Gambar 2. 8** Konfigurasi Sistem Delta 3 Fasa Pada Sistem Distribusi

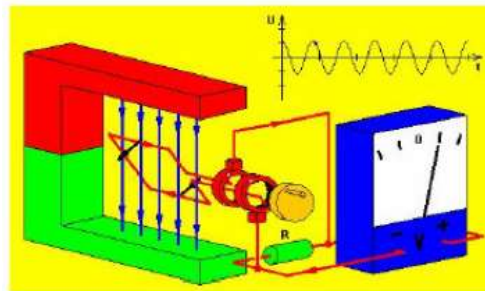
#### 2.4.1 Prinsip dasar generator *Alternating Current*

Prinsip dasar dari *Alternating Current* generator adalah kumparan diputar dalam medan magnet maka tegangan diinduksi di terminal, ditunjukkan pada Gambar 2.9 dibawah. Sudut  $\alpha$  akan terbentuk bervariasi antara bidang kumparan dan induksi magnetik. Semakin cepat putarannya kumparan diputar maka semakin sedikit waktu yang dibutuhkan untuk  $\cos \alpha$  lewat dari 1 ke -1 dan sebaliknya.

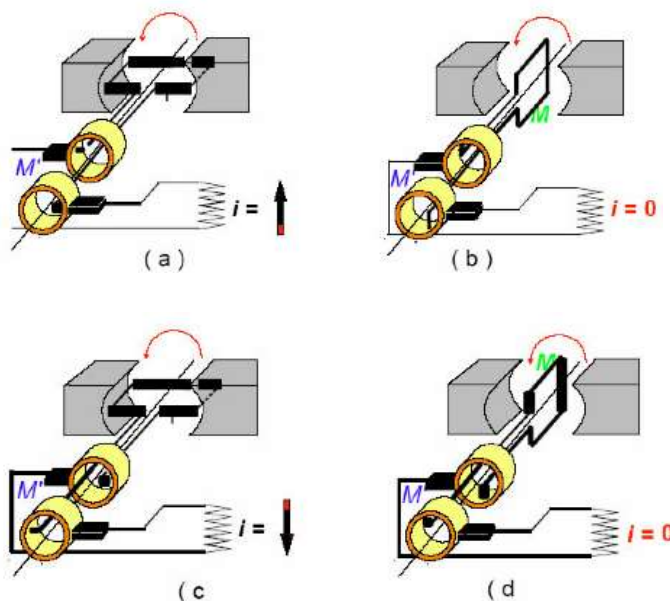


**Gambar 2. 9** *Principle of The Generation of Alternating Current*

Amplitudo tegangan induksi dibuat sebanding dengan induksi magnetik dan kecepatan putaran kumparan, ini adalah prinsip di balik alternator. Gambar 2.10 dibawah menunjukkan bentuk sinusida dari tegangan listrik yang terbentuk jika suatu kumparan induksi magnet diputar pada suatu medan magnet.



**Gambar 2. 10** Putaran Dalam Medan Magnet (Training manual Course EXP-MN-SE060-EN, TOTAL SA)

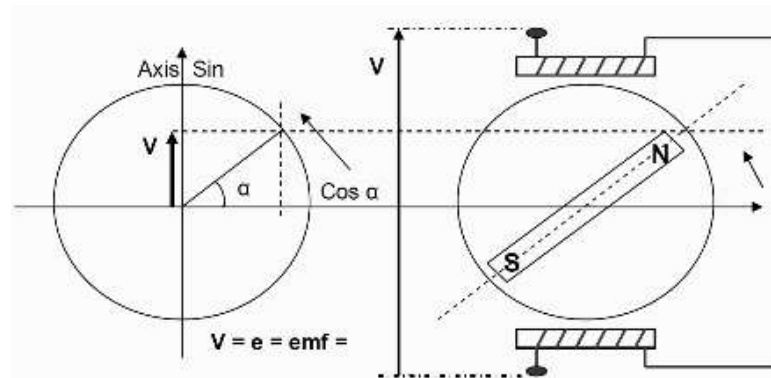


**Gambar 2. 11** Produksi Listrik Arus Bolak Balik (Training manual Course EXP-MN-SE060-EN, TOTAL SA)

Pada Gambar 2.11, saat kumparan bergerak (berputar) berlawanan jarum jam (*anti-clockwise*), maka induksi listrik akan terjadi, yaitu:

1. Dari (a) ke (b) pada sudut  $0^\circ$
2. Dari (b) ke (c) pada sudut  $90^\circ$
3. Dari (c) ke (d) pada sudut  $180^\circ$
4. Dari (d) ke (a) pada sudut  $270^\circ$ , dan seterusnya.

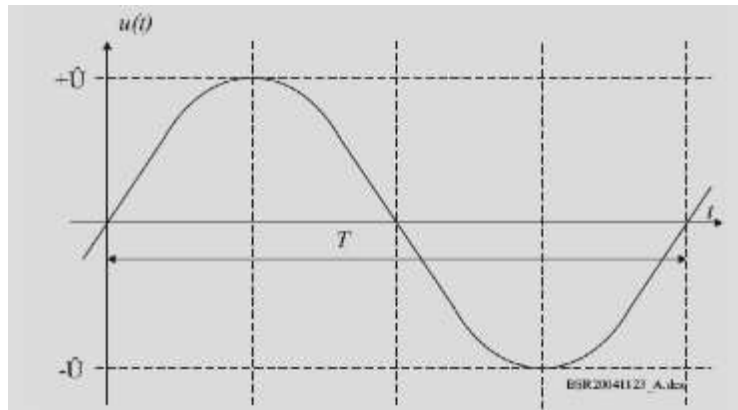
Dengan demikian sinus listrik yang dihasilkan adalah saat posisi (a) arus akan positif, saat di (b) arus ke 0, saat di (c) arus akan ke negatif dan saat di (d) arus akan Kembali ke 0 dan selanjutnya. Selain kumparan yang diputar di dalam medan magnet permanen, arus listrik bolak balik juga dihasilkan dengan memutar medan magnet di dalam suatu kumparan seperti Gambar 2.12



**Gambar 2. 12** Medan Magnet Di Putar Dalam Kumparan (Training Manual Course EXP-MN-SE060-EN, TOTAL SA)

Seperti Gambar pada 2.13, putaran magnet pada kumparan, akan menghasilkan tegangan listrik ( $U$ ) pada waktu ' $t$ ' dan nilai sinus dari sudut posisi ( $\alpha$ ) nya akan mengikuti sesuai pergerakan dari magnet. Kurva sinusoida akan terbentuk lengkap setiap rotasi 360 derajat, dan ini dikenal sebagai *alternation*, sehingga di dapat:

$$U \text{ (at time 't')} = U \sin \alpha \quad (2.6)$$



**Gambar 2. 13** Tegangan Yang Terbentuk Oleh Magnet Yang Berputar Di Kumparan

Jika suatu generator dalam 1 putaran penuh  $360^\circ$  selama 1 detik menghasilkan tegangan induksi pada frekuensi 1 hertz, maka:

1. Untuk mencapai 50Hz diperlukan 50 detik.
2. Jika RPM adalah Revolution Per Minute, untuk mencapai 50Hz, kecepatan rpm mesin adalah:  $50 \text{ Hz} \times 60 \text{ detik} = 3000 \text{ rpm}$ .
3. Sedangkan untuk mencapai 60Hz, maka kecepatan rpm mesin adalah:  $60 \text{ Hz} \times 60 \text{ detik} = 3600 \text{ rpm}$ .

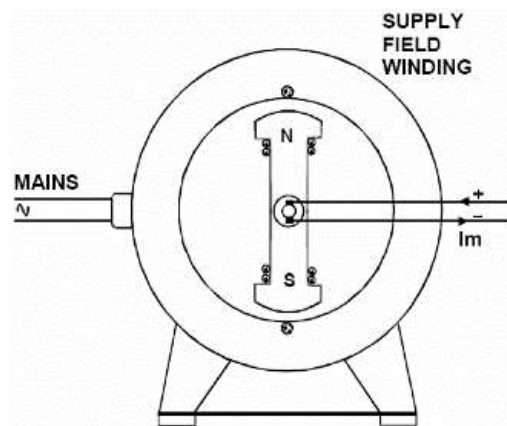
#### 2.4.2. Prinsip Dasar Dari Sebuah Alternator

Ada 2 type Alternator yaitu *single phase synchronous generator* dan *three phase synchronous generator*. Pada satu fase *synchronous generator*, mengikuti hukum faraday bahwa konduktor yang berputar dalam medan magnet akan menginduksi gaya gerak listrik (*electro motive force - emf*).

Dalam generator, medan magnet diciptakan oleh *electromagnet*, dengan kata lain *pole of generator*. *Exciter* (generator) digunakan untuk mendapatkan arus *exciter* langsung ini. *Exciter* dipasang ke generator arus bolak-balik akan menjadi tipe kutub internal. Bagian stasioner, di mana belitan fase tunggal dipasang, terletak di luar. Bagian bergerak yang digunakan untuk menghasilkan medan magnet, terletak di bagian dalam dapat dilihat pada Gambar 2.14.

Keuntungan utama dari tipe kutub internal adalah arus bolak-balik dari stator dapat diumpungkan melalui koneksi stasioner.





**Gambar 2. 14** Alternator 1 Fasa (Training manual Course EXP-MN-SE060-EN, TOTAL SA)

Emf yang diinduksikan pada belitan stator akan berbentuk gelombang sinus relatif terhadap waktu. Arus searah diumpankan ke rotor melalui sikat karbon dan dua slip ring.

$$f = \frac{n \times p}{60} = \text{hz} \quad \text{atau} \quad n = \frac{60 \times f}{p} = \text{rpm} \quad (2.7)$$

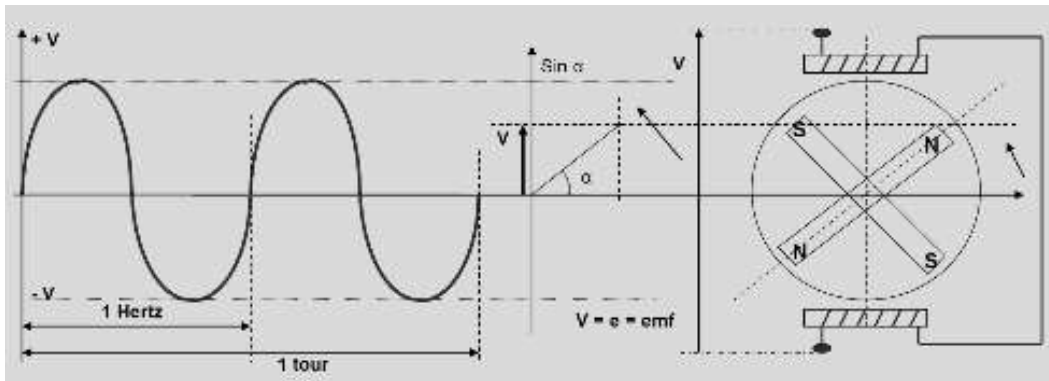
dimana:

f = frekuensi

n = kecepatan

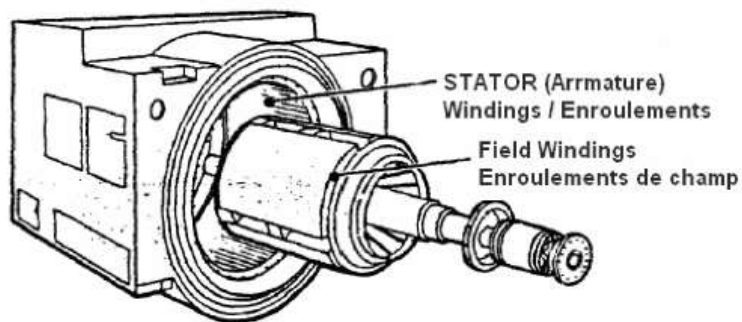
p = pasangan kutub

Sesuai dengan Gambar 2.15, magnet permanen yang berputar dengan kecepatan 1 putaran per detik menghasilkan tegangan a saat diinduksi pada frekuensi 1 Hz di terminal alternator. Dengan memutar magnet pada 50 putaran per detik maka akan menghasilkan frekuensi 50Hz. Putaran 50 per detik tersebut adalah sama dengan 3000 rpm, dimana nilai *frequency* tersebut dihasilkan dari sepasang kutub magnet yaitu satu kutub utara dan satu kutub selatan. Maka dengan menambah pasangan kutub magnet maka rpm mesin bisa dikurangi untuk menghasilkan *frequency* yang sama.



**Gambar 2. 15** Alternator Dengan 2 Pasang Pole (Training Manual Course EXP-MN-SE060-EN, TOTAL SA)

Dengan satu putaran penuh, kumparan stator akan lewat di sebelah kutub meningkat, itu akan melewati dua kali maksimum dan minimum. Satu revolusi menghasilkan 2 Hz. Untuk frekuensi 50 Hz, kecepatan 25 putaran per detik akan diperlukan, yaitu 1500 rpm yang merupakan kecepatan sinkron (kecepatan menghasilkan 50hz) untuk alternator dengan 2 pasang tiang. Pada frequency 60 Hz, maka diperlukan  $60\text{Hz} : 2 = 30$  putaran, sehingga  $30 \text{ putan} \times 60 \text{ detik} = 1800 \text{ rpm}$ .

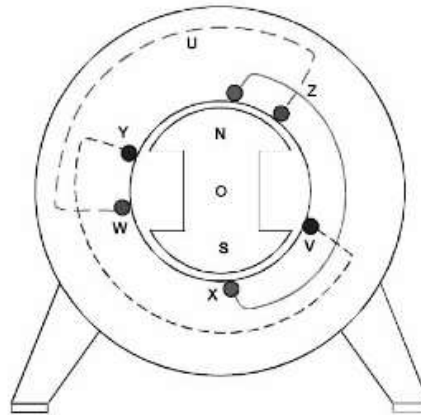


**Gambar 2. 16** Kumparan Alternator (Training manual Course EXP-MN-SE060-EN, TOTAL SA)

Medan magnet permanen pada rotor dapat diganti dengan sistem medan melingkar dengan menggunakan arus searah dan peralatan listrik ini disebut alternator. Alternator akan memasok arus AC ketika bertindak sebagai a generator. Namun saat beroperasi sebagai motor, kecepatan putarannya ditentukan oleh frekuensi arus bolak-balik yang menyuplai belitan belitan di stator.

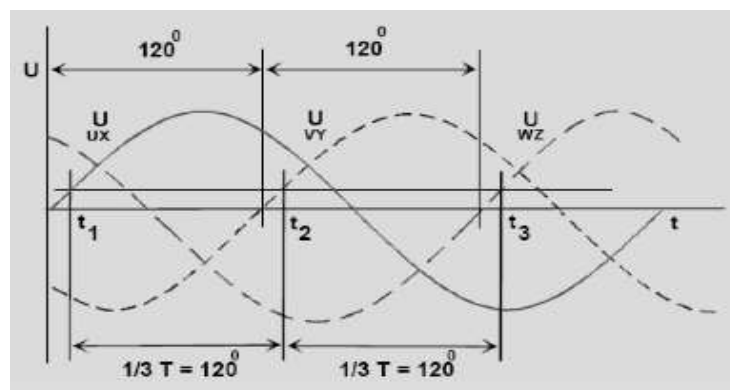
Alternator mengubah energi mekanik ( $T, \Omega$ ) menjadi energi listrik ( $V, I$  pada frekuensi  $f$ ). Arus listrik yang dihasilkan berasal dari stator. DC (*rectified*

current) disuntikkan ke belitan rotor untuk menciptakan medan magnet dengan arah polarita tetap. Pada Alternator 3 fase arus bolak bali, bagian statornya memiliki tiga belitan kumparan. Kumparan ini terletak dan berporos pada sudut antara di  $120^\circ$ , seperti Gambar 2.17 dibawah ini.



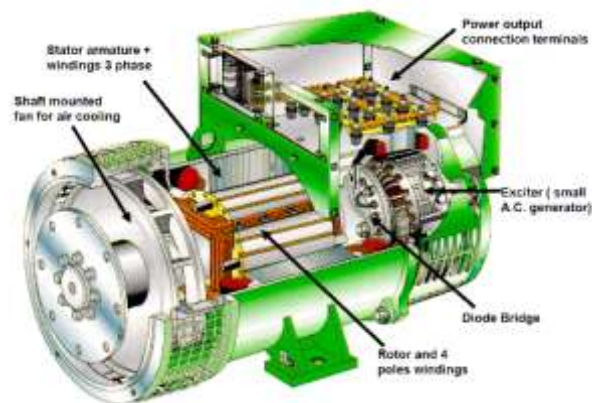
**Gambar 2. 17** Generator with Three Stator Windings: U-X, V-Y and W-Z

Rotor yang dialiri arus searah memiliki kutub utara dan selatan. Seperti gambar 2.18, dalam satu putaran rotor ( $R= 1$ ) di t detik, maka kumpran stator x akan menghasilkan 1 bidang sinusoida tegangan. Ini berlaku untuk Y dan Z dengan interval  $1/3 \times t$  detik yang sama satu dengan yang lain.



**Gambar 2. 18** Sinusoida Tegangan 3 Fase

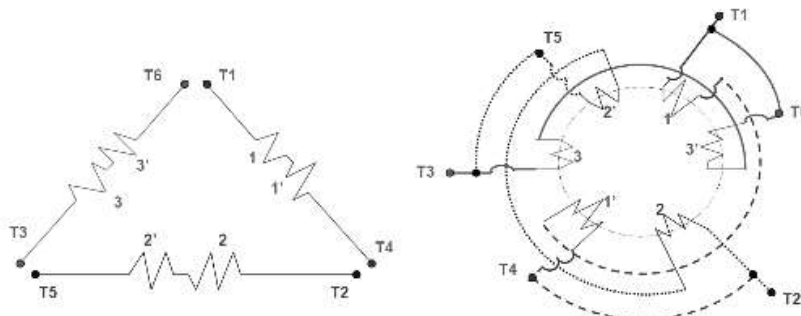
Secara umum bagian-bagian dari sebuah Alternator yang sering digunakan saat ini adalah seperti ditunjukkan oleh gambar 2.19, dibawah ini.



**Gambar 2. 19** Bagian Bagian dari Brushless Generator (Training manual Course EXP-MN-SE060-EN, TOTAL SA)

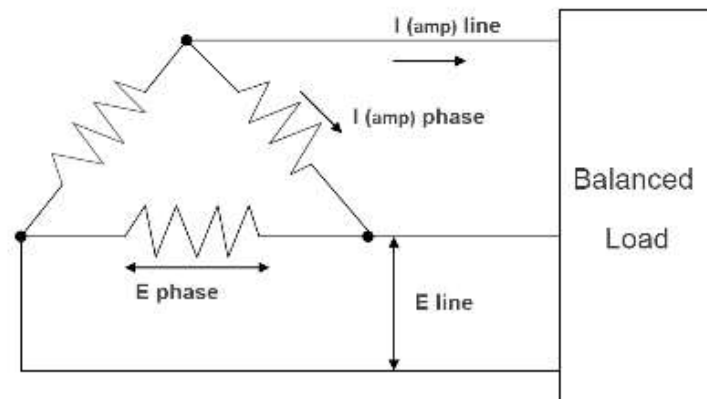
### 2.4.3 Koneksi Altenator Star dan Delta

Generator arus bolak balik dibuat sedemikian rupa sehingga memiliki dua jenis koneksi keluaran, yaitu Star dan Delta ( $Y$  dan  $\Delta$ ). *Lead* atau kabel *output* bisa sejumlah 6 lead atau 12 lead bahkan lebih. Lead terhubung ke belitan tiga fase di anker dan kemudian dibawa keluar terhubung secara eksternal ke *switchgear*. Pada *point* inilah metode hubungannya ditentukan, apakah terhubung secara eksternal dengan sistem star atau delta.



**Gambar 2. 20** Sistem Sambungan Delta

Untuk sistem delta, fase disusun dalam bentuk segitiga. Hal yang penting untuk ingat adalah bahwa untuk menghubungkan belitan dengan konfigurasi delta, maka harus menghubungkan awal dari satu *grup* koil ke ujung yang lain, dan ini dilakukan untuk semua awal dan akhir, T1 hingga T6, T2 ke T4, T3 ke T5.



**Gambar 2. 21** Arus dan Tegangan dalam Sistem Delta

Sesuai dengan Gambar 2.21, dalam sistem delta tersebut, tegangan saluran E line sama dengan tegangan fasa E phase.

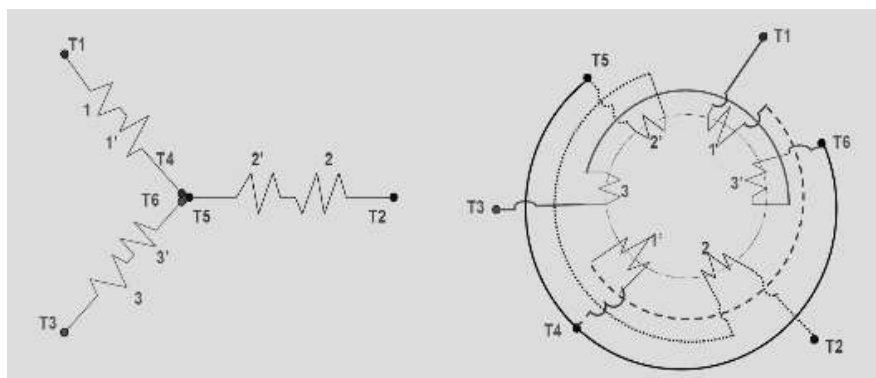
$$E \text{ line} = E \text{ phase} \quad (2.8)$$

Namun untuk arus saluran tidak sama dengan arus fasa, melainkan harus dikalikan dengan akar kuadrat 3.

$$I \text{ line} = I \text{ phase} \times \sqrt{3} \quad (2.9)$$

Sistem delta ini sangat menguntungkan, karena arus yang ada didalam alternator lebih kecil daripada arus di saluran. Contohnya jika diukur pada saluran arusnya 17 maka arus didalam generator adalah  $17 : \sqrt{3} = 10$  amper. Sehingga pada koneksi hubung delta ini memungkinkan pengoperasian generator yang lebih dingin di bawah kondisi beban.

Konfigurasi sistem selanjutnya adalah hubung Star atau Y. Pada type koneksi ini, sejumlah kumparan / belitan terhubung dengan cara yang berbentuk mirip Y. Pada *type* hubung Star, ada 3 kabel dari *lead* yang terhubung masing masing ke beban sementara ke tiga beban lainnya dihungkan jadi satu / bersama untuk netral. Keluaran netral ini bisa digunakan atau mungkin juga tidak digunakan sehingga dimasukkan ke *ground*, sehingga pada sistem ini bisa beroperasi tiga kawat atau empat kawat.



**Gambar 2. 22** Connection Diagram and Windings Arrangement for a wye Connection

Sesuai dengan Gambar 2.22, dalam sistem star tersebut, nilai arus di I line sama dengan nilai arus di I fase.

$$I \text{ line} = I \text{ phase} \quad (2.10)$$

Namun untuk tegangan saluran tidak sama dengan tegangan fasa, melainkan harus dikalikan dengan akar kuadrat 3.

$$E \text{ line} = E \text{ phase} \times \sqrt{3} \quad (2.11)$$

Dimana: E phase = tegangan antara Fase ke Netral

E line = tegangan antara Fase ke Fase

Jika tegangan line to line adalah 380 volt, maka tegangan fasa akan menjadi 380volt dibagi dengan akar kuadrat dari 3. Karena akar kuadrat dari 3 adalah 1.732, jika memiliki tegangan E line = 380volt maka E phase nya adalah  $380 / 1.732 = 220$  volt.

#### 2.4.4 Pengaman Generator

Sistem proteksi suatu genset bertujuan untuk melindungi mesin terhadap internal cacat dan melindungi jaringan terhadap kerusakan yang dapat mengganggu.

Gangguan utama, yang dapat mempengaruhi generator, adalah:

1. *Over load* / Kelebihan beban
2. Hubung singkat antara fasa dengan jaringan luar dan juga fasa ke fasa
3. Hubung singkat antar fasa
4. *Defect internal* antara fase stator dan massa
5. *Defect* antara rotor dan massa

6. Terputusnya fasa atau pembalikan dua fasa
7. *Loss* eksitasi
8. Generator berjalan sebagai motor
9. Frekuensi terlalu lemah atau terlalu tinggi
10. Tegangan terlalu lemah atau terlalu tinggi

Sesuai kode pengaman menggunakan kode ANSI adalah sbb:

**Tabel 2. 1** ANSI Codes untuk Pengaman

Relay function	Code ANSI
Differential protection	87 G
Stator ground-fault protection	51 NG
Under impedance protection	21 G
Over-voltage protection	59-1 and 59-2
Rotor ground-fault protection	64 F
Field failure protection	40
Under-voltage protection	27
Reverse power protection	32-1
Current unbalance protection	45 P and 46 G
Overfluxing (frequency) protection	59 / 81 G
Overload protection	51-1 G
Overload protection	49 G

#### 2.4.5 Efisiensi Generator

Menurut Situngkir, Hekaris Paro and Wasri, 2020 Efisiensi generator merupakan perbandingan antara daya keluaran atau daya yang dibangkitkan generator dengan daya masukan generator. Dimana persamaan efisiensi generator yaitu :

$$Efisiensi (\eta) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2.13)$$

Dimana:

$\eta$  : Efisiensi Generator

$P_{out}$  : Daya *output* generator untuk beban (Watt)

$P_{in}$  : Daya mekanik *output* generator (Watt)

#### 2.4.4 Konsumsi Bahan Bakar

Untuk mengetahui nilai konsumsi solar yang digunakan genset kita dapat menggunakan persamaan sebagai berikut (Situngkir, Hekaris Paro and Wasri, 2020) :

$$Q = k \times P \times t \quad (2.15)$$

Dimana:

$k = 0.21$  (Faktor ketetapan konsumsi bahan bakar per kW/jam)

$P =$  Daya Genset (kVA)

$t =$  Waktu (Jam)

$Q =$  Laju konsumsi bahan bakar (liter/jam)

#### 2.4.5 Generator Pararel dan Synchronisasi

Kapasitas generator untuk *supply* beban yang ada mungkin perlu ditingkatkan mengikuti peningkatan kebutuhan daya pada suatu tempat dimana terjadi peningkatan kapasitas produksi. Solusinya adalah mengganti genset dengan kapasitas yang lebih besar yang mana akan berdampak pada biaya yang lebih besar juga. Solusi yang efektif dan efisien adalah dengan menempatkan genset lain ke dalam system dipararel dengan genset pertama, untuk bersama sama mensupport tenaga listrik ke beban.

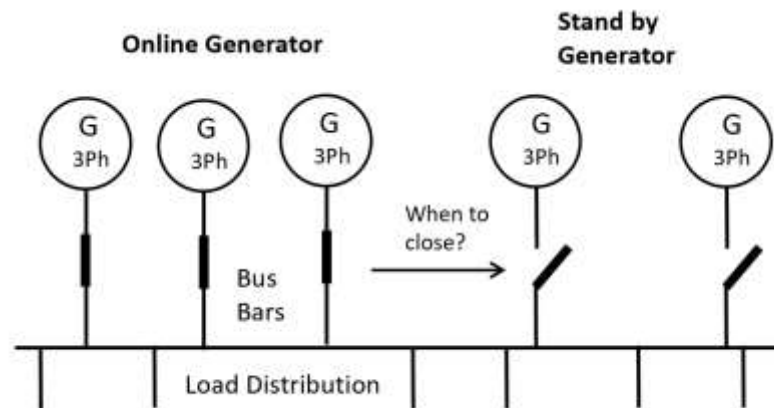
Sesuai dengan Regulasi Class BKI 2022 *Rules for Electrical Installations* 3.6 *Parallel operation*, karakteristik kecepatan dari *prime movers* (mesin penggerak untuk generator) harus mempunyai kecepatan yang linear meskipun dengan *output* atau beban yang ditanggung generator berbeda beda.

Karakteristik governor dari mesin penggerak generator-generator yang dioperasikan pararel dengan kapasitas yang sama maka harus dipastikan pada saat total *aktif power* di range antara 20% sampai 100%, tidak terjadi perbedaan *sharing aktif power* melebihi 15 % secara proposional masing masing generator.



Namun jika generator-generator yang digunakan berbeda rate kapasitasnya, maka sharing deviasi perbedaannya tidak boleh melebihi dari batas ketentuan berikut:

1. 15 % dari rate kapasitas tenaga generator terbesar
2. 25 % dari rate kapasitas tenaga generator terkecil.



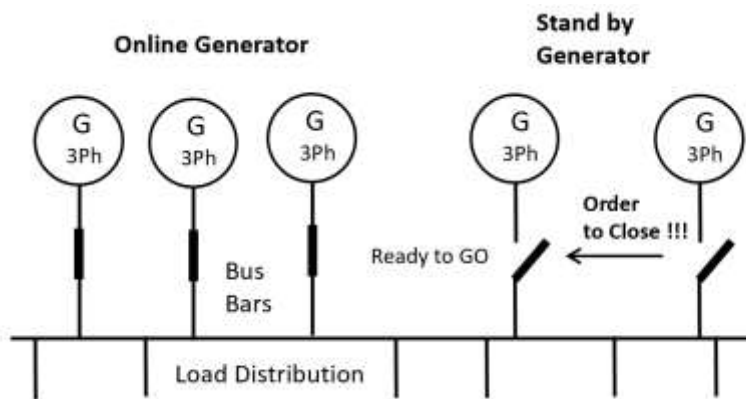
**Gambar 2.23** Distribusi Beberapa Generator Yang Di Paralel Dalam Sistem

Pada Gambar 2.23, ketika 2 generator atau lebih dihubungkan secara paralel, maka tegangan pada bus bars atau pada sistem distribusi adalah tegangan dari masing masing generator secara rata. Akan tetapi kapasitas arus listrik dari sistem distribusi adalah jumlah dari kapasitas ampere dari generator-generator secara paralel. Ini arti dengan mengoperasikan generator dua unit atau lebih secara paralel, maka tegangan pada sistem jaringan dapat dipertahankan pada nilai yang diinginkan dan kapasitas daya untuk disalurkan ke beban didalam sistem distribusi tersebut dapat ditingkatkan. Atau dengan kata lain, peningkatan kapasitas daya dapat dilakukan meskipun kapasitas masing masing sumber berbeda dapat dilakukan dengan cara paralel selama voltase masing masing sama. Beberapa unit dapat diparalelkan asalkan dapat membagi beban secara proporsional sesuai kapasitasnya.

Keberhasilan Paralel bergantung pada respons mesin dan sensitivitas *speed control governors* dan juga regulator tegangan otomatis atau manual pada sistemnya. Ada 4 syarat yang harus dipenuhi oleh generator dan bus bar / sistem jaringan sebelum paralel dapat dilakukan:

1. Harus memiliki rotasi fase yang sama.
2. Harus beroperasi pada frekuensi yang sama.
3. Harus beroperasi pada tegangan yang sama.
4. Harus *synchronised, or in-phase*.

Saat 4 kondisi tersebut diatas tercapai secara bersamaan maka berarti tersinkronisasi. Dengan demikian generator dapat dihubungkan ke sistem dengan menutup penghubung utama ke beban.

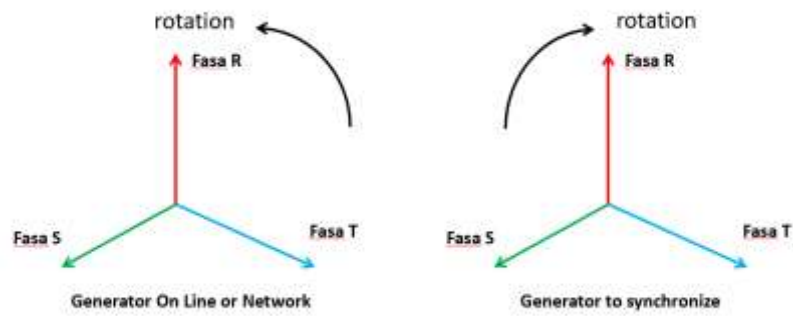


**Gambar 2. 24** Generator *Synchronizing*

Penutupan penghubung utama bebam adalah tahap finalisasi dari fase sinkronisasi. Berikut ini adalah uraian tentang 4 kondisi pra sinkronisasi

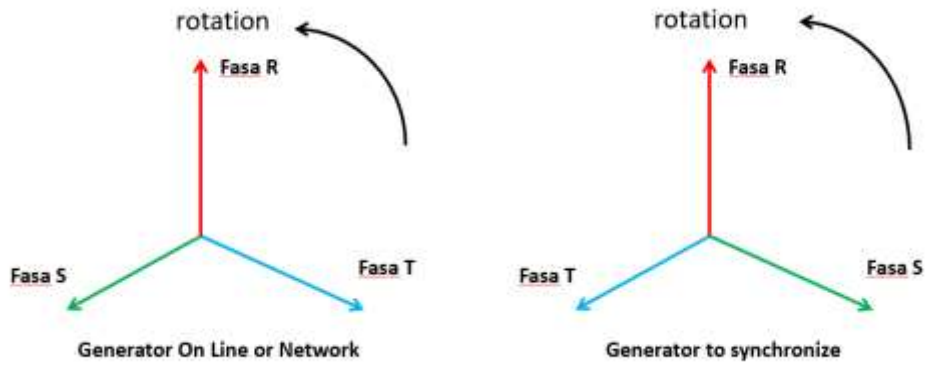
#### **A. Kondisi 1: Rotasi Fase yang Sama**

Rotasi fase atau urutan fase antara generator *stand by* dan generator *online* atau ke bus bar jaringan harus sama. Artinya, Fase R dari generator *stand by* dipersiapkan untuk terhubung ke fase R dari generator online atau ke bus bar jaringan. Fase S dari generator *stand by* dipersiapkan untuk terhubung ke fase S dari generator *online* atau ke bus bar jaringan. Dan fase R dari generator *stand by* dipersiapkan untuk terhubung ke fase R dari generator online atau ke bus bar jaringan.



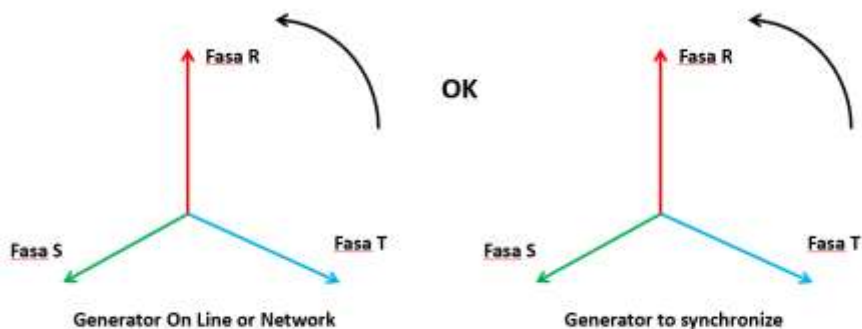
**Gambar 2. 25** Urutan Fasa Sama Dan Beda Arah Putar

Pada Gambar 2.25, terlihat urutan fase sudah sama, namun arah putarnya berbeda. Maka sinkronisasi tidak dapat dilakukan.



**Gambar 2. 26** Rotasi Sama Dan Beda Urutan Fase

Pada Gambar 2.26, rotasinya sama namun berbeda urutan fase, maka sinkronisasi tidak dapat dilakukan.



**Gambar 2. 27** Fase Sesuai

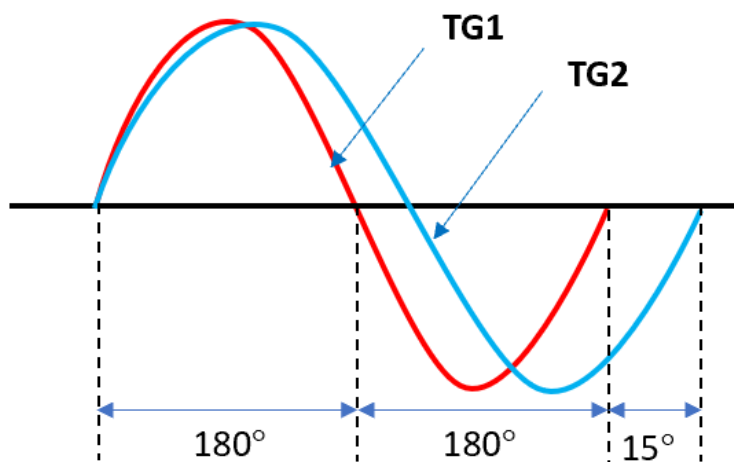
Perbedaan urutan fase akan menimbulkan beda tegangan yang nilainya sebesar tegangan fase ke fase. Gambar 2.27, menunjukkan urutan fase dan arah putaranya sudah sesuai sehingga tahapan pertama sinkronisasi bisa dilalui.

Urutan fase dan arah rotasi fase merupakan persyaratan yang sangat penting untuk synchronisi, karena jika tidak terpenuhi ada potensi gaya magnet yang kuat di stator akan menyebabkan rotor berputar ke arah sebaliknya. *Phase rotation meter* dapat digunakan untuk memeriksa urutan fase bus bar yang sedang online dan bus pembangkit yang akan disinkronisasikan.

Menukar dua jalur generator dapat mengubah urutan fase dan mengubah arah putar generator juga bisa mengubah urutan fase. Selain menggunakan *phase rotation meter*, pada tahap ini bisa juga digunakan peralatan lain yaitu pemasangan perangkat PFR (*phase failure relay*) dan juga pengukuran manual dengan menggunakan voltage meter untuk memastikan delta tegangan antar kedua line masuk toleransi atau bahkan nol.

### B. Kondisi 2: Pada Frekuensi yang Sama

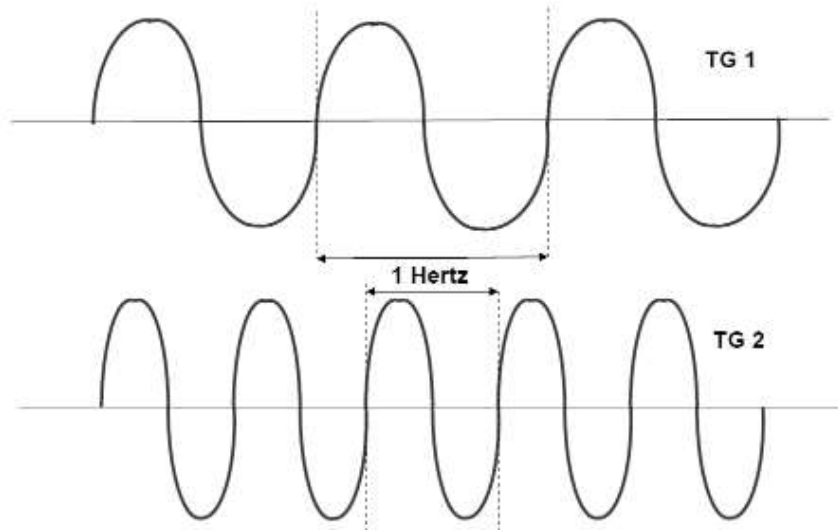
Kondisi kedua untuk paralel adalah keduanya sumber beroperasi pada frekuensi yang sama. Dalam gambar 2.28, terlihat bahwa sumber TG1 (*Turbine Generator 1*) dan sumber TG2 (*Turbine Generator 2*) memiliki selisih *frequency*. Selisih atau beda *frequency* ini disebut slip rate *frequency*.



Gambar 2. 28 Perbedaan Frequency TG1 dan TG2

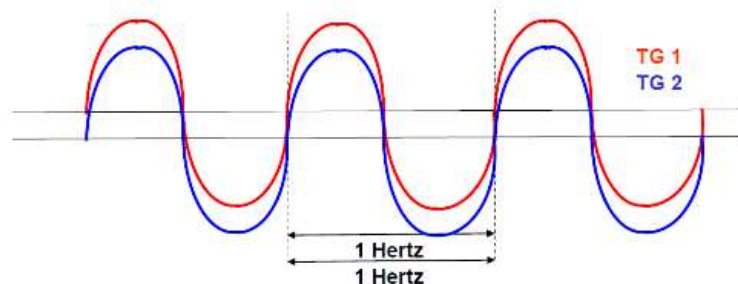
Untuk mencocokkan *frequency* generator yang akan dipararel ke *frequency bus*, maka atur *speed control switch* / *potentiometer* pada panel generator sehingga kedua pengukur frekuensi menunjukkan frekuensi yang diinginkan.

Pada gambar 2.29 di bawah menunjukkan kedua generator berjalan di *frequency* yang berbeda.



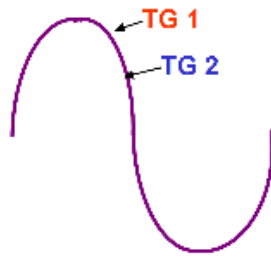
**Gambar 2.29** Perbedaan Frequency pada TG1 dan TG 2

Pada gambar 2.30 di bawah menunjukkan kedua generator berjalan di *frequency* yang berbeda.



**Gambar 2. 30** Dua Generators Beroperasi Dengan Frequency Yang Sama

Jika kedua kurva dapat disuperposisikan maka bisa didapat sinusoida seperti gambar 2.31 berikut.

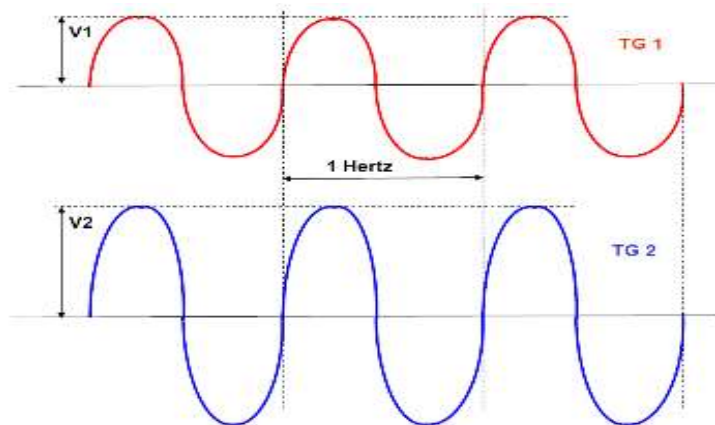


Gambar 2. 31 TG 1 dan TG 2 berfrequency sama

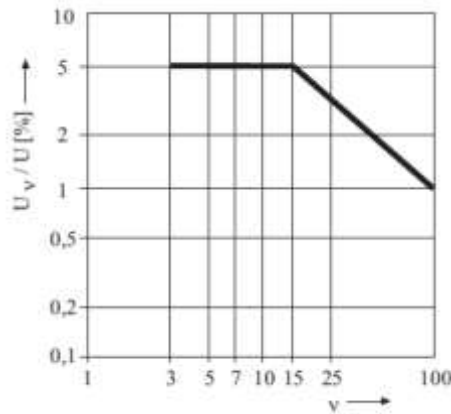
### C. Kondisi 3: Pada Tegangan yang Sama.

Kondisi ketiga, adalah tegangan sumber yang akan disinkronisasikan ke bus bar harus sama. Penyesuaian tegangan dari generator *stand by* ke tegangan di bus bar bisa dilakukan dengan memberikan kenaikan (atau penurunan) pada sistem pengatur tegangan yang terletak di panel kendali generator. Besar nilai tegangannya dilihat pada voltmeter di panel tersebut.

Gambar 2.32 di bawah menunjukkan perbedaan amplitudo tegangan dengan frequency yang sama. Dengan kondisi tersebut, selanjutnya adalah mengatur regulator tegangan sehingga nilainya masih masuk dalam batas toleransi untuk sinkronisasi.



Gambar 2. 32 Voltage Berbeda - frequency OK



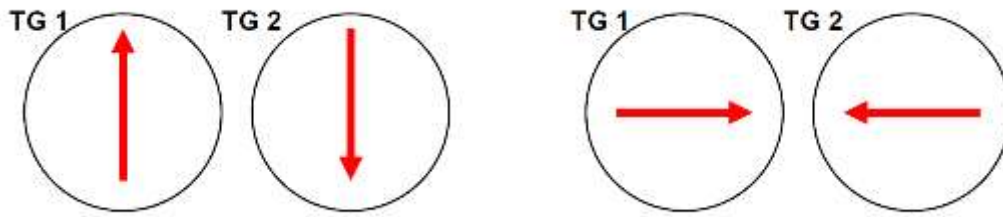
**Gambar 2. 33** *Single Harmonics In Permanence The Limit Values* (Rules For Electrical, BKI Class 2022)

Sesuai dengan Peraturan Class BKI 2022 *Rules for Electrical Installations* Sec.1 *General Requirements and Guidance*, menyatakan bahwa didalam sistem tanpa beban konverter statik yang substansial dan disuplai oleh generator sinkron, maka distorsi harmonisa tegangan total tidak boleh melebihi 5 %. Untuk sistem yang diumpankan oleh konverter statis, dan sistem di mana beban konverter statis mendominasi, dan harmonik tunggal dalam ketetapan, maka batas toleransi di tunjukan oleh pada Gambar 2.33.

#### **D. Kondisi 4: Sudut fase yang sama (*Synchronised or in-phase*)**

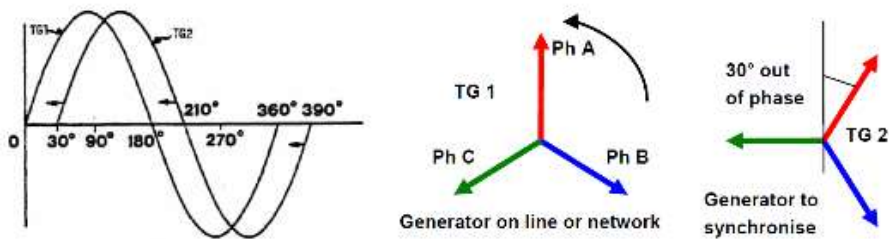
Saat proses sinkronisasi, harus dilakukan dalam kondisi generator yang akan disinkronisasi dalam keadaan hidup. Ketika rotor dua generator tidak dalam keadaan hidup dan posisi rotasi yang sama, maka gaya magnet kuat yang dihasilkan di rotor akan menyebabkan rotor berputar cepat dalam upaya mencapai posisi kecepatan tertentu.

Seperti pada Gambar 2.34 di bawah, rotor akan berhenti seketika dan berbalik arah atau berputar cepat ke arah yang sama dalam upaya untuk mencapai posisi arah yang sama. Ketika ini terjadi, maka kerusakan pada sistem pembangkit atau pun pada *prime mover* nya, misalkan kopleng geser putus, poros, kotak roda gigi, lonjakan tegangan/ arus saluran, dan lain lain.



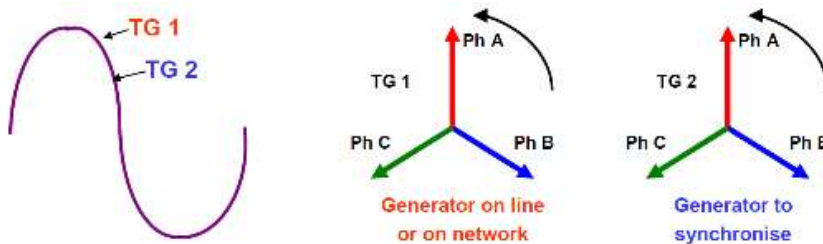
**Gambar 2. 34** Phases 'A' In Opposition At 0 & 180° And In The Same Opposition At 90 & 270°

Saat Voltase dan Frekuensi dari dari kedua sumber listrik sudah sesuai, bisa jadi masih terjadi masalah karena sudut fase yang berbeda (keluar fase). Pada Gambar 2.35 dibawah, menunjukkan tegangan bus bar (TG-1) dan tegangan generator yang datang (TG-2) memiliki amplitudo tegangan yang sama, *frequency* juga sama. Kecepatan juga sama karena kedua rotor telah menyelesaikan satu putaran yang sama jumlah waktu, namun sudut fase tidak sama. Ada perbedaan sudut fase sebesar 30°.



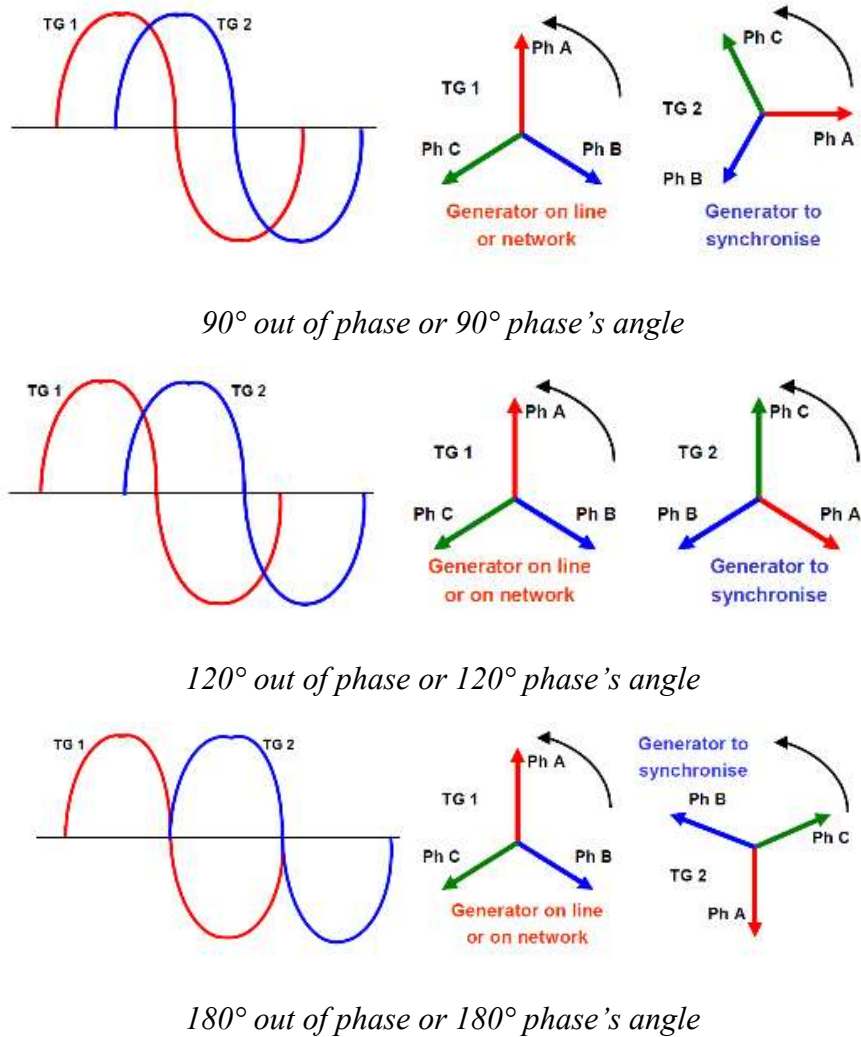
**Gambar 2. 35** Generators To Synchronise 30° Out Of Phase

Toleransi maksimal perbedaan sudut fasa adalah  $< 10^\circ$  agar sinkronisasi atau paralel dapat dilakukan. Gambar 2.36 mengilustrasikan sudut fase tegangan dalam derajat listrik.



*In phase 0° phase angle between the two generators*





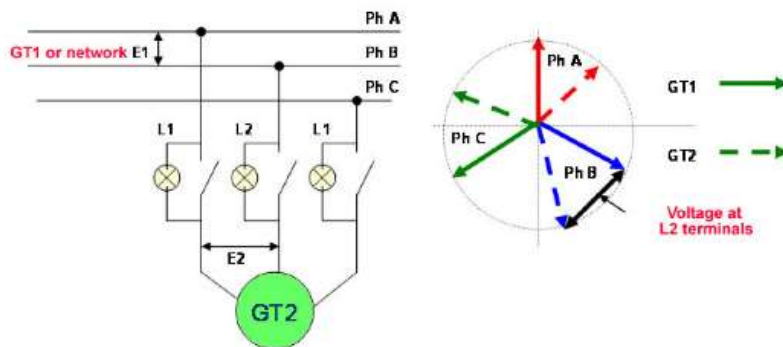
**Gambar 2. 36** Ilustrasi Beda Sudut Fase

**i. Operasi kopling dengan lampu alternator tiga fase**

Metode konvensional melakukan sinkronisasi 2 sumber listrik adalah dengan menggunakan 3 lampu indikator. Pemasangan 3 lampu indikator tersebut seperti gambar 2.37 dibawah. Sebelum syarat sinkronisasi terpenuhi, maka ketiga lampu indikator tersebut akan menyala. Pada saat syarat sinkronisasi terpenuhi maka ketiga lampu akan padam bersamaan dengan kecepatan yang berbanding terbalik dengan slip kecepatan antara dua sumber E1 dan E2.

Kecepatan GT2 harus diatur (hati-hati) sampai kecepatan dimana indikator lampu meredup (menyala untuk minimal 5 detik). Pada saat lampu padam, tutup

saklar kopling. Jika dari ketiga lampu ada yang beroperasi atau menyala, ini urutan fase tidak terpenuhi atau tidak sama.



**Gambar 2. 37** Coupling With A Three-Phase Alternator Lamp

Pada saat ini lampu indikator sudah digantikan dengan "slip indikator lampu berputar", yaitu sinkronoskop.



**Gambar 2.38** Panel Menggunakan Synchronoscope

## 2.5 Kontaktor

Kontaktor adalah peralatan listrik yang bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Pada kontaktor terdapat sebuah belitan yang jika dialiri arus listrik akan timbul medan magnet pada inti besinya. Medan magnet ini, nantinya akan berguna untuk menarik atau menolak kontak. Kontak pada kontaktor terdiri dari kontak utama dan kontak bantu. Kontak utama digunakan untuk rangkaian daya sedangkan kontak bantu digunakan untuk rangkaian kontrol (Harahap, Dwiono, and Harpawi 2012).



**Gambar 2. 39** Kontaktor (Harahap, Dwiono, and Harpawi 2012)

Kontaktor AC sangat cocok digunakan pada rangkaian dengan tegangan maksimal 690 V , 50 Hz dan dari 6 sampai dengan 780 A. Fungsi dari kontaktor adalah sebagai penggerak sebuah motor 3 fasa yang memiliki tegangan amper yang sangat tinggi (Wasono et al. 2021).

## **2.6 MCCB (Moulded Case Circuit Braker)**



**Gambar 2. 40** MCCB

MCCB adalah merupakan alat pengaman yang dalam proses operasinya mempunyai dua fungsi yaitu sebagai pengaman dan sebagai alat penghubung. MCCB ini biasanya digunakan pada arus diatas 100A. Arus pengenalan MCCB yaitu 63, 80, 100, 125, 160, 200, 225, 250, 300, 400, 500, 800, dan 1600 A. Perbedaan antara MCCB dan MCB, yaitu MCB adalah pemutus sirkuit yang digunakan untuk beban listrik yang lebih kecil dan MCCB adalah pemutus sirkuit yang beban listrik yang lebih tinggi. Perbedaan antara MCCB dan MCB adalah pemutus sirkuit yang digunakan untuk beban listrik yang lebih kecil dan MCCB adalah pemutus sirkuit yang beban listrik yang lebih tinggi (Zidan 2022).

Menurut (Widharma and Sunaya 2019) dalam memilih circuit breaker hal-hal yang harus dipertimbangkan adalah sebagai berikut:

1. Karakteristik dari sistem di mana circuit breaker tersebut dipasang.
2. Kebutuhan akan kontinuitas pelayanan sumber daya listrik.
3. Aturan-aturan dan standar proteksi yang berlaku.
4. Aturan-aturan dan standar proteksi

Aturan-aturan instalasi listrik yang berlaku seperti PUIL harus diperhatikan dan dituruti. Standar-standar yang diacu baik standar lokal maupun standar internasional harus diperhatikan seperti SPLN, IEC 60947-2.

## **2.7 HMI (*Human Machine Interface*)**

*Human Machine Interface* atau HMI merupakan sebuah sarana penghubung dan media komunikasi antara mesin dengan manusia. Sebagai media penghubung, HMI memiliki kemampuan untuk mengumpulkan, mengolah data yang didapat dari mesin yang dikontrol menjadi sebuah informasi yang mudah dimengerti oleh manusia. HMI juga dapat menggambarkan proses yang sedang berlangsung pada mesin yang dikontrol. Untuk itu HMI haruslah dibuat semirip mungkin dengan mesin yang dikontrol agar memudahkan manusia dalam menjalankan dan mengontrol mesin. (Johanssen 2003 dalam (Imnadir and Zai 2022)).



**Gambar 2. 41** HMI (Imnadir and Zai 2022)

## **2.8 SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*)**

SCADA merupakan singkatan dari *supervisory control and data acquisition*. Maksud dari SCADA yaitu pengawasan, pengendalian dan pengumpulan data.

Fasilitas SCADA diperlukan untuk melaksanakan pengusahaan tenaga listrik terutama pengendalian operasi secara *real time*. Peralatan SCADA secara umum meliputi, yaitu *Master Station*, *Remote Station* dan Media Komunikasi. *Master Station*, berada di HMI (*Human Machine Interface*), *remote station*, berada di plan (suatu rancang bangun alat); dan media komunikasi, yang menghubungkan antara *Master Station* dengan *Remote Station*. Selain itu dibutuhkan pula peralatan IED (*Intelligent Electronics Device*) berupa *power meter* untuk pengukuran arus dan tegangan (Budiman, Jupriyadi, and Sunariyo 2021).

## 2.9 PLC (*Programmable Logic Controllers*)

PLC merupakan suatu alat kontrol yang operasionalnya dapat dikendalikan dengan sebuah program yang dimasukkan didalamnya. *Programmable Logic Controllers* (PLC) adalah PC elektronik yang mempunyai kapasitas kontrol untuk berbagai jenis dan tingkat masalah yang berfluktuasi. Arti dari PLC seperti yang ditunjukkan oleh Capiel pada tahun 1982 adalah sistem elektronika yang bekerja dengan hati-hati dan dimaksudkan untuk digunakan dalam kondisi modern, di mana sistem ini menggunakan memori yang dapat deprogram (Khoirurrizal 2021)

Pada dasarnya, di pusat prosesor *Programmable Rationale Regulator* (PLC) ada gambar seperti bermacam-macam *transfer*. Namun, tidak terlalu banyak transfer dalam ukuran kecil, tetapi di dalam PLC terdapat sirkuit elektronik canggih yang dapat digunakan, misalnya, kontak NO dan kontak *hand-off* NC. Perbedaannya dengan *transfer* adalah bahwa satu nomor kontak *hand-off* (NO/NC) yang dapat digunakan pada berbagai kesempatan untuk semua arah dasar intruksi *output*. Dalam pemrograman PLC menggunakan hasil dengan kontak yang sama tidak diperbolehkan.

PLC memiliki *input* dan *output* yang terkait dengan perangkat *eksternal*. *Input* pada PLC biasanya berupa sensor. *Output* pada PLC misalnya adalah motor DC. Bahasa pemrograman yang digunakan untuk mengoperasikan PLC berbeda dengan bahasa pemrograman biasa. Bahasa yang digunakan adalah *Ladder*, yang hanya berisi *input-process output*. Disebut tangga, karena bahasa pemrograman terlihat seperti tangga.

## 2.10 CT (*Current Transformer*)

Menurut (Ilyas and Agassy 2022) trafo Arus berfungsi untuk mentransformasikan arus besar menjadi arus kecil, yang digunakan untuk pengukuran atau proteksi dan juga sebagai isolasi antara sisi tegangan yang diukur atau di proteksi dengan alat ukurnya, selain itu fungsi *current transformer* Sebagai isolasi sirkuit sekunder dari sisi primernya .



**Gambar 2. 42** *Current Trafo*

konstruksi *Current transformer* dengan tipe dua belitan sekunder banyak terpasang pada Jaringan tenaga listrik dari konsumen 125 kV sampai 20 kV dan ditempatkan pada Setiap *current transformer* yang akan diuji kelayakan berdasarkan spesifikasi dan standard kelistrikan dan produsen penyedia energi listrik, maka dari itu perlu di lakukan penelitian dan pengujian laboratorium untuk menentukannya.

## 2.11 KWH Meter

KWh meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur energi listrik yang terpakai. KWh meter diperlukan disetiap rumah, untuk mencatat daya yang terpakai oleh pelanggan. Daya yang dicatat di rumah akan dijadikan sebagai referensi data untuk mengetahui jumlah daya yang dikeluarkan oleh GI namun tidak terkonsumsi oleh pelanggan (Nursyamsa, Rahmat, and Mukhtar 2022).

## 2.12 Sistem *Internet Of Things* (IoT)

Dalam tugas akhir ini menggunakan sistem komunikasi data *wireless* (IoT) untuk menghubungkan pencatatatan data secara otomatis yang dapat diakses dengan menggunakan HP atau PC serta dapat di *export* dalam bentuk excel. Berdasarkan pendapat dari Mahardika Kusumawardhana, Hannats Hanafi Ichsan

and Primananda, 2018 *Internet of Things* (IoT) merupakan konsep komunikasi *machine to machine* atau *machine to application* yang diturunkan dari teknologi *Wireless Sensor network* atau bisa disingkat dengan WSN.

IoT mulai diperkenalkan oleh Kevin Ashton pada tahun 1999. Teknologi *Internet of Things* (IoT) merupakan era baru dalam dunia internet yang dapat digambarkan dengan menghubungkan peralatan elektronik dengan jaringan computer untuk berintraksi dengan *embedded system* (Adriantantri & Dedy irawan, 2019). IoT didasarkan pada perangkat yang menyediakan aktivitas kontrol, penginderaan, aktuasi, dan pemantauan. Perangkat IoT dapat melakukan komunikasi data dengan perangkat dan aplikasi lain yang terhubung, atau mengumpulkan data dari perangkat lain dan memproses data baik secara lokal, mengirim data ke *server* terpusat pada aplikasi berbasis *cloud* untuk memproses data, atau melakukan beberapa tugas lokal dan tugas lain dalam infrastruktur IoT berdasarkan batasan temporal dan ruang (yaitu memori, kemampuan pemrosesan, latensi komunikasi, dan kecepatan, serta tenggat waktu). Perangkat IoT dapat terdiri dari beberapa antarmuka untuk komunikasi ke perangkat lain, baik kabel maupun nirkabel. Ini termasuk (1) antarmuka I/O untuk sensor, (2) antarmuka untuk konektivitas Internet, (3) antarmuka memori dan penyimpanan, dan (4) antarmuka audio/video (Miftahul Walid, Hoiriyah and Fikri, 2022).

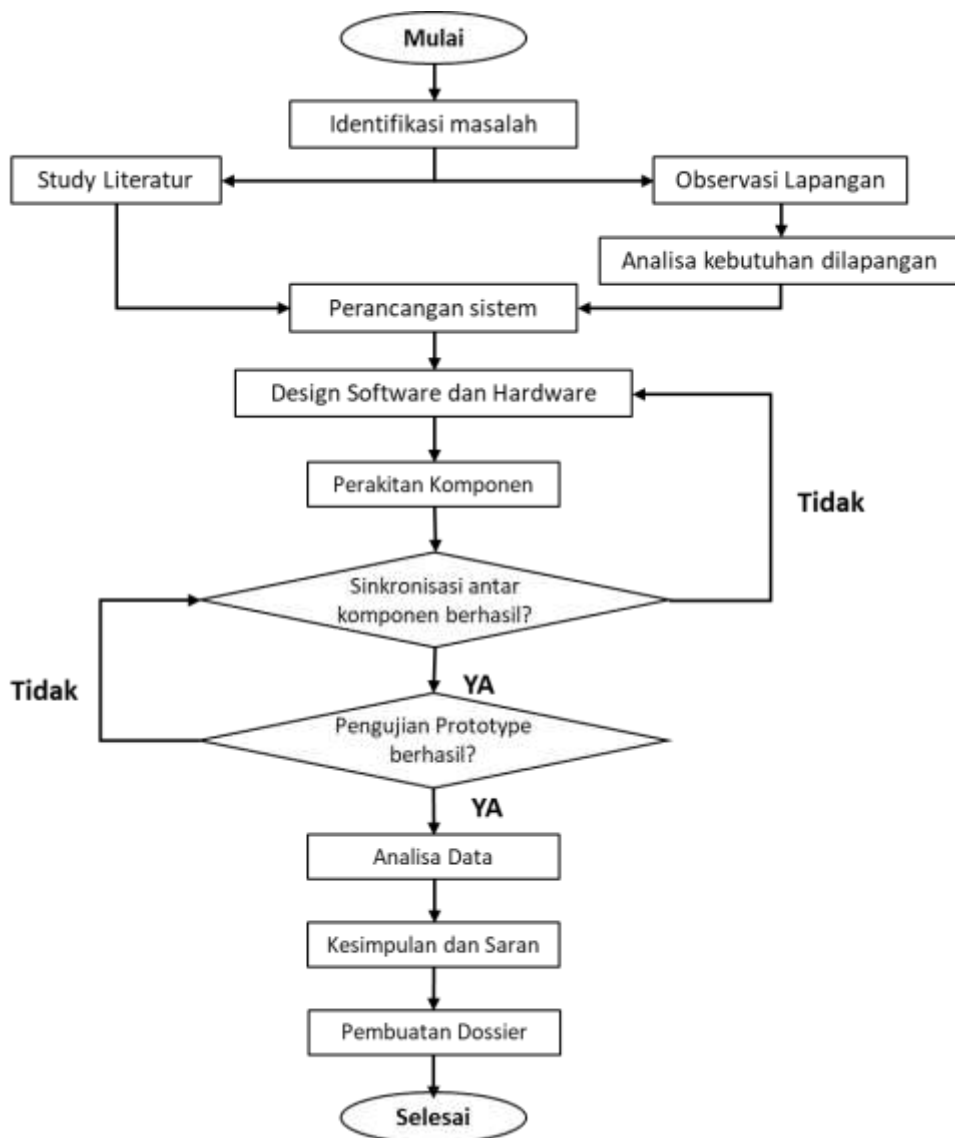
*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Alur Penelitian

Langka-langka pembuatan *prototype* dijabarkan dalam metodologi sehingga proses dari awal sampai *prototype* bisa digunakan tergambar dengan jelas. Gambar 3.1 dibawah ini adalah *flowcart* diagram yang akan dipakai dalam rancang bangun *prototype Smart Panel Shore Connection*.



Gambar 3. 1 Flow chart metodologi

Proses penelitian dimulai dengan tahap indentifikasi masalah. Setelah masalah tersebut telah teridentifikasi, maka tahap selanjutnya adalah melakukan studi literatur dan pararel melakukan observasi ke lapangan untuk mengetahui secara *real* terkait kebutuhan peralatan di lapangan.

Hasil dari studi literatur dan observasi dilapangan digunakan sebagai landasan perancangan sistem. Tahap selanjutnya adalah menganalisa kebutuhan sistem agar dapat mengetahui komponen yang tepat untuk diimplementasikan. Lalu hasil dari analisa tersebut digunakan untuk landasan pembuatan desain dan perancangan sistem serta digunakan untuk perancangan perangkat *hardware* dan *software*.

Setelah perancangan selesai, maka tahap selanjutnya adalah pembuatan alat dan setelah itu dilakukan sinkronisasi alat sehingga tahap pengujian alat dapat dilakukan. Jika tahap pengujian alat berhasil maka dilanjutkan dengan analisa data dan pembuatan dossier. Akan tetapi apabila tahap pengujian sistem yang dilakukan masih terjadi deviasai, maka perlu dilakukan pemeriksaan ulang dan perbaikan pada perancangan *hardware* dan *software*.

### **3.2 Tahap Identifikasi Masalah**

Tahapan awal dalam penelitian dan rancang bangun *prototype Smart Panel Shore Connection* adalah indentifikasi masalah. Tahapan ini Tahap bertujuan untuk menemukan masalah-masalah dan menetapkan manasaja yang bisa dianalisa. Pada Tugas Akhi ini, memilih operasi perkapalan dan kepelabuhanan di PT. Pertamina Hulu Mahakam. Area pelabuhan Handil II Base dan *Watch Dog Mooring point* di CPU (*Central Processing Area*) menjadi lokasi yang di observasi. Untuk jenis kapal yang diteliti adalah TB (*Tug Boat*), UB (*Utility Boat*), LCT (*Landing Craft Transport*), AHT (*Anchor Handling Tug*), dan AHTS (*Anchor Handling Tug Supply*).

Di area Handil II dan CPU PT. Pertamina Hulu Mahakam mempunyai sisa energi listrik yang tidak digunakan. Sisa energi listrik ini didapat dari tidak terpakainya semua *output* generator dari turbine gas. Gas turbine generator dinyatakan sudah full load jika sudah mencapai 80% maksimum rate daya.

Maka dari itu peneliti mempunyai ide untuk memanfaatkan sisa energi listrik tersebut untuk dijadikan sumber energi saat kapal bersandar dengan menggunakan *Smart Panel Shore Connection* (SPSC). Dengan adanya SPSC ini juga sekaligus merupakan upaya penghematan BBM.

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah diuraikan di atas, terdapat beberapa perumusan masalah yang menjadi tujuan utama dalam penelitian tugas akhir ini. Rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini berkaitan dengan bagaimana membuat sistem yang dapat digunakan untuk memanfaatkan energi listrik sisa di Pelabuhan PT. Pertamina serta rumusan masalah yang lain adalah bagaimana cara agar dapat memonitoring penggunaan konsumsi daya listrik yang digunakan saat kapal berlabuh.

### **3.3 Studi Literatur**

Tahap studi literatur adalah tahap dalam mengkaji beberapa literasi dan teori-teori penunjang yang digunakan untuk memperdalam dan memperkuat gagasan dari pemahaman konsep dan teori. Bahan yang dapat digunakan sebagai referensi berupa buku, jurnal, internet maupun kejadian secara langsung di lokasi.

Mengingat penelitian yang dilakukan dan *prototype* yang akan dibuat direncanakan untuk penerapan di area perusahaan Migas dan di Kapal yang diregisterkan ke class BKI maka harus menggunakan dokumen referensi dari perusahaan Migas dan juga referensi dari class BKI. Dokumen referensi yang digunakan pada rancang bangun Smart Panel Ship Shore Connection ini ada dua, yaitu:

1. Electrical *Power* Generation, Training Manual, Course EXP-MN-SE060-EN, TOTAL SA
2. Vol. IV. Rule for Electrical Installations, part1 Seagoing ship, Consolidated Edition 2022, BKI.

Selain dokumen-dokumen diatas, juga dipelajari beberapa teory dan data sheet terkait fungsi dan instalasi beberapa komponen terkait, yaitu PLC (*Programable Logic Controller*), HMI (*Human Machine Interface*), IoT (*Internet of Think*), PFR (*Phase Failure Relay*), Synchronoscope dan lainnya.

### 3.4 Observasi Lapangan

Sejalan dengan studi letaratur diatas, dilakukan tahapan observasi lapangan. Kunjungan lapangan telah dilakukan pada kapal tug boat MRP 19, yang bertugas sebagai kapal *Watch Dog* di daerah Production plant CPU (*Central Proccesing Area*). Kapal ini berfungsi sebagai Penjaga fasilitas produksi terhadap kapal – kapal yang melintasi perairan di depannya, Sehingga jika terjadi pergerakan kapal yang tidak terkontrol yang bisa membahayakan fasialitas produksi bisa dihindari.



**Gambar 3. 2** Panel listrik *shore connection* di kapal MRP 19

Pada gambar 3.2 diatas dan gambar 3.3 dibawah, adalah merupakan panel listrik MSB (*Main Swith Board*). Panel MSB ini mengambil daya listrik dari pembangkit dan menyalurkan / membaginya ke beban beban yang memerlukan energy listrik di kapal. Pada panel terpasang alat pengukuran Voltmeter dan Ampermeter analog. Untuk pengukuran untuk *Frequency* (Hz) dan *Energy* (kwh) masih belum tersedia. Beban dibagi beberapa group dan untuk mengatur pengisian daya listrik menggunakan kontaktor yang di *trigger* menggunakan tombol *push button*. Terpasang juga lampu indicator sebagai penanda *Power On / Off* di setiap group beban.



**Gambar 3. 3** Panel listrik shore connection di kapal MRP 19

Panel MSB di kapal Tug boat MRP 19 sudah dilengkapi perangkat *power shore connection*. Pengoperasian perangkat *power shore connection* pada panel MSB ini masih secara manual, yaitu dengan memutar *selector switch* dipintu panel (Gambar 3.4). Dengan design panel seperti ini, saat switching / perpindahan dari Generator AE 1 ke Generator AE 2 saat *sea going*, dari PLN ke Generator AE ataupun sebaliknya saat berlabuh, maka yang akan terjadi adalah pemadaman listrik sesaat.



**Gambar 3. 4** Selector Swith Generator AE 1, AE 2 dan *Power Darat*



**Gambar 3. 5** MCCB terhubung ke Kontaktor

Pada panel pintu, disediakan selector switch (gambar. 3.4), untuk pilihan sumber listrik mana yang akan digunakan. Ada tiga pilihan yang disediakan, yaitu: Generator AE 1, Generator AE 2, dan *Power* Listrik dari darat. *Selector switch* ini dihubungkan ke Kontaktor (gambar 3.5) yang secara seri terhubung ke MCCB 3 fasa sebagai pengaman ke masing masing beban.

### **3.5 Analisa Kebutuhan Lapangan**

Pada saat tahapan observasi lapangan, dikumpulkan data-data dan usulan-usulan untuk perbaikan operasi. Kemudian dianalisa dan ditentukan solusi apa yang terbaik untuk perbaikan operasi tersebut. Beberapa temuan yang menjadi kendala dilapangan antara lain:

1. Waktu penyambungan *power shore connection* yang membutuhkan waktu lama jika dilakukan secara konvensional.
2. Dibutuhkan sistem yang PnP (plug and play) sehingga kecepatan operasi kapal untuk proses bongkar muat dipelabuhan tidak terganggu.
3. kapal-kapal dengan DWT kecil tidak dilengkapi monitoring konsumsi daya listrik, baik yang real time maupun tercatat.
4. panel MSB kapal tidak dilengkapi frequency meter untuk sinkronisasi
5. dari interview, crew member untuk pengoperasian panel MSB dan generator AE bukan lulusan dari Teknik Listrik.

sehingga mempertimbangkan kondisi diatas, dengan mereview kondisi dilapangan dan studi awal dari literatur maka akan dirancang dan dibangun sebuah *prototype Smart Panel Ship Shore Connection* dengan monitoring jarak jauh via IoT.

Sebelum melakukan perancangan sistem, dilakukan survey lanjutan lebih detail ke lokasi / tempat / kapal, dimana peralatan yang akan dibuat dipasang. Sehingga survey lanjutan dilakukan ke daerah Pelabuhan dan Kapal. Dari survei tersebut, diperoleh informasi bahwa sesuai penempatannya: Panen listrik *Shore connection* bisa dibagi 2, yaitu di darat dalam area Pelabuhan dan di dalam kapal terhubung dengan MSB.

Pada Pelabuhan komersial, panel *shore connection* di darat digunakan untuk mengirimkan energi listrik ke kapal, sehingga fungsi panel ini harus mampu memberikan data berapa besar energi listrik yang dikirimkan ke kapal. Dengan jumlah energi listrik yang tercatat, maka pihak Pelabuhan bisa menagihkan besaran rupiah Kwh yang sudah dikonsumsi oleh kapal saat sandar.

Untuk panel *shore connection* yang ditempatkan di dalam kapal, maka panel ini akan diletakan berdampingan dengan MSB. Panel ini akan berfungsi untuk menerima energi listrik PLN dan menghubungkannya ke MSB.

Pada penelitian Tugas Akhir ini dipilih panel *shore connection* yang diletakan di dalam ruang mesin kapal yang terhubung dengan MSB. *Supply* pertama adalah 3 phase tegangan 380 Volt dari PLN dan *supply* ke dua tegangan 380 3 phase dari Generator listrik AE. Untuk itu dilakukan kunjungan lapangan ke kapal yang memiliki panel yang sudah diset up permanen untuk bisa terhubung dengan sumber listrik PLN di darat.

### **3.6 Perancangan Sistem**

Tahap selanjutnya perancangan sistem. Pada tahap ini dilakukan pembuatan blok kerja sistem secara umum *prototype* peralatan yang akan dibuat. Secara paralel dianalisa kebutuhan komponen apa saja. adanya tahap ini diharapkan agar dapat membangun sistem yang sesuai dengan memperhatikan komponen penyusun.

### 3.7 Perancangan *Hardware* dan *Software*

Tahap selanjutnya adalah perancangan *hardware*. Pada tahap ini terdapat beberapa komponen yang akan digunakan. Tujuan dari adanya tahap perancangan *hardware* adalah untuk menunjang kinerja sistem yang akan dibuat. Beberapa *hardware* yang akan digunakan pada *prototype smart panel ship shore connection* tertera pada Gambar 3.6 dibawah ini.



**Gambar 3. 6** Perancangan *Hardware*

Dalam perancangan *hardware* terdapat tiga komponen utama yaitu *input*, *controller*, dan *output*. Yang termasuk ke dalam komponen *input* antara lain: MCCB, selector switch, PFR, Synchronoscope dan HMI sebagai interface. Controllernya adalah PLC M221 Schneider dan HMI sebagai interface dan untuk *outputnya* adalah *Relay*.

Perancangan *software* adalah tahap merancang program pada masing-masing *software* yang digunakan, tujuannya adalah untuk menunjang jalannya sistem. Pemrograman PLC menggunakan *Software* SoMachine Basic dan untuk desain HMI menggunakan GP Editor. Sedangkan untuk *coding* pada dashboard IoT menggunakan *Arduino Software*. *Software-software* ini kita simpan di alamat tertera pada lampiran 8.



### **3.8 Perakitan Komponen**

Setelah melakukan perancangan *hardware* dan *software*, maka tahap selanjutnya adalah melakukan perakitan komponen sesuai rancangan *hardware*, baik pada bagian *power* distribution dan kontrol sistemnya. Pemasangan komponen-komponen tersebut harus dilakukan sesuai dengan design panel bagian dalam dan luarnya (pintu panel)

### **3.9 Sinkronisasi Alat**

Tahap sinkronisasi adalah tahap dimana kerja semua komponen selaras dan komunikasi antara satu komponen dengan komponen lainnya dapat berjalan dengan lancar. Tahapan ini harus diawali dengan pengujian fungsi atau pengukuran tiap tiap individu komponen, sehingga bisa diketahui bahwa komponen terpasang tidak ada kerusakan. Jika pada tahapan ini kerja sistem kontrol dan distribusi tidak seperti yang diinginkan maka dilakukan revisi pada *design hardware* dan *software*. Jika pada tahapan ini, kerja sistem kontrol dan distribusi *power* nya sudah seperti yang diinginkan maka dilanjutkan ke tahap pengujian *prototype*.

### **3.10 Pengujian *Prototype***

Dalam tahap ini dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan. Pengujian sistem mempunyai tujuan untuk mengetahui kinerja dari sistem secara keseluruhan, baik dari sisi *hardware* maupun sisi *software* yang telah dibuat.

Pengujian sistem pada *prototype* dilakukan melalui cara simulasi dengan sumber listrik dan beban yang similar dengan kondisi *real*. Pengujian sistem akan dilakukan di kampus PPNS dengan menggunakan 2 genset 3 fasa dengan kapasitas sama yang dilengkapi panel dengan regulator tegangan serta frequency dan sumber listrik PLN 3 fasa dengan beban 2 unit motor 3 fase 4 kW dan 5.5 kW. Pengujiannya dilakukan terhadap beberapa kondisi sebagai berikut:

1. Frekuensi beda dibawah 1% dan tegangan beda dibawah 1%
2. Frekuensi beda diatas 1% dan tegangan beda diatas 5%
3. Frekuensi sama dan tegangan beda 5 volt
4. Frekuensi sama dan tegangan beda 3 volt

### 3.11 Analisa Data

Data hasil dari pengujian pada bagian 3.10, kemudian dilakukan analisa. Analisa yang dilakukan dititik beratkan pada:

1. efek perbedaan tegangan terhadap terhadap proses sinkronisasi
2. perbedaan frequency terhadap proses sinkronisasi
3. waktu proses sincronisasi dalam sistem kontrol.
4. waktu pemasangan koneksi shore connection darat ke kapal saat kapal sudah sandar aman

### 3.12 Kesimpulan dan Saran Serta Dossier

Dari pengujian bagian 3.10 dan analisa data 3.11, bisa ditarik kesimpulan terhadap *prototype* Smart Panel Ship Shore Connection dan juga saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.

Untuk pengoperasian peralatan dan pengembangan *prototype* maka diperlukan dossier yang menyimpan semua dokumen, gambar, *software* dan data sheet komponen.

### 3.13 Diagram Blok Sistem

Dari visit kondisi aktual di lapangan, diketahui jika ada kondisi operasi yang saat ini bisa diperbaiki, sehingga konsep *Smart Panel Shore Connection* menjadi solusinya. Kondisi tersebut diantaranya adalah:

1. Tidak terjadi pemadaman listrik sesat Ketika *switching* dari 1 sumber listrik ke lainnya.
2. Frekuensi dan Energy listrik terpakai dapat ditampilkan.
3. System monitoring pengukuran listrik yang dapat ditampilkan dari jarak jauh, IoT
4. HMI, untuk mempermudah pengoperasian oleh ABK.

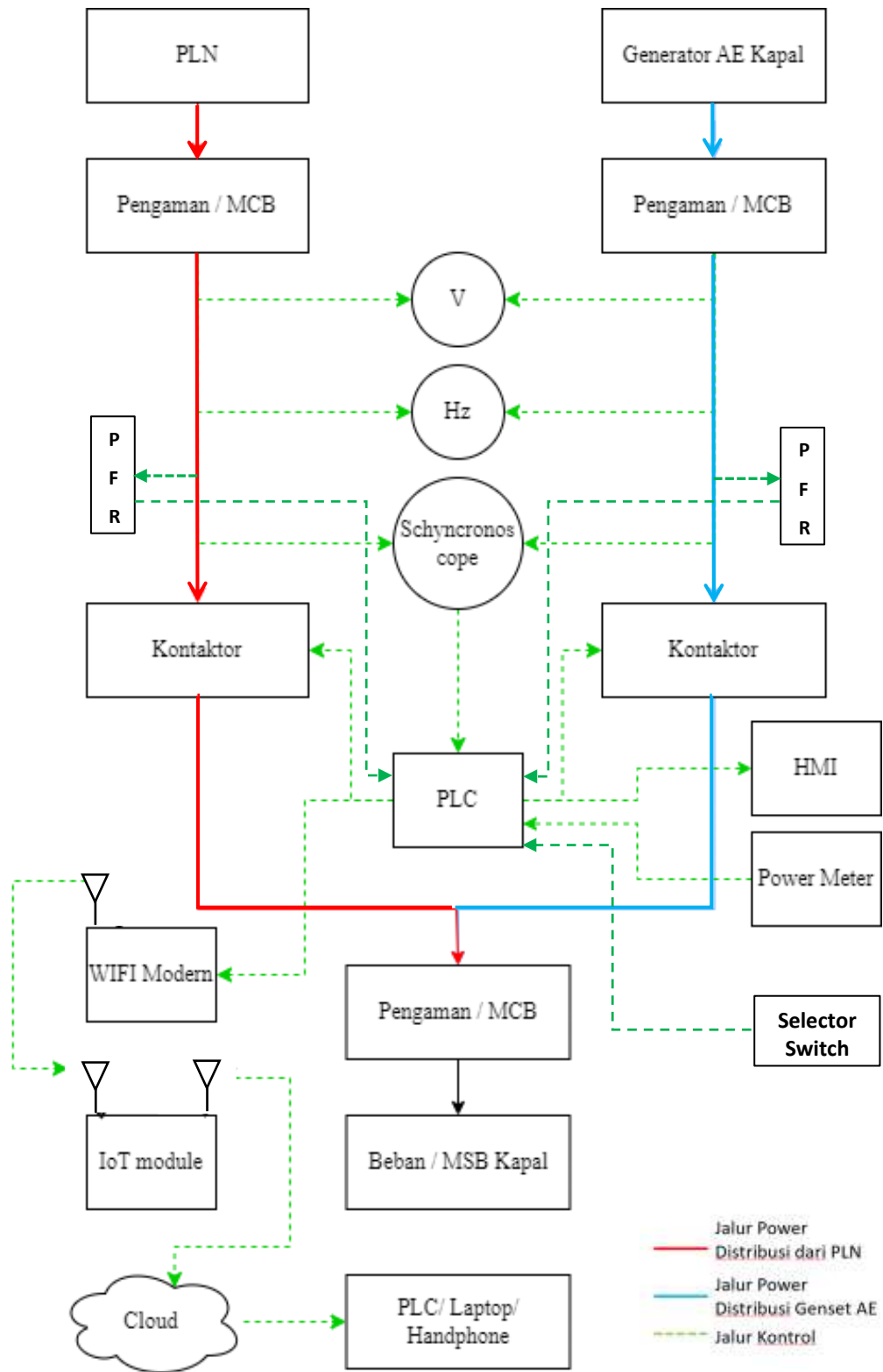
Yang pertama adalah perencanaan sistem dengan membuat diagram block systemnya terlebih dahulu. Diagram block yang di buat harus sedetail mungkin dan

terperinci. Hal ini sangat membantu untuk menentukan tingkat keberhasilan alat yang dibuat.

Untuk menentukan agar diagram blok system ini bisa dibuat dengan benar, perlu ditentukan apa saja target yang diharapkan bisa diperoleh dari panel yang akan dibuat. Dengan melihat latar belakang masalah yang terjadi dan hasil kunjungan lapangan, maka target solusi yang bisa dihasilkan dari panel ini adalah:

1. Panel mampu men sinkronisasi sumber listrik PLN dan Generator AE.
2. Saat sumber listrik dari PLN mau masuk, generator AE tidak perlu mati. Sehingga operasi yang sedang berlangsung dikapal yang memerlukan energy listrik tidak terganggu.
3. Saat kapal akan berangkat dari Pelabuhan, maka Generator AE akan masuk. Frekuensi Generator AE akan di sinkronisasikan dengan PLN, sehingga aliran listrik ke beban tatap mengalir dan tidak terganggu
4. Panel yang dapat menampilkan nilai nilai kelistrikan baik secara analog dan digital
5. Panel yang memiliki kontrol *touch screen* (HMI) sehingga ABK dapat langsung memerintahkan energy listrik ke dua bisa terhubung saat semua parameter Schyncronisasinya terpenhuni.
6. Panel yang mampu mengirimkan data data kelistrikan secara wireless sehingga proses yang terjadi dalam panel dapat dimonitor jarak jauh melalui IoT system.
7. Penyambungan / pelepasan PLN dari kapal dengan menggunakan shocket 3 phase stop kontak sehingga mempercepat pekerjaan operasi shore connection.
8. Penel dilengkapi pengaman terhadap beban lebih yang standart
9. Dilengkapi pula *emergency shut down system*

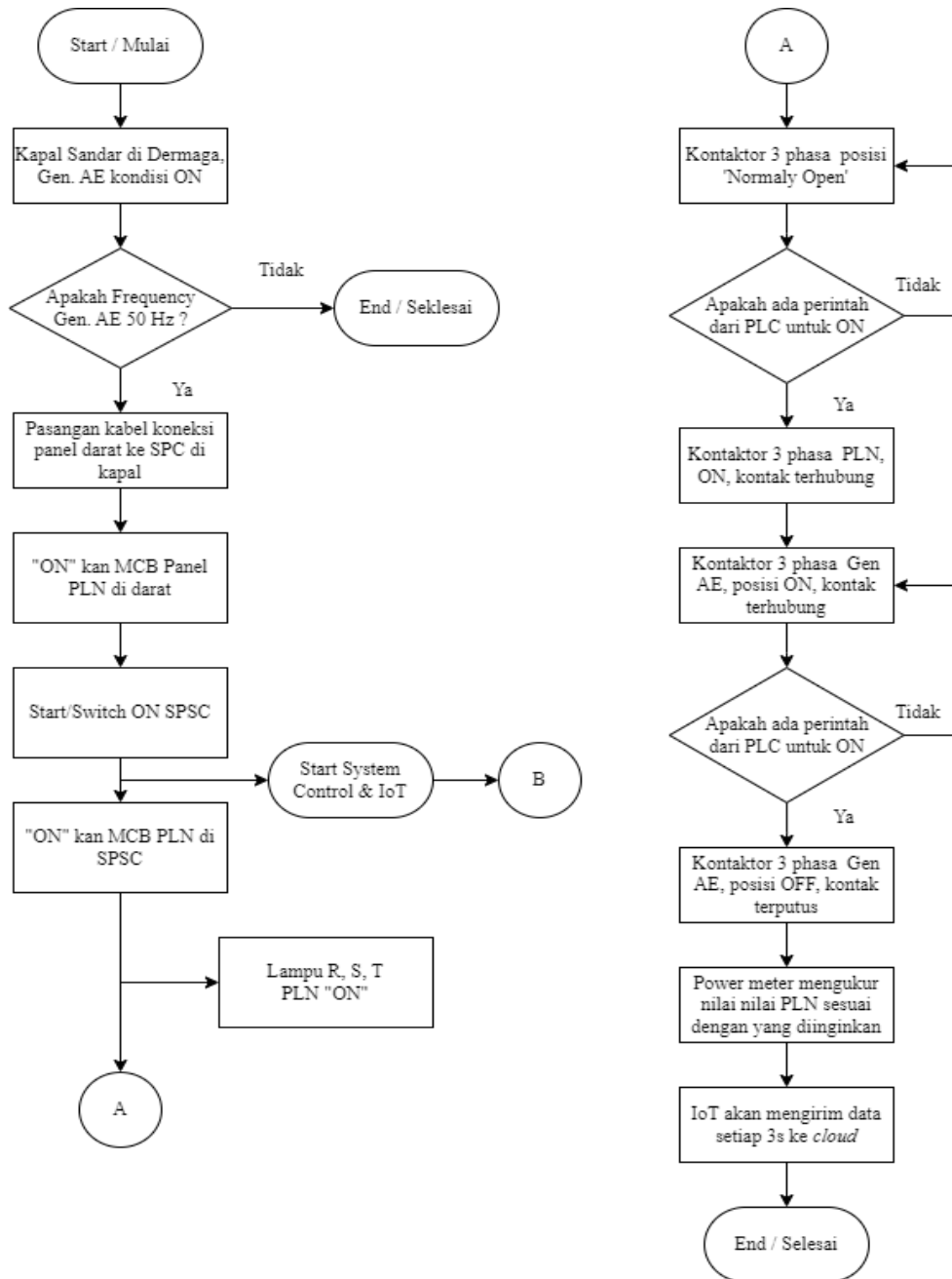
Gambar. 3.7 Block diagram berikut ini akan memberikan penjelasan sistem dalam panel secara umum, sehingga target diatas dapat tercapai.



**Gambar 3. 7** Blok Diagram *Power* Distribusi dan Kontrol

### 3.14 Flowchart Rencana Kerja Sistem

Selanjutnya adalah membuat perencanaan kerja system. Untuk mempermudah dipahami system kerja dari *smart panel shore connection*, maka dibuat dalam bentuk *flowchart*. Gambar 3.8 menjelaskan tentang *flowchart* tersebut.



Gambar 3.8 Flowchart Kerja Sistem

Penjelasan *flowchart* sistem pada gambar 3.8, Pada saat kapal sandar di dermaga, kondisi Generator AE ON untuk mensuplai energi listrik di kapal. Langkah-langka dari sistem yang dibuat:

1. Check nilai frekuensi Generator AE di kapal.
2. Jika frekuensi listrik di Generator AE Kapal 50 Hz, maka lanjutkan ke proses berikutnya (langkah ke 4).
3. Jika frekuensi listrik di Generator AE Kapal 60 Hz, maka *stop*. Karena pada penelitain TA ini sumber PLN dengan *output* dari panel di darat ditentukan pada 50 Hz.
4. Persiapan *supply* PLN dengan memasang kabel dari panel listrik PLN di darat menuju *smart panel shore connection* di kapal.
5. Aktivasi pada panel listrik di darat, MCB di 'ON' kan. Maka energi listrik PLN akan mengalir ke dalam panel sampai MCB PLN (posisi *input*)
6. START / swtich 'ON' kan *smart panel shore connection* sehingga mengaktifkan kontrol sistem (PLC, HMI) dan *reading & monitoring system* (IoT module, Schynronoscope, *Power Meter*)
7. 'ON' kan MCB PLN sehingga ada aliran energy listrik PLN sampai ke Kontaktor.
8. Kontaktor hanya akan aktif jika mendapat perintah dari PLC yang terlebih dahulu sudah mendapatkan *input* 'ON' dari beberapa parameter yang diukur.
9. Jika sudah mendapatkan perintah On dari PLC, maka kontak NO pada PLC akan menghubungkan listrik PLN dengan Listrik Generator AE untuk sama sama mengisi ke beban.
10. Selang 5 detik, PLC akan memerintahkan kontaktot di lajur generator AE untuk OFF, sehingga kontak NO menjadi terputus dan aliran listrik dari Generator terputus ke beban.
11. *Power meter* mengukur V, I, kV, kW, dan lain lain.
12. IoT mentransmisikan nilai nilai pengukuran ke *cloud* sehingga kita bisa mengakses untuk memonitor nilai kelistrikan melalui WEB basis dan aplikasi.
13. Jika Kapal selesai sandar dan akan berangkat, maka tahapan tahapan diatas akan dilakukan, namun kali ini sumber listrik yang akan masuk dari Generator AE.
14. Selesai.

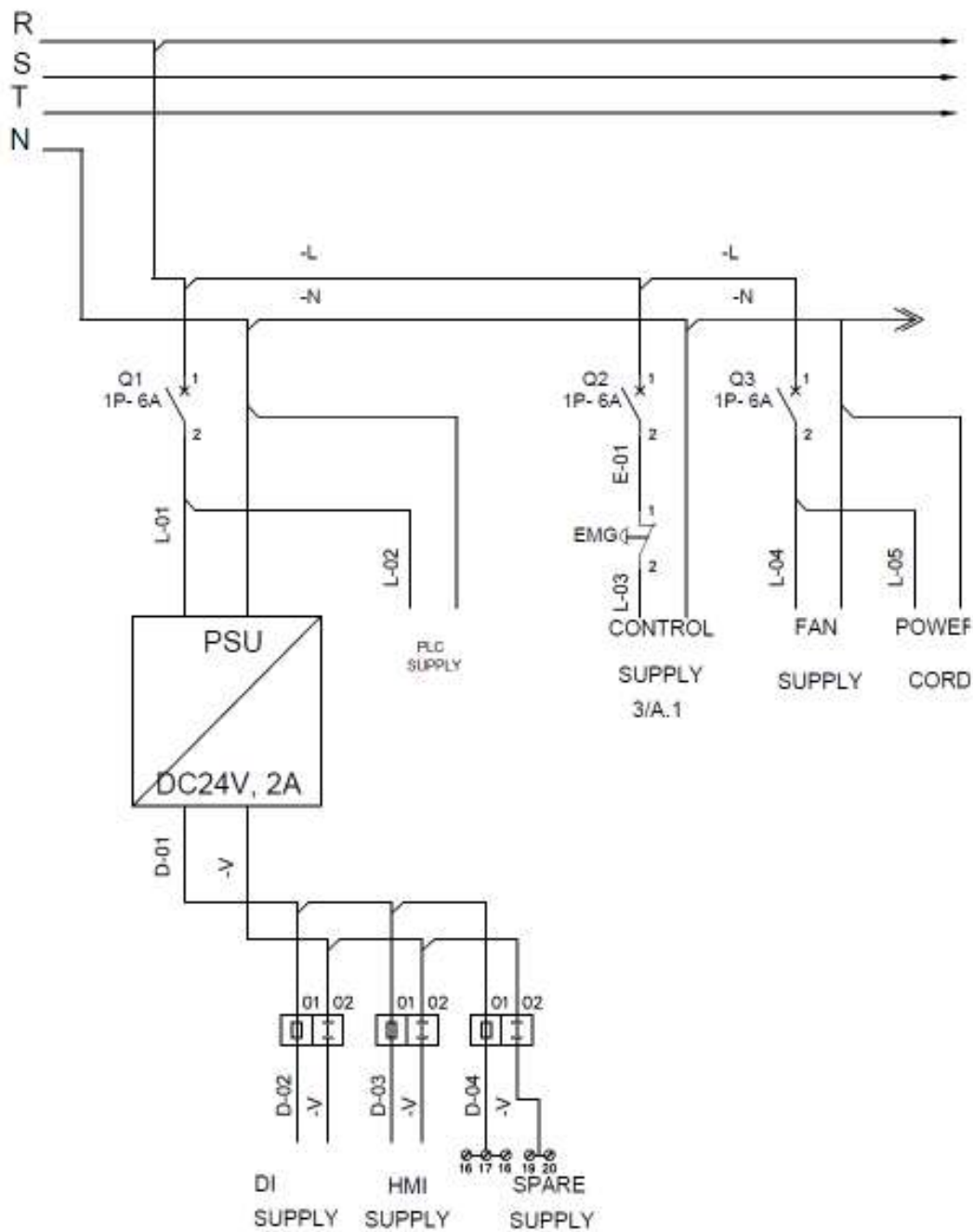
### 3.15 Perancangan *Wiring Diagram* Komponen

Perancangan *wiring* komponen pada tugas akhir ini berfungsi sebagai gambar untuk perakit menempatkan / menghubungkan antar komponen. Selain itu juga untuk mempermudah dalam pengecekan, perawatan dan perbaikan pada rangkaian *smart panel shore connection*. Dalam perancangannya *wiring diagram* komponen yang digunakan dibagi menjadi 5 gambar *wiring* yakni:

1. *Wiring Diagram perangkat 24 Volt DC*
2. *Wiring Diagram PLC Head*
3. *Wiring Diagram Power Control System*
4. *Wiring Diagram sisi PLN,*
5. *Wiring Diagram sisi Generator AE*
6. *Wiring Diagram sisi Beban dan Power Meter.*
7. *Wiring Diagram Metering, Relay Pengaman dan Synchronoscope*
8. *Wiring Diagram Power Distribution*
9. *Design Layout Penempatan Komponen*
10. *Design Panel Tampak*

### 3.16 *Wiring Diagram* Komponen *Power Supply DC*

Dibawah ini gambar 3.9 adalah gambar *wiring diagram* komponen *power supply DC* yang untuk komponen didalam panel yang membutuhkan tegangan 24 Vold DC. Pada *wiring diagram*, terdapat PSU (*Power Supply Unit*) yang berfungsi sebagai pengubah dari tegangan listrik AC (*Alternating Current*) menjadi tegangan (*Direct Current*). Sumber AC yaitu sumber tegangan bolak balik sedangkan sumber DC yaitu sumber tegangan searah, yang kemudian dijadikan *input* sistem di PLC dan *power* untuk HMI.

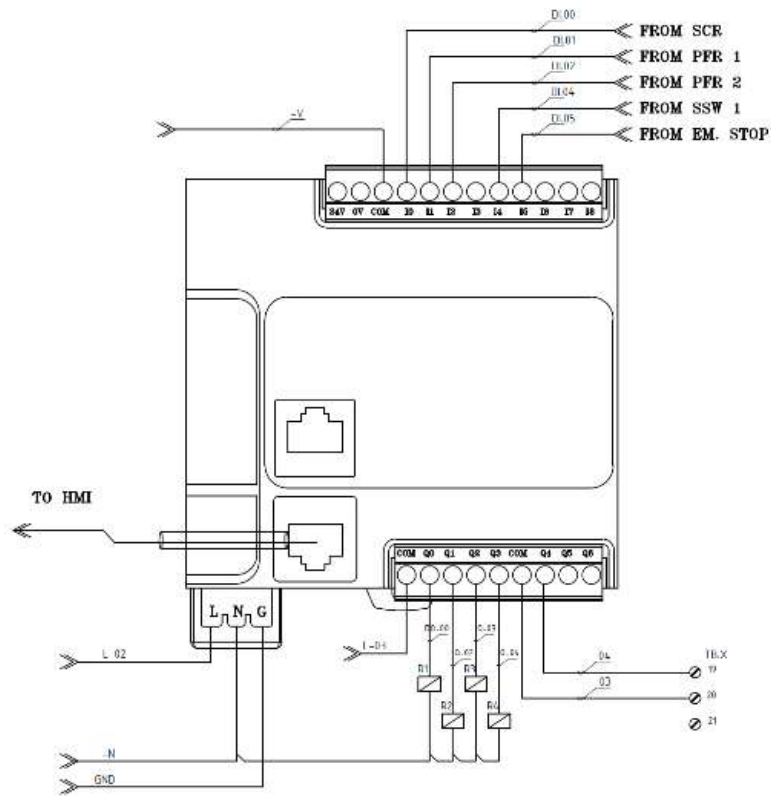


Gambar 3. 9 Wiring Diagram Power Supply DC

### 3.17 Wiring Diagram perangkat 24 Volt DC

Berikut merupakan gambar 3.10 *wiring diagram* PLC Head yang akan digunakan pada penelitian Tugas Akhir ini. Pada gambar berikut dapat dilihat pin *input* dan *output* PLC yang akan digunakan. Sistem PLC ini akan menghubungkan dengan sistem HMI untuk memonitoring beberapa parameter.

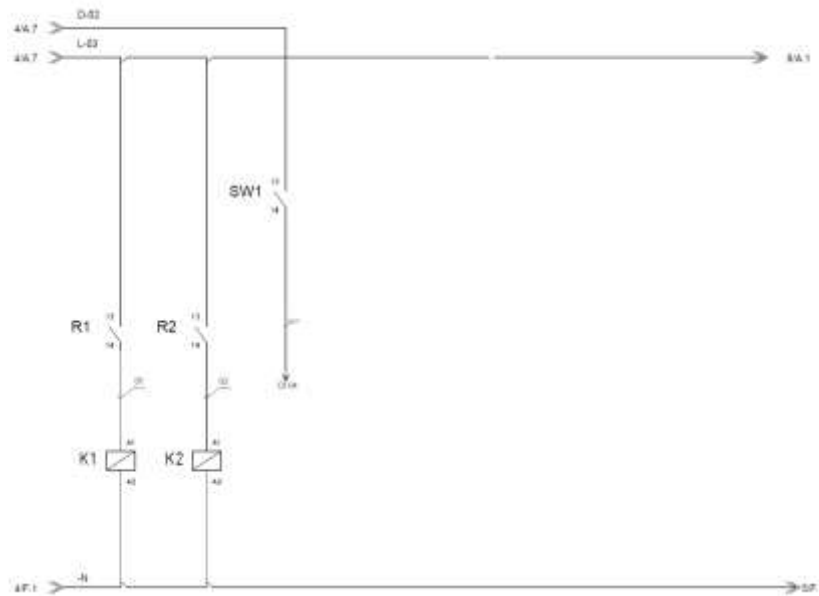




Gambar 3. 10 WiringDiagram PLC Head

### 3.18 Wiring Diagram Power Control System

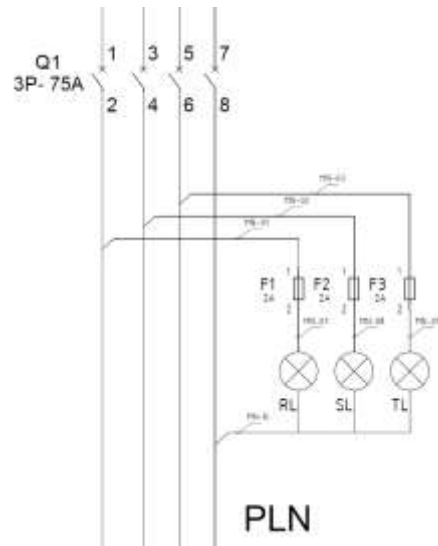
Berikut merupakan *wiring diagram power control system* yang akan digunakan pada Tugas Akhir ini.



Gambar 3. 11 Diagram Power Control System

### 3.19 Wiring Diagram Power sisi PLN

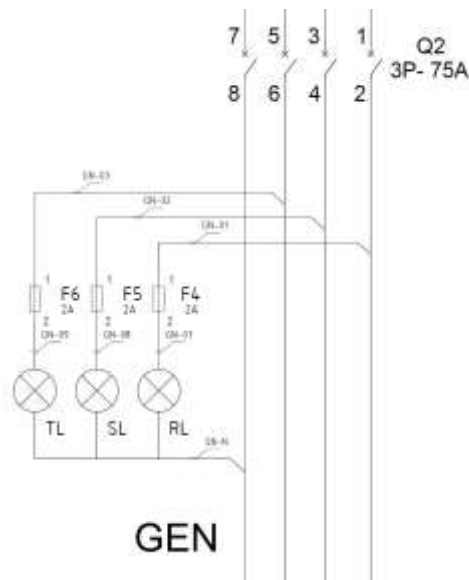
Berikut merupakan *wiring diagram* sisi PLN yang akan digunakan pada Tugas Akhir ini. Pada sumber PLN nantinya dapat melakukan sinkronisasi dengan sumber generator.



Gambar 3. 12 Wiring Diagram Sisi PLN

### 3.20 Wiring Diagram Power sisi Generator AE

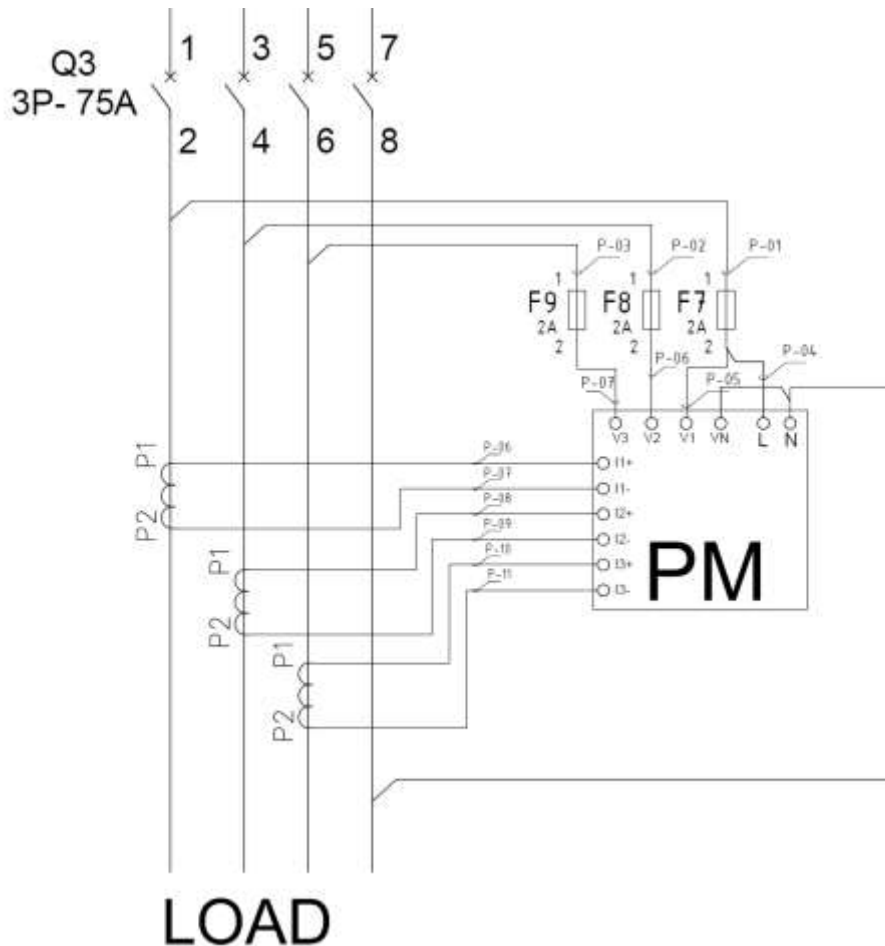
Berikut merupakan *wiring diagram* dengan menggunakan sumber dari generator AE kapal yang akan di *synchronizing* dengan sumber dari PLN.



Gambar 3. 13 Wiring Diagram dari Sisi Generator AE

### 3.21 Wiring Diagram sisi Beban dan Power Meter.

Pada *wiring diagram* sisi beban dan power meter telah dijelaskan *input* dan *output* dari power meter yang akan digunakan. Pin *input* dan *output* yang digunakan dapat dilihat dari gambar *wiring diagram* dibawah ini



Gambar 3. 14 Wiring Diagram Sisi Beban dan Power Meter

### 3.22 Wiring Diagram Metering, Relay Pengaman dan Synchronoscope

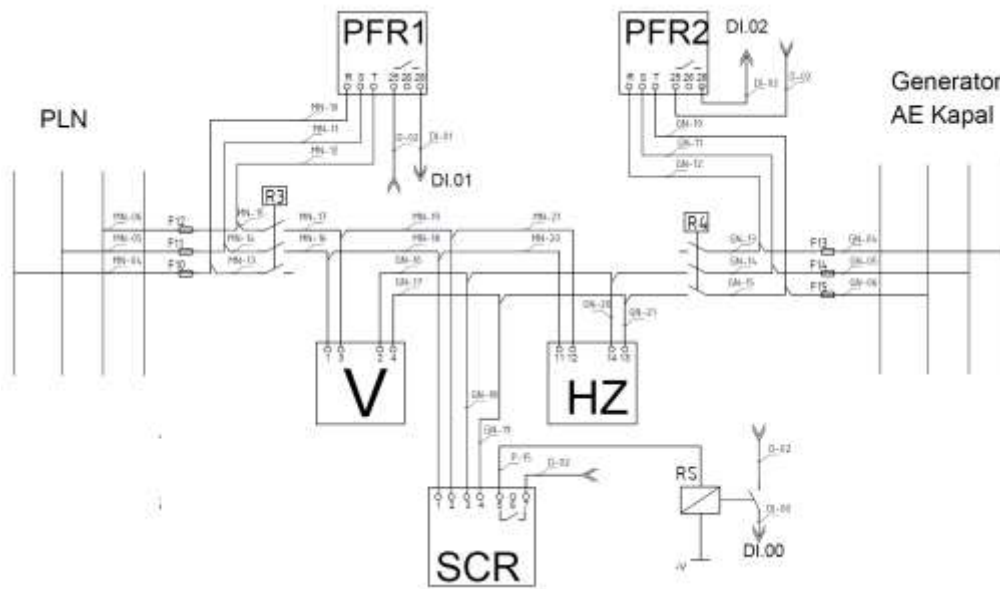
Gambar berikut merupakan *wiring diagram* dari sistem panel yang akan dibuat. Pada gambar tersebut terlihat bahwa terdapat dua sumber yakni berasal dari PLN dan Generator. *Relay* pengaman PFR (*Phase Failure Relay*) dipasang masing masing untuk mendeteksi urutan fase dari sumber tenaga listrik dari darat dan untuk mendeteksi urutan fase pada *output* generator AE kapal.

Jika terdeteksi urutan fase pada sisi sumber listrik di darat salah atau terbalik maka *relay* di PFR 1 tidak aktif. Namun jika urutan fasenya benar maka PFR 1 akan mengaktifkan *relay*. *Relay* ini terhubung ke PLC sebagai *digital Input* di sisi sumber listrik darat.

Jika terdeteksi urutan fase pada sisi generator AE salah atau terbalik maka *relay* di PFR 2 tidak aktif. Namun jika urutan fasenya benar maka PFR 2 akan mengaktifkan *relay*. *Relay* ini terhubung ke PLC sebagai *Digital Input* di sisi generator AE kapal.

Dual *voltage* meter dipasang untuk mengukur tegangan di sisi sumber listrik darat dan dari sisi sumber listrik AE kapal. *Dual Frequency* meter dipasang untuk mengukur frekuensi di sisi sumber listrik darat dan dari sisi sumber listrik AE kapal.

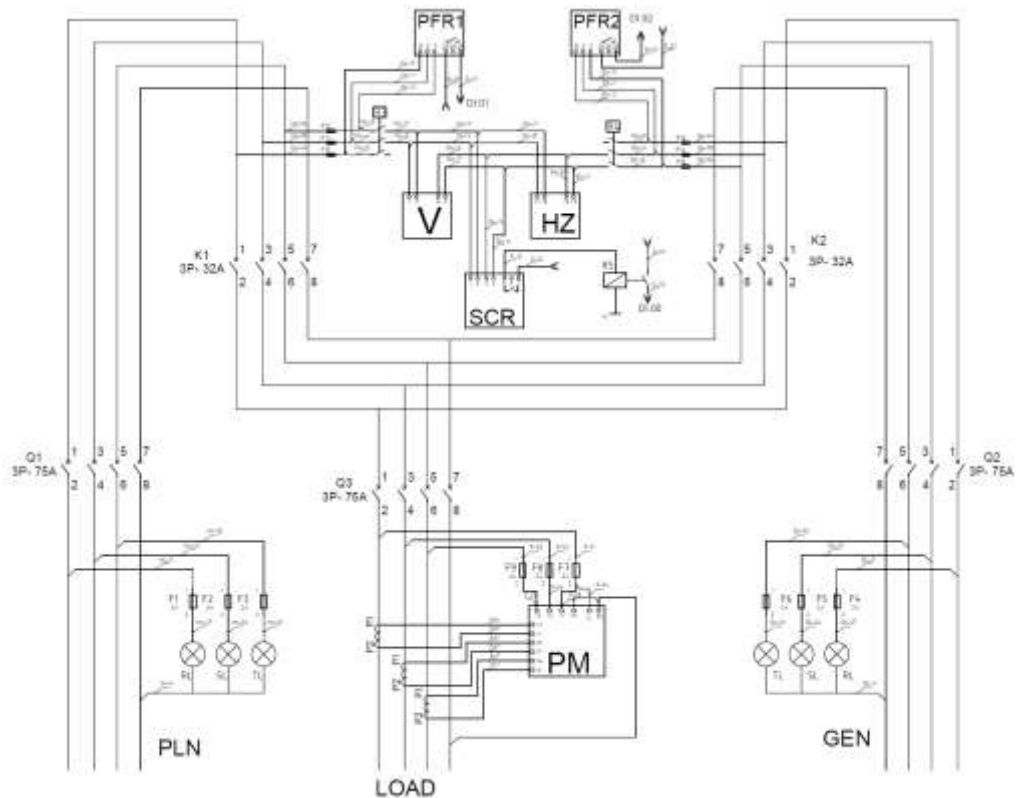
Sebuah *synchronoscope* dipasang untuk mendeteksi apakah frekuensi dan tegangan pada kedua sumber sudah sesuai dengan parameter *syncro*. Jika sudah sesuai maka peralatan ini akan mengaktifkan *relay* nya sebagai *Digital input* untuk PLC.



**Gambar 3. 15** Wiring Diagram Metering, Relay, Pengaman, dan Synchronoscope

### 3.23 Wiring Diagram Power Distribution

Berikut merupakan gambar *wiring diagram power distribution* yang akan digunakan sebagai acuan untuk pembuatan panel. Pada gambar dibawah ini telah dijelaskan susunan distribusi dengan dilengkapi *wiring* tiap komponen.



**Gambar 3. 16** Wiring Diagram Power Distribution

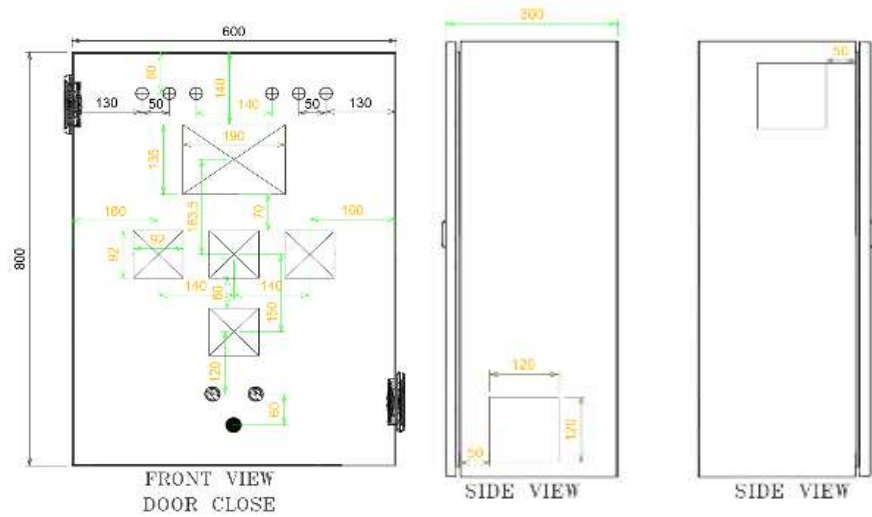
Gambar detail A3 ada pada halaman lampiran.

### 3.24 Layout Penempatan Komponen

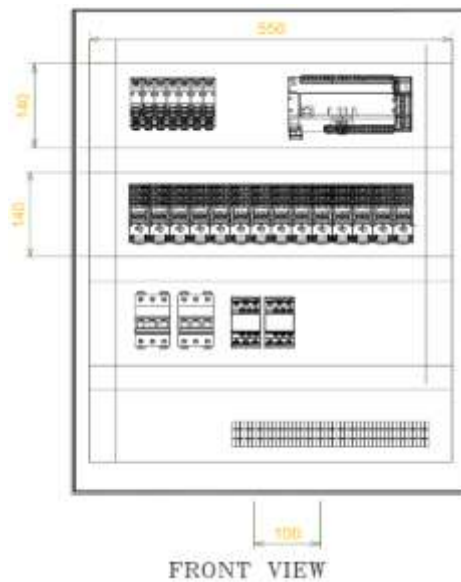
Pada tahap selanjutnya adalah perancangan board komponen yang berfungsi agar letak komponen dan ukuran jarak antar komponen dapat sesuai saat menempelkan alat pada *space board* serta sesuai dengan alur kerja sistem. Perancangan ini menggunakan bantuan *software Autocad*. Dalam desain tersebut terdapat beberapa komponen dengan ukuran skala yang telah sesuai dengan ukuran sebenarnya seperti PLC schneider M221, *Power supply*, *Terminal block*, *relay*, *phase failure relay* dan *stopper* untuk pembatas setiap komponen.

### 3.25 Design Panel Tampak Depan dan Samping

Selanjutnya adalah design tampak depan dan samping yang ditunjukkan oleh gambar 3.18, dimana box panel akan dibuat lubang untuk penempatan komponen di pintu dan bodi samping.



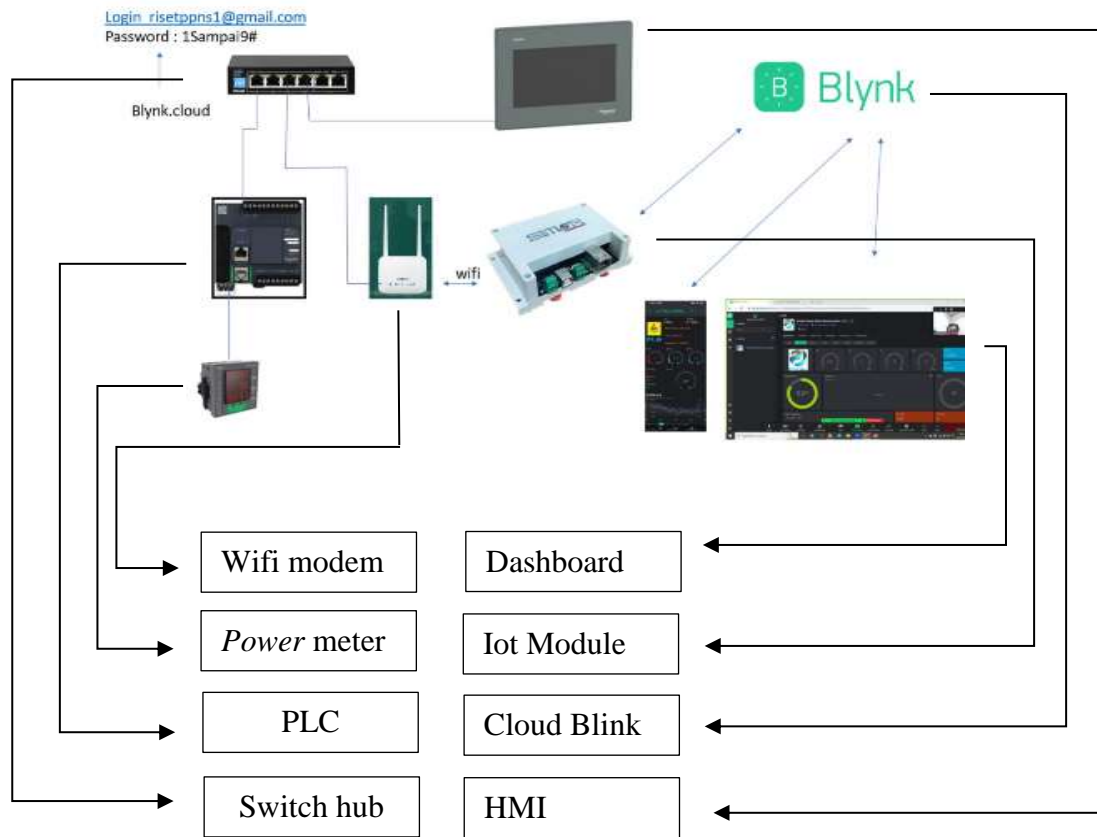
**Gambar 3. 17** panel tampak depan dan samping



**Gambar 3. 18** Desain panel tampak dalam

### 3.26 Design System IoT

Berikut merupakan gambar desain dari sistem IoT yang akan digunakan pada penelitian tugas akhir ini. Pada sistem IoT ini digunakan untuk memonitoring beberapa parameter secara *real time* yang akan dikirimkan melalui web sehingga akan memudahkan pengguna dalam melakukan operasionalnya.



**Gambar 3. 19** Desain system IoT

Data pengukuran diambil oleh *power meter*. Data data ini kemudian ditransfer ke PLC yang terhubung ke switch hub. Switch hub menghubungkan PLC dengan HMI dan modem Wifi. Data dari PLC kemudian oleh wifi modem di transfer *wireless* ke *module* IoT. Dimodule IoT data di proses untuk kemudian dikirim ke *cloud service provider*. *Cloud service open source* yang dipilih adalah Blynk. Dengan login ke blink maka nilai pengukuran pada *power meter* dapat di monitor dari jarak jauh.

### 3.27 Perancangan *Input* dan *Output* PLC

Perancangan *input* dan *output* pada PLC digunakan memerintah peralatan *hardware* sehingga bagian digital *input*, digital *output*, analog *input* pada komponen PLC. Berikut ini merupakan bagian yang akan digunakan dalam PLC:

**Tabel 3. 1** I/O PLC

NO	<i>Input</i> dan <i>Output</i> PLC	Keterangan
1	DI.0	Digital <i>Input</i> dari Syncroscope
2	DI.1	Digital <i>Input</i> dari Phase Failure Relay (PFR) 1

3	DI.2	Digital <i>Input</i> dari Phase Failure <i>Relay</i> (PFR) 2
4	DI.3	Spare
5	DI.4	Digital <i>Input</i> dari Selector Switch
6	DI.5	Digital <i>Input</i> dari Emergency Shut Down push button
7	DI.6	Spare
8	DO 0	Out Put ke <i>Relay</i> 1
9	DO.1	Out Put ke <i>Relay</i> 2
10	DO 2	Out Put ke <i>Relay</i> 3
11	DO.3	Out Put ke <i>Relay</i> 4
12	DO 4	Out Put ke <i>Relay</i> 5
13	DO.5	Spare
14	Eternet	Ke HMI

Pemilihan *inputan* apa saja yang akan masuk ke PLC harus memperhatikan prinsip kerja sinkronisasi dua sumber listrik tiga fasa, yaitu:

1. Kedua tegangan yang sama
2. Kedua frekuensi yang sama
3. Urutan fasa yang sama
4. Beda sudut fasa yang masih sesuai toleransi

Dari 4 syarat diatas, set up digital *input* untuk PLC sudah memenuhi.

### **3.28 Pengadaan Sesuai Kebutuhan Sistem**

Sesuai dengan sistem yang direncanakan, maka selanjutnya dilakukan proses pengadaan komponen-komponen yang diperlukan. Dengan menggunakan gambar-gambar kerja sebelumnya dan menganalisa kebutuhan sistem maka dapat dibuat daftar kebutuhan komponen. Komponen yang dipilih adalah komponen Industrial spek sehingga *life time* dan sertifikasi oleh class BKI tidak terjadi masalah. Berdasarkan rancangan yang dibuat, maka komponen yang harus dibeli adalah sesuai daftar tabel 3.2 dibawah ini:



**Tabel 3. 2** Daftar komponen untuk panel

No	Nama Material	Type	Merek	Spesifikasi	Jumlah
1	Panel Box	-	-	Uk 60 x 90 x 30	1 unit
2	Power Meter	PM2100	SCHNEIDER	Current Inputs: 1/5A	1 Unit
3	Frekuensi Meter	CP 96	CROMPTON		1 Unit
4	Synchronization meter	KLYS96-DR-B	COMPLEE	380V	1 Unit
5	Volt meter	CP 96	MUNHEAN	AC 500VX2	1 Unit
6	Human Machine Interface	HMI 6XU3512	SCHNEIDER	DC24V 9,2W CLASS2	1 Unit
7	Indicator lamp (merah)	AD22 - 22 DS	FORT	AC220V 20MA	2 Unit
8	Indicator lamp (kuning)	AD22 - 22 DS	FORT	AC220V 20MA	2 Unit
9	Indicator lamp (Hijau)	AD22 - 22 DS	FORT	AC220V 20MA	2 Unit
10	Selector Switch	LA115-A	FORT	Ui:660V AC-15 Ith:10A DC-13	1 Unit
11	Emergency Stop	LA115-A	FORT	Ui:660V AC-15 Ith:10A DC-13	1 Unit
12	PLC M221	TM221CE16R	SCHNEIDER	SUPPLY VOLTAGE 100-240VAC INPUT VOLTAGE 24V DC	1 Unit
13	Relay	RXM	SCHNEIDER	230VAC	5 Unit
14	Power Supply	Omron S8F5	OMRON	Input : 100-240VAC Output 24VDC 2.2A	1 Unit
15	Fuse Tegangan AC	ISEA RT 18-32X	ISEA	380/500V 32A	15 Unit
16	Fuse Tegangan DC	-	Weidmuller	24v AC/DC	3 Unit
17	MCB 1 Phase 6A	A9K27106	SCHNEIDER	230/400V	2 Unit
18	MCB 4 Phase 32A	A9F74432	SCHNEIDER	Acti9 IC60N 400V	3 Unit
19	Kontaktor	LC1DT32M7	SCHNEIDER	100V 50/60Hz 7,5KW/400V 10HP/480V	2 Unit
20	Current Transformer	MSY-30	FORT	Rasio 30/5A-250/5A	3 Unit
21	Fort (Stop Kontak)	FTK-250 10/16A	FORT	250VAC	1 Unit
22	Switch Hub	MS105G 5-PORT	FORT	Dimensions 105x70c24.9mm interfaces 5x 10/100/1000 Mbps Ports	1 Unit
23	Voltage And Phase Protection Relay	KS7310	KlarStern	380VAC	2 Unit
24	Terminal 3N	UK 3N	FORT	W. D: 2.5mm Ui690V	25 Unit
25	Terminal 6N	UK 6N	FORT	W. D: 6mm Ui690V	12 Unit
26	Sleeve Bearing	XF 1222 ASH	FORT	220/240VAC 50/60HZ 0.11/0.10A	1 Unit
27	Grill Fan	-	-	12x12cm	1 Unit
28	Filter Fan	-	ISEA	12x12cm	2 Unit
29	Kabel NYAF Hitam	HO5VK	LAPP KABEL	1X0,75	1 Roll
30	Kabel NYAF Abu Abu	HO5VK	LAPP KABEL	1X0,75	1 Roll
31	Kabel Duct	KKC6060	KLAMSAN	Uk 4cm	2 Unit
32	Kabel Duct	KKC6060	KLAMSAN	Uk 6cm	2 Unit
33	Rel Pnel	-	-	Uk 3.5 cm	2 Unit
34	Kabel NYAF Hitam	HO7VK	LAPP KABEL	1X4	1 Roll

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB 4

### PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Pengujian Komponen Utama

Pengujian komponen adalah metode dimana pengujian masing-masing komponen dilakukan secara terpisah. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah komponen bekerja dengan baik dan mengetahui tingkat *error* dari tiap komponen.

##### 4.1.1 Pengujian *Power Supply*

*Power supply* yang digunakan pada penelitian kali ini ada 1 unit. *Power supply* tersebut bertegangan 24V untuk digunakan men *supply* kebutuhan *power* dc di PLC, HMI dan lainnya. Di bawah ini adalah hasil pengujian dari 1 jam *Power supply* tersebut.

**Tabel 4. 1** Pengujian *Power Supply*

Jenis <i>Power Supply</i>	Tegangan yang diharapkan	Tegangan yang dikeluarkan	% Presentase eror
<i>Power Supply 24 Volt DC</i>	24 Volt	24,1 Volt	0,4%

Persentasi Error dihitung dengan:

$$\frac{\text{Tegangan terbaca di alat ukur} - \text{Tegangan yang diharapkan}}{\text{Tegangan yang diharapkan}} \times 100\% \quad (4.1)$$

Hasil pengujian, keluaran tegangan pada *output power supply* = 24,1 Volt, sehingga persentase error berada pada 0,4%. Tegangan *output power supply* tersebut sudah sesuai dengan spesifikasi dengan hasil selisih pengukuran dan tegangan yang diharapkan errornya dibawah 5 %.

Dibawah ini adalah hasil dokumentasi pengujian pengukuran *power supply*.



**Gambar 4. 1** Pengujian *Power Supply* Menggunakan Tang Amper

#### 4.1.2 Pengujian Kontaktor

Pengujian kontaktor dilakukan untuk mengetahui kehandalan komponen tersebut. Pengujian ini menggunakan 3 buah kontaktor dengan merk Schneider. 1 kontaktor digunakan untuk mengkontak sumber dari PLN, 1 kontaktor digunakan untuk mengkontak sumber pada sisi Generator AE, dan 1 digunakan untuk penghubung jaringan listrik ke Beben,

Pengujian dilakukan dengan memberi sumber 220VAC pada sisi koil A1, A2.

**Tabel 4. 2** Pengujian Kontaktor

NO	Kontaktor	Fungsi Kontaktor	Diberi Tegangan 220VAC	Hasil
1	Kontaktor 1	Mengkontak sumber pada sisi PLN	✓	Kontak (Baik)
2	Kontaktor 2	Mengkontak sumber pada sisi Genset	✓	Kontak (Baik)
3	Kontaktor 3	Menkontak Sumber listrik ke Beban / Load	✓	Kontak (Baik)

Presetasi keberhasilan:

Jumlah pengujian yang berhasil X 100 %

Total pengujian yang dilakukan

$$\frac{\text{Jumlah pengujian yang berhasil}}{\text{Total pengujian yang dilakukan}} \times 100 \%$$

$$\frac{\text{Jumlah pengujian yang berhasil (5)}}{\text{Total pengujian yang dilakukan (5)}} \times 100 \%$$

Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali, dengan hasil semua nya kontak. Hasil dari pengujian kontaktor, presentase keberhasilan dari pengujian kinerja kontaktor yaitu 100%. Semua kontaktor bekerja dengan baik dan dapat mengkontak saat diberi tegangan 220VAC.

#### 4.1.3 Pengujian pada *Power Meter*

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah *power meter* dapat di-*Power On* kan. *Power Meter* yang digunakan pada pengujian kali ini adalah *power meter* dengan merk schneider PM 2100. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan tegangan 220VAC pada terminal *power*. Sebelum menyambungkan *power* 220V AC ke terminal *power* pada *power meter* maka diberikan pengaman berupa MCB 1 fasa 2 ampere untuk memberikan pengaman pada komponen *power meter*. Dibawah ini dalah tabel pengujian untuk *power* pada *power meter*.

Tabel 4. 3 Pengujian Kontaktor

No	Alat	Tipe	Diberi Tegangan 220V AC	Tegangan 220V AC di stop	Pengujian ke
1	<i>Power Meter</i>	PM2100	Nyala	Mati	1
			Nyala	Mati	2
			Nyala	Mati	3

Pengujian nilai pengukuran yang tertera di *power meter* juga perlu dilakukan. Untuk memastikan nilai yang terukur tidak memiliki deviasi diluar toleransi. Karena *power meter* PM2100 digunakan untuk 3 phase, maka sebaiknya pengujian komponen ini juga dengan menggunakan 3 phase sumber listrik. Dikarenakan pada saat pengujian hanya tersedia tegangan 220 Volt, maka kita menggunakan sumber listrik ini. Berikut dokumen pengujiannya.



**Gambar 4. 2** Pengujian *Power Meter* dengan tegangan L-N 220 Volt

Pada *Power Meter*, Tegangan L-N terukur 232.1 volt. Sedangkan pada pengukuran Tang Amper 230.8 volt



**Gambar 4. 3** Pengukuran tegangan L-N dengan Tang Amper

Maka Persentasi Error 
$$= \frac{232.1 - 230.5}{230.5} \times 100\% = 0.69\%$$

Terhitung presentasi error di 0,69 %, dengan demikian selisih pengukuran di Avometer dengan *Power Meter* tidak berbeda jauh, sehingga bisa dilanjutkan ke proses berikutnya. *Power* 220 volt AC di putus, dan *Power Meter* tidak menunjukkan nilai apapun sesuai dengan gambar 4.4.



**Gambar 4. 4** Power meter saat power 220 Volt dimatikan

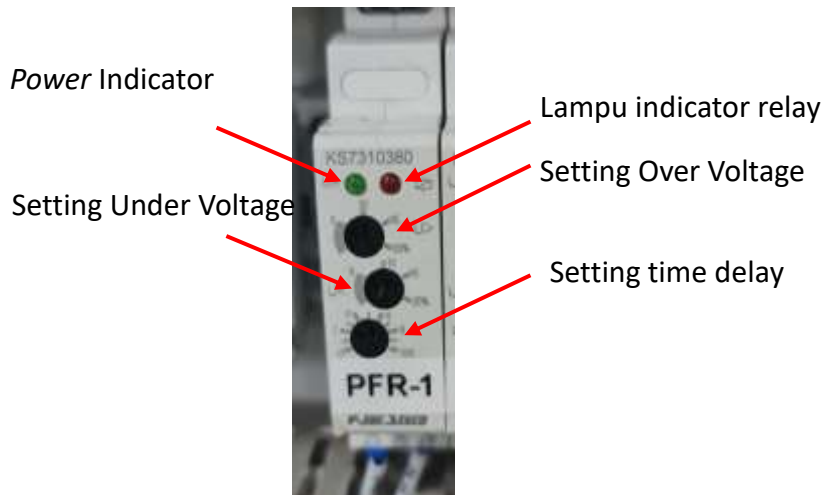
#### 4.1.4 Pengujian PFR

PFR (*Phase Failure Relay*) memiliki 2 lampu indikator hijau dan merah. PFR ini selain berfungsi untuk mendeteksi persyaratan sinkronisasi juga memiliki fungsi lain. Fungsi deteksi dari PRF secara lengkap adalah sebagai berikut:

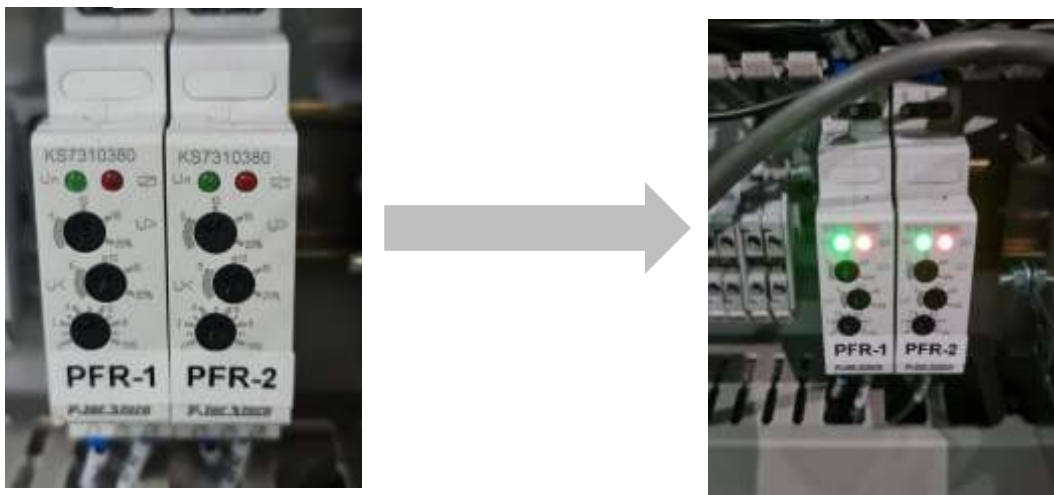
1. *Over Voltage*
2. *Under Voltage*
3. *Phase Sequence*
4. *Phase Failure*
5. *Timer delay for action*

Setting untuk *over voltage* dan *under voltage* bisa dilakukan dari 0 - 20%, artinya misalkan PFR diatur pada 20% maka jika terjadi beda tegangan  $20\% \times 380 \text{ volt} + 380 \text{ volt}$ , maka *relay* PFR akan Off.

Untuk *phase Sequence*, jika urutan fase dari *line output* generator terbalik atau salah maka PFR *relay* tidak aktif. Untuk *phase failure* artinya jika terjadi hilangnya 1 fase karena kabel atau koneksi putus, maka *relay* PFR akan tetap off / tidak aktif. Berikut ini gambar 4.5 bagian bagian PFR.



Gambar 4. 5 bagian bagian PFR.



Gambar 4. 6 PFR saat *power* masuk dan *relay* berfungsi

*Phase Failure Relay* (PFR) yang digunakan adalah *type* 3 fase. Pada PFR ini, lampu hijau memandakan ada tegangan listrik yang masuk. Sedangkan lampu merah mengindikasikan *relay* sedang aktif. Jika *relay* aktif ini menandakan urutan fase R, S, T sudah tepat. Sesuai dengan gambar 4.6, Uji PFR 1 dan 2 telah dilakukan dengan hasil PFR *relay* aktif pada urutan fase yang sesuai.

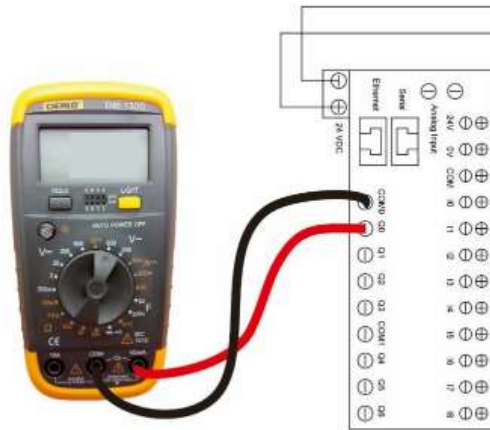
#### 4.1.5 Pengujian PLC

Pada pengukuran tegangan PLC Schneider modicon TM221CE16R ini bertujuan untuk mengetahui tegangan pada alamat *output* PLC. Pada pengukuran ini meliputi tegangan masing-masing port *output*, pada kondisi logika tinggi dan

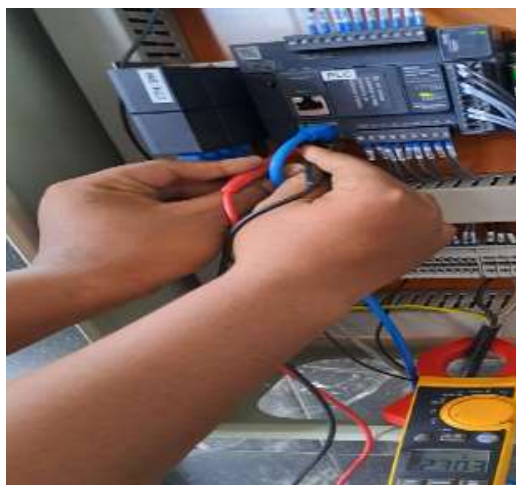


logika rendah. Adapun langkah-langkah yang dilakukan untuk mengukur rangkaian PLC adalah sebagai berikut :

- Menghubungkan rangkaian PLC dengan sumber tegangan 24 DCV dari *power supply*.
- Download atau “PC to Controller” program pengujian yang sederhana dari SoMachine Basic dengan memberikan *inputan* masing-masing port pada kondisi logika tinggi.
- Run program dengan SoMachine Basic dan disimpan di alamat drive pada lampiran 8.
- Mengukur tegangan masing-masing port PLC.
- Mencatat hasil pengukuran tegangan masing-masing port,



**Gambar 4. 7** Pengujian *Output* PLC



**Gambar 4. 8** Pengujian *Power Input* PLC 220 Volt AC

Dengan memberikan perintah sederhana ke *input* PLC untuk memastikan *output* PLC meresponse.



**Gambar 4. 9** Pengujian response PLC menjalankan program

Pada gambar 4.9 lampu PWR hijau menyala, mengindikasikan bahwa PLC sdh mendapatkan *power* 220 Volt AC. Kemudian lampu RUN hijau juga menyala artinya PLC sudah bisa atau sedang menjalankan program yang tertulis di *software*.



**Gambar 4. 10** Ketika PLC *output* Q0 memerintahkan Relay R1 aktif

Pada gambar 4.10, PLC memberikan perintah dari Q0 ke *relay* R1, sehingga *relay* R1 aktif. Lampu indicator di *Output* 0 PLC dan di *relay* R1 menyala hijau.



**Gambar 4. 11** Ketika PLC *output* Q0-4 memerintahkan *Relay* R1- 4 aktive

Pada gambar 4.11, PLC memberikan perintah melalui *output* 0 ke *relay* R1, *output* 1 ke *Relay* R2, *output* 2 ke *Relay* R3, *output* 3 ke *Relay* R4, sehingga lampu masing-masing indicator menyala hijau.

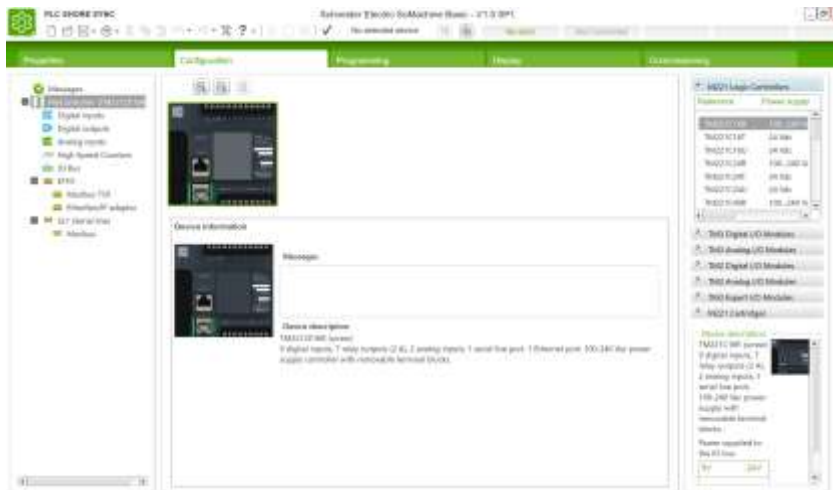
Lampur indicator ERR tidak menyala, artinya tidak ada *error* baik di *sequence* program dan di I/O PLC.

**Tabel 4. 4** Pengujian I/O PLC

NO	Input	Output	Fungsi	Lampu Indicator	Hasil
1	DI.00		From Synchronoscope	✓	Kontak (Baik)
2	DI.01		From PFR 1	✓	Kontak (Baik)
3	DI.02		From PFR 2	✓	Kontak (Baik)
4	DI.04		From Selector Switch	✓	Kontak (Baik)
5	DI.05		From Emergency Stop	✓	Kontak (Baik)
6		Q0	Aktivasi <i>Relay</i> R1	✓	Kontak (Baik)
7		Q1	Aktivasi <i>Relay</i> R2	✓	Kontak (Baik)
8		Q2	Aktivasi <i>Relay</i> R3	✓	Kontak (Baik)
9		Q4	Aktivasi <i>Relay</i> R4	✓	Kontak (Baik)

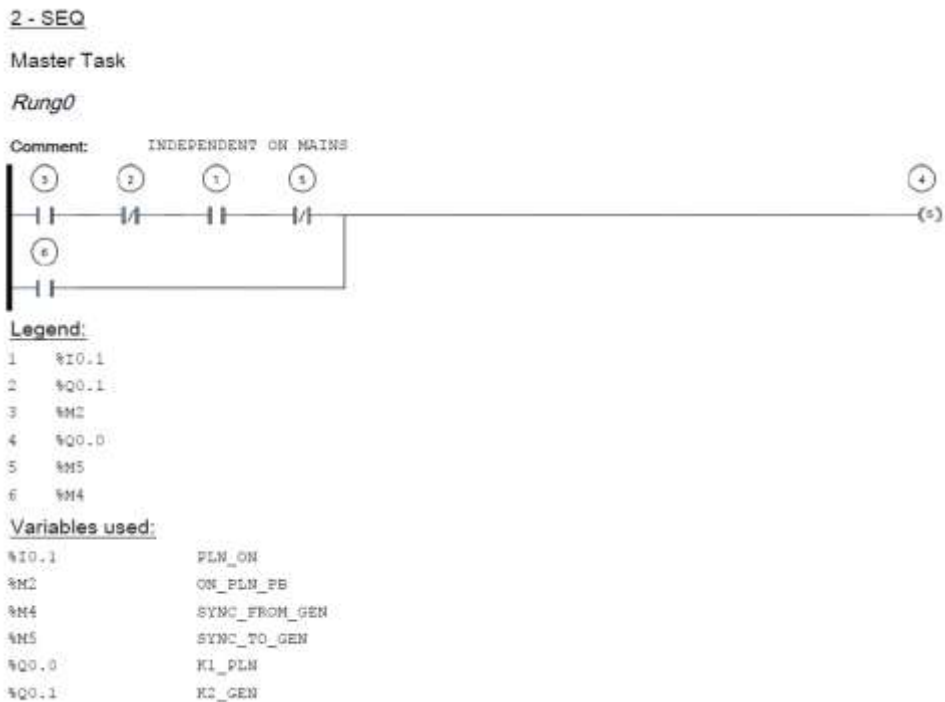
Pengujian *Input* dan *Output* PLC yang akan digunakan untuk operasi system sesuai tabel 4.4, dengan hasil baik. Dengan demikian bisa dilanjutkan untuk instalasi dan pengisian program.

Untuk mengisi program dalam PLC, dipilih *software* Schneider Electric SoMachine Basic – V1.5 SP1. Tampilan *Software*nya adalah sebagai berikut:



**Gambar 4. 12** Tampilan *software* PLC, SoMachine Basic V1.5

Penulisan *Sequence* program PLC nya adalah sebagai berikut:



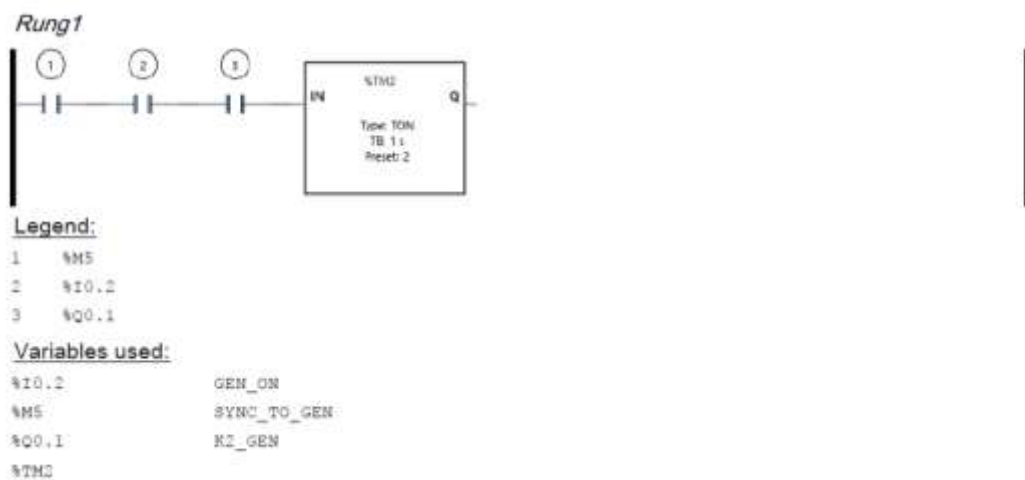
**Gambar 4. 13** Ladder 1

Pembacaan:

Pada *sequence* rung 0, apabila ada sumber dari PLN maka PFR PLN akan membaca. Apabila nilai yang dibaca oleh PFR sesuai parameter maka PFR akan memberikan sinyal positive NO I0.1 menjadi close (legend1). Saat PLN ON maka akan dimemory di M2 (legend 3). Legend 2 adalah Q0.1 yaitu kontaktor K2 milik generator. artinya jika belum ada listrik dari generator maka NC (normaly close). Legend 5 adalah memory syncro to generator, dalam kondisi NC. Saat ini belum ada perintah syncro sehingga posisinya masih NC. Legend 6 adalah syncro from generator dan saat ini masih belum ada perintah syncro sehingga masih NO (normally open).

Hasilnya:

Jika panel kita berikan *power* PLN dan MCB kita On Kan maka akan terbaca oleh PLC untuk mengaktifkan legen 4 yaitu Q0.0 yaitu *Relay* 1 yaitu untuk Kontaktor 1 nya PLN.



**Gambar 4. 14** Ladder 2

Pembacaan:

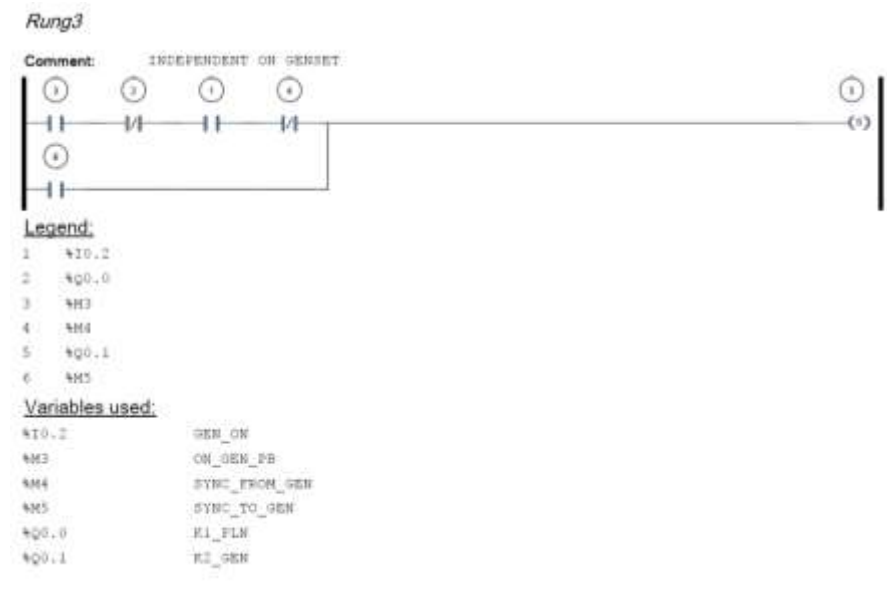
Pada Rung 1 ini, jika %M5 (legend 1) yaitu dari *relay* Syncroscope On dan *Input* I0.2 (legend 2) yaitu PFR generator juga OK serta out put Q 0.1 On, maka Timer TM2 akan active dengan 2 kali 1 detik.



**Gambar 4. 15** Ladder 3

Pembacaan:

Pada rung 2 ini, legend 1 yaitu TM 2 (dari rung 1) jika On maka akan mengaktifkan K1 PLN. Pun demikian jika legend 2 yaitu M7 tombol OFF PLN (MCB) jika di ON kan maka akan memberikan sinyal ke K1 PLN untuk active.

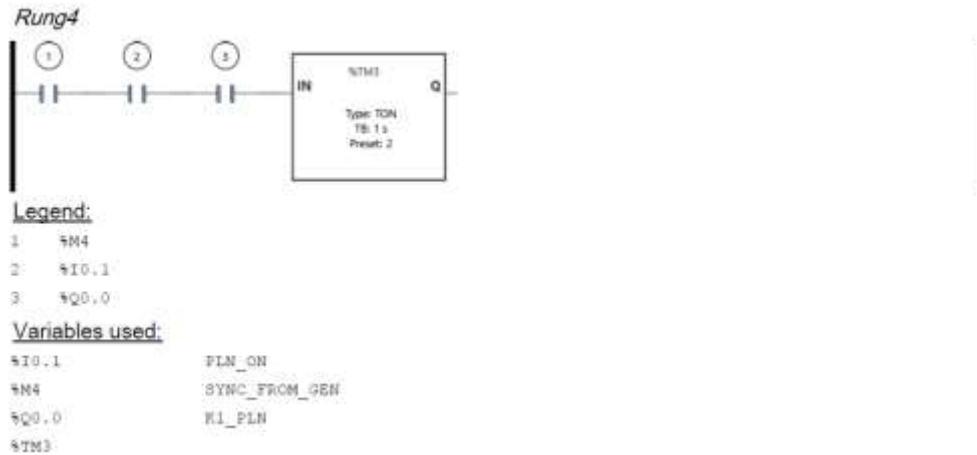


**Gambar 4. 16** Ladder 4

Pembacaan:

Pada ladder ini, out put yang dihasilkan adalah Q0.1 atau Kontaktor generator ON. Ini bisa hanya M5 (legend 5) berupa *synchro* ke generator, ON. Ini

juga akan bisa dihasilkan jika legend 3 (M3) atau memory yg menyatakan jika ada listrik dari generator masuk ke panel sebagai *input* ini dalam kondisi ON, I0.2 atau PFR dari generator menghasilkan nilai ON, dan juga Q0.0 ataru *relay* 1 dan M4 atau syncro ke generator belum aktif.



**Gambar 4. 17** Ladder 5

Pembacaan:

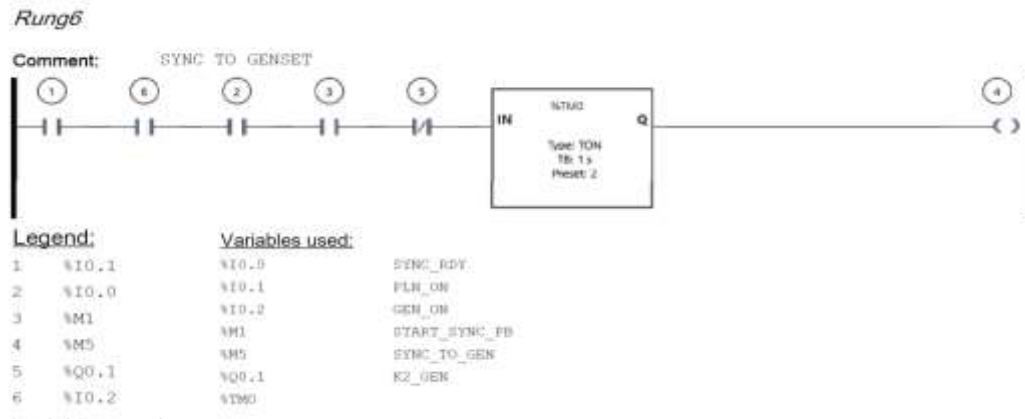
Pada ladder 5 ini, jika M4 (legend 1) yaitu syncro dari generator, I0.1 (legend 2) dari PFR PLN, dan Q0.0 (legend 3) berupa *relay* 1, kesemuanya ON, maka akan membuat TM3 akan active dalam waktu 2 x 1 detik.



**Gambar 4. 18** Ladder 6

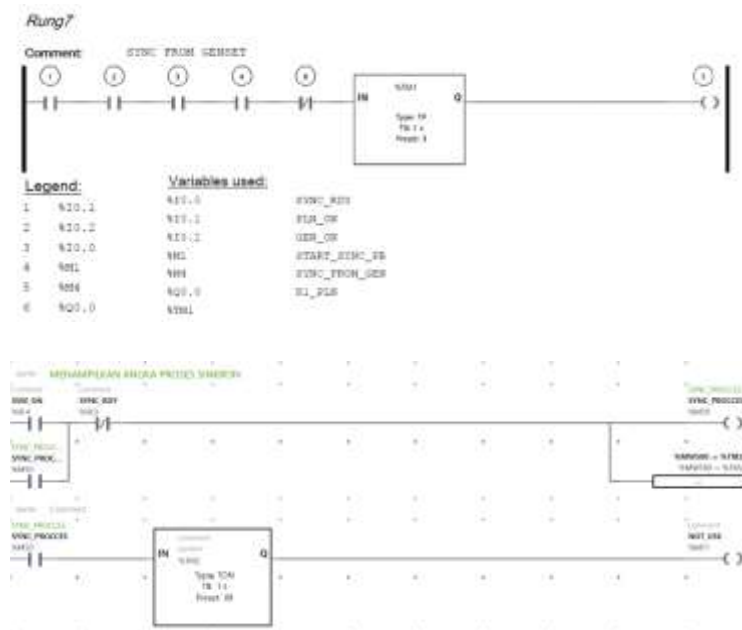
Pembacaan:

Jika M8 (legend 2) yaitu Memory sebagai kondisi push button off Generator ini active, maka NO nya (pole normaly open) akan berubah Close. Ini akan menghasilkan Q0.1 (legend 2) active.



Gambar 4. 19 Ladder 7

Pembacaan rung 6: Syncro ke Generator, jika I 0.1 (legend 1) Kontak PLN ON, jika I 0.0 (legend 2) dari Syncroscope ON, jika M1 (legend 3) start syncroscope push button ON, jika Q0.1 (legend 5) NC K2 masih stand by, dan jika I0.2 (legend 6) PFR Generator ON, maka akan meng inisiasi TM0 untuk bisa ON selama 2 detik dan hasilnya adalah M5 (legend 4) *syncro ke generator ON*.



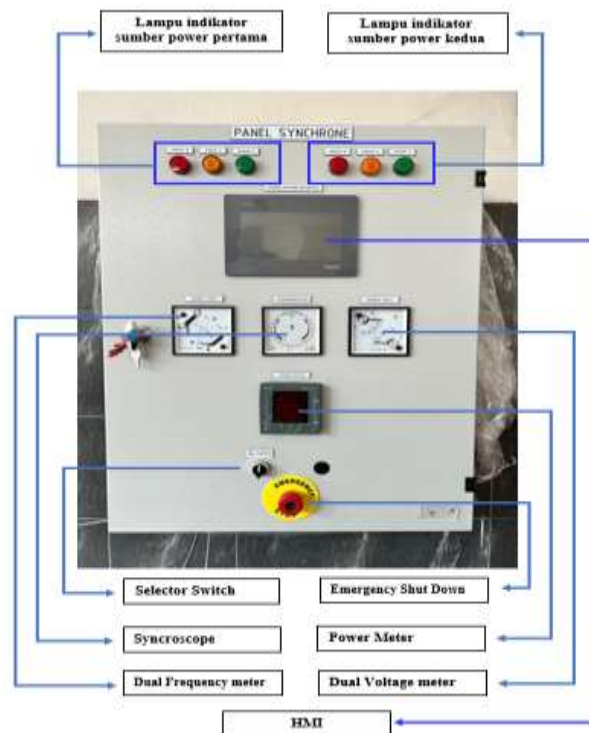
Gambar 4. 20 Ladder 8



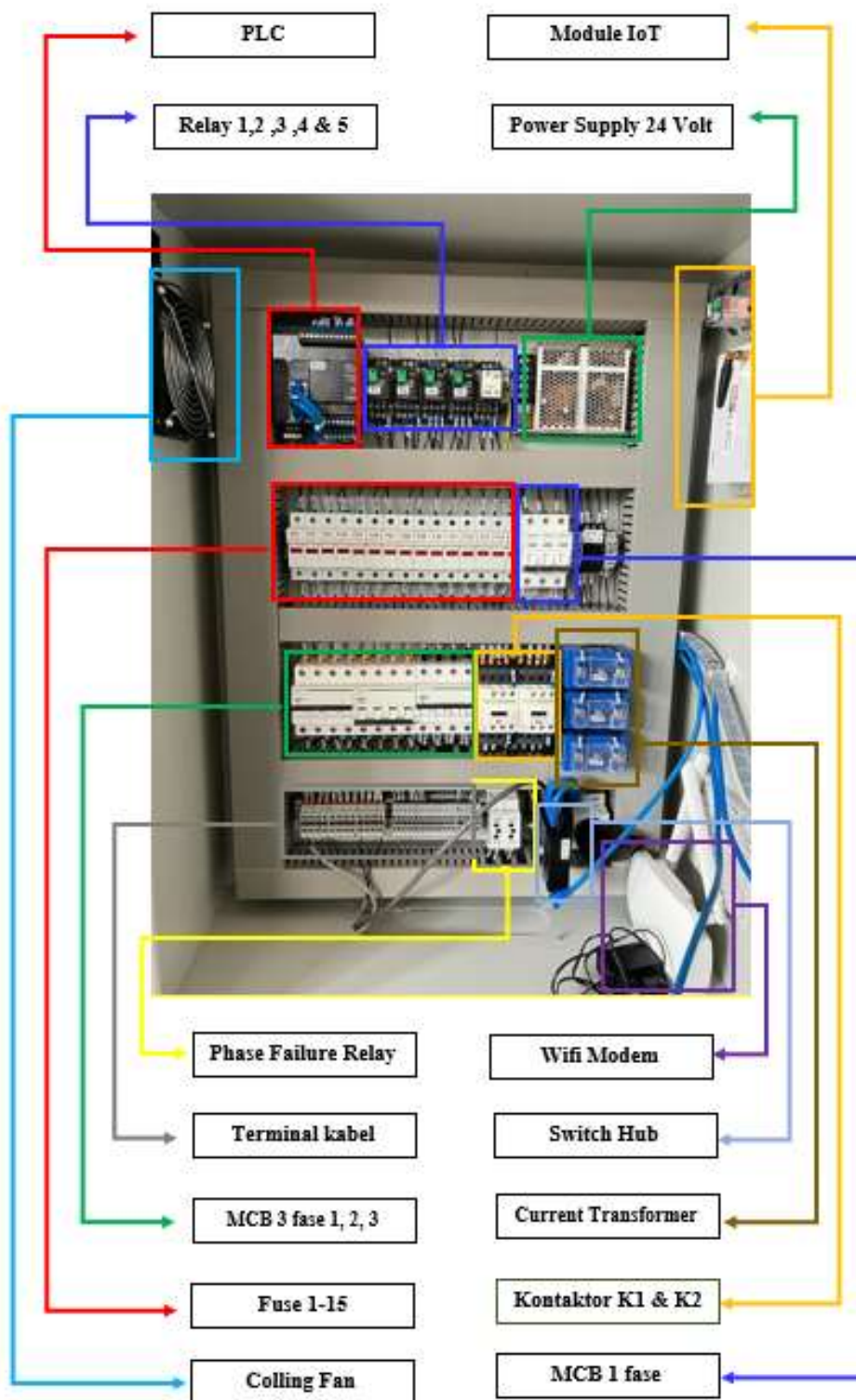
Pembacaan rung 7: Syncro dari Generator, jika I 0.0 (legend 1) Kontak PLN ON, jika I 0.2 (legend 2) PFR Generator ON, jika I0.0 (legend 3) dari Syncroscope ON, jika M1 (legend 4) start syncroscope push button ON, dan jika I0.2 (legend 6), maka akan meng inisiasi TM1 untuk bisa ON selama 5 detik dan hasilnya adalah M4 (legend 5) *syncro from generator ON*. Dengan menambah counter, maka waktu yang diperlukan untuk proses synchronisasi dapat di tampilkan dalam *software*.

#### 4.2 Realisasi *Hardware*

Realisasi *hardware* adalah realisasi dan implementasi dari desain perancangan prototipe. Komponen komponen yang telah disiapkan dalam list komponen (tabel 3.3) kemudian dirangkai sesuai gambar design perencanaan. Bagian pintu panel; sesuai gambar 4.21, pada bagian ini terpasang HMI, *Power Meter*, dual voltage meter, dual frequency meter, Lampu indikator 3 fase untuk sumber di darat, lampu indikator 3 fase untuk sumber listrik dari generator AE kapal, selector switch, *Emergency Shutdown push button* dan syncroscope *relay*.



**Gambar 4. 21** Tampilan pintu panel shore connection

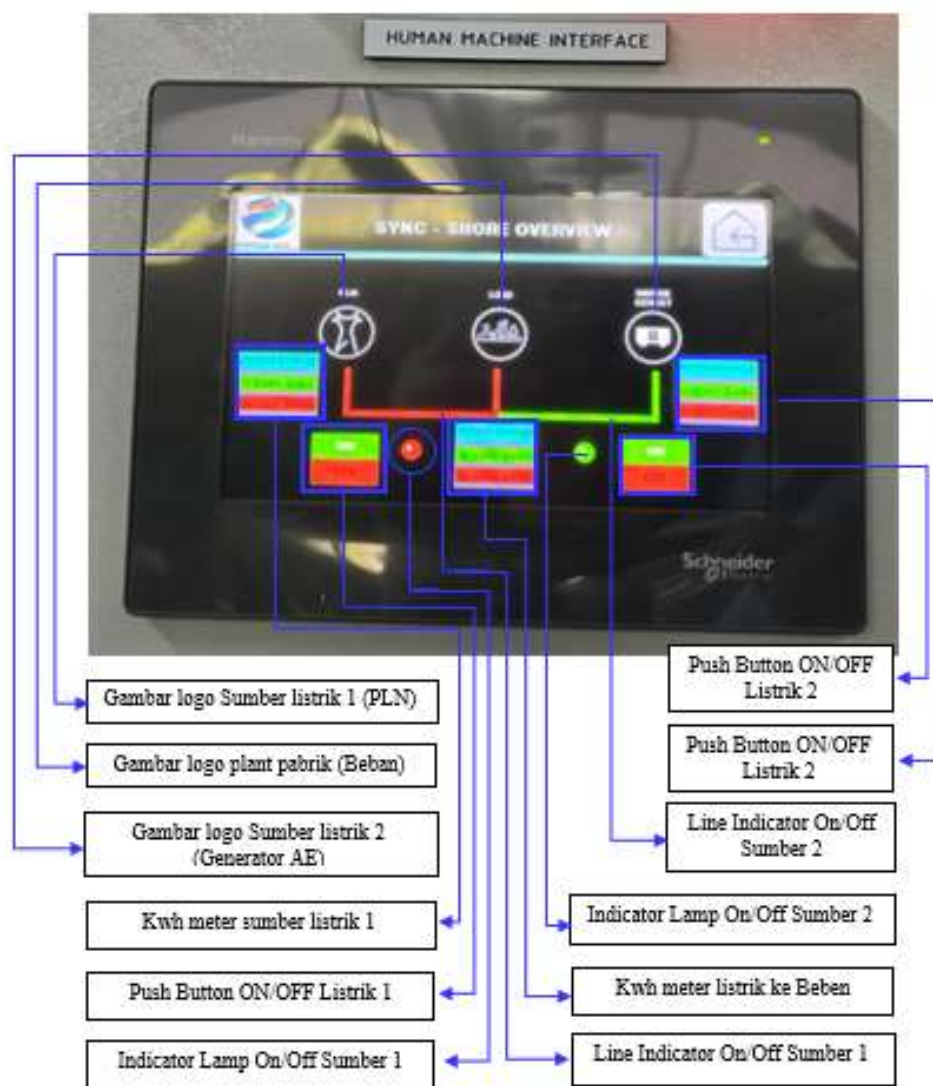


**Gambar 4. 22** Komponen dalam panel shore connection

Bagian dalam panel; sesuai Gambar 4.22, pada bagian ini terpasang PLC, relay, phase failure relay, kontaktor, MCB 3 fase dan MCB 1 fase, fuse, current transformer, power supply 24 volt, cooling fan, IoT module dan Wifi modem.

### 4.3 Realisasi Tampilan HMI

Tampilan pada HMI (*Human Machine Interface*) disetup atau dirancang sedemikian semirip mungkin dengan kondisi penggunaan panel ini. Berdasarkan kondisi implementasi dimana panel ini akan dipasang maka ada 2 sumber listrik yang akan mensuplai ke 1 beban. Maka pada HMI harus didesign seperti itu juga. Pada *layer touch screen*, untuk sebagai sumber listrik akan dimunculkan logo gambar jaringan PLN disebelah kiri dan logo gambar genset di sebelah kanan. Di tengah adalah logo gambar plant pabrik merepresentasikan beban.



Gambar 4. 23 Tampilan HMI

#### 4.4 Realisasi Dashboard IoT

Data yang *terpooling* selama 3 detik, oleh module IoT akan ditransfer ke *cloud*. *Cloud service* yang dipilih untuk penyimpanan dan penampilan dashboard adalah Blink.Io. Transfer data dari module ke *cloud service* menggunakan modem untuk terhubung dengan Internet menggunakan kartu HP.

Dalam Sistem panel belum dilengkapi dengan kapasitas penyimpanan data atau data logger, sehingga jika koneksi internet terganggu atau hilang, maka tidak ada data yang tersimpan di panel. Data tersimpan hanya data yang sukses terkirim ke server. Berikut tampilan pada *dashboard* IoT.



**Gambar 4. 24** Dashboard IoT Arus, Frekuensi dan Tegangan

Data data yang ditampilkan dalam dashboard adalah:

**Tabel 4. 5** Tampilan dalam *dashboard*

$V_{R-S}$	$V_{S-T}$	$V_{T-R}$	$V_{L-L \text{ avg}}$		
$V_{R-N}$	$V_{S-N}$	$V_{T-N}$	$V_{L-N \text{ avg}}$		
$I_R$	$I_S$	$I_T$	$I_N$	$I_{gnd}$	$I_{avg}$
$S_R$	$S_S$	$S_T$	$S_{TOTAL}$		
$P_R$	$P_S$	$P_T$	$P_{TOTAL}$		
$Q_R$	$Q_S$	$Q_T$	$Q_{TOTAL}$		
$Pf_R$	$Pf_S$	$Pf_T$	$Pf_{TOTAL}$		

Keterangan:

- $V_{R-S}$  = Tegangan R-S
- $V_{S-T}$  = Tegangan S-T
- $V_{T-R}$  = Tegangan T-R
- $V_{L-L \text{ avg}}$  = Tegangan Rata-rata Line-Line
- $V_{R-N}$  = Tegangan R-N
- $V_{S-N}$  = Tegangan S-N
- $V_{T-N}$  = Tegangan T-N
- $V_{L-N \text{ avg}}$  = Tegangan Rata-rata Line-Netral
- $I_R$  = Arus R
- $I_S$  = Arus S
- $I_T$  = Arus T
- $I_N$  = Arus Netral
- $I_{\text{gnd}}$  = Arus *Ground*
- $I_{\text{avg}}$  = Arus Rata-rata
- $S_R$  = Daya Semu R
- $S_S$  = Daya Semu S
- $S_T$  = Daya Semu T
- $S_{\text{TOTAL}}$  = Daya Semu Total
- $P_R$  = Daya Aktif R
- $P_S$  = Daya Aktif S
- $P_T$  = Daya Aktif T
- $P_{\text{TOTAL}}$  = Total Daya Aktif
- $Q_R$  = Daya Reaksi R
- $Q_S$  = Daya Reaksi S
- $Q_T$  = Daya Reaksi T
- $Q_{\text{TOTAL}}$  = Daya Total Reaksi
- $Pf_R$  = *Power Factor* R
- $Pf_S$  = *Power Factor* S
- $Pf_T$  = *Power Factor* T
- $Pf_{\text{TOTAL}}$  = Total *Power Factor*



Gambar 4. 25 Dashboard IoT Daya

#### 4.5 Pengujian Simulasi

Pengujian simulasi dilakukan untuk mengetahui response dari *prototype* yang dibuat terhadap kondisi pengoperasian sebenarnya. Pada jenis panel syncro seperti ini kondisi terbaik nya adalah kedua sumber listrik yang masuk dalam panel

memiliki tegangan yang sama, frekuensi yang sama, urutan fase yang sama dan tidak terjadi frekuensi slip atau tidak terjadi beda sudut fase dari kedua sumber listrik tersebut. Namun kondisi yang akan banyak ditemukan saat implementasi adalah terjadi perbedaan tegangan dan frekuensi antar kedua sumber listrik. Maka pengujian simulasi ini akan didasarkan pada kondisi aktual yang akan dihadapi oleh *smart panel shore connection* ini. Pada tabel 4.6 menunjukkan hasil pengujian terhadap beberapa kondisi operasional yang akan dihadapi.

**Tabel 4. 6** Hasil Pengujian Simulasi

Nomer Test	Uraian	Power 1	Power 2	Perbedaan		Hasil
				satuan	persentase	
1	Voltage L1-L2	383	384	1 volt	0,26%	Kontaktor menutup setelah 2 detik sesuai program PLC, Synchronisasi 2 power berhasil.
	Voltage L2-L3	383	383	0	0,00%	
	Voltage L3-L1	383	383	0	0,00%	
	Frequency	49,9	50	0,1 Hz	0,20%	
2	Voltage L1-L2	406,1	381	26,4 volt	6,59%	Gagal synchronisasi, limit parameter terlampaui, indicator lamps synchronoscope tidak bergerak dan relay nya tidak aktive.
	Voltage L2-L3	402,9	381	22,6 volt	5,75%	
	Voltage L3-L1	404	382	23,8 volt	5,76%	
	Frequency	50,7	50	0,7	1,4%	
3	Voltage L1-L2	380	385	5 volt	1,32%	Gagal synchronisasi, indicator lamp synchronoscope berputar cepat dan relay tidak bisa aktive.
	Voltage L2-L3	380	385	5 volt	1,32%	
	Voltage L3-L1	380	385	5 volt	1,32%	
	Frequency	50	50	0	0%	
4	Voltage L1-L2	381	383	2 volt	0,52%	Kontaktor menutup setelah 2 detik sesuai program, Synchronisasi 2 power berhasil.
	Voltage L2-L3	381	383	2 volt	0,52%	
	Voltage L3-L1	380	383	3 volt	0,79%	
	Frequency	50	50	0	0%	

**Sebagai catatan,** Gagal *syncro* bukan berarti kegagalan *prototype*, namun ini menunjukkan bahwa *prototype* ini bekerja dengan baik karena permissible limits untuk perbedaan *voltage*, frekuensi, dan sudut phase terdeteksi dan tidak terlampaui. Detail foto pengujian dan video ada dalam lampiran.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan:**

1. Sinkronisasi 2 sumber listrik memiliki persyaratan yang mengharuskan tegangan sama, frequency sama, urutan fasa sama dan sudut fasa masih dalam toleransi.
2. Jika seluruh persyaratan diatas terpenuhi, PLC pada *prototype Smart Panel Ship Shore Connection* kemudian setelah 2 detik memerintahkan sinkronisasi dengan mengaktifkan kontaktor sumber listrik kedua.
3. *Prototype Smart Panel Ship Shore Connection* ini dapat melakukan syncronisasi dengan limit tolerancy perbedaan tegangan dibawah 3 volt dan perbedaan frequency dibawah 1 Hz
4. *Prototype Smart Panel Ship Shore Connection* ini menampilkan aktual frequency, tegangan, arus dan daya listrik serta merekamnya di penyimpanan server pada sistem IoT.

#### **5.2 Saran:**

*Prototype Smart Panel Ship Shore Connection* ini bisa dikembangkan sehingga memiliki kemampuan kontrol dan monitoring lebih baik lagi, yaitu dengan penambahan:

1. Fasilitas penyimpanan terintegrasi didalam panel, sehingga tidak ada data yang hilang saat kapal jauh dari daratan (tidak terjangkau sinyal 4G Handphone)
2. Penambahan Control System yang memungkinkan sinkronisasi secara Full Automatis, (*Prototype* saat ini mengharuskan peran teknisi listrik di kapal menekan tombol sinkronisasi di HMI)
3. Penambahan komponen AVR (Automatic Voltage Regulator) sehingga jika kapal bersandar pada pelabuhan yang tegangan listriknya FIX, sinkronisasi mudah dilakukan.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, Januar, Didik Notosudjono, and Agustini Rodiah Machdi. 2017. "STUDI EVALUASI PERENCANAAN KEBUTUHAN DAYA PADA INSTALASI LISTRIK DI GEDUNG HARCO GLODOK JAKARTA." *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Elektro* 1(1): 1–10.
- Budiman, Arief, Jupriyadi, and Sunariyo. 2021. "Sistem Informasi Monitoring Dan Pemeliharaan Penggunaan Scada ( Supervisory Control and Data Acquisition )." *Jurnal Tekno Kompak* 15(2): 168–79.
- Harahap, Adi Putro, Wakhyu Dwiono, and Noptin Harpawi. 2012. "Rangkaian Perangkat Keras Pengalih Sumber Listrik Berbasis SMS Rangkaian Perangkat Keras Pengalih Sumber Listrik Berbasis SMS." *Jurnal Elektronika Industri* 5(January 2012).
- Ilyas, Irlandi, and Muhammad Taufan Agassy. 2022. "ANALISIS KEGAGALAN CURRENT TRANSFORMER ( CT ) TIPE DUA BELITAN SEKUNDER DENGAN INTI MAGNETIK TERPISAH PADA SISTEM PROTEKSI DAN PEMBATAS DAYA." *Jurnal Penelitian dan Pengkajian Sains dan Teknologi* 32(1).
- Imnadir, Imnadir, and Ivan Darmanto Zai. 2022. "PENERAPAN PLC HMI ( HUMAN MACHINE INTERFACE ) UNTUK MONITORING OBJEK PADA SISTEM PENGISIAN MINUMAN KE DALAM BOTOL." *Jurnal UISU* 18(1): 47–53.
- Ismanto, Widodo, and Hadun Asmara. 2017. *Industri Migas Prospek Dan Tantangan Pengelolaan Lingkungan*. Pertama. Bogor: PT.Penerbit IPB Press.
- Khoirurrizal, M Avian. 2021. *RANCANG BANGUN MINIATUR LIFT 3 LANTAI MENGGUNAKAN PLC OMRON C1E DENGAN HMI*. Pertama. Kendal.
- Maulana, Danis et al. 2021. "Analisis Bisnis Kapal Kargo Curah Dengan Value Chain Analysis Studi Kasus: Pelabuhan Tanjung Intan Cilacap." *Jurnal Inovtek Polbeng* 10(2): 120–29.

- Mirza, Dina Anjani. 2019. *PENGEMBANGAN GENERATOR LISTRIK SEDERHANA SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN FISIKA PADA MATERI INDUKSI ELEKTROMAGNETIK*. Pertama. Lampung.
- Mujahid, Tutus Mahardika, Annas Singgih Setiyoko, and Perwi Darmajanti. 2022. “Analisis Teknis Dan Simulasi Load Flow Penerapan Shore Connection Di Pelabuhan Terminal Teluk Berlian-Surabaya.” *Je-Unisla* 7(2): 83–96.
- Mutaqin, Havid Febri, Annas Singgih Setiyoko, and I I Munadhif. 2022. *PROTOTYPE ALAT PROTEKSI DAN PENDETEKSI JENIS GANGGUAN TEGANGAN PADA SHORE CONNECTION TERMINAL TELUK LAMONG HAVID FEBRI MUTAQIN*. Pertama. Surabaya.
- Nira, Bagus Permadi. 2021. *APLIKASI SCADA PADA PANEL SHORE CONNECTION BERBASIS OUTSEAL MEGA*. Pertama. Surabaya.
- Nursyamsa, Yogi Febrian, Basuki Rahmat, and Husneni Mukhtar. 2022. “Perancangan Kwh Meter Pintar Yang Terintegrasi Menggunakan Internet Design Smart Kwh Meter Over Internet.” In *E-Proceeding of Engeinering*, , 162–68.
- Pradana, Rakha Bagus. 2020. “Implementasi Komunikasi LoRa RFM95 Untuk Pengiriman Data Tegangan Dan Arus Pada Panel Shore Connection.” *Elektriase: Jurnal Sains dan Teknoogi Elektro* 10(02).
- Sulistiyowat, Riny, and Dedi Dwi Febriantoro. 2015. “Perancangan *Prototype* Sistem Kontrol Dan Monitoring Pembatas Daya Listrik Berbasis Mikrokontroler.” *jurnal Iptek* 16: 10–21. <http://jurnal.itats.ac.id/wp-content/uploads/2013/06/4.-RINY-FINAL-hal-24-32.pdf>.
- Wasono, Adi et al. 2021. “RANCANG BANGUN KENDALI LAMPU PENERANGAN DI LABORATORIUM KENDALI PRODI LISTRIK DENGAN PLC.” *Jurnal Teknik Elektro* 4(1): 1328–39.
- Zidan, Muhammad Hanif. 2022. *RANCANG BANGUN PEMUTUS ALIRAN LISTRIK SISTEM TEGANGAN RENDAH BERBASIS IOT PADA DAERAH BANJIR*. Jakarta.

Yanto, Kesuma Toni Wijaya, and Endang Susanti. 2022. “ANALISA KEBUTUHAN DAYA LISTRIK DI KAPAL SELF PROPELLED OIL BARGE (SPOB) PERKASA\_SAMUDERA 1.” *Jurnal Sigma Teknika* 5(1): 108–18.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

LAMPIRAN



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**Lampiran 1**  
**Dokumentasi Pengujian Simulasi ke 1**

- Kondisi tegangan kedua sumber listrik sama
- Kondisi frequency kedua sumber listrik sama
- Urutan Fase kedua sumber listrik sesuai



Frequency Sumber ke 1



Tegangan Sumber ke 1



Frequency sumber ke 2



Tegangan Sumber ke 2



Tampilan HMI



Syncroscope saat ke dua sumber sudah siap digabung



Tampilan *Power meter output* ke beban.

### Dokumentasi Pengujian Simulasi ke 2

- Kondisi tegangan sumber ke 1 dan ke 2 berbeda lebih dari 5 %
- Kondisi frequency sumber ke 1 = 50,7 Hz dan sumber 2 = 50 Hz
- Urutan Fase kedua sumber listrik sesuai



Tegangan Sumber ke 1



Tegangan Sumber ke 2



Frequency Sumber ke 1 = 50,7 Hz



Frequency Sumber 2 = 50,0 Hz



Tampilan HMI & Syncroscope

Indicator Lamp diam, tidak berputar.

Tampilan *Power meter output* ke beban menampilkan tegangan dari PLN masing masing :

- L1-L2 = 406,1 volt
- L2-L3 = 401,9 volt
- L3-L1 = 404 volt



### Dokumentasi Pengujian Simulasi ke 3

- Kondisi tegangan sumber ke 1 dan ke 2 berbeda 5 volt
- Kondisi frequency kedua sumber listrik sama
- Urutan Fase kedua sumber listrik sesuai



Tegangan Sumber ke 1



Tegangan Sumber ke 2



Frequency ke dua sumber sama



Tampilan HMI



Syncro Indicator Lamp Berputar dengan Cepat



Tampilan *Power meter output* ke beban.

### Dokumentasi Pengujian Simulasi ke 4

- Kondisi tegangan sumber ke 1 dan ke 2 berbeda 2-3 volt
- Kondisi frequency kedua sumber listrik sama
- Urutan Fase kedua sumber listrik sesuai



Tegangan Sumber ke 1



Tegangan Sumber ke 2



Frequency ke dua sumber sama



Tampilan HMI



Sinkronisasi dapat dilakukan



Tampilan *Power meter output* ke beban.

## Lampiran 2.

### Coding *Software* dalam IoT System

```
1. #define BLYNK_PRINT Serial
2. #define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPLqTksc1Np"
3. #define BLYNK_DEVICE_NAME "ENERGY MONITORING ONLINE"
4. #define BLYNK_AUTH_TOKEN "Tnv8yVgWBq1Za1zG7Aud6axtMGKKiv0P"
5. #define BLYNK_FIRMWARE_VERSION "0.1.0"
6. #include <WiFi.h>
7. #include <WiFiClient.h>
8. #include <BlynkSimpleEsp32.h>
9. #include <SimpleModbusTCPMasterESP32.h>
10. #ifndef STASSID
11. #define STASSID "ADVAN START-648E3B"
12. #define STAPSK "85BE03D1"
13.
14. #endif
15. IPAddress ipNode1(192, 168, 1, 30); //PLC TM221
16.
17. WiFiClient client;
18. const char* ssid = STASSID;
19. const char* pass = STAPSK;
20. const int portNode1 = 502;
21.
22. #define timeout 3000 // timeout ini bersifat blocking,
    untuk perhitungan default isi dengan 0
23. #define polling 1000 // the scan rate
24. #define retry_count 100000
25. #define TOTAL_NO_OF_REGISTERS 1000
26. enum
27. {
28. PACKET1,
29. PACKET2,
30. PACKET3,
31. PACKET4,
32. PACKET5,
33. PACKET6,
34. TOTAL_NO_OF_PACKETS // leave this last entry
35. };
36. Packet packets[TOTAL_NO_OF_PACKETS];
37. unsigned int regs[TOTAL_NO_OF_REGISTERS];
38.
39. // You should get Auth Token in the Blynk App.
40. // Go to the Project Settings (nut icon).
41. char auth[] = "Tnv8yVgWBq1Za1zG7Aud6axtMGKKiv0P";
```

```

42.#include <TimeLib.h>
43.#include <WidgetRTC.h>
44.unsigned long interval = 86400000;//24 jam
45.WidgetRTC rtc;
46.BlynkTimer timer;

47.void setup()
48.{
49.// Debug console
50.Serial.begin(9600);
51.modbus_construct(&packets[PACKET1], ipNode1, portNode1, 1,
    READ_HOLDING_REGISTERS, 30, 16, 0);//TEGANGAN
52.modbus_construct(&packets[PACKET2], ipNode1, portNode1, 1,
    READ_HOLDING_REGISTERS, 10, 12, 16);//ARUS
53.modbus_construct(&packets[PACKET3], ipNode1, portNode1, 1,
    READ_HOLDING_REGISTERS, 50, 24, 28);//DAYA
54.modbus_construct(&packets[PACKET4], ipNode1, portNode1, 1,
    READ_HOLDING_REGISTERS, 80, 22, 52);//POWER FAKTOR
55.// modbus_construct(&packets[PACKET5], ipNode2, portNode2, 1,
    READ_HOLDING_REGISTERS, 50562, 6, 120);
56.// modbus_construct(&packets[PACKET6], ipNode2, portNode2, 1,
    READ_HOLDING_REGISTERS, 51539, 6, 126);
57.
58.modbus_configure(&client, timeout, polling, retry_count,
    packets, TOTAL_NO_OF_PACKETS, regs);
59.
60.Blynk.begin(auth, ssid, pass);
61.timer.setInterval(3000L, simor);//update data
62.setSyncInterval(60 * 60); // Sync interval in seconds (60
    minutes)
63.
64.}
65.BLYNK_CONNECTED() {
66.// Synchronize time on connection
67.rtc.begin();
68.}
69.void loop()
70.{
71.Blynk.run();
72.modbus_update();
73.timer.run();
74.if (millis() >= interval) {
75.ESP.restart();
76.}
77.
78.}

```

```

79.
80. void simor()
81. {
82. float VRS1;
83. unsigned long VRS11 = (unsigned long) regs[0] << 16 | regs[1];
84. VRS1 = (*(float*)& VRS11);
85.
86. float VST1;
87. unsigned long VST11 = (unsigned long) regs[2] << 16 | regs[3];
88. VST1 = (*(float*)& VST11);
89.
90. float VTR1;
91. unsigned long VTR11 = (unsigned long) regs[4] << 16 | regs[5];
92. VTR1 = (*(float*)& VTR11);
93.
94. float VLL;
95. unsigned long VLL1 = (unsigned long) regs[6] << 16 | regs[7];
96. VLL = (*(float*)& VLL1);
97.
98. float VRN1;
99. unsigned long VRN11 = (unsigned long) regs[8] << 16 | regs[9];
100. VRN1 = (*(float*)& VRN11);
101.
102. float VSN1;
103. unsigned long VSN11 = (unsigned long) regs[10] << 16 |
regs[11];
104. VSN1 = (*(float*)& VSN11);
105.
106. float VTN1;
107. unsigned long VTN11 = (unsigned long) regs[12] << 16 |
regs[13];
108. VTN1 = (*(float*)& VTN11);
109.
110. float VLN;
111. unsigned long VLN1 = (unsigned long) regs[14] << 16 | regs[15];
112. VLN = (*(float*)& VLN1);
113.
114. float IR1;
115. unsigned long IR11 = (unsigned long) regs[16] << 16 | regs[17];
116. IR1 = (*(float*)& IR11);
117.
118. float IS1;
119. unsigned long IS11 = (unsigned long) regs[18] << 16 | regs[19];
120. IS1 = (*(float*)& IS11);
121.
122. float IT1;
123. unsigned long IT11 = (unsigned long) regs[20] << 16 | regs[21];

```

```

124. IT1 = (*(float*)& IT11);
125.
126. float IN;
127. unsigned long IN11 = (unsigned long) regs[22] << 16 | regs[23];
128. IN = (*(float*)& IN11);
129.
130. float IGND;
131. unsigned long IGND11 = (unsigned long) regs[24] << 16 |
    regs[25];
132. IGND = (*(float*)& IGND11);
133.
134. float IAVG;
135. unsigned long IAVG11 = (unsigned long) regs[26] << 16 |
    regs[27];
136.     IAVG = (*(float*)& IAVG11);
137.
138.     //DAYA P
139.     float PR1;
140.     unsigned long PR11 = (unsigned long) regs[28] << 16 |
    regs[29];
141.     PR1 = (*(float*)& PR11);
142.
143.     float PS1;
144.     unsigned long PS11 = (unsigned long) regs[30] << 16 |
    regs[31];
145.     PS1 = (*(float*)& PS11);
146.
147.     float PT1;
148.     unsigned long PT11 = (unsigned long) regs[32] << 16 |
    regs[33];
149.     PT1 = (*(float*)& PT11);
150.
151.     float PTOTAL;
152.     unsigned long PTOTAL11 = (unsigned long) regs[34] << 16
    | regs[35];
153.     PTOTAL = (*(float*)& PTOTAL11);
154.
155.     //DAYA Q
156.     float QR1;
157.     unsigned long QR11 = (unsigned long) regs[36] << 16 |
    regs[37];
158.     QR1 = (*(float*)& QR11);
159.
160.     float QS1;
161.     unsigned long QS11 = (unsigned long) regs[38] << 16 |
    regs[39];
162.     QS1 = (*(float*)& QS11);

```

```

163.
164.     float QT1;
165.     unsigned long QT11 = (unsigned long) regs[40] << 16 |
      regs[41];
166.     QT1 = (*(float*)& QT11);
167.
168.     float QTOTAL;
169.     unsigned long QTOTAL11 = (unsigned long) regs[42] << 16
      | regs[43];
170.     QTOTAL = (*(float*)& QTOTAL11);
171.
172.     //DAYA S
173.     float SR1;
174.     unsigned long SR11 = (unsigned long) regs[44] << 16 |
      regs[45];
175.     SR1 = (*(float*)& SR11);
176.
177.     float SS1;
178.     unsigned long SS11 = (unsigned long) regs[46] << 16 |
      regs[47];
179.     SS1 = (*(float*)& SS11);
180.
181.     float ST1;
182.     unsigned long ST11 = (unsigned long) regs[48] << 16 |
      regs[49];
183.     ST1 = (*(float*)& ST11);
184.
185.     float STOTAL;
186.     unsigned long STOTAL11 = (unsigned long) regs[50] << 16
      | regs[51];
187.     QTOTAL = (*(float*)& QTOTAL11);
188.     .
189.     .
190.     .
191.     //POWER FAKTOR
192.     float PFR1;
193.     unsigned long PFR11 = (unsigned long) regs[52] << 16 |
      regs[53];
194.     PFR1 = (*(float*)& PFR11);
195.
196.     float PFS1;
197.     unsigned long PFS11 = (unsigned long) regs[54] << 16 |
      regs[55];
198.     PFS1 = (*(float*)& PFS11);
199.
200.     float PFT1;

```

```

201.     unsigned long PFT11 = (unsigned long) regs[56] << 16 |
        regs[57];
202.     PFT1 = (*(float*)& PFT11);
203.
204.     float PFTOTAL;
205.     unsigned long PFTOTAL11 = (unsigned long) regs[58] << 16
        | regs[59];
206.     PFTOTAL = (*(float*)& PFTOTAL11);
207.
208.     float FREQ;
209.     unsigned long FREQ1 = (unsigned long) regs[72] << 16 |
        regs[73];
210.     FREQ = (*(float*)& FREQ1);
211.
212.     String currentTime = String(hour()) + ":" + minute() +
        ":" + second();
213.     String currentDate = String(day()) + " " + month() + " "
        + year();
214.
215.     Blynk.virtualWrite(V0, currentTime);
216.     Blynk.virtualWrite(V1, currentDate);
217.     Blynk.virtualWrite(V2, VRS1); //
218.     Blynk.virtualWrite(V3, VST1); //
219.     Blynk.virtualWrite(V4, VTR1); //
220.     Blynk.virtualWrite(V5, VLL); //
221.     Blynk.virtualWrite(V6, VRN1); //
222.     Blynk.virtualWrite(V7, VSN1); //
223.     Blynk.virtualWrite(V8, VTN1); //
224.     Blynk.virtualWrite(V9, VLN); //
225.     Blynk.virtualWrite(V10, IR1); //
226.     Blynk.virtualWrite(V11, IS1); //
227.     Blynk.virtualWrite(V12, IT1); //
228.     Blynk.virtualWrite(V13, IN); //
229.     Blynk.virtualWrite(V14, IGND); //
230.     Blynk.virtualWrite(V15, IAVG); //
231.     Blynk.virtualWrite(V16, SR1); //
232.     Blynk.virtualWrite(V17, SS1); //
233.     Blynk.virtualWrite(V18, ST1); //
234.     Blynk.virtualWrite(V19, STOTAL); //
235.     Blynk.virtualWrite(V20, PR1); //
236.     Blynk.virtualWrite(V21, PS1);
237.     Blynk.virtualWrite(V22, PT1); //
238.     Blynk.virtualWrite(V23, PTOTAL); //
239.     Blynk.virtualWrite(V24, QR1); //
240.     Blynk.virtualWrite(V25, QS1); //
241.     Blynk.virtualWrite(V26, QT1); //
242.     Blynk.virtualWrite(V27, QTOTAL); //

```



```
243.     Blynk.virtualWrite(V28, PFR1); //
244.     Blynk.virtualWrite(V29, PFS1); //
245.     Blynk.virtualWrite(V30, PFT1); //
246.     Blynk.virtualWrite(V31, PFTOTAL);
247.     Blynk.virtualWrite(V32, FREQ); //
248.
249.     Serial.print("VR = ");
250.     Serial.println(VRN1);
251.     Serial.print("VS = ");
252.     Serial.println(VSN1);
253.     Serial.print("VT = ");
254.     Serial.println(VTN1);
255.
256. }
```

## Lampiran 3.

### (Vol IV), 2022 Rules for Electrical Installations ,2022 - BKI

Pt 1 Seagoing Ships  
Vol IV Rules for Electrical Installations  
Sec 1 General Requirements and Guidance

F

Table 1.7 Voltage and frequency variations for a.c. distribution systems

Quantity In operation	Variations	
	permanent	transient
Frequency	±5 %	±10 % (5 sec)
Voltage	+6 %, -10 %	±20 % (1,5 sec)

Table 1.8 Voltage variations for d.c. distribution systems

Parameters	Variations
Voltage tolerance (continuous)	±10 %
Voltage cyclic variation deviation	5 %
Voltage ripple (a.c. r.m.s. over steady d.c. voltage)	10 %

Table 1.9 Voltage variations for battery systems

Systems	Variations
Components connected to the battery during charging <sup>1</sup>	+30 %, -25 %
Components not connected to the battery during charging	+20 %, -25 %

<sup>1</sup> Different voltage variations as determined by the charging/discharging characteristics, including ripple voltage from the charging device, may be considered.

## 2. Mains quality

2.1 In systems without substantial static converter load and supplied by synchronous generators, the total voltage harmonic distortion shall not exceed 5 %.

2.2 In systems fed by static converters, and systems in which the static converter load predominates, for single harmonics in permanence the limit values indicated in Fig. 1.1 apply.

2.3 If in particular cases, e.g. electrical propulsion plant systems, the above-mentioned limits are exceeded, the faultless function of all electrical devices shall be secured.

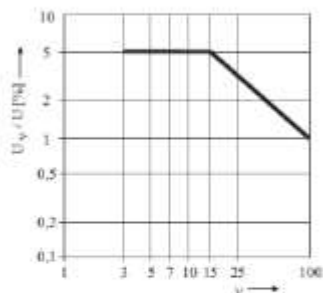


Fig. 1.1 Limit values for the single harmonics in the supply voltage. U<sub>v</sub> is the RMS value of the v-th order harmonic voltage

#### 4.6 Reverse power protection

The reverse power protection device shall respond to the active power regardless of the power factor and shall operate only in the event of reverse power.

The response value and pick up time shall be adjustable.

The reverse power protection device shall remain operative despite a voltage drop to 60 % of the rated value.

#### 4.7 Phase failure protection

Protection devices for detection of a single-phase failure in three-phase circuits shall operate instantaneously. Bimetallic relays with differential release do not constitute phase failure protection devices in the opinion of these Rules.

#### 4.8 Check synchronizers

Check synchronizers for the protection of an alternator against parallel connection at an unacceptable phase angle shall allow parallel switching only up to an angular deviation (electrical) of 45 ° and up to a frequency difference of 1 Hz.

The check synchronizer shall ensure that parallel switching is impossible if the supply or measuring voltage fails or in the event of failure of any component.

#### 4.9 Insulation monitoring equipment

Devices for insulation monitoring of ships mains shall continuously monitor the insulation resistance of the network and shall release an alarm should the insulation resistance of the system fall below 50 Ω per volt of the operating voltage.

The measuring current shall not exceed 30 mA in the event of a dead short circuit to earth.

## F. Cables and Insulated Wires

### 1. General

1.1 Cables and wires shall be flame-retardant and self-extinguishing.

1.2 If cable and wire types have passed a bundle fire test to IEC publication 60332-3, category A/F or IEEE 45.-18.13.5, the installation of fire stops is dispensed with when laying in bundles (see also Section 12.D.14. and SOLAS, Chapter II-1, Part D, Regulation 45.5.2).

1.3 Where fireproof cables shall be used, it is permitted to use cables with retention of insulating capability in accordance with IEC publication 60331 (see also Section 12.D, 15).

1.4 Cables manufactured in accordance with the relevant recommendations of IEC 60092-350:2020, 60092-352:2005, 60092-353:2016, 60092-354:2020, 60092-360:2014, 60092-370:2019 and 60092-376:2017 will be accepted by BKI provided that they are tested to its satisfaction.

Cables manufactured and tested to standards other than those specified like above mentioned will be accepted provided they are in accordance with an acceptable and relevant International or National Standard and are of an equivalent or higher safety level than those listed in 1.4. However, cables such as flexible cable, fibre-optic cable, etc. used for special purposes may be accepted provided they are manufactured and tested in accordance with the relevant standards accepted by BKI.

## Lampiran 4.

### Training manual EXP-MN-SE060-EN, - TOTAL

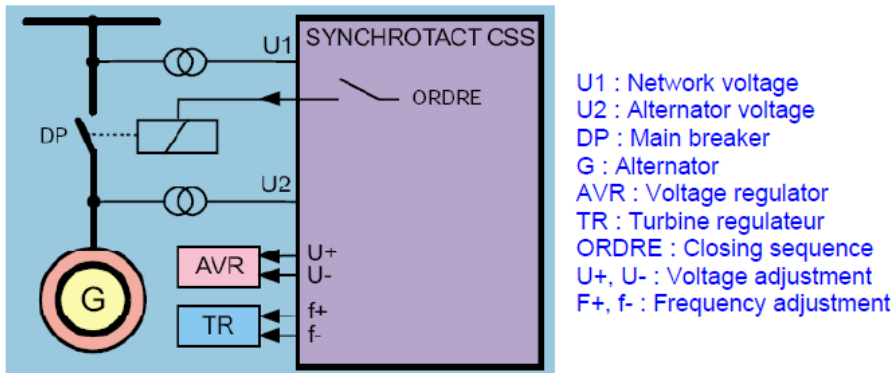


Figure 92: Diagram of the device operating principle

In **MAN** mode, the functions are manually adjusted using push buttons from the front section. Measurement values will be indicated on the instruments. The shut down order will be released in the conditions corresponding exactly to the phases if the release and close push buttons are pressed simultaneously.

In **AUTO** mode, the voltage and frequency of the alternator will be automatically adjusted to the tolerance value. The shut down order for the circuit breaker considers its closing time with the exact corresponding phase's conditions (at that time of closing).

#### 7.2.5. Tolerances for coupling / synchronising

The permissible limits or differences for Voltages, frequencies, and synchronising are generally : :

- ▶ Voltages : + or - 5%
- ▶ Frequencies: 0,1 to 0,5 Hz – Network Frequency is then monitored by a specific relay .
- ▶ Synchronising or phasing : 5° max


## Lampiran 5.

### Data Plate Generator 1

<b>Caterpillar (NI) Limited</b> Old Glenarm Road, Larne, Co Antrim BT40 1EJ Northern Ireland, United Kingdom Tel: +44 (0) 28 28251000 Fax: +44 (0) 28 28251111 www.FGWilson.com		
<b>GENERATING SET</b>		<b>ISO 8528</b>
<b>MANUFACTURER</b>		
<b>MODEL</b>	P22-5	
<b>SERIAL NO.</b>	FGWPEP40EMWN01354	
<b>SALES ORDER REF.</b>	5058496/10	
<b>YEAR OF MANUFACTURE</b>	2013	
<b>AMBIENT TEMP.</b>	25	°C
<b>RATED POWER</b>		
<b>STANDBY</b>	22	kVA
	17.5	kW
<b>PRIME</b>	20	kVA
	16	kW
<b>RATED VOLTAGE</b>	400/230	V
<b>PHASE</b>	3	
<b>RATED POWER FACTOR</b>	0.80	cos φ
<b>RATED FREQUENCY</b>	50	Hz
<b>RATED CURRENT - STANDBY</b>	32	A
<b>RATED CURRENT - PRIME</b>		A
<b>RATED RPM</b>	1500	rpm
<b>ALTITUDE</b>	100	m
<b>ALTERNATOR CONNECTION</b>	S STAR	
<b>ISO 8528 - 3 RATING</b>	PR	
<b>ALTERNATOR ENCLOSURE</b>	23	IP
<b>INSULATION CLASS</b>	H	
<b>EXCITATION VOLTAGE</b>	26.4	V
<b>EXCITATION CURRENT</b>	2.14	A
<b>AVR</b>	P220Reg	
<b>MASS</b>	719	kg
<b>DIMENSIONS LxWxH</b>	1704*876*1385	mm
This generator set is designed to operate in ambient temperatures up to 50 deg C and at higher altitudes. Please consult dealer / helpdesk for outputs available		

## Data Plate Generator 2

**Caterpillar (NI) Limited**  
 500 Glenarm Road, Larne, Co Antrim BT40 1EJ  
 Northern Ireland, United Kingdom  
 Tel: +44 (0) 28 28261000 Fax: +44 (0) 28 28261111  
 www.FGWilson.com



---

GENERATING SET ISO 8528

MANUFACTURER		
MODEL	P22-6	
SERIAL NO.	FGWPEP43PMWNO1360	
SALES ORDER REF.	5058496/70	
YEAR OF MANUFACTURE	2013	
AMBIENT TEMP.	25	°C
RATED POWER		
STANDBY	22	kVA
	17.6	kW
PRIME	20	kVA
	16	kW
RATED VOLTAGE	400/230	V
PHASE	3	
RATED POWER FACTOR	0.80	cos φ
RATED FREQUENCY	50	Hz
RATED CURRENT - STANDBY	32	A
RATED CURRENT - PRIME		A
RATED RPM	1500	rpm
ALTITUDE	100	m
ALTERNATOR CONNECTION	S, STAR	
ISO 8528 - 3 RATING	PR	
ALTERNATOR ENCLOSURE	23	IP
INSULATION CLASS	H	
EXCITATION VOLTAGE	26.4	V
EXCITATION CURRENT	2.14	A
AVR	R220Reg	
MASS	719	kg
DIMENSIONS LxWxH	1704*976*1385	mm

This generator set is designed to operate in ambient temperatures up to 35 deg C and at higher altitudes.  
 Please consult dealer / helpdesk for outputs available.

## Lampiran 6.

### PLC Ladder

#### 2 - SEQ

Master Task

Rung0

Comment: INDEPENDENT ON MAINS



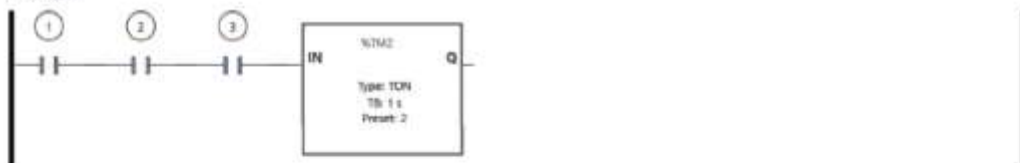
Legend:

- 1 %I0.1
- 2 %Q0.1
- 3 %M2
- 4 %Q0.0
- 5 %M5
- 6 %M4

Variables used:

- %I0.1      PLN\_ON
- %M2        ON\_PLN\_FB
- %M4        SYNC\_FROM\_GEN
- %M5        SYNC\_TO\_GEN
- %Q0.0      K1\_PLN
- %Q0.1      K2\_GEN

Rung1



Legend:

- 1 %M5
- 2 %I0.2
- 3 %Q0.1

Variables used:

- %I0.2      GEN\_ON
- %M5        SYNC\_TO\_GEN
- %Q0.1      K2\_GEN
- %TMC2

*Rung2*



**Legend:**

- 1 %TMD.Q
- 2 %M7
- 3 %Q0.0

**Variables used:**

- %M7 OFF\_FLN\_PB
- %Q0.0 R1\_FLN
- %TMD.Q

*Rung3*

**Comment:** INDEPENDENT ON GENSET



**Legend:**

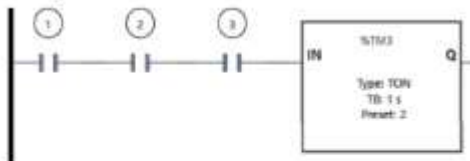
- 1 %I0.2
- 2 %Q0.0
- 3 %M3
- 4 %M4
- 5 %Q0.1
- 6 %M5

**Variables used:**

- %I0.2 GEN\_ON
- %M3 ON\_GEN\_PB
- %M4 SYNC\_FROM\_GEN
- %M5 SYNC\_TO\_GEN
- %Q0.0 R1\_FLN
- %Q0.1 R2\_GEN



*Rung4*



**Legend:**

- 1 %M4
- 2 %I0.1
- 3 %Q0.0

**Variables used:**

- %I0.1            PLN\_ON
- %M4             SYNC\_FROM\_GEN
- %Q0.0           K1\_PLN
- %TMR3

*Rung5*



**Legend:**

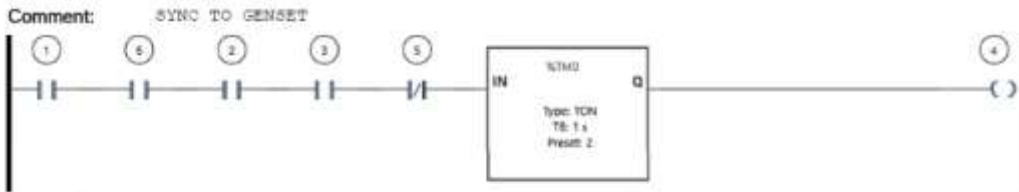
- 1 %TMR3.Q
- 2 %M8
- 3 %Q0.1

**Variables used:**

- %M8             OFF\_GEN\_PB
- %Q0.1           K2\_GEN
- %TMR3.Q

### Rung6

Comment:



Legend:

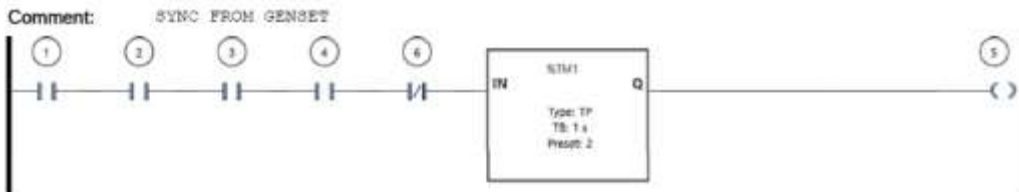
- 1 %I0.1
- 2 %I0.0
- 3 %M1
- 4 %M5
- 5 %Q0.1
- 6 %I0.2

Variables used:

%I0.0	SYNC_RDY
%I0.1	PLN_ON
%I0.2	GEN_ON
%M1	START_SYNC_PB
%M5	SYNC_TO_GEN
%Q0.1	K2_GEN
%TMO	

### Rung7

Comment:



Legend:

- 1 %I0.1
- 2 %I0.2
- 3 %I0.0
- 4 %M1
- 5 %M4
- 6 %Q0.0

Variables used:

%I0.0	SYNC_RDY
%I0.1	PLN_ON
%I0.2	GEN_ON
%M1	START_SYNC_PB
%M4	SYNC_FROM_GEN
%Q0.0	K1_PLN
%TMI	

Project Name: New project

01/26/2023 - 10:17 AM

23/38

*Rung8*



**Legend:**

- 1 %Q0.0
- 2 %M90

**Variables used:**

%M90  
%Q0.0                    K1\_PLN

*Rung9*



**Legend:**

- 1 %Q0.1
- 2 %M91

**Variables used:**

%M91  
%Q0.1                    K2\_GEN

*Rung10*



**Legend:**

- 1 %M5
- 2 %M100

**Variables used:**

%M5                      SYNC\_TO\_GEN  
%M100

*Rung11*



**Legend:**

- 1 %M90
- 2 %M100

**Variables used:**

%M90  
%M100

*Rung12*



**Legend:**

- 1 %M4
- 2 %M101

**Variables used:**

%M4                    SYNC\_FROM\_GEN  
%M101

*Rung13*



**Legend:**

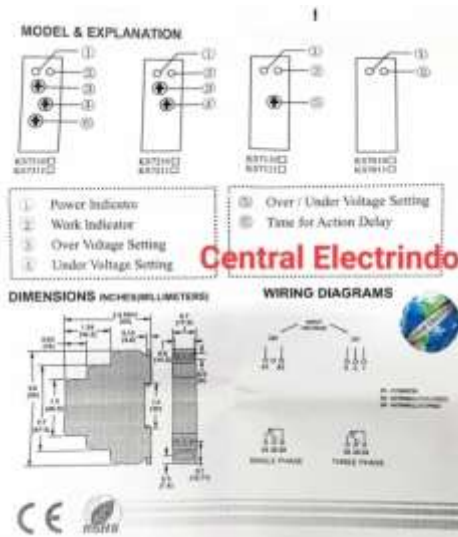
- 1 %M91
- 2 %M101

**Variables used:**

%M91  
%M101

## Lampiran 7.

### Phase Failure Relay



	Type	Over Voltage	Under Voltage	Time Delay	Phase Sequence	Phase Failure
SINGLE PHASE	KS7110	1%		3s	-	-
	KS7111	0-20%		3s	-	-
	KS7112	0-20%	0-20%	3s	-	-
	KS7113	0-20%	0-20%	0.1-99s	-	-
THREE PHASE	KS7110	2%		3s	✓	✓
	KS7111	0-20%		3s	✓	✓
	KS7112	0-20%	0-20%	3s	✓	✓
	KS7113	0-20%	0-20%	0.1-99s	✓	✓

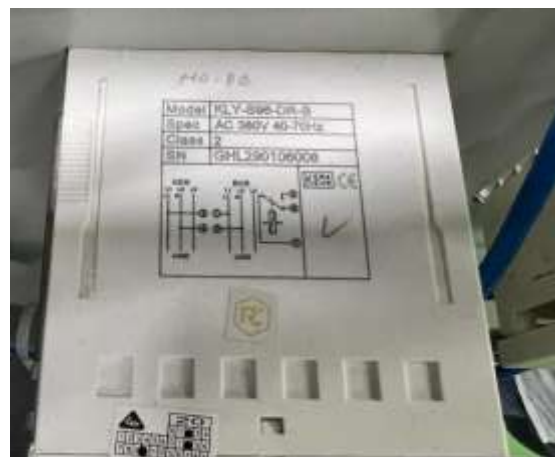
UL, OSHA, NEMA, IEC, CE, RoHS

115 AC115V / 220 AC220V / 380 AC380V / 415 AC415V / 480 AC480V

ITEM NO.	SINGLE PHASE	THREE PHASE
EXACT WEIGHT	AC 100/200/400/110/140g	AC 200/300/115/200g
PROTECTION	IP 20	IP 20
RETURNING TIME (R. RELAY)	RELAY ON 0.5s	RELAY ON 1s
CIRCUIT PROTECT	AC 115 / AC 220VAC	AC 220 / 380 / 415 / 480VAC
NO	1A	1A
RESET TIME	0.1-99.99s	0.1-99.99s
ARMOUR LEAD	NO / YES	NO / YES
SETTING RANGE	0-20% / 0-20%	0-20% / 0-20%
SPRING FORCE	1-25.2kN	1-25.2kN
TEST CURRENT	1-25.2kA	1-25.2kA
TEMP. RANGE	-20-55°C	-20-55°C

## Lampiran 8.

### Synchronoscope



## BIODATA

# Kurniawan Joko Prasetyo



Berpengalaman dalam bidang logistics, yang berkaitan dengan Land Transportation, Logistics Base Operation dan Heavy Lifting Operation. Specific Skill dan Knowledge dibutuhkan untuk menunjang ke semua Operation support diatas, sehingga dapat berlangsung dengan baik dan aman. Electrical knowledge pun diperlukan, terutama karena operation Logistics Base memerlukan support electricity untuk workshop, warehousing accommodation and restaurant.

### Personal details

Kurniawan Joko Prasetyo  
NRP. 0421140054

### Alamat

Perum Grand Indraprasta Block  
B5 no 12 A. Sidoarjo – Jawa Timur

### Phone Number

08123 140 3333

### Email

[Kurniawan.joko@student.ppns.ac.id](mailto:Kurniawan.joko@student.ppns.ac.id)

[Kurniawan.joko@pertamina.com](mailto:Kurniawan.joko@pertamina.com)

### Social Media

FB : kurniawan joko

Ig :kurniawan joko

### Hobby

- Automotive

## Working Experience

### PT. Pertamina Hulu Mahakam

- Sr. Competent Person for Lifting Operation  
2021 – Now
- Site Lifting Specialist 2018 – 2021

### PT. TOTAL E & P Indonesia,

- Site Lifting Specialist 2016 – 2018
- Logistics Base Operation Superintendent  
2010 – 2016
- Lifting Supervisor 2009 – 2010
- Land Transport Supervisor 2004 – 2009
- Logistics Supervisory Training  
2002 – 2004

### PT. Indomarco Prismatama

- Chief Store 2001 – 2002

## Education and Skill

### Formal Education

1. 1998-2001. D3. PPNS –  
ITS, Teknik Kelistrikan  
Kapal,
2. 2013. IFP School – France, Logistics  
Engineer  
End Project: Monitoring system PSV  
(production support vessel)and  
Helicopter
3. 2022-2023. D4 RPL PE - PPNS

### Training & Certification

Various on Safety, Lifting, and Logistician  
Training