

SKRIPSI

**ANALISIS PENENTUAN BESARNYA ARUS NOMINAL PENGAMAN LEBUR
TERHADAP KAPASITAS MOTOR POMPA EJEKTOR DAN POMPA
DISTILASI PADA PRODUKSI AIR LAUT MENJADI AIR TAWAR**



Oleh:

AHMAD FAUSAN

10582142914

MUH. LUTHFI

10582142714

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2021

**ANALISIS PENENTUAN BESARNYA ARUS NOMINAL PENGAMAN LEBUR
TERHADAP KAPASITAS MOTOR POMPA EJEKTOR DAN POMPA
DISTILASI PADA PRODUKSI AIR LAUT MENJADI AIR TAWAR**

Skripsi

Diajukan sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Elektro
Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik

Disusun dan diajukan oleh

AHMAD FAUSAN

10582142914

MUH. LUTHFI

10582142714

**PADA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2021**

23/03/2021

1 eqg
Smb. Alumni

R/0605/ELT/21 or
FAU
a¹



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

NBM : 855 500 Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **ANALIS PENENTUAN BESARNYA ARUS NOMINAL PENGAMAN LEBUR TERHADAP KAPASITAS MOTOR POMA EJEKTOR DAN POMPA DISTALASI PADA PRODUKSI AIR LAUT MENJADI AIR TAWAR**

Nama : AHMAD FAUSAN
MUH.LUTHFI

Stambuk : 105 82 1429 14
105 82 1427 14

Makassar, 09 Maret 2021

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Eng. Ir. Zulfajri Basri Hasanuddin, M. Eng

Rizal Ahdiyat Duyo, S.T., M.T

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Elektro

Adriani, S.T., M.T.

NBM : 1044 202

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : www.unismuh.ac.id, e-mail : unismuh@gmail.comWebsite : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **AHMAD FAUSAN** dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 1429 14 dan **MUH. LUTHFI** dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 1427 14, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0002/SK-Y/20201/091004/2021, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 20 Februari 2021.

Makassar, 10 Rajab 1442 H
22 Februari 2021 M

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, M.T

2. Penguji :

a. Ketua : Dr. Umar Katu, S.T., M.T

b. Sekertaris : Anugrah, ST., MT

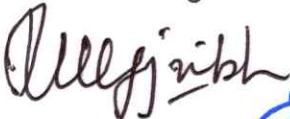
3. Anggota: 1. Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc.

2. Adriani, S.T., M.T

3. Dr. Ir. Hj. Hafsah Nirwana, M.T

Mengetahui :

Pembimbing I


Dr. Eng. Ir. Zulfajri Basri Hasanuddin, M. Eng

Pembimbing II


Rizal Ahdiyat Duyo, S.T., M.TIr. Hamzah Al Imran, ST., MT, IPM

NBM : 855 500

Ahmad Fausan¹.Muh. Luthfi²

¹Prodi Tektik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar

E mail: AhmadFausan4@gmail.com

²Prodi Tektik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar

E mail: Uppy.crx@gmail.com

ABSTRAK

Abstrak : Ahmad Fausan dan Muh, Luthfi (2021) Analisis Penentuan Besarnya Arus Nominal Pengaman Lebur Terhadap Kapasitas Motor Pompa Ejektor Dan Pompa Distilasi Pada Produksi Air Laut Menjadi Air Tawar dibimbing oleh DR. Eng. Ir H. Zulfajri Basri Hasanuddin , M.Eng, Rizal A Duyo, S.T., M.T. Adapun tujuan dari pada penelitian ini adalah, Untuk mengetahui sistem pompa pada pengelolaan air laut menjadi air tawar. Untuk mengetahui daya motor yang digunakan untuk pompa pada pengelolaan air laut menjadi air tawar dan Untuk mengetahui perhitungan untuk arus pemutus daya dan pengaman lebur motor pompa pada pengelolaan air laut menjadi air tawar. Metode yang dipergunakan pada penelitiann ini adalah mengadakan penelitian dan pengambilan data di fresh water Generator BPLP Makassar. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini adalah. Pompa distilasi berfungsi untuk menghisap air distilasi atau air sulingan yang sudah diproses kemudian dipompakan pada tangki-tangki penampungan air tawar yang sistim operasi bekerjanya setelah pompa ejektor bekerja. Motor yang digunakan pada pompa ejektor dan pompa distilasi adalah motor induksi tiga fasa. Sesuai dengan hasil perhitungan daya motor yang digunakan, untuk pompa ejektor 3,891 KW dan untuk pompa distilasi 0,473 KW. Hasil dari perhitungan sudah sesuai dengan data yang ada yaitu untuk pompa ejektor 3,7 KW dan untuk pompa distilasi 0,4 KW. Salinity alarm berfungsi untuk mendeteksi kadar garam pada air distilasi.

Kata kunci ; Arus, Motor, Pompa, Ejektor, Dan Distilasi

Ahmad Fausan¹.Muh. Luthfi²

¹Product of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Unismuh,
Makassar

mail: AhmadFausan4@gmail.com

²Product of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Unismuh,
Makassar

E mail: Uppy.crx@gmail.com

ABSTRACT

Abstract: Ahmad Fausan and Muh, Luthfi (2021) Analysis of Determination of the Nominal Flow of Melting Safety Against the Motor Capacity of Ejector Pumps and Distillation Pumps in the Production of Seawater into Freshwater, guided by DR. Eng. Ir H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng, Rizal A Duyo, S.T., M.T. The purpose of this study is, To determine the pump system in the management of sea water into fresh water. To find out the motor power used for pumps in the management of sea water into fresh water and to find out the calculations for the power breaker current and the safety of the pump motor melting in the management of sea water into fresh water. The method used in this research is to conduct research and collect data in the fresh water generator BPLP Makassar. The results obtained in this study are. The distillation pump functions to suck distilled water or distilled water that has been processed and then pumped into fresh water storage tanks whose operating system operates after the ejector pump works. The motor used in the ejector pump and the distillation pump is a three-phase induction motor. In accordance with the calculation results of the motor power used, for the ejector pump 3,891 KW and for the 0.473 KW distillation pump. The results of the calculations are in accordance with existing data, namely for the ejector pump of 3.7 KW and for the 0.4 KW distillation pump. Salinity alarm is used to detect salinity in distilled water.

Keywords ; Current, Motor, Pump, Ejector and Distillation

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena Rahmat dan HidayahNyalah sehingga penulis dapat menyusun skripsi ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah pensyaratan akademik yang harus ditempuhdalam rangka penyelesaian program studi pada Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir adalah : *“Analisis Penentuan Besarnya Arus Nominal Pengaman Lebur Terhadap Kapasitas Motor Pompa Ejektor Dan Pompa Distalasi Pada Produksi Air Laut Menjadi Air Tawar”*

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan-kekurangan, hal ini sdisebabkan penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan baik itu ditinjau dari segi teknis penulis maupun dari perhitungan-perhitungan. Oleh karena itu penulis menerima dengan ikhlas dan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

Skripsi ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segalan ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak Hamzah Al Imran, ST, MT. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Ibu Adriani, ST, MT., sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

3. Bapak. DR. Ir H Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng, Selaku Pembimbing dan Bapak Rizal A Duyo, S.T., MT, selaku Pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktunya dalam membimbing kami.
4. Bapak dan ibu dosen serta staf pegawai pada fakultas teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Ayahanda dan Ibunda yang tercinta, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, doa dan pengorbanan terutam dalam bentuk materi dalam menyelesaikan kuliah.
6. Saudara-saudaraku serta rekan-rekan mahasiswa fakultas teknik terkhusus angkatan 2014 (vector) yang dengan keakraban dan persaudaraan banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga semua pihak tersebut di atas mendapat pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT dan skripsi yang sederhana ini dapat bernabfaat bagi penulis, rekan-rekan, masyarakat serta bangsa dan Negara. Amin.

Makassar, 29 Januari 2021

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Abstrak	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar isi	vi
Daftar Gambar.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penulisan.....	3
D. Batasan Masalah	3
E. Manfaat enulisan.....	3
F. Metode Pembahasan	4
G. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Motor Asinkron.....	6
B. Starting Motor-motor Listrik	9
C. Pompa	11
D. Transformator	13
E. Lampu Indikator.....	16
F. NFB (<i>No Fuse Breaker</i>)	17
G. Fuse.....	18

H. Push Button	19
I. Magnetik Kontaktor	19
J. TOR (<i>Thermal Overload Relay</i>)	22
K. Dioda.....	24
L. Kabel.....	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
A. Waktu dan Lempat	27
B. Metode Penelitian	27
C. Gambar Blok Diagram	29
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	31
A. Data Hasil Penelitian.....	31
B. Sistem Kelistrikan	31
C. Deskripsi dan Analisa Kerja	35
D. Perhitungan Daya Motor	45
E. Perhitungan Besarnya Arus Nominal (In) motor, KHA Utama, Pemutus Daya dan Pengaman Lebur	47
BAB IV PENUTUP	49
A. Kesimpulan	49
B. Saran-saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....	51
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	

DAFTAR GAMBAR

Gambar Teks Halaman

2.1 Rangkaian Motor Induksi rotor lilitan	8
2.2 Rangkaian motor induksi rotor sangkar yang dihubungkan dengan saklar Y - Δ	9
2.3 Rangkaian Daya Starting Y - Δ	10
2.4 Pompa Sentrifugal	12
2.5 Konstruksi Kontraktor	21
2.6 Simbol TOR dan Pengawatannya	22
2.7 TOR dengan beban motor	22
2.8 Simbol dioda dan aliran arus listriknya	23
2.9 Simbol dan arah arus listriknya pada dioda zener	23
2.10 Simbol dan arah arus Thyristor	24

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Dengan perkembangan pengontrolan otomatis untuk berbagai sistem dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas dari hasil produksi serta mengurangi biaya produksi. Pengontrolan otomatis dapat juga menghindari pekerjaan - pekerjaan rutin yang: sebenarnya harus dikerjakan oleh manusia dan mengurangi kebosanan yang sering terjadi pada operator.

Berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi mendorong majunya usaha diberbagai bidang. Dengan dairy kemajuan tersebut, sehingga memberikan kemudahan kepada seluruh umat manusia baik itu di darat, udara maupun di laut. Salah satu sarana yang ada di laut adalah kapal yang merupakan penghubung antara satu pulau dengan pulau lainnya.

Perkembangan teknologi dibidang industri banyak sekali yang menggunakan motor - motor penggerak untuk motor produksi seperti motor listrik. Pengontrolan motor dapat dilakukan dari yang sangat sederhana sampai pada sistem pengontrolan yang cukup rumit

Salah satu kebutuhan pokok dalam pengoperasian di kapal adalah air tawar seisin juga bahan bakar, bahan makanan, perlengkapan kerja dan sebagainya. Air tawar di kapal digunakan untuk memenuhi kebutuhan di dapur, minum, mandi dan sebagainya.

Kebutuhan akan air tawar sangat terasa sekali diatas kapal dimana untuk mencapai pelabuhan tujuan memerlukan waktu sehari-hari bahkan

berminggu-minggu lamanya untuk melakukan proses bongkar muat dan selama di pelabuhan tersebut diadakan pengisian air tawar langsung dari darat ke tangki-tangki air tawar di kapal. Bilamana kapal akan berlayar lebih jauh dan membutuhkan waktu lama, maka kapal tersebut harus mampu menampung air tawar yang berjumlah sangat besar. Hal inilah tentunya akan mengurangi jumlah muatan yang bisa diangkut oleh kapal.

Mengingat hal tersebut, maka diciptakan suatu peralatan yang dapat mengolah air laut menjadi air tawar yang disebut "*Fresh Water Generator*". Salah satu ilmu keteknikan yang menunjang dalam pengoperasian alat ini adalah alat listrik. Untuk itu, kami tertarik untuk meneliti/mengetahui sejauh mana peranan ilmu kelistrikan dalam pengoperasian "*Fresh Water Generator*".

B. Rumusan Masalah

Adapun Rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Penggunaan motor dan pompa terhadap sistem yang kompleks dengan menggunakan besarnya arus nominal terhadap system kelistrikan sangat menentukan pada penggunaan motor dan pompa listrik yang efektif.
2. Karena terdapat hubungan timbal balik antara beberapa variable, untuk itu dengan menggunakan kontrol otomatis yang lebih presisi, kesalahan-kesalahan operasi yang ditimbulkan oleh beberapa variabel tentunya dapat teratasi dan dapat dikurangi.

C. Tujuan Penulisan

Adapun tujuan penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- Untuk mengetahui sistem pompa pada pengelolaan air laut menjadi air tawar.
- Untuk mengetahui daya motor yang digunakan untuk pompa pada pengelolaan air laut menjadi air tawar
- Untuk mengetahui perhitungan untuk arus pemutus daya dan pengaman lebur motor pompa pada pengelolaan air laut menjadi air tawar.

D. Batasan Masalah

Untuk memperoleh penulisan yang baik, maka perlu diperjelas dan ditentukan batasan masalah. Hal ini bertujuan untuk menghindari pembahasan yang keluar dari masalah penulisan yang sebenarnya. Batasan masalah penulisan tugas akhir ini adalah :

- Prinsip kerja sama sistem kelistrikan pada Panel Utama dan Salinity alarm,
- Perhitungan daya motor untuk pompa destilasi.
- Perhitungan besarnya arus Nominal, KHA utama, Pemutus daya dan pengaman lebur.

E. Manfaat penulisan

Manfaat penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Oleh karena tersedianya arus listrik di industri yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan ke akomodasi, air ketel, tempat pencucian (laundry) dapur, mandi dan pemakaian di mesin.

2. Oleh karena tersedianya penampung sehingga arus listrik menjadikan Industri efisien karena masih ada industri yang masih sederhana dan kurang efisien system kontrolnya.

F. Metode Pembahasan

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menggunakan beberapa metode pembahasan, yaitu :

1. Metode Literatur

Metode ini digunakan untuk mencari dan menyajikan teori ilmiah dari berbagai bukti yang ada hubungannya dengan masalah yang dibahas.

2. Metode Observasi/Diskusi

Metode yang digunakan untuk mencari dan mengambil data yang diperlukan melalui peninjauan langsung ke lokasi dan mengkonsultasikan pada orang yang lebih memahami tentang masalah yang dibahas.

3. Metode Pembahasan/Analisa Data

Metode ini merupakan pembahasan dari prinsip kerja kelistrikan "*Fresh Water Generator*".

G. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini akan dibahas mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, manfaat penulisan dan metode pembahasan dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini akan dibahas mengenai landasan teoritis tentang motor asinkro, starting motor-motor listrik, pompa, transformator, lampu indikator, NFB (*No Fuse Breaker*), fuse, push button, magnetic kontaktor, TOR (*Thermal Overload Relay*) dan diode.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam metodologi penelitian dibahas tentang lamanya penelitian. Tempat, langkah-langkah penelitian, dan gambar blok diagram.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dibahas tentang hasil penelitian, perhitungan dan pembahasan tentang sistem kelistrikan deskripsi dan analisa kerja, penentuan daya Motor dan perhitungan besarnya arus nominal (I_n) motor, KHA utama.

BAB V PENUTUP

Bab ini merupakan penutup yang berisikan kesimpulan dan saran-saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Motor Asinkron

Motor Asinkron disebut juga motor induksi. Motor Induksi merupakan arus bolak balik (AC) yang paling luas penggunaannya. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar yang dihasilkan oleh arus stator.

Belitan stator yang dihubungkan dengan sumber tegangan tiga fasa akan menghasilkan medan magnet yang berputar dengan kecepatan sinkron, Medan putar pada stator tersebut akan memotong konduktor-konduktor pada rotor, sehingga terinduksi arus. Perbedaan putaran relatif antara stator dan rotor disebut slip. Bertambahnya beban, akan memperbesar kopel motor dan oleh karenanya akan memperbesar pula arus induksi pada rotor, sehingga slip antara medan putar stator dan putaran rotor akan bertambah besar. Jadi bila beban motor bertambah, maka putaran rotor cenderung menurun.

Dikenal dua tipe motor induksi, yaitu motor induksi dengan lilitan dan motor induksi dengan rotor sangkar.

Perputaran motor pada mesin arus bolak-balik ditimbulkan oleh adanya medan putar (fluks yang berputar) yang dihasilkan dalam kumparan statornya. Medan putar ini terjadi apabila kumparan stator dihubungkan dalam fasa banyak, umumnya fasa tiga.

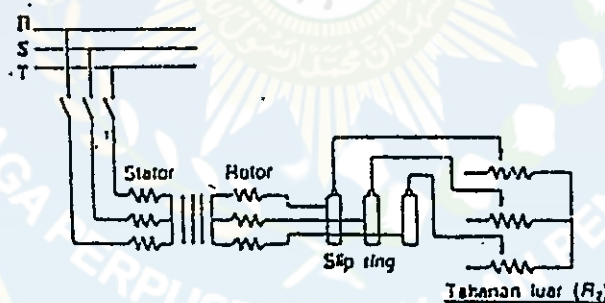
1. Prinsip Kerja Motor Asinkron

Prinsip kerja motor asinkron tiga fasa adalah sebagai berikut:

- Apabila sumber tegangan tiga fasa dipasang pada kumparan stator akan timbul medan putar dengan kecepatan $N_s = 120f/p$.
- Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor, sehingga pada kumparan rotor timbul tegangan induksi (gagal).
- Karena kumparan rotor merupakan rangkaian yang tertutup, maka gagal akan menghasilkan arus. Adanya arus dalam medan magnet menimbulkan gaya pada rotor.
- Bila kopel mula yang dihasilkan oleh gaya pada rotor yang cukup besar untuk memikul kopel beban, maka rotor akan berputar searah dengan medan putar stator.
- Agar tegangan terinduksi diperlukan adanya tegangan relatif antara kecepatan medan putar stator dengan kecepatan berputar rotor.
- Bila kecepatan berputar rotor sama dengan kecepatan medan putar stator, maka tidak akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada kumparan jangkar rotor, dengan demikian tidak dihasilkan kopel. Kopel motor akan ditimbulkan apabila kecepatan putar rotor lebih kecil dari kecepatan putar stator.
- Dilihat dari cara kerjanya motor induksi disebut juga dengan motor tak serempak atau motor asinkron.

2. Motor induksi dengan motor lilitan

Motor induksi jenis ini mempunyai rotor dengan belitan kumparan tiga fasa sama dengan kumparan stator. Kumparan stator dan rotor juga mempunyai jumlah kutub yang sama. Penambahan tahanan luar sampai harga tertentu, dapat membuat kopel mula mencapai harga kopel maksimumnya. Kopel mula yang besar memang diperlukan pada waktu Motor induksi dengan rotor lilitan memungkinkan penambahan (pengaturan) tahanan luar. Tahanan luar yang dapat diatur ini dihubungkan ke rotor melalui cincin. Selain untuk menghasilkan kopel mula yang besar, tahanan luar tadi diperlukan untuk membatasi arus mula yang besar pada start, disamping itu dengan mengubah tahanan luar, kecepatan motor dapat diatur.



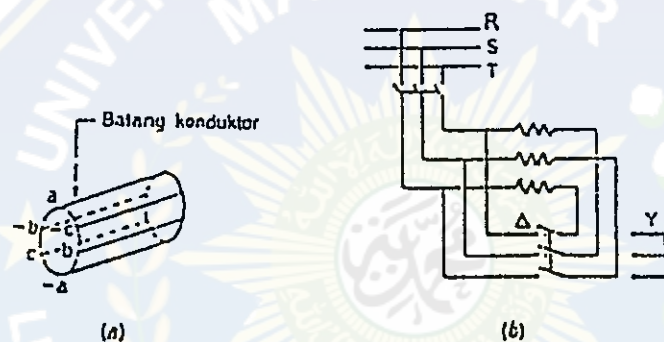
Gambar 2.1 Rangkaian motor induksi dengan rotor lilitan dan tahanan luar.

3. Motor Induksi dengan Rotor Sangkar

Motor induksi jenis ini mempunyai rotor dengan kumparan yang terdiri dari beberapa batang konduktor yang disusun sedemikian rupa sehingga menyerupai sangkar tupai. Konstruksi rotor ini sangat sederhana bila dibandingkan dengan rotor mesin listrik lainnya. Dengan demikian harganya pun murah. Karena konstruksinya pun demikian, padanya tidak mungkin

diberikan pengaturan tahanan luar seperti pada motor induksi dengan motor belitan.

Untuk membatasi arus mula yang besar, tegangan sumber harus dikurangi dan biasanya digunakan auto transformator atau saklar bintang-segitiga. Tetapi berkurangnya arus akan berakibat berkurangnya kopel mula. Motor jenis ini sangkar ganda dapat digunakan untuk mengatasi berkurangnya kopel mula tersebut.



Gambar 2.2 Rangkaian motor induksi rotor sangkar yang dihubungkan dengan saklar bintang-segitiga

B. Starting Motor-Motor Listrik

1. Pengertian Starting/Pengasutan Motor,

Starting adalah suatu proses yang mengakibatkan motor beroperasi dari keadaan diam hingga berputar pada kecepatan kerja.

2. Jenis-Jenis Starting

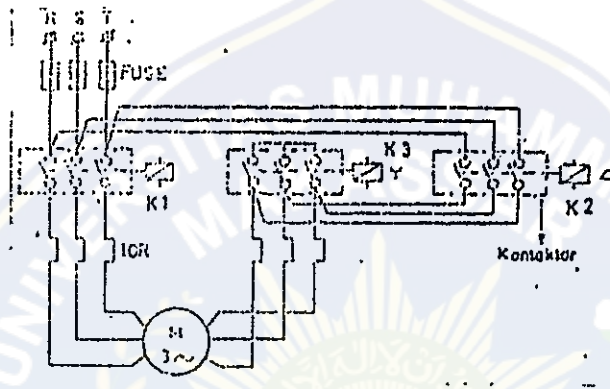
a. Starting dengan *Direct On Line* (DOL)

Starting dengan cara ini adalah yang paling sederhana, dimana jala-jala sepenuhnya dihubungkan langsung pada jepitan motor.

Pada saat starting arus mulanya sangat besar, begitu juga dengan kopel mulanya. Cara ini biasanya digunakan untuk motor-motor dengan

daya yang kecil sampai dengan 2 HP menurut ketentuan solas, starting dengan cara DOL umumnya dilengkapi dengan *Thermal Overload Relay* (TOR), yang disertai dengan koil magnetik kontaktor.

b. Pengasutan dengan Bintang Segitiga (Y - A)



Gambar 2.3 Rangkaian daya starting Bintang Segitiga
Starting dengan bintang segitiga seperti ;

tersirat dalam namanya, dimulai dengan menghubungkan ujung lilitan motor selama periode start dalam hubungan bintang kemudian berpindah dalam hubungan segitiga. Interval waktu antara kedua sistem ini adalah maksimal 15 detik (sesuai dengan ketentuan SOLAS).

Pada umumnya alat start ini dilengkapi dengan magnetic contactor untuk memindahkan hubungan dari bintang ke segitiga melalui sebuah timer.

Adapun tujuan dan pengasutan dengan sistem bintang segitiga adalah untuk mengurangi arus mula (starting current) yang besarnya mencapai 7 x arus nominal motor yang dapat menyebabkan gulungan motor terbakar, dengan pengasutan tersebut, maka arus awal terjadi 1,73 kali lebih kecil dibanding starting *Direct On Line*.

Adapun untuk menghitung besarnya daya motor yang digunakan pada pengoperasian pompa dapat digunakan rumus sebagai berikut:

- Untuk motor induksi 3 Phasa.

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \phi \dots\dots\dots(2.1)$$

- Untuk arus nominal (I_n)

$$I_n = P / V \cos \phi \cdot \sqrt{3} \dots\dots\dots (2.2)$$

C. Pompa

1. Pengertian Pompa

Pompa adalah merupakan suatu alat atau mesin yang digunakan untuk mengkonversikan energi mekanik ke energi zat cair (fluida).

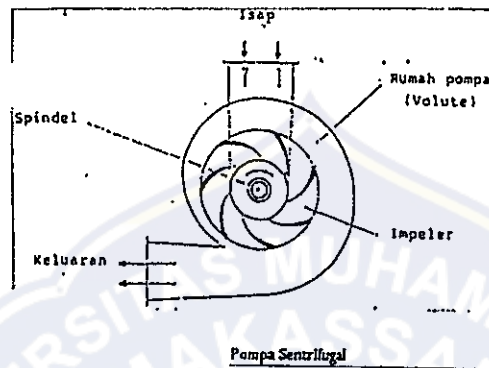
2. Jenis Pompa

Pompa yang digunakan adalah pompa Sentrifugal, pompa ini dioperasikan dengan bagian isap yang tergenang air. Pompa ini mempunyai sebuah impeler (baling-baling) tunggal yang berputar di dalam rumah pompa yang berfungsi untuk mengangkat zat cair dari tempat yang rendah ke tempat yang tinggi.

Daya dari luar diberikan kepada poros pompa untuk memutar impeler di dalam zat cair. Maka zat cair yang didatara impeler, oleh dorongan sudu-sudu ikut berputar. Karena timbul gaya sentrifugal, maka zat cair mengalir dari tengah impeler melalui saluran di antara sudu-sudu. Disini tekanan dan kecepatannya menjadi lebih meningkat.

Zat cair yang keluar dari impeler ditampung oleh saluran rumah pompa yang berbentuk volut (spiral) di sekeliling impeler dan disalurkan

keluar pompa melalui keluaran (nosel). Di dalam nosel ini sebagian kecepatan aliran diubah menjadi tekanan.



Gambar 2.4 Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal mampu memindahkan volume cairan yang besar tanpa tergantung pada kutub atau ruang antar yang halus dan pompa ini dapat bekerja pada katub keluaran tertutup tanpa peningkatan tekanan yang lebih tinggi.

Kerugian pompa sentrifugal, yaitu ;

- Tekanan keluaran terbatas
- Tekanan mampu priming sendiri

Daya dan pompa sentrifugal yang digunakan untuk memindahkan fluida, dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$P_M = P_p (1 + A) / (\eta \cdot p \cdot \eta \cdot k) \dots \dots \text{Persamaan 2.3}$$

dimana :

$$P_p = (P_h)/P$$

$$P_h = (0,163)(Q)(H)(p)$$

$$P_M = \text{Daya motor pompa (KW)}$$

$$P_p = \text{Daya poros pompa (KW)}$$

P_h = Daya hidraulik pompa (KW)

Q = Kapasitas pompa (m^3 /menit)

H = Total head (meter)

p = Massa jenis air (kg/liter)

η_p = Efisiensi pompa

η_k = Efisiensi hubungan poros dengan nilai; I untuk poros yang dikopel langsung 0,9 sampai 0,95 untuk ban mesin dan roda gigi.

A = Faktor yang bergantung jenis motor 0,1 sampai 0,2 untuk motor listrik, 0,2 untuk motor bakar besar, 0,25 untuk motor bakar kecil.

D. Transformator

Transformator adalah suatu alat listrik yang berfungsi untuk mentransformasikan daya bolak balik ke daya bolak balik lainnya tanpa mengubah frekuensi. Dalam proses pemindahan daya ini umumnya disertai dengan perubahan tegangan.

Klasifikasi transformator dapat dibedakan antara lain berdasarkan atas:

- a. Perubahan tegangan
- b. Sistem pendinginnya
- c. Jumlah fasanya.

1. Berdasarkan Perubahan Tegangan

Berdasarkan perubahan tegangannya pada saat pemindahan daya, transformator dapat dibedakan atas:

- a. *Step Up* transformer, yaitu transformator yang menerima energi pada tegangan tertentu dan memindahkan energi tersebut ke tegangan yang lebih tinggi.
- b. *Step Down* Transformer, yaitu transformator yang menerima energi pada tegangan tertentu dan memindahkan energi tersebut ke tegangan yang lebih rendah.

Dan kedua transformator tersebut diatas, pada umumnya transformator yang digunakan di kapal laut adalah *step-down* transformer.

2. Berdasarkan Sistem Pendinginnya

Berdasarkan sistem pendinginnya, transformator yang diijinkan penggunaannya di kapal laut oleh BKI adalah transformator jenis kering (*Dry Type Transformer*). Transformator jenis kering yang mempergunakan minyak sebagai jenis pendinginnya. Pada umumnya dari jenis ini dirancang untuk pemakaian tegangan tinggi dan kapasitas besar.

3. Berdasarkan Jumlah Fasanya

Berdasarkan jumlah fasanya transformator tersebut dapat dibedakan atas transformator satu fasa dan transformator tiga fasa.

Kedua transformator tersebut, dalam penggunaannya mempunyai kelebihan dan kekurangan, antara lain :

- a. Untuk Transformator Satu Fasa

Keuntungannya:

- Dapat dirangkai sedemikian rupa sehingga bila salah satu fasa mengalami gangguan, maka fasa yang lain masih dapat beroperasi dengan sistem open delta (V-V).

Kerugiannya:

- Harganya lebih mahal

b. Untuk transformator Tiga Fasa

Keuntungan:

- Pemasangan lebih mudah dan cepat
- Keandalan lebih tinggi
- Lebih ringan dari transformator satu fasa pada kapasitas yang sama

Kerugiannya:

- Bila diperlukan instalasi cadangan, memerlukan biaya yang tinggi.
- Tidak dapat mentransformasikan daya dengan sistem open delta.

Pemilihan kedua transformer tersebut untuk digunakan pada kapal laut, maka selain hal-hal yang telah disebutkan di atas juga harus diperhitungkan kemungkinan pergeseran titik berat kapal sebagai akibat peletakan transformer tersebut, serta volume ruang yang tersedia.

E. Lampu Indikator

Salah satu instrumen penting pada industri-industri yang erat kaitannya dengan operasi-operasi motor-motor listrik adalah lampu indikator. Disamping pengoperasian suatu rangkaian kontrol yang rumit perlu menggunakan orientasi atau penandaan pada posisi tertentu, misalnya pada saat arus mengalir di dalam suatu rangkaian mengalami gangguan.

Sering kita jumpai pada rangkaian kontrol yang mengalami gangguan dalam suatu industri, dipasang lampu-lampu indikator yang terpasang pada panel kontrolnya.

Lampu indikator pada tegangan 220 Volt dengan besar arusnya 0,002 A memberi tanda terhadap komponen-komponen yang digunakan. Adapun yang memberi tanda berbagai keadaan yaitu kode-kode lampu sendiri, sehingga dengan sendirinya kita dapat mengetahui warna lampu indikator dan jenis rangkaian kontrol yang dilayaninya. Kode lampu pada suatu rangkaian kontrol biasanya terdapat beberapa lampu indikator, yaitu :

- Lampu indikator warna Merah

Lampu ini menandakan bahwa operasi berhenti atau dalam keadaan gangguan.

- Lampu indikator warna Kuning

Lampu ini menandakan peringatan atau butuh perhatian.

- Lampu indikator warna Hijau

Lampu ini menandakan bahwa rangkaian dalam keadaan beroperasi

- Lampu indikator warna Putih.

Lampu ini menandakan bahwa rangkaian dalam keadaan beroperasi normal.

F. NFB (*No Fuse Breaker*)

Pengaman ini tidak banyak berbeda dengan pengaman mini Circuit Breaker, bila ditinjau dari si stem dan prinsip kerjanya. Perbedaannya terletak pada:

- Range dari kapasitas yang tersedia, dimana MCB antara 0,5 sampai 63 Ampere, sedangkan pada NFB antara 10 sampai 400 Ampere.
- Konstruksi fisiknya.

- Kapasitas pemutusan arus hubung singkat MCB antara 3 kA sampai 10 kA dan NFB antara 2,5 kA sampai 40 kA.

Beberapa contoh tipe NFB antara lain adalah :

- Tipe G 50 NFB

Mempunyai batas arus nominal antara 10 A - 50 A dan kapasitas pemutusan arus hubung singkat 2,5 kA pada tegangan nominal 500 volt dan 5 kA pada tegangan nominal 500 volt dan 5 kA pada tegangan nominal 220 Volt.

- Tipe G 100 NFB

Tipe ini mempunyai batas arus nominal antara 60 Ampere sampai 100 Ampere dan mempunyai kapasitas pemutusan arus hubung singkat 7,5 kA pada tegangan nominal 500 Volt sampai 10 kA pada tegangan 220 Volt.

- Tipe G 225 NFB

Tipe ini mempunyai batas arus nominal antara 125 Ampere sampai 225 Ampere dan mempunyai kapasitas pemutusan arus hubung singkat antara 10 kA pada tegangan 220 Volt.

- Tipe g 400 NFB

Mempunyai batas arus nominal antara 250 - 400 A dan mempunyai kapasitas pemutusan arus hubung singkat antara 20 kA pada tegangan nominal 500 V sampai 40 kA pada tegangan nominal 220 Volt. Untuk menghitung arus pemutus daya (I_{nfb}) dapat digunakan rumus :

$$I_{NFB} = X\% \cdot I_n \text{ Motor}$$

Karena motor diasut dengan sistim Y, maka $X = 250 \%$

$$\text{Maka } I_{NFB} = 250 \% \cdot I_n \text{ Motor} \dots\dots\dots(2.4)$$

G. Fuse

Fuse atau sekring dimaksudkan untuk mengamankan peralatan dari arus hubung singkat dan juga sebagai pembatas arus. Fuse akan memutuskan rangkaian dan mengamankan peralatan dari jala-jala bila arus yang mengalir ke rangkaian melampaui batas maksimum yang diperkenankan terhadap rangkaian yang diamankan.

Fuse yang umum dipakai ada dua macam, yaitu :

- a. Pengaman Ulir (diazed fuse)
- b. Pengaman Pisau (HRC fuse)

Dari kedua jenis fuse diatas, HRC fuse lebih praktis digunakan karena karakteristik operasinya, daya tahan dan limit arus konsisten.

Kemampuan pemutusan arus pada fuse dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$I_{\text{fuse}} = 400 \% \times I_{\text{in motor}} \dots\dots\dots(2.5)$$

Proteksi dengan fuse mempunyai kelebihan yaitu lebih ekonomis sebab harganya murah dan mudah untuk diperoleh di toko-toko listrik. Sedangkan kerugiannya adalah:

1. Hanya dapat memutuskan rangkaian yang diamankan dalam kondisi abnormal.
2. Hanya dapat digunakan dalam satu kali terjadi gangguan.
3. Tidak dapat memutuskan rangkaian tiga fasa sekaligus.
4. Tidak dapat disetting kapasitas arus pemutusny.

H. Push Button

Push button umumnya digunakan pada kontrol-kontrol yang menggunakan kontaktor yang biasanya menggunakan kontak-kontak sebagai pengunci secara elektris. Saklar ini sering juga digunakan untuk melayani saklar impuls, staircase ataupun kontrol bel.

Saklar tekan ini dapat dibedakan atas 2 jenis, yaitu :

1. Saklar tekan NO
2. Saklar tekan NC

I. Magnetik Kontaktor

Kontaktor adalah saklar yang digerakkan oleh gaya kemagnetan. Sebuah kontaktor harus kuat dan tahan serta mampu dalam mengalirkan dan memutuskan arus yang mengalir selama pemutusan tidak terjadi.

Kontak-kontak yang menghubungkan dan memutuskan arus listrik digerakkan oleh magnet, jika magnet itu mendapat suplai induksi magnet akan menarik batang magnet tersebut. Dengan demikian kontak-kontak dari kontaktor akan terhubung,

Adapun kontak-kontak yang terdapat pada kontaktor adalah rangkaian magnet yang terbagi atas :

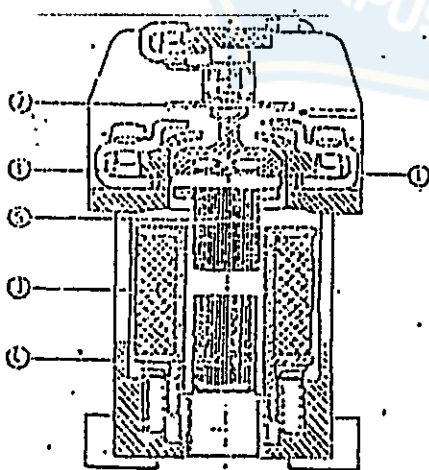
- Kontak Utama
- Kontak bantu yang terbagi atas dua, yaitu :
 1. Kontak Bantu NO
 2. Kontak Bantu NC

Adapun penggunaan magnetik kontaktor umumnya digunakan push button untuk mengoperasikan magnetik kontaktor. Pada sebuah magnetik kontaktor terdapat tiga rangkaian pokok, yaitu :

- Rangkaian daya (*Power Circuit*) dimana digunakan untuk mensuplay tegangan tinggi (tegangan jala-jala) ke motor.
- Rangkaian pengendali (*Controlling Circuit*) yang digunakan untuk menghidupkan magnetik kontaktor.
- Rangkaian lampu signal (*Signally lamp*) yang digunakan sebagai indikator proses kerja motor.

Dengan pemakaian kontaktor, maka kita dapat mematikan dan menghidupkan arus beban yang besar hanya dengan rangkaian kecil dan sederhana. Kontaktor ini sangat sering digunakan pada rangkaian kontrol karena memiliki kelebihan, yaitu mempunyai daya tahan terhadap arus yang besar.

Magnetik kontaktor bisa digandengkan dengan kontak *On-Delay* atau *Off-Delay*.



1. Kontak Utama yang diam
2. Kontak utama yang bergerak
3. Kumparan magnit
4. Inti magnit
5. Jangkar

Gambar 2.5 Konstruksi Kontaktor

J. Thermal Overload Relay (TOR)

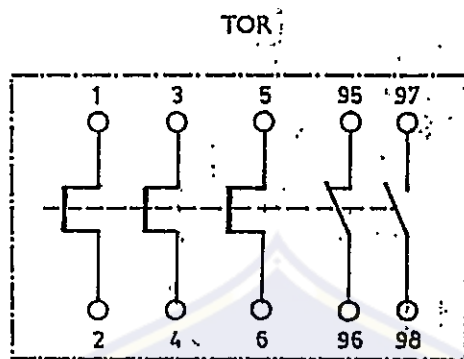
Thermal Overload Relay adalah suatu alat pengaman listrik terhadap arus beban lebih. Pengaman ini bekerja berdasarkan panas yang ditimbulkan oleh adanya arus listrik yang melebihi batas harga nominalnya. Penggunaan TOR dimaksudkan untuk melindungi motor maupun perlengkapan kendali motor terhadap pemanasan berlebihan sebagai akibat adanya beban lebih.

Beberapa penyebab terjadinya beban lebih, antara lain

1. Terjadinya kerusakan pada bearing.
2. Rangkaian terbuka pada salah satu terminal kawat utama.
3. Terjadi gangguan pertanahan.

Arus yang timbul terlalu besar pada belitan motor akan menyebabkan kerusakan dan terbakarnya belitan motor tersebut Untuk itu dapat menggunakan TOR sebagai pengaman.

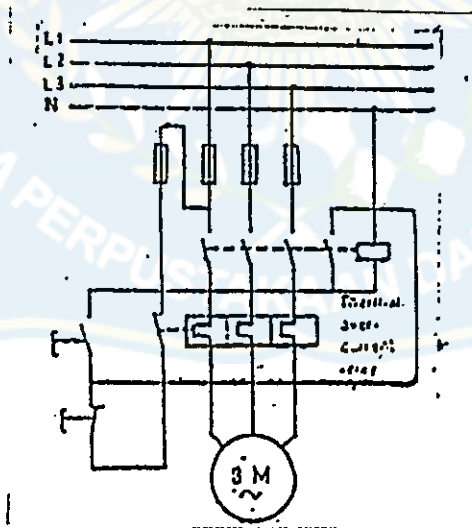
Prinsip kerja dari TOR yaitu energi panas yang timbul akibat adanya gangguan-gangguan akan diubah menjadi energi mekanik oleh Logam bimetal untuk melepaskan gangguan kontak-kontaknya. Dengan terlepasnya kontak-kontaknya akibat arus yang mengalir diatas harga nominalnya.



Gambar 2.6 Simbol TOR dan Pengawatannya

TOR (*Thermal Overload Relay*) mempunyai arus sensitivitas yang diset sebagai suatu fungsi dari arus pada pemanas atau relay, dengan cara menghubungkan seri dengan magnetik kontaktor.

Bentuk hubungan apabila TOR dibuat dalam suatu rangkaian yang dibebani motor, dapat dilihat seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2.7 TOR Dengan Beban Motor

K. Dioda

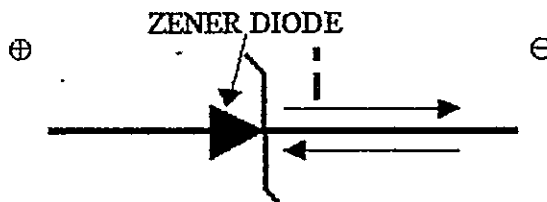
Dioda adalah suatu bahan semi konduktor yang didesain sedemikian rupa hingga mampu menghasilkan arus pada satu arah saja dengan kata lain, dioda merupakan komponen listrik yang dapat merubah arus AC (arus bolak-balik) menjadi arus DC (arus searah). Aliran arus listrik pada dioda dapat dilihat pada gambar dibawah ini, dimana arus listrik mengalir dari anoda ke katoda.



Gambar 2.8 Simbol Dioda dan Aliran Arus Listriknya

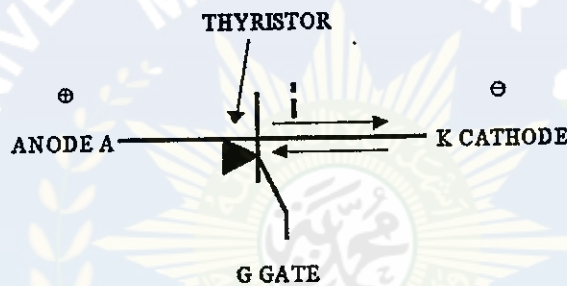
Sama halnya dengan penyearah lainnya, yaitu dioda zener dan thyristor, dioda zener merupakan komponen listrik yang dapat mengalirkan arus listrik ke arah yang sebaliknya bila arus listrik tersebut lebih besar dari arus yang datang.

Arus listrik yang mengalir dari anoda ke katoda dapat mengalir kembali ke anoda bila arus listrik pada katoda mempunyai tegangan lebih besar dari kapasitas tegangan diode zener tersebut. Dapat dilihat pada gambar di bawah ini simbol dari dioda zener dan arah arus listrik dioda zener.



Gambar 2.9 Simbol dan arah Arus Listrik Dioda Zener

Thyristor biasa disebut SCR (*Silicon Control Rectifier*) memiliki tiga buah terminal, yaitu anoda, katoda dan gerbang (gate). Arus listriknya dapat mengalir bila mendapat signal atau rangsangan pada gate-nya (G). Dengan kata lain arus yang mengalir dari anoda ke katoda disebut arah positif. Seperti dioda, thyristor tidak dapat mengalirkan arus dari anoda ke katoda hanya bila thyristor difungsikan. Thyristor akan berfungsi apabila sejumlah tegangan tertentu mengalir pada gerbangnya (gate).



Gambar 2.10 Simbol Dan Arah Arus Thyristor

L. Kabel

Kabel yang digunakan untuk beban tenaga sesuai dengan standar jepang yaitu JIS (Japanese Industrial Standart), yang mana telah memenuhi ketentuan yang dikeluarkan oleh BKI

Jenis kabel JIS yang digunakan untuk kabel tenaga :

- Kabel jenis H-SPYC, H-DPYC, H-TPYC dan L-SPYC, L-DPYC, L-TPYC, dengan rating 250 volt.

Kabel jenis ini terdiri dari satu, dua dan tiga urat dengan konduktor tembaga berisolasi karet *Athylene Propylene* dengan simbol "T", kemudian dibungkus plastik *Potyvinyl-Chlorida* dengan simbol "Yw dan sebagai

pelindung luar (*armour*) adalah logam yang berbentuk anyaman (*steel wirr braided*) dengan simbol "C" dan sebagai pelapis akhir adalah lapisan cat

Penggunaan kabel ini biasanya hanya digunakan dalam ruangan mesin dan sebagainya.

- b. Kabel jenis H-SPYCY, H-DPYCY, H-TPYCY dan L-SPYCYC, L-DPYCYC, L-TPYCY, dengan rating 220 volt.

Kabel jenis ini juga, terdiri dari satu, dua dan tiga urat yang mana konduktornya dibuat dari tembaga berisolasi *Ethylene Propylene* dengan simbol "P" yang dibungkus dengan plastik *Polyvinyl-Chlorida* dengan simbol "Y" dan pelindung logam anyaman dengan pelapis luar dari plastik *Poliviny-Chlorida* dengan simbol "CYW".

Kabel jenis ini digunakan pada ruang atau dek terbuka atau untuk pemasangan dalam pipa. Luas penampang kabel jenis ini adalah 1,25 sampai 325 mm .

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

a. Waktu

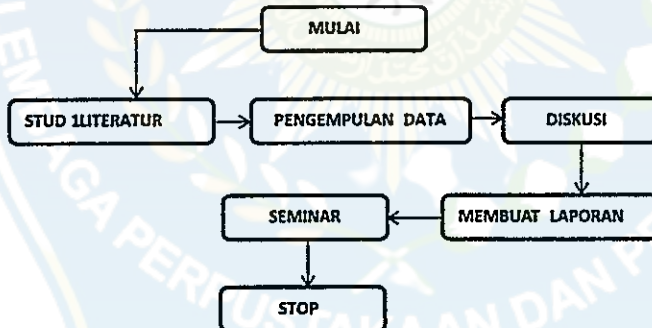
Pembuatan tugas akhir ini akan dilaksanakan selama 6 bulan, mulai dari bulan September 2020 sampai dengan Pebruari 2021 sesuai dengan perencanaan waktu yang terdapat pada jadwal penelitian.

b. Tempat

Penelitian dilaksanakan di fresh water Generator BPLP Makassar.

B. Metode Penelitian

Alur Penelitian



Metode penelitian ini berisikan langkah-langkah yang ditempuh penulis dalam menyusun tugas akhir ini. Metode penelitian ini disusun untuk memberikan arah dan cara yang jelas bagi penulis sehingga penyusunan tugas akhir ini dapat berjalan dengan lancar.

Adapun langkah-langkah yang ditempuh oleh penulis dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

Metode Pustaka

Yaitu mengambil bahan-bahan penulisan tugas akhir ini dari referensi-referensi serta literatur-literatur yang berhubungan dengan masalah yang dibahas.

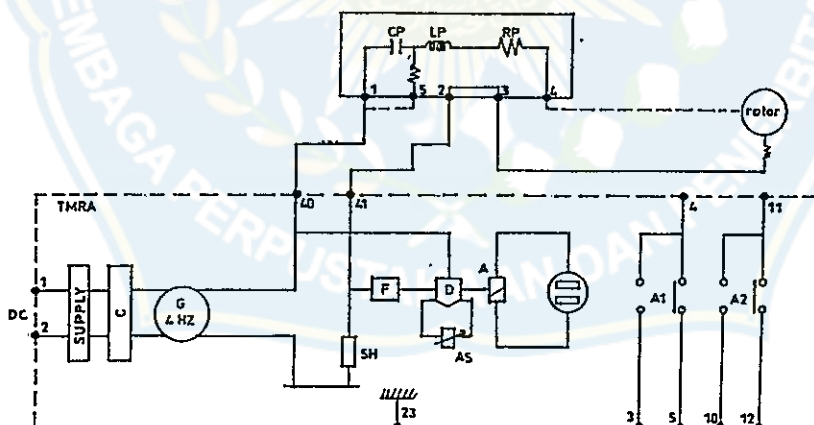
Metode Penelitian

Mengadakan penelitian dan pengambilan data di BPLP Makassar, Kemudian mengadakan pembahasan/analisa hasil pengamatan dan menyimpulkan hasil analisa tersebut.

Metode Diskusi/Wawancara

Yaitu mengadakan diskusi/wawancara dengan dosen yang lebih mengetahui bahan yang akan kami bahas atau dengan pihak praktisi pada sistem fresh water Generator di BPLP Makassar

C. Gambar Blok Diagram



Gambar 2.11 Blok Diagram

Adapun cara kerjanya adalah :

- Peralatan diberi suplay sumber DC
- Suplay DC ini kemudian masuk ke converter ()

Lalu dihubungkan ke sebuah generator 4 Hz (G) yang membangkitkan sinyal frekuensi rendah yang sinusoidal. Selanjutnya meneruskan ke modul menembus bodi dari modul (TRMA), dimana rangkaian LC terstel pada 4 Hz yang terpasang dekat rotor generator.

Saat terjadi gangguan, arus akan mengalir ke tahanan pentanahan generator dan selanjutnya mengalir ke shunt. Dari terminal shunt, sinyal akan tersaring oleh (F) dan diteruskan ke detektor (D).

Detektor kemudian membandingkan harga dari pelayanan komponen (modul) dengan bagian tegangan dari generator yang diatur oleh tahanan dari Threshold Display (AS). Saat threshold display ini bekerja melebihi ambang batasnya kemudian mengoperasikan output relay (A). Saat A bekerja lalu memberikan sinyal indikator electromechanical bahwa terjadi gangguan rotor ke tanah.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Data Hasil Penelitian

1. Motor Pompa Ejektor

Tegangan Motor (V)	: 380 V
Arus motor v (I)	: 7,4 A
Putaran Motor (n)	: 2900 rpm
Frekuensi (f)	: 50 Hz
Cos	: 0,8

2. Motor Pompa Distilasi

Tegangan Motor (V)	: 380 V
Arus motor (I)	: 0,9 A
Putaran Motor (n)	: 2820 rpm
CosØ	: 0,8

B. Sistem Kelistrikan

Sistem kelistrikan pada pesawat *Fresh Water Generator* khususnya pada FHB (Papan Hubung Bagi) utama terbagi atas tiga group. Group I untuk mengoperasikan pompa ejektor, Group H untuk mengoperasikan pompa distilasi dan Group HI untuk mengoperasikan salinity alarm.

Sebelum membahas tentang sistem kelistrikan yang terdapat pada pesawat *fresh water generator*, maka perlu dibahas terlebih dahulu mengenai pesawat *Fresh Water Generator* itu sendiri. *Fresh Water Generator* adalah salah satu macam alat bantu yang digunakan di dalam pengoperasian kapal, selain pompa-pompa

separator dan lain sebagainya. Dalam proses kerjanya alat ini terdiri dari bagian-bagian yang saling mendukung satu sama lain dan setiap bagian mempunyai fungsi masing-masing yang harus dapat bekerja secara normal dan baik. Tujuannya adalah untuk menghasilkan air tawar dengan jumlah yang semaksimal mungkin.

Sebagaimana diketahui bahwa air tawar di kapal sangat penting, selain untuk kebutuhan minum, mandi dan sebagainya, juga digunakan untuk mesin-mesin atau pesawat di kamar mesin. Untuk motor induk dan motor penggerak generator, air tawar digunakan sebagai media pendingin, sehingga jelas hal ini dapat berpengaruh terhadap pengoperasian alat di kamar mesin dan pengoperasian kapal.

Sistem kelistrikan pada pesawat *Fresh Water Generator* khususnya pada FHB (Papan Hubung Bagi) utama terbagi atas tiga group. Group I untuk mengoperasikan pompa ejektor, Group H untuk mengoperasikan pompa distilasi dan Group III untuk mengoperasikan salinity alarm

1. Group I

Group I untuk mengoperasikan pompa ejektor. Pompa ejektor ini berfungsi untuk memompakan air laut sebagai keperluan dan udara dalam ejektor guna proses pemvakuman dan juga sebagai air tawar. Pompa ini berada diluar dari pesawat *Fresh Water Generator* dan terletak di lantai dasar kamar mesin.

Komponen-komponen kelistrikan yang terdapat pada Group I adalah: Untuk rangkaian daya (*Power Circuit*) terdapat NFB (*No Fuse Breaker*), MC (*Magnetic Contactor*), TOR (*Thermal Overload Relay*) yang akan terhubung ke

motor. Motor yang digunakan adalah motor induksi tiga Phasa dan terhubung Y (bintang), digunakan sambungan bintang karena motor tidak dibenarkan pada saat start dalam hubungan segitiga walaupun fase sesuai dengan tegangan jala-jala, karena pertimbangan arus starting. Tegangan motor yang digunakan adalah 380 V, jadi bila dihubungkan bintang maka tegangan tiap kumparan adalah $380 : 3 = 220$ V, sehingga menyebabkan pengurangan arus mula.

Untuk rangkaian control (*Controlling Circuit*) terdapat push button, koil dan kontak bantu dari MC dan lampu indikator.

Jenis Push button yang digunakan adalah Push button NO (*Normally Open*) dan Push button NC (*Normally Close*). Push button NO digunakan untuk mengoperasikan koil dan push button NC digunakan untuk mengoffkan rangkaian secara keseluruhan.

Untuk menurunkan tegangan dari *Power Circuit* ke *Controlling Circuit* dipergunakan trafo *step down*. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi arus mula.

Untuk menghubungkan-komponen listrik satu dengan yang lain digunakan kabel jenis H-SPYC, H-TPYC, H-DPYC, dan L-SPYC, L-TPYC, L-DPYC. Kabel ini sesuai dengan standar jepang yang telah memenuhi ketentuan yang dikeluarkan oleh BKL

Untuk mengamankan rangkaian utama bila terjadi trouble atau kerusakan dari kerja rangkaian atau hubung singkat adalah fuse. Sedangkan yang berfungsi mengamankan rangkaian bila terjadi trouble pada motor adalah

TOR (*Thermal Overload Relay*). Koil utama pada TOR (97/98) akan terbuka sehingga mengakibatkan kerja rangkaian off.

2. Group II

Group ini mengoperasikan pompa distilasi. Pompa distilasi ini berfungsi untuk menghisap air distilasi atau air sulingan yang sudah jadi dan kemudian dipompakan pada tangki-tangki penampungan air tawar.

Komponen-komponen kelistrikan yang beroperasi pada group n sama dengan yang terdapat pada Group L. Perbedaannya adalah waktu bekerjanya dan daya motor yang digunakan. Pompa ejektor beroperasi pada awal proses sedangkan pompa distilasi beroperasi pada akhir proses.

Sedangkan untuk daya motornya, daya motor yang digunakan pada pompa ejektor lebih besar daripada daya motor untuk pompa destilasi.

3. Group III

Group ini mengoperasikan salinity alarm. Salinity alarm berfungsi untuk mendeteksi kandungan garam dari air tawar yang diproduksi.

Komponen-komponen kelistrikan yang beroperasi pada salinity alarm, untuk rangkaian dayanya terdapat fuse, trafo, saklar, relay dan dioda.

Masing-masing fungsi dari komponen tersebut adalah ; fuse berfungsi untuk mengamankan bila terjadi hubung singkat, trafo disini digunakan trafo step down untuk menurunkan tegangan sehingga diperoleh arus mula yang kecil, agar tidak terjadi overload. Adapun relay berfungsi untuk mendeteksi kandungan garam sedangkan dioda berfungsi sebagai penyearah yakni tegangan AC disearahkan menjadi tegangan DC.

Untuk rangkaian kontrolnya digunakan atau yang beroperasi adalah kontak alarm. Kontak alarm bekerja secara otomatis bila mesin masih ada kandungan garam yang terdeteksi melebihi kadar yang telah ditentukan. Alarm akan menyala bila kontak alarm bekerja.

Kabel yang digunakan pada salinity alarm adalah kabel jenis H-SPYCY, H-TPYCY, H-DPYCY dan L-SPYCY, L-TPYCY, L-DPYCY. Kabel ini terdiri dari satu, dua dan tiga urat yang mana konduktornya terbuat dari tembaga berisolasi *ethylene propylene* yang dibungkus dengan plastik dengan pelindung logam anyaman yang pelapis luarnya dari plastik. Power Supply untuk salinity alarm diambil langsung dari PHB utama.

C. Deskripsi dan Analisa Kerja

1. Deskripsi dan Analisa Kerja Sistem Kelistrikan

a. PHB Utama

Rangkaian instalasi tenaga pada PHB Utama terdiri dari 1 buah NFB (*No Fuse Breaker*), 2 buah MC (*Magnetic Contactor*), 2 buah TOR (*Thermal Overload Relay*), 4 buah fuse, dan 1 buah transformator *step down* tiga fasa.

Untuk rangkaian kontrolnya menggunakan 4 buah button dan 2 lampu indikator. Masing-masing 4 push button tersebut adalah 2 buah untuk push button NO (*Normally Open*) dan 2 buah untuk push button NC (*Normally Close*).

Pada *power Circuit* MC (*Magnetic Contaktor*) terhubung langsung dengan TOR (*Thermal Overload Relay*) kemudian di

hubungkan ke beban motor. Motor ini merupakan penggerak dari pompa. Pompa yang digunakan adalah pompa sentrifugal.

Power Circuit pada PHB utama mengoperasikan atau mensuplay ke beban motor untuk pengoperasian pompa ejektor dan pompa distilasi. Bekerjanya pompa ejektor dan pompa distilasi merupakan suatu sistem yang bekerja secara otomatis, yaitu dengan menekan tombol kontrol, maka sistem akan bekerja.

Cara untuk mengoperasikan pompa ejektor adalah dengan menekan push button PBS12 (NO) sehingga koil magnetik kontaktor akan bekerja yang mengakibatkan kontak bantu juga akan bekerja. Dengan bekerjanya MCI maka pompa ejektor akan bekerja. Pompa ejektor akan mengisap air laut untuk kemudian diproses dalam proses distilating atau penyulingan. Bekerjanya pompa ejektor ini ditandai dengan menyalnya lampu GL1.

Lampu GL1 akan off bila pomp ejektor selesai beroperasi. Setelah batas air laut yang ditentukan telah terpenuhi, maka untuk menghentikan pompa ejektor adalah dengan menekan PBS12 (NC).

Setelah proses distilating selesai maka air distilasi akan dideteksi oleh salinity alarm, untuk melihat kadar garam yang dikandung oleh air distilasi tersebut. Bila sesuai dengan yang diinginkan maka pompa distilasi akan beroperasi untuk menarik air tawar yang kemudian didistilbusikan ke tangki-tangki penampungan air tawar. Untuk pengoperasian pompa distilasi adalah sebagai berikut; jika

PBS21 (NO) ditekan maka arus listrik yang mengalir ke koil MC2, sehingga timbul medan magnet yang akan mengalir kontaknya, sehingga kontaknya terhubung. Dengan bekerjanya MC2 maka pompa distilasi akan bekerja. Bekerjanya pompa distilasi ditandai dengan menyala lampu GL2. Pompa akan tetap bekerja sebelum PBS21 (NC) ditekan karena PBS21 (NO) telah dikunci oleh kontak bantu dari MC2.

b. Salinity Alarm

Pada Salinity alarm terdapat tiga rangkaian listrik yaitu rangkaian untuk daya, rangkaian kontrol dan block alarm. Komponen-komponen kelistrikan yang terdapat pada rangkaian daya adalah transformer *step down*, relay kontaktor, dioda. Untuk rangkaian kontrolnya terdapat kontak alarm dan alarm terdapat pada block diagram.

Sebelum fresh water generator dioperasikan maka pada salinity alarm diset batas kandungan garam yang akan terdeteksi. Bila melebihi batas yang ditentukan maka alarm akan bekerja.

Air laut merupakan konduktor yang baik sehingga bila air tawar masih mengandung garam melebihi dari yang ditentukan, maka alarm akan menyala karena resistansi dari air garam adalah kecil sehingga arus akan mengalir. Bertambah banyak kandungan garamnya, maka bertambah besar pula arus yang mengalir. Hal ini menyebabkan kontak alarm akan terhubung dengan sendirinya (secara otomatis) dan alarm

akan menyala. Untuk menghentikan kerja dari alarm maka dapat dilakukan dengan mengoffkan saklar yang berada diluar panel salinity alarm.

Alarm tidak akan bekerja bila air hasil produksi tidak mengandung garam atau melebihi dari kadar garam yang telah ditentukan karena air tawar merupakan konduktor yang jelek dan mempunyai resistansi yang besar sehingga arus tidak dapat mengalir dan kontak alarm tidak terhubung.

2. Deskripsi dan Analisa Kerja "*Fresh Water Generator*"

a. Konstruksi

Dalam suatu pesawat *Fresh Water Generator* terdapat beberapa alat bantu, yaitu :

1) Evaporator

Alat ini terletak di dalam pesawat *Fresh Water Generator* di bagian bawah dan mempunyai bentuk pipa-pipa kecil dimana media pemanas yaitu air tawar pendingin mesin induk berada di dalam pipa dan air laut sebagai media yang dipanaskan berada di luar pipa.

2) Deflektor

Dalam suatu pesawat *Fresh Water Generator*, alat ini terletak diatas evaporator yang berfungsi untuk menahan percikan-percikan air laut yang mendidih sehingga percikan-percikan air laut tersebut tidak ikut bersama uap.

3) Kondensor

Alat ini terletak diatas dari deflektor dan mempunyai bentuk seperti cooler yaitu pipa kecil yang didalamnya mengalir air laut dan berfungsi untuk mengubah uap menjadi titik air, sehingga akan menghasilkan air distilasi.

4) Air Ejektor

Air ini mempunyai bentuk seperti kerucut yang berfungsi untuk menghisap udara yang berada didalam ruang pemanas dan didalam ruang pengembunan untuk divakumkan sehingga akan terjadi hampa udara.

5) Pompa Ejektor

Pompa ejektor berfungsi memompakan air laut sebagai keperluan dari ejektor udara guna proses pemvakuman dan juga sebagai air masuk untuk diproduksi menjadi airtawar.

b. Sirkulasi air laut

Dalam pesawat *Fresh Water Generator*, sistem sirkulasi air laut terbagi menjadi dua yaitu :

- Sirkulasi air laut pada kondensor

Pada kondensor pipa-pipa kecil tempat masuknya air laut yang bertujuan untuk menyerap panas dan mendinginkan uap untuk diubah menjadi titik-titik air. Air laut ini diambil dari tekanan pompa air laut. Service pump dan sirkulasinya berlangsung terus menerus agar dapat menyerap panas dengan baik.

c. Sirkulasi Air Laut Pada Katup Ejektor

Katup ejektor adalah alat untuk membuat tekanan udara didalam tempat pemanas dan kondensor menjadi hampa (vacum). Alat ini bekerja dengan cara mengisap udara yang berada di kondensor dan evedaporator oleh tekanan air laut yang melewati katup ejektor kemudian udara dan sisa air laut dapat terbang ke laut

d. Pengaruh Tekanan Terhadap Suhu Titik Didih

Pada tekanan udara 1 atm air akan mendidih pada suhu 100°C . Bila tekanan naik, maka suhu titik didihnya akan naik juga, sebaliknya bila tekanan dikurangi maka suhu titik didihnya akan turun. Air pendingin mesin induk yang mempunyai suhu yang masih tinggi dimanfaatkan sebagai media pemanas pada pesawat Fresh Water Generator, karena di dalam ruangan pemanas ini tekanan udara dikurangi hingga mencapai -76 cm Hg, maka dengan suhu pemanas yang berkisar antara $72-78^{\circ}\text{C}$ air akan mendidih dan terjadilah pembentukan uap dan mengalir ke kondensor. Disini air laut akan mempunyai titik didih pada suhu $45,5^{\circ}\text{C}$, pada tekanan -74 cm Hg, sehingga kevacuman didalam pesawat ini perlu diperhatikan sesuai dengan buku manual.

e. Penguapan Dan Pengembunan

Bila satu panas diberikan pada zat cair dan suhunya ditambah terus maka akan terjadi penyerapan panas dari media yang dipanaskan, sehingga suhu cairan akan naik sehingga mencapai satu titik didih. Bila

titik didih tersebut telah tercapai dan masih diberikan panas, maka cairan tersebut akan mendidih dan menguap. Uap yang telah dihasilkan tersebut kemudian dikumpulkan dan diberikan pendinginan, maka akan terjadi penyerapan panas dari uap ke media pendingin dalam suatu proses pengembunan, sehingga uap akan kembali menjadi bentuk cair.

3. Cara Pengoperasian "*Fresh Water Generator*"

Langkah-langkah yang dilakukan bila akan mengoperasikan *Fresh Water Generator* adalah sebagai berikut:

- a. Menutup kran masuk dan keluar jacket *cooling main engine*, *vacum breaker valve*, *outlet valve* dari *distilate pump*, kran air untuk pengisian untuk evaporator dan kran masuk dan keluar dari kondensor.
- b. Membuka katup isap dari pompa ejektor serta ke overboard kemudian menjalankan pompa ejektor.
- c. Katup pengisian ketel dibuka dan air laut menuju ke pengubah panas. Banyaknya air pengisian ketel dapat dilihat dengan membaca alat pengukur meteran di mulut air pengisian ketel. Banyaknya air tersebut dikontrol oleh rangenya yang ditunjukkan oleh *compound gauge*.
- d. Ketika kevakuman pada generator mencapai kira-kira 70 Cm Hg katup luar dan dalam pada jacket cooling akan terbuka secara perlahan agar tidak terjadi panas mendadak.
- e. Kran udara bagian atas pengubah panas akan terbuka bila air pendingin melewati pengubah panas dan akan tertutup setelah udara dalam shell dikeluarkan semua.

- f. Salinity alarm akan bekerja untuk mengecek kondisi air tawar.
- g. Air tawar yang telah didistilasikan terlihat di gelas kaca dengan pipa isap yang berasal dari pompa distilasi. Pompa distilasi akan beroperasi dan mengatur jumlah air dengan memakai katup keluar dari pompa. Jika tidak normal pada perubahan tekanan pompa distilasi, tingkat kebutuhan akan berubah (normal perubahan tekanan adalah 1,4 - 2,2 Kg/cm²). Jumlah air tawar ditingkatkan sampai suhunya jatuh setelah perubahan jumlah air tawar. Tingkat air secara alami meningkat pada sisi pompa distilasi, air diproduksi tinggal dalam kondensor dan daerah efektif pemanas berkurang, .kuantitas penguapan berkurang yang akhirnya kondisi operasi akan seimbang secara alami.

4. Cara Mematikan " *Fresh Water Generator* "

Bilamana kapal akan tiba dipelabuhan atau akan masuk dialur sungai, maka *Fresh Water Generator* harus segera dimatikan, Karena pada tempat tersebut air laut kemungkinan mengandung kotoran atau bakteri dan sampah-sampah darat yang disamping akan merusak bagian-bagian dari *Fresh Water Generator* juga kotoran akan mengandung bakteri yang akan ikut dalam produksi air tawar. Disamping itu juga panas air tawar sebagai media pemanas pada evaporator dari jacket culing dari main engine yang mempunyai suhu tidak konstan disaat kapal melakukan manuver sehingga kemampuan untuk memproduksi air menurun.

Langkah-langkah yang akan dilakukan sebelum menghentikan *Fresh Water Generator* adalah:

- a. Membuka penuh kran by pass dari *jacket cooling* raesin induk, namun sebelum mengatur regulator valve pada *Fresh Water Generator*, yakni pada *Fresh Water Cooler main engine* dengan maksud untuk menjaga suhu *jacket cooling* agar tidak terlalu tinggi.
- b. Menutup akan masuk dan keluar dan *jacket cooling* pada evaporator. dengan maksud media pemanas tidak bersirkulasi pada evaporator.
- c. Mematikan salinity alarm.
- d. Menutup kran air laut reproduksi yang masuk ke evaporator.
- e. Menutup kran air laut yang masuk dan ke luar kondensor.
- f. Mematikan pompa distilasi dan menutup kran tekan setelah pompa distilasi.
- g. Mematikan pompa ejektor dan menutup kran isap dan menekan kran yang ke luar dan overboard.
- h. Membuka penuh Vakum Breaker Valve.
- i. Membuka *drain valve* pada pesawat *fresh water generator* dengan maksud untuk membuang sisa-sisa air laut yang ada dalam sistem.

5. Gangguan

a. Pompa Tidak Bekerja Dengan Baik

- Terjadinya *Overload* Pada Motor

Terjadinya *overload* pada motor sehingga motor berhenti bekerja, karena aliran Hstrik terputus pada kontaktornya. Hal ini disebabkan oleh ;

1) Bearing kelebihan panas (*overheated*) karena terjadi hubungan yang salah atau pada senter motor dengan pompa tidak sepusat. Juga disebabkan oleh ballbearing yang sudah aus sehingga poros motor menerima gaya aksial dan gaya putar. Untuk mengatasinya poros harus dilepas atau diganti dengan yang baru.

2) *Gland packing* terlalu kencang dan poros sulit berputar maka *gland packing* harus dilonggarkan atau diganti dengan yang baru,

3) Terjadi gangguan pada impeler, hubungan poros, bearing motor dan shaft motor. Untuk mengatasinya harus diadakan pengecekan dan overhoul pada pompa dan motoraya.

- Terdapat Udara Dalam Sistem

Udara masuk pada bagian hisap pompa sehingga air yang akan dihisap tidak dapat masuk ke dalam pompa karena terhalang udara tersebut, hal ini disebabkan oleh:

1) Kebocoran pada pipa isap dan bila hal ini terjadi maka pipa isap tersebut harus segera diperbaiki dengan cara dilas atau diganti.

2) *Gland packing* pompa terlalu longgar, dan untuk mengatasinya *gland packing* harus diatur dan tidak boleh terlalu kencang karena bisa menyebabkan overload pada motor.

b. Air Tawar Menghasilkan Kadar Garam Yang Tinggi

Hal ini dapat dipengaruhi oleh :

- 1) Kapasitas tinggi,, hal ini dapat diatasi dengan raengoperasikannya dibawah kapasitas normal.
- 2) Kerusakan pada alarm yang mengatur kadar gar am, hal ini disebabkan oleh noda atau kotoran pada cell dan dapat di atasi dengan membersihkan cell.

D. Perhitungan Daya Motor

Dari data motor yang diperoleh, yakni motor yang beroperasi pada pompa ejektor dan pompa distilasi, maka daya motor pompa yang digunakan dapat dihitung sesuai dengan persamaan 2.1.

1. Motor Pompa Ejektor

Tegangan Motor (V)	: 380 V
Arus motor v (I)	: 7,4 A
Putaran Motor (n)	: 2900 rpm
Frekuensi (f)	: 50 Hz
Cos	: 0,8

Dari data diatas, maka daya motor pompa dapat dihitung :

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos$$
$$= 1,73 \cdot 380 \cdot 7,4 \cdot 0,8$$

$$P = 3891 \text{ W} = 3,8 \text{ KW}$$

Jadi daya motor pada pompa ejektor adalah 3,8 KW.

2. Motor Pompa Distilasi

Tegangan Motor (V)	: 380 V
Arus motor (I)	: 0,9 A

Putaran Motor (n) : 2820 rpm

$\cos\phi$: 0,8

Maka,

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

$$P = 1,73 \cdot 380 \cdot 0,9 \cdot 0,8$$

$$P = 473 \text{ W} = 0,47 \text{ KW}$$

Jadi daya motor yang digunakan pada pompa distilasi adalah 0,47 KW.

Dari daya motor yang digunakan, maka dapat diketahui bahwa kapasitas air yang dihisap oleh pompa ejektor lebih besar daripada pompa distilasi.

E. Perhitungan Besarnya Arus Nominal (In) Motor, KHA Utama, Pemutus Daya dan Pengaman Lebur

1. Motor Pompa Ejektor

a. $I_n \text{ Motor} = 7,4 \text{ A}$

I_n Motor dapat dicari dengan persamaan 2.2

b. KHA

$$KHA = I_n \cdot 1,1$$

$$= 7,4 \cdot 1,1$$

$$= 8,14 \text{ A}$$

c. Arus Pemutus Daya onfb)

$$I_{NFB} = X\% \cdot I_n \text{ motor sesuai dengan persamaan 2.4}$$

Karena motor diasut dengan sistem bintang segitiga, maka $X = 250$.

$$\text{Jadi; } I_{NFB} = 250\% \cdot 7,4$$

$$= 18,5 \text{ A}$$

d. Arus Pengaman Lebur (I fuse)

Sesuai dengan persamaan 2.5

$$I \text{ fuse} = 400 \% \cdot I_n \text{ motor}$$

$$= 400\% \cdot 7,4$$

$$= 29,6 \text{ A}$$

2. Motor Pompa Distilasi

a. $I_n \text{ motor} = 0,9 \text{ A}$

b. $KHA = 0,9 \cdot 1,1$

$$= 0,99 \text{ A}$$

c. $I_{NFB} = 250\% \cdot 0,9$

$$= 2,25 \text{ A}$$

d. $I \text{ fuse} = 400\% \cdot 0,9$

$$= 3,6 \text{ A}$$

- $I_n \text{ total} = I_n E + I_n D$

$$= 7,4 + 0,9$$

$$= 8,3 \text{ A}$$

- $KHA \text{ Utama} = 1,1 \cdot I_n \text{ terbesar} + I_n \text{ yang lain}$

$$= 1,1 \cdot 7,4 + 0,9$$

$$= 9,04 \text{ A}$$

- Setelan maksimum alat pengaman rangkaian cabang terhadap
hubung singkat

Tidak boleh melebihi;

$$18,5 + 2,25 = 20,75 \text{ A}$$

- Arus fuse total

I fuse total = 4. Inter besar + In yang lain

$$= 4. 7,4 + 0,9$$

$$= 30,5 \text{ A.}$$



BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan dan evaluasi, maka penulis mengambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pompa distilasi berfungsi untuk menghisap air distilasi atau air sulingan yang sudah diproses kemudian dipompakan pada tangki-tangki penampungan air tawar yang sistim operasi bekerjanya setelah pompa ejektor bekerja
2. Motor yang digunakan pada pompa ejektor dan pompa distilasi adalah motor induksi tiga phasa. Sesuai dengan hasil perhitungan daya motor yang digunakan, untuk pompa ejektor 3,891 KW dan untuk pompa distilasi 0,473 KW. Hasil dari perhitungan sudah sesuai dengan data yang ada yaitu untuk pompa ejektor 3,7 KW dan untuk pompa distilasi 0,4 KW.
3. Salinity alarm berfungsi untuk mendeteksi kadar garam pada air distilasi. Alarm akan berfungsi bila air distilasi masih mengandung air laut atau garam, karena air laut merupakan konduktor yang baik sehingga arus mudah mengalir.
4. Hasil perhitungan untuk arus pemutus daya dan pengaman lebur adalah 20,73 dan 30,5 Ampere. Data yang diperoleh untuk pemutus dayanya 30 A dan pengaman leburnya 34 Ampere. Digunakan setingkat lebih diatas untuk menjaga peralatan listrik.

B. Saran-saran

1. Agar pengaman yang terdapat dalam panel induk lebih handal dan efisien, kiranya pengaman yang menggunakan Fuse diganti dengan Miniatur Circuit Breker (MCB).
2. Stelan sistem kontrol yang bekerja secara otomatis, kiranya pihak perusahaan dapat dijadikan - bahan pertimbangan untuk merevisi sistem kontrol yang telah terpakai sekarang.



DAFTAR PUSTAKA

- Ground Level Systems*. 2020. *awThe importance of electrical ground testing*. (<http://groundlevelsystems.com/electrical-ground-testing>. diakses pada Rabu, 20 April 2020)
- Haten Van P, Setiawan E, Ir, Instalasi Listrik Arus Kuat 1 dan 3 Bina Cipta Muslimin Marappung, Teknik Tenaga Listrik, Amico
- Hasim. 2019. Pengetanahan Netral Sistem Tenaga & Pengetanahan Peralatan. Jakarta: Erlangga.
- Kadir, Abdul. 2018. Pembangkit Tenaga Listrik. Jakarta : Universitas Indonesia, Lister, Eugene. 2018. Mesin dan Rangkaian Listrik. Jakarta : Erlangga.
- More, Holly. 2019. Matlab for Engineer. Jakarta: Pearson.
- Pearce, Sir Leonard. Electric Power Station. Volume Two.*
- Pull, 2000, Peraturan Umum Instalasi listrik, Panitia Revisi LIPI
- Pusat Pendidikan dan Latihan Perusahaan Umum Listrik Negara. Relay Proteksi Peralatan Pembangkit. Jawa Barat.
- Stevenson.Jr, William D. 2019. Analisis Sistem Tenaga Listrik. Jakarta : Erlangga.
- Sasakura *Engineering Co, Ltd, Fresh Water Generator*, Osaka Japan.
- Soufyan Moh. Noerbambang dan Takeo Morimura.. Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing, IT. Pradnya Paramita, Jakarta 2020.
- Zuhal, Dasar Tenaga Listrik, 1TB Bandung, 1991
- zgerald, A.E dkk. 2020. Dasar-Dasar Elektro Teknik. Jakarta : Erlangga.