

LEMBAR PENGESAHAN  
SKRIPSI

**ANALISA EFISIENSI PENGGUNAAN MOTOR AC 3 PHASA SEBAGAI  
PENGGERAK POMPA CENTRIFUGAL PADA BOOSTER PUMP  
MENARA AIR PDAM TIRTANADI SUMATERA UTARA**

*Diajukan untuk memenuhi tugas-tugas dan melengkapi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik ( S.T ) Program Studi Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Telah Diuji dan Disidangkan Pada Tanggal :

**Rabu, 23 Maret 2016**

**DISUSUN OLEH :**

**ARI SAPUTRA**

**NPM. 1007220043**

Disetujui Oleh :

Dosen Penguji Pembimbing - I

Dosen Penguji Pembimbing- II

**Ir. Suwarno, M.T**

**M.Syafрил, S.T., M.T**

Dosen Penguji - I

Dosen Penguji - II

**Rohana, S.T., M.T**

**Ir. Muliadi**

Diketahui dan Disahkan  
Ketua Program Studi Teknik Elektro

**Rohana, S.T., M.T**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2016**

## **SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : ARI SAPUTRA  
NPM : 1007220043  
Tempat/Tgl Lahir : Medan, 15 Maret 1990  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul :

**“ANALISA EFISIENSI PENGGUNAAN MOTOR AC 3 PHASA SEBAGAI  
PENGGERAK POMPA CENTRIFUGAL PADA BOOSTER PUMP  
MENARA AIR PDAM TIRTANADI SUMATERA UTARA”**

Adalah benar hasil karya tulis yang saya kerjakan berdasarkan hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli dari saya sendiri. Jika ada karya orang lain dalam penulisan skripsi ini, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Karya tulis tugas akhir ini bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non-material, ataupun segala kemungkinan lain yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinal dan otentik.

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

Demikianlah pernyataan ini saya perbuat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak maupun demi menegakan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Maret 2016

Saya yang menyatakan

**( ARI SAPUTRA )**

## ABSTRAK

ARI SAPUTRA. NPM. 1007220043. Analisa Efisiensi Daya Motor AC 3 Fasa Sebagai Penggerak Pompa Booster Pump Menara Air PDAM Tirtanadi Sumatera Utara, 2016. Skripsi.

Efisiensi energi meskipun sedikit akan sangatlah berpengaruh dan berdampak besar dari segi daya, ekonomi, lingkungan dan lainnya. Banyak potensi penghematan energi yang dapat digali, salah satunya dari kinerja motor. Motor AC 3 fasa adalah pengguna utama listrik di suatu industri modern. Rata - rata konsumsi listrik untuk motor listrik adalah sekitar 65 - 70% dari total biaya listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai efisiensi pada motor AC 3 fasa sebagai penggerak pompa. Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan cara studi literatur, pengukuran, dan pengolahan data. Metodologi dalam pengumpulan data dilakukan dengan kriteria *sampling* motor, pengukuran, dan analisa *output*. Dari hasil analisis, diketahui bahwa rata – rata motor AC 3 fasa untuk kerja pompa centrifugal pada Booster Pump Menara Air PDAM Tirtanadi Sumatera Utara bekerja pada efisiensi 47, 42% terhadap beban. Hasil ini, bisa disebut kurang baik mengingat efisiensi maksimum terjadi sekitar 75 – 80%. Banyaknya energi terbuang percuma ini jikalau disadari membawa banyak dampak negatif yang merugikan perusahaan, salah satunya adalah produktivitas.

Kata Kunci : Efisiensi, Motor AC 3 Fasa, dan Pompa

## **ABSTRACT**

*ARI SAPUTRA. NPM. 1007220043. Power Efficiency Analysis 3 Phase AC Motor Fueling Pump Booster Pump For Water Tower Tirtanadi PDAM North Sumatera, 2016. Thesis.*

*Energy efficiency though a little to be very influential and have a major impact in terms of power, economy, environment and others. Lots of potential energy savings that can be extracted, one of the motor performance. 3-phase AC motors are the main users of electricity in a modern industry. Average electricity consumption for electric motors is approximately 65-70% of the total cost of electricity. This study aims to determine how much value the efficiency of the 3 phase AC motor as the driving pump. The research method is by way of literature study, measurement, and data processing. Methodology in the data collection is done by sampling criteria motors, measurement, and analysis output. From the analysis, it is known that the average 3-phase AC motors for centrifugal pump working in the Booster Pump Water Tower Tirtanadi PDAM North Sumatera work on the efficiency of 47, 42% of the load. These results, can be called not good considering the maximum efficiency occurs around 75-80%. The amount of this energy is wasted if unconsciously bring many negative impacts that hurt the company, one of which is productivity.*

*Keywords : Efficiency, 3 Phase AC Motor and Pump*

## KATA PENGANTAR



Puji syukur saya panjatkan atas kehadiran ALLAH SWT atas rahmat dan karunia-Nya yang diberikan kepada kita semua. Tak lupa, junjungan shallawat dan salam atas Nabi Muhammad SAW yang membawakitadarizaman *jahiliyah* ke zaman terang benderang yang penuh dengan ilmu pengetahuan seperti saat ini.

Dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan *Alhamdulillah*, akhirnya dapat menyelesaikan Skripsi ini. Bermotivasi dengan tekad dan semangat, penulis berupaya dengan segala kemampuan untuk dapat menyelesaikannya, meskipun penulis menyadari masih ada kekurangan di dalamnya.

Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu tugas dan syarat kelengkapan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU).

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan ribuan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantudalam menyelesaikan skripsi ini sehingga dapat tersusun dan terselesaikan dengan lancar. Untuk itu, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua, Ayahanda (Alm. H. M. Yusuf T.A) dan Ibunda (Hj. Misnah) yang dengan penuh kasih sayang telah memberikan dukungan, perhatian, nasehat serta doanya.
2. Bapak Dr. Agusani, M.AP selaku Rektor UMSU.

3. BapakRahmatullah, S.T., M.Sc selakuDekan Fakultas Teknik UMSU.
4. Ibu Rohana, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro UMSU.
5. BapakZulfikar, S.T., M.T selakuSekretaris Program Studi Teknik Elektro UMSU.
6. BapakIr. Suwarno, M.T sebagaipembimbing I yang telahmeluangkanwaktunyadanmemberikanbimbingankepadapenulisdalampe ngerjaantugasakhirini.
7. BapakM. Syafril, S.T., M.T sebagaipembimbing II yang telahmeluangkanwaktunyadanmemberikanbimbingankepadapenulisdalampe ngerjaantugasakhirini.
8. ManagemenPDAM TirtanadiProvinsi Sumatera Utara yang telahmemberikanizinuntukmelakukanpenelitian.
9. Bapak Romy Pranata, S.T selaku Kepala Bidang Gambar Teknik Perencana Air Limbah PDAM Tirtanadi yang memberikan izin, bantuan moral maupun moril.
10. Rizky Pradita, atassegaladoa, perhatian,dan dukungannyaselamaini.
11. Rekan-rekandansemuapihak yang telahmembantudalampenulisanlaporan ini, yang belumsempatpenulissebutkan.

Sebagai manusia biasa tentunya penulis tidak luput dari kesalahan dan kekurangan, segala kritik dan saran sangat diharapkan untuk dapat digunakan dalam pengembangan selanjutnya bagi penulis serta untuk menyempurnakan tugas akhir ini.

Medan, Maret 2016  
Penulis,



## DAFTAR ISI

### ABSTRAK

### ABSTRACT Hal

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	viii

### BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	2
I.3 Batasan Masalah.....	3
I.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	3
I.5 Metode Penelitian.....	4
I.6 Sistematika Penulisan.....	4

### BAB II LANDASAN TEORI

II.1. Landasan Teori Relevan.....	6
II.2. Motor Induksi.....	5 7
II.2.1 Kontruksi Motor Induksi.....	8
II.2.2 Prinsip Kerja.....	14
II.2.3 Rugi-rugi Motor Induksi.....	19
II.2.4 Efisiensi Motor Induksi.....	21
II.2.5 Faktor-faktor Efisiensi Motor Induksi.....	24
II.3. Pompa Sentrifugal.....	26
II.3.1 Bagian – bagian Pompa Sentrifugal.....	28
II.3.2 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal.....	29
II.3.3 Pengertian Fluida, Debit, dan Head.....	32
II.3.4 Estimasi Efisiensi Pompa.....	32

II.4. Booster Pump.....	37
-------------------------	----

### **BAB III METODE PENELITIAN**

III.1. Waktu dan Tempat Penelitian .....	39
III.2. Teknik Pengumpulan Data .....	39
III.3. Diagram Alir Metodologi Pengumpulan Data.....	40
III.4. Data.....	42
III.4.1. Elektromotor Distribusi.....	41
III.4.2. Pompa.....	42
III.4.3. Genset.....	43
III.4.4. Trafo.....	44
III.5. Instalasi Perpipaan BP Menara.....	45
III.6. Teknik Analisis Data.....	46
III.7. Survei Beban Motor.....	46

### **BAB IV ANALISA DATA DAN HASIL**

IV.1 Pengoperasian Elektromotor Penggerak Pompa.....	47
IV.2 Perhitungan Daya Motor Untuk Kerja Pompa.....	53
IV.3 Perhitungan Efisiensi Daya Motor Untuk Kerja Pompa.....	54
IV.4 Data Hasil Perhitungan.....	63

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

V.1. Kesimpulan.....	66
V.2. Saran.....	67

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	ix
-----------------------------	----

### **DAFTAR RIWAYAT HIDUP**

### **LAMPIRAN - LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar. 2.1</b> Motor Induksi.....	8
<b>Gambar. 2.2</b> Konstruksi Motor Induksi.....	9
<b>Gambar. 2.3</b> Stator.....	10
<b>Gambar. 2.4</b> Komponen Stator Motor Induksi Tiga Fasa.....	10
<b>Gambar. 2.5</b> Rotor.....	11
<b>Gambar.2.6</b> Bentuk Rotor Kutub Silinder.....	13
<b>Gambar.2.7</b> Bentuk Rotor Kutub Menonjol.....	13
<b>Gambar.2.8</b> Prinsip Kerja Motor Induksi.....	15
<b>Gambar.2.9</b> Bentuk Gelombang Sinusoida dan Timbulnya Medan Putar Pada Stator Motor Induksi.....	16
<b>Gambar.2.10</b> Rugi - rugi Daya Motor Induksi.....	19
<b>Gambar 2.11</b> Grafik Efisiensi motor terhadap beban.....	20
<b>Gambar.2.12</b> Blok Diagram Daya dan Rugi Motor Induksi.....	21
<b>Gambar.2.13</b> Motor penggerak pompa.....	23
<b>Gambar.2.14.</b> Pompa Sentrifugal (Juwana, 2005).....	27
<b>Gambar.2.15</b> Bagian-bagian Pompa Sentrifugal.....	29
<b>Gambar.2.16</b> Pompa Sentrifugal.....	30
<b>Gambar.2.17</b> Motor Pompa Sentrifugal.....	31
<b>Gambar. 2.18</b> Pompa susunan seri.....	35
<b>Gambar. 2.19</b> Pompa susunan paralel.....	36
<b>Gambar.2.20</b> Booster Pump.....	38
<b>Gambar.2.21</b> Bagian – Bagian Booster Pump.....	38
<b>Gambar. 3.1</b> Diagram Alir Metologi Pengumpulan Data.....	40
<b>Gambar. 3.2</b> Motor Induksi Terhubung Dengan Pompa Sentrifugal.....	41
<b>Gambar. 3.3</b> Pompa Sentrifugal Di Bawah Menara Air.....	42
<b>Gambar. 3.4</b> Genset.....	43
<b>Gambar. 3.5</b> Instalasi Booster Pump Menara Air PDAM Tirtanadi.....	45
<b>Gambar. 4.1</b> Ilustrasi Transfer Daya Masuk Motor Ke Daya Hidrolis.....	64
<b>Gambar. 4.2.</b> Grafik Konversi Daya Motor AC 3 Fasa Ke Pompa.....	64
<b>Gambar. 4.3.</b> Grafik Nilai Efisiensi Daya Motor AC 3 Fasa.....	65

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel. 2.1.</b> Metode Pengukuran Efisiensi Motor Induksi IEEE.....	25
<b>Tabel. 3.1.</b> Spesifikasi Elektromotor Booster Pump Menara Air PDAM Tirtanadi.....	42
<b>Tabel. 3.2.</b> Spesifikasi Pompa Booster Pump Menara Air PDAM Tirtanadi.....	43
<b>Tabel. 3.3.</b> Spesifikasi Genset Booster Pump Menara Air PDAM Tirtanadi.....	44
<b>Tabel. 3.4.</b> Spesifikasi Trafo Booster Pump Menara Air PDAM Tirtanadi.....	44
<b>Tabel 4.1.</b> Pengoperasian Pompa dan level ketinggian pada Booster Pump Menara Air PDAM Tirtandi Pada : Senin, 08 Juni 2015.....	48
<b>Tabel 4.2.</b> Pengoperasian Pompa dan level ketinggian pada Booster Pump Menara Air PDAM Tirtandi Pada : Senin, 15 Juni 2015.....	49
<b>Tabel 4.3.</b> Pengoperasian Pompa dan level ketinggian pada Booster Pump Menara Air PDAM Tirtandi Pada : Senin, 22 Juni 2015.....	50
<b>Tabel 4.4.</b> Pengoperasian Pompa dan level ketinggian pada Booster Pump Menara Air PDAM Tirtanadi.....	51
<b>Tabel 4.5.</b> Data debit air, head, massa jenis air, dan gravitasi dari pompa – pompa.....	53
<b>Tabel 4.6</b> Data Motor Induksi Untuk Kerja Pompa Berupa Tegangan, Arus, dan Faktor daya.....	54
<b>Tabel 4.7.</b> Perhitungan Daya, Rugi-rugi dan Efisiensi Motor Terhadap Pompa	63

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b> Detail Spot Booster Pump Menara Air PDAM Tirtanadi.....	69
<b>Lampiran 2</b> Daftar Teknis Booster Pump Menara Air PDAM Tirtanadi.....	70

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Sebagian besar sumber energi Indonesia dikonsumsi oleh sektor industri. Oleh karena itu, efisiensi energi di sektor ini meskipun sedikit akan sangatlah berpengaruh dan berdampak besar dari segi daya, ekonomi, lingkungan dan lainnya.

Banyak potensi penghematan energi yang dapat digali, salah satunya dari kinerja motor. Motor induksi adalah pengguna utama listrik di suatu industri modern. Rata-rata konsumsi listrik untuk motor listrik adalah sekitar 65-70% dari total biaya listrik.

Motor induksi tiga fasa adalah salah satu merupakan motor yang banyak digunakan di industri karena berbagai kelebihanannya, antara lain harga murah, tahan lama, handal, konstruksi sederhana dan bebas perawatan. Belakangan, permasalahan pada suatu perusahaan terhadap penggunaan motor listrik jangka panjang adalah kurang memperhatikan nilai efisiensinya. Padahal di masa kini dan nanti masa depan, tentu biaya bahan bakar akan terus meningkat karena masalah lingkungan dan sumber energi yang terbatas serta lain - lainnya.

Maka, perhitungan kembali nilai efisien motor lama harus dilakukan demi mendapat hasil nilai maksimal *performance* dari motor tersebut. Jikalau ternyata sudah terlalu jauh dari nilai efisiensi pabrikan, harus perlu diperhitungkan kembali

untuk mengganti motor lama, menambah ataupun mengganti dengan motor hemat energi terbaru.

Di negara-negara Eropa, ada standarisasi motor-motor listrik ke dalam berapa kelas berdasarkan efisiensinya. misalnya persetujuan antara komisi Eropa dan CEMEP (*the European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics*) untuk mengklasifikasikan motor AC frekuensi rendah berdasarkan efisiensinya ke dalam 3 (tiga) kelas, menjadi EFF 1, EFF 2 dan EFF 3. Untuk EFF 1 adalah motor listrik yang paling efisien, paling sedikit memboroskan tenaga, sedangkan EFF 3 sudah tidak diperbolehkan dalam lingkungan, sebab boros tenaga, tidak ramah lingkungan dan lain- lain.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Perumusan masalah yang akan dibahas dari tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana cara menyelaraskan motor AC 3 phasa dengan pompa centrifugal ?
2. Bagaimana menganalisa nilai efisiensi daya motor AC 3 phasa sebagai penggerak pompa sentrifugal yang sedang beroperasi menggunakan metode rumus sederhana yang berlaku ?

## **1.3. Batasan Masalah**

Agar tidak menyimpang dari judul dan pembahasan, maka perlu ada batasan masalah dari tugas akhir ini, antara lain :

1. Penelitian berdasarkan laporan operasional booster pump berdasarkan data harian PDAM Tirtanadi selama 1 bulan.
2. Kondisi objek dan sistem amatan tidak berubah selama proses evaluasi dilaksanakan.
3. Penelitian terbatas hanya pada booster pump menara air PDAM Tirtanadi.

#### **1.4. Tujuan dan Manfaat**

Adapun tujuan dari pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat mengetahui cara kerja dalam menyelaraskan motor induksi 3 fasa dengan pompa air sentrifugal.
2. Menganalisa konsumsi daya listrik multi motor induksi tiga fasa penggerak pompa air sentrifugal.
3. Dapat membandingkan nilai konversi daya motor ke pompa dengan nilai total spesifikasi pabrik dengan kinerja di lapangan.
4. Mencari nilai efisiensi kinerja daripada motor induksi 3 fasa dengan pompa air booster pump.

Tugas akhir analisa ini membawa manfaat yang antara lain :

1. Sebagai bahan pertimbangan/perhitungan untuk perusahaan dan para perusahaan lainnya jikalau ingin menggunakan motor listrik sebagai penggerak pompa sentrifugal.
2. Menambah pengetahuan mahasiswa serta meningkatkan keterampilan yang telah diperoleh di bangku perkuliahan.

3. Sebagai bahan dasar penelitian selanjutnya.

### **1.5. Metode Penelitian**

Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan studi literatur, pengukuran, dan pengolahan data.

### **1.6. Sistematika Penulisan**

Sistematika untuk menyusun tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

#### **BAB I : PENDAHULUAN**

Latar Belakang, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan, Manfaat, Metode Penelitian, dan Sistematika Penulisan.

#### **BAB II : LANDASAN TEORI**

Motor Induksi, Pompa Sentrifugal, dan Booster Pump

#### **BAB III : METODE PENELITIAN**

Waktu dan Tempat Penelitian, Teknik Pengumpulan Data, Diagram Alir Metodologi Pengumpulan Data, dan Data.

#### **BAB IV : ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

Pengoperasian Elektromotor Penggerak Pompa, Perhitungan  
Daya Motor Untuk Kerja Pompa, dan Data Hasil Perhitungan

## **BAB V : PENUTUP**

Kesimpulan dan Saran

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **II.1. Landasan Teori Relevan**

Di zaman yang kian dinamis ini, produktivitas dan efektivitas menjadi kewajiban. Dengan akan terus meningkatnya harga energi, membuat sangat penting untuk mengevaluasi kinerja motor. Terutama motor listrik yang menggunakan banyak energi.

Namun, sangat merugikan apabila motor induksi yang beroperasi dihentikan, lalu dilepas hanya untuk mengukur efisiensinya, hal ini jarang dilakukan karena dapat sangat mengganggu proses operasi dan produksi perusahaan.

Skripsi ini membahas bagaimana menganalisa efisiensi motor listrik yang sedang bergerak. Salah satu landasan teori yang relevan adalah penelitian yang pernah dilakukan oleh Rizal Angga Razali dari Fakultas Teknik Elektro, Universitas Indonesia (UI), Jakarta pada tahun 2011, dengan judul “Metode Perhitungan Efisiensi Motor Induksi Yang Sedang Beroperasi”.

Rizal menggunakan metode “Torsi Induksi” untuk mengukur efisiensi motor induksi yang sedang bekerja. Beberapa hasil pengujian menunjukkan metode ini mempunyai tingkat akurasi mencapai 95%.

Adapun penelitian lain yang bisa menjadi landasan teori relevan adalah karya Fransisco Simanihuruk dan Syamsul Amin dari Konsentrasi Teknik Energi Listrik, Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara

(USU) pada tahun 2014, dengan judul “Penentuan Besar Daya Motor Induksi 3 Fasa Untuk Penggerak Conveyordan Pompa Pada PLTBS Sei Mangkei”

Dalam penelitian mereka, dilakukan pengumpulan data melalui pengukuran pada PLTBS Sei Mangkei. Data-data yang dikumpulkan dianalisa menggunakan analisis matematis sederhana dengan melakukan perhitungan berdasarkan rumus yang berlaku dalam mencari besar daya dan nilai efisiensi motor induksi 3 fasa yang digunakan untuk menggerakkan *conveyor* dan pompa air.

## **II.2. Motor Induksi**

Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak-balik (AC), adapun bentuk dari motor ini dapat dilihat pada Gambar 2.1. Dinamakan motor induksi, karena motor ini bekerja berdasarkan induksi elektromagnet. Motor induksi memiliki sebuah sumber energilistrik yaitu disisi stator, sedangkan sistem kelistrikan di sisi rotornya diinduksikan melalui celah udara dari stator dengan media elektromagnet. Hal inilah yang menyebabkannya diberi nama motor induksi.

Adapun penggunaan motor induksi di industri ini adalah sebagai penggerak, seperti untuk brenda her, kompresor, pompa, penggerak utama proses produksi atau mill, peralatan *workshop* seperti mesin-mesin bor, grinda, crane, dan sebagainya.

Motor induksi berputar pada kecepatan yang pada dasarnya adalah konstan, mulai dari tidak berbeban sampai mencapai keadaan beban penuh. Kecepatan putaran motor ini dipengaruhi oleh frekuensi, dengan demikian pengaturan kecepatan tidak dapat dengan mudah dilakukan terhadap motor ini.

Motor induksi tiga fasa memiliki beberapa keuntungan, yaitu sederhana, konstruksinya kokoh, harganya relatif murah, mudah dalam melakukan perawatan, dan dapat diproduksi dengan karakteristik yang sesuai dengan kebutuhan industri.



**Gambar. 2.1.** Motor Induksi

### **II.2.1. Konstruksi Motor Induksi**

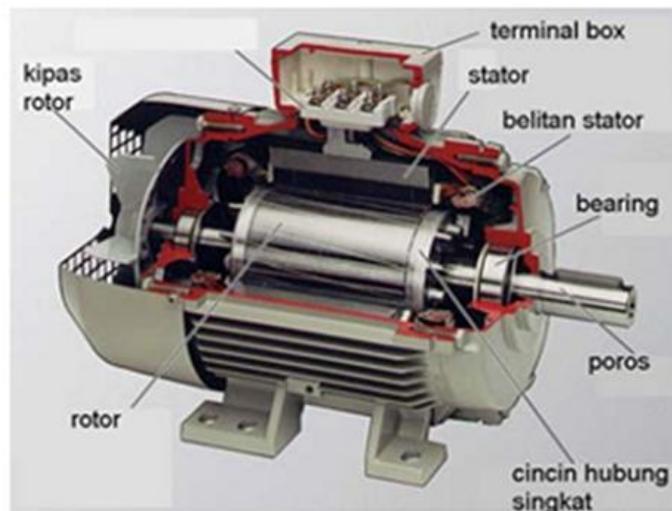
Pada prinsipnya semua motor induksi sama, baik 1 HP maupun 100 HP, baik 1 fasa ataupun 3 fasa. Ada komponen-komponen utamanyaitu :

1. Rotor merupakan bagian mesin yang berputar,
2. Stator merupakan bagian yang diam (statis).

Baik stator maupun rotor dibentuk dari :

1. Rangkaian listrik, biasanya dibuat dari tembaga maupun alumunium yang diisolasi untuk mengalirkan arus.
2. Rangkaian magnet, biasanya dibuat dari baja yang dilaminasi untuk mengalirkan luks magnet.

Motor induksi disebut juga sebagai transformator berputar karena stator pada dasarnya adalah sisi primer dan rotor adalah bagian sekunder. Rotor dan stator dipisahkan melalui celah udara yang membuat rotor dapat berputar. Stator dan rotor disusun dari lempengan bahan yang dilaminasi menjadi bentuk Stator dan rotor. Gambar 2.2 di bawah ini menggambarkan bagian-bagian motor induksi secara umum



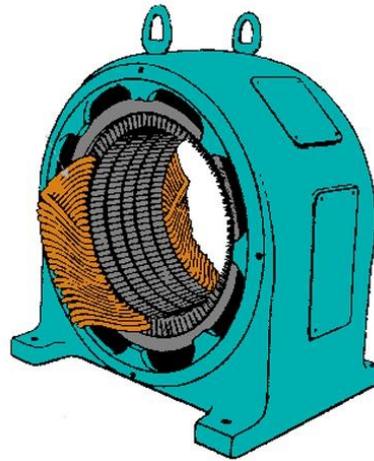
**Gambar. 2.2.** Konstruksi Motor Induksi

Adapun konstruksi motor induksi induksi secara umum yang perlu diketahui terdiri dari dua bagian, yaitu :

### **1. Stator**

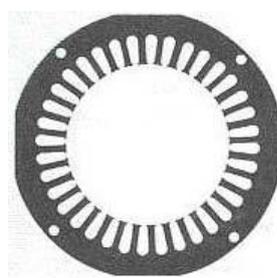
Stator terdiri dari lilitan atau kumparan yang memberikan efek magnet kepada rotor, sehingga rotor dapat berputar. Stator merupakan bagian dari mesin yang tidak berputar dan terletak pada bagian luar mempunyai kumparan yang dapat menginduksikan medan elektromagnetik kepada kumparan rotor. Dibuat dari besi bundar berlaminasi dan mempunyai alur-alur sebagai tempat meletakkan kumparan. Stator dari

mesin sinkron terbuat dari bahan ferromagnetik, berbentuk laminasi untuk mengurangi rugi-rugi arus pusar. Dengan inti ferromagnetik yang bagus berarti permeabilitas dan resistivitas dari bahan tinggi. Adapun bentuk rotor seperti gambar 2.3 di bawah ini.



**Gambar.2.3.** Stator

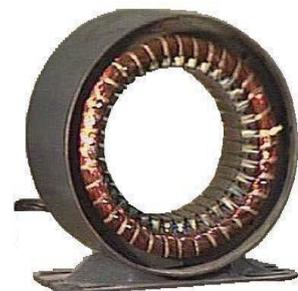
Berikut ini, pada gambar 2.4 merupakan contoh lempengan laminasi inti, lempengan inti yang telah disatukan, belitan stator yang telah dilekatkan pada cangkang luar untuk motor induksi tiga fasa.



(a) Lempengan Inti



(b) Tumpukan inti dengankertas Isolasi pada beberapa alurnya



(b) Tumpukan Inti dan Kumparan dalam Cangkang Stator

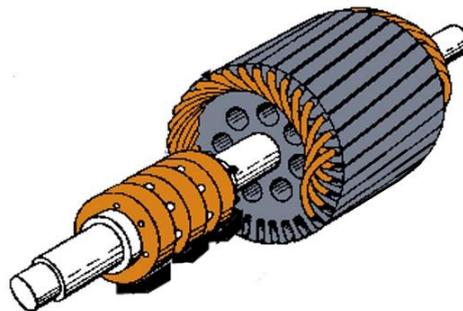
**Gambar.2.4.** Komponen Stator Motor Induksi Tiga Fasa

Rangka stator motor induksi didisain dengan baik dengan empat tujuan yaitu:

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

## 2. Rotor

Rotor adalah bagian motor yang berputar akibat induksi magnet dari kumparan stator yang diinduksikan kepada kumparan motor. Adapun bentuk stator seperti gambar 2.5. di bawah ini.



**Gambar.2.5.** Rotor

Rotor dapat berputar dengan dua sumber energi:

1. Energi Mekanik

- Dengan tangan anda.
- Dengan putaran dari alat yang terhubung dengan rotor tersebut.

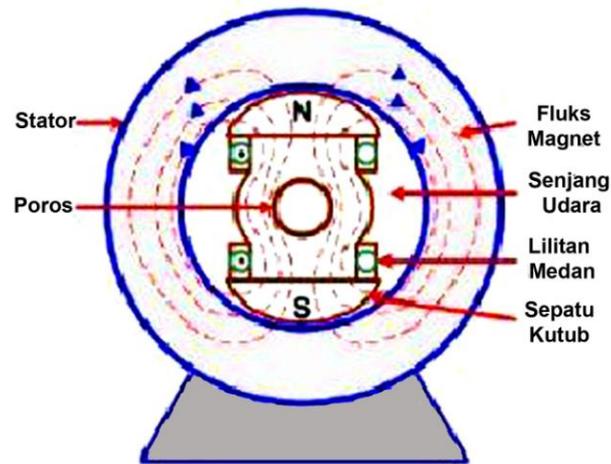
2. Energi Listrik

- Motor diberikan arus listrik.

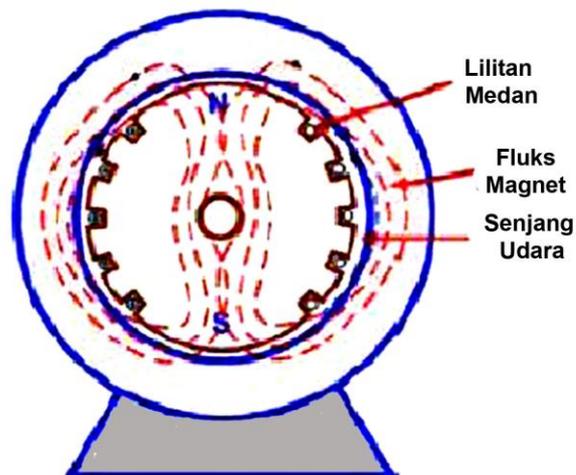
Konstruksi rotormotor induksi pada dasarnya terdiri dari bagian-bahagian sebagai berikut :

- Rotor sangkar adalah bagian dari mesin yang berputar bebas dan letaknya bagian dalam. Terbuat dari besi laminasi yang mempunyai slot dengan batang aluminium / tembaga yang dihubungkan singkat pada ujungnya.
- Rotor kumparan (*wound rotor*), kumparan dihubungkan bintang dibagian dalam dan ujung yang lain dihubungkan dengan slipring ke tahanan luar. Kumparan dapat dikembangkan menjadi pengaturan kecepatan putaran motor. Pada kerjanya normal slipring hubung singkat secara otomatis, sehingga rotor bekerja seperti rotor sangkar.

Untuk medan rotor yang digunakan, tergantung pada kecepatan mesin, mesin dengan kecepatan tinggi seperti turbo generator mempunyai bentuk silinder, seperti pada gambar 2.6, sedangkan mesin dengan kecepatan rendah seperti *Hydroelectric* atau Generator Listrik Diesel mempunyai rotor kutub menonjol, seperti pada gambar 2.7.



**Gambar.2.6.** Bentuk Rotor Kutub Silinder



**Gambar.2.7.** Bentuk Rotor Kutub Menonjol

Konstruksi motor induksi tidak ada bagian rotor yang bersentuhan dengan bagian stator, karena dalam motor induksi tidak ada komutator dan sikat arang.

### II.2.2. Prinsip Kerja

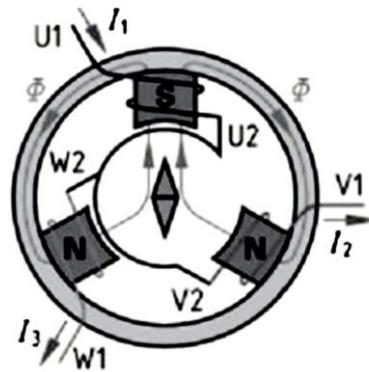
Motor induksi bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator kepada kumparan rotornya. Bila kumparan stator motor induksi 3 fasa yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan 3fasa, maka kumparan stator akan menghasilkan medan magnet yang berputar. Garis-garis gaya fluks yang diinduksikan dari kumparan stator akan memotong kumparan rotornya sehingga timbul Gaya Gerak Listrik (GGL) atau tegangan induksi, karena penghantar (kumparan) rotor merupakan rangkaian yang tertutup, maka akan mengalir arus pada kumparan rotor.

Penghantar rotor yang dialiri arus ini berada dalam garis gaya fluks yang berasal dari kumparan stator sehingga kumparan rotor akan mengalami gaya Lorentz yang menimbulkan torsi yang cenderung menggerakkan rotor sesuai dengan arah pergerakan medan induksi stator.

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

Listrik yang masuk ke dalam lilitan atau kumparan motor akan menghasilkan medan magnet di sekitarnya. Stator mempunyai medan magnet permanen, sehingga membuat rotor tarik menarik sehingga terjadi perputaran.

Motor induksi adalah alat listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Untuk lebih memperjelas prinsip kerja motor listrik dapat dilihat pada gambar 2.8. di bawah ini



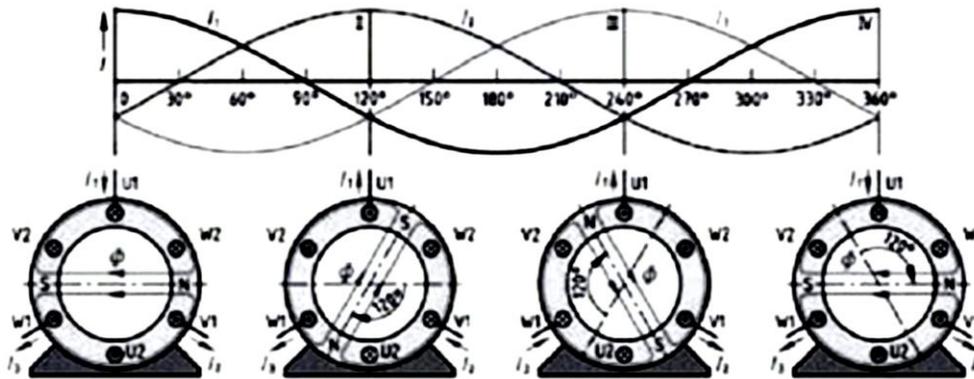
**Gambar.2.8.** Prinsip Kerja Motor Induksi

Ketika tegangan fasa U masuk ke belitan stator menjadikan kutub S (*South* = selatan), garis - garis gaya magnet mengalir melalui stator, sedangkan dua kutub lainnya adalah N (*North* = utara) untuk fasa V dan fasa W. Kompas akan saling tarik-menarik dengan kutub S.

Berikutnya kutub S pindah ke fasa V, kompas berputar  $120^\circ$ , dilanjutkan kutub S pindah ke fasa W, sehingga pada belitan stator timbul medan magnet putar. Buktinya kompas akan memutar lagi menjadi  $240^\circ$ . Kejadian berlangsung silih berganti membentuk medan magnet putar sehingga kompas berputar dalam satu putaran penuh, proses ini berlangsung terus menerus.

Dalam motor induksi kompas digantikan oleh rotor sangkar yang akan berputar pada porosnya. Karena ada perbedaan putaran antara medan putar stator dengan putaran rotor, maka disebut motor induksi tidak serempak atau motor asinkron.

Kecepatan dan Slip Motor Induksi 3 Fasa tampak stator dengan dua kutub, dapat diterangkan dengan empat kondisi. Seperti gambar 2.10 di bawah ini.



**Gambar.2.9.** Bentuk Gelombang Sinusoida dan Timbulnya Medan Putar Pada Stator Motor Induksi

1. Saat sudut  $0^{\circ}$ , arus  $I_1$  bernilai positif sedangkan arus  $I_2$  dan arus  $I_3$  bernilai negatif, dalam hal ini belitan  $V_2$ ,  $U_1$  dan  $W_2$  bertanda silang (arus masuk), dan belitan  $V_1$ ,  $U_2$  dan  $W_1$  bertanda titik (arus keluar). Terbentuk fluks magnet pada garis horizontal sudut  $0^{\circ}$  kutub S (South = selatan) dan kutub N (North = utara).
2. Saat sudut  $120^{\circ}$ , arus  $I_2$  bernilai positif, sedangkan arus  $I_1$  dan arus  $I_3$  bernilai negatif, dalam hal ini belitan  $W_2$ ,  $V_1$ , dan  $U_2$  bertanda silang (arus masuk), dan belitan  $W_1$ ,  $V_2$ , dan  $U_1$  bertanda titik (arus keluar). Garis fluks magnet kutub S dan N bergeser  $120^{\circ}$  dari posisi awal.
3. Saat sudut  $240^{\circ}$ , arus  $I_3$  bernilai positif, sedangkan arus  $I_1$  dan arus  $I_2$  bernilai negatif, dalam hal ini belitan  $U_2$ ,  $W_1$  dan  $V_2$  bertanda silang (arus

masuk), dan belitan U1, W2 dan V1 bertanda titik (arus keluar). Garis fluks magnet kutub S dan N bergeser  $20^0$  dari posisi kedua.

4. Saat sudut  $360^0$ . posisi ini sama dengan saat sudut  $0^0$ , dimana kutub S dan N kembali keposisi awal sekali.

Dari keempat kondisi di atas saat sudut  $0^0$ ,  $120^0$ ,  $240^0$ , dan  $360^0$ , dapat dijelaskan terbentuknya medan putar pada stator, medan magnet putar stator akan memotong belitan rotor. Kecepatan medan putar stator ini sering disebut kecepatan sinkron, tidak dapat diamati dengan alat ukur tetapi dapat dihitung secara teoritis besarnya seperti rumus 2.2 di bawah ini

$$n_s = \frac{120f}{p} \text{ (rpm)} \quad (2.2)$$

Di mana :

$n_s$  = kecepatan sinkron (stator)

$f$  = frekuensi

$p$  = jumlah kutub

Kemudian rotasi fluks medan magnet yang dihasilkan di stator ini akan melewati celah udara diantara stator dan rotor akan menembus batang rotor sehingga menginduksi tegangan pada batang rotor. Besarnya tegangan induksi pada rotor adalah sebagaimana persamaan 2.3 berikut ini

$$E_{ind} = (v \times B) L \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

$E_{ind}$  = Tegangan induksi (Volt)

$v$  = Kecepatan rotor terhadap kecepatan medan magnet stator (m/s)

$B$  = Kerapatan flu magnet (Tesla)

$L$  = Panjang konduktor dalam medan magnet (m)

Dengan adanya tegangan ini ditambah konduktor yang merupakan rangkaian tertutup maka arus akan dihasilkan dalam batang rotor dan cincin penghubung. Dengan timbulnya arus pada rotor, akan diinduksikan medan pada rotor yang arahnya berlawanan dengan medan magnet stator. Sesuai dengan hukum Lenz, arah gaya cenderung untuk mengurangi perubahan fluks itu sendiri, yang berarti bahwa rotor akan bereselerasi mengikuti perubahan arah rotasi fluks. Medan magnet stator akan berinteraksi dengan medan magnet rotor untuk menghasilkan gaya rotasi. Gaya rotasi ini berasal dari torsi induksi pada rotor sebesar dapat dihitung pada persamaan 2.4 :

$$T_{ind} = k \cdot B_R \times B_S \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

$T_{ind}$  = Torsi Induksi (Nm)

$k$  = Konstanta torsi

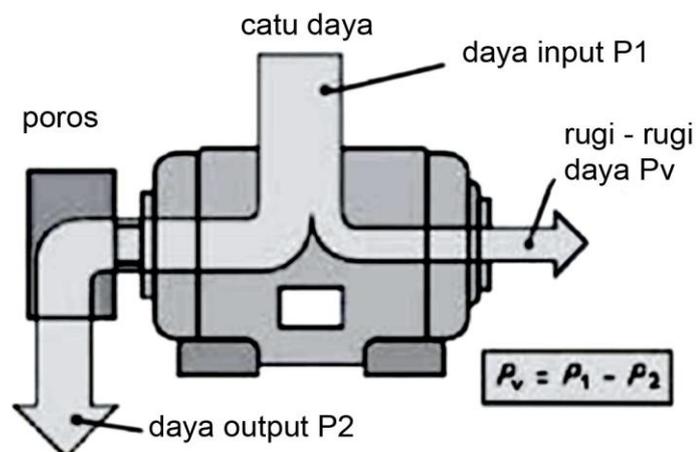
$B_R$  = Kerapatan fluks magnet rotor (Tesla)

$B_S$  = Kerapatan fluks magnet stator (Tesla)

Torsi induksi inilah yang akan menyebabkan rotor berakselerasi dan berputar mencapai nilai kecepatan ratingnya. Namun ada batas kecepatan motor yang tidak boleh dilewati. Jika kecepatan motor sama dengan kecepatan sinkronnya, maka batang rotor akan dianggap diam terhadap medan magnet stator akibatnya tidak akan timbul tegangan induksi. Jika  $E_{ind}$  sama dengan nol, maka tidak akan timbul arus pada rotor, dan rotor tidak akan menghasilkan medan magnet. Dengan tidak adanya medan magnet pada rotor ini, maka torsi induksi yang dihasilkan juga akan nol, dan rotor akan berhenti berputar karena adanya gesekan. Motor induksi hanya dapat mencapai kecepatan sedikit di bawah kecepatan sinkronnya, namun tidak pernah sama dengan kecepatan sinkronnya.

### II.2.3. Rugi-Rugi Motor Induksi

Motor induksi memiliki rugi-rugi yang terjadi karena dalam motor induksi terdapat komponen tahanan tembaga dari belitan stator dan komponen induktor belitan stator. Pada motor induksi terdapat rugi-rugi tembaga, rugi inti, dan rugi karena gesekan serta hambatan angin. Seperti gambar 2.10 di bawah ini :



**Gambar.2.10.** Rugi - rugi Daya Motor Induksi

Besarnya rugi tembaga sebanding dengan kuadrat arus dan hambatannya, semakin makin besar arus beban maka rugi tembaga makin besar juga, atau jika dituliskan dalam persamaan adalah sebagai berikut:

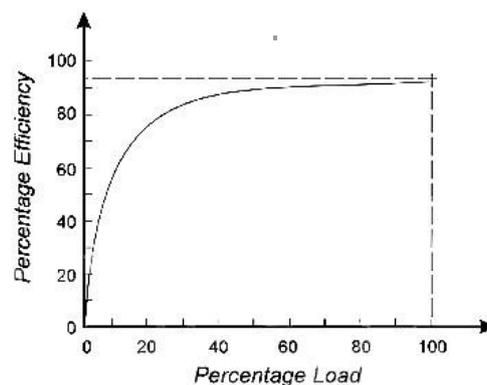
Daya input motor sebesar  $P_1$ , daya yang diubah menjadi daya output sebesar  $P_2$ .

Maka besarnya rugi-rugi motor adalah  $P_1 - P_2$ .

Berdasarkan rangkaian ekuivalen dari motor induksi, rugi-rugi terdiri dari 2 sifat yaitu :

1. Rugi-rugi yang bergantung nilainya terhadap beban. Rugi-rugi ini sebagian besar merupakan rugi-rugi tembaga yang diakibatkan oleh arus beban yang mengalir melalui kumparan stator dan rotor. Rugi-rugi ini sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir.
2. Rugi-rugi konstan. Rugi-rugi ini sebagian besar merupakan rugi-rugi karena gesekan, udara dan rugi-rugi besi. Rugi-rugi ini tidak bergantung dengan berapa besar beban yang ditarik.

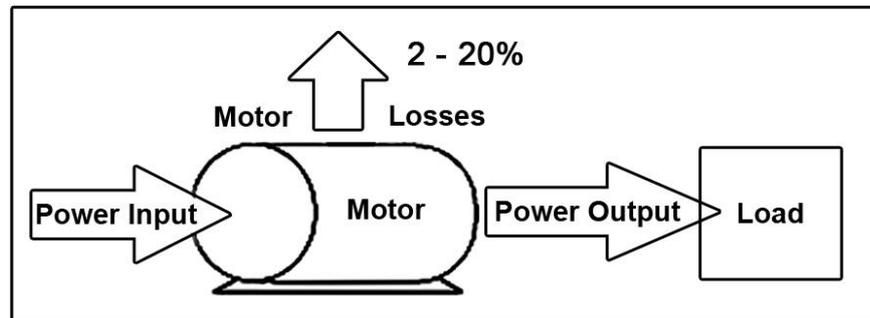
Karena rugi-rugi konstan tidak bergantung terhadap beban, sedangkan rugi-rugi stator dan rotor bergantung dengan kuadrat arus beban, maka efisiensi motor induksi akan turun secara signifikan saat level beban rendah seperti gambar 2.11 berikut ini :



**Gambar 2.11.** Grafik Efisiensi motor terhadap beban

## II.2.4. Efisiensi motor induksi

Efisiensi motor induksi adalah ukuran keefektifan motor induksi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik atau energi lain yang dinyatakan sebagai perbandingan keluaran daya motor yang digunakan terhadap keluaran daya totalnya. Efisiensi berhubungan langsung dengan rugi-rugi motor induksi terlepas dari desain mesin itu sendiri. Kehilangan dapat bervariasi dari kurang lebih dua persen hingga 20 persen. Seperti yang terlihat dari gambar 2.12 di bawah ini



**Gambar.2.12.** Blok Diagram Daya dan Rugi Motor Induksi

Dari gambar 2.11 di atas efisiensi didefinisikan sebagai perbandingan antara daya keluaran dengan daya masukannya. Daya keluaran sama dengan daya masukan dikurangi dengan semua rugi-rugi yang ada. Oleh karena itu, jika dua dari tiga variabel (keluaran, masukan, atau rugi-rugi) telah didapatkan nilainya, nilai efisiensi dapat ditentukan dengan persamaan 2.5 berikut :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{P_{in} - P_{loss}}{P_{in}} = \frac{P_{out}}{P_{out} + P_{Loss}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

$\eta$  = Efisiensi (%)

$P_{out}$  = Daya Keluaran (Watt)

$P_{in}$  = Daya Masukan (Watt)

$P_{loses}$  = Total rugi – rugi (Watt)

Terdapat hubungan yang jelas antara efisiensi motor dan beban. Pabrik motor membuat rancangan motor untuk beroperasi pada beban 50-100% dan akan paling efisien pada beban 75%.

Pada beban-beban dengan nilai yang kecil, rugi-rugi tetap lebih besar dibandingkan dengan keluaran, untuk itu efisiensi yang dihasilkan rendah. Sebagaimana beban bertambah, efisiensi juga bertambah dan menjadi maksimum ketika rugi inti dan rugi variabel adalah sama.

Efisiensi maksimum terjadi sekitar 80 – 95% dari *ratingoutput* mesin, dimana nilai yang lebih tinggi terdapat pada motor-motor yang besar. Jika beban yang diberikan melebihi beban yang menghasilkan efisiensi maksimum, maka rugi-rugi beban bertambah lebih cepat daripada *output*, konsekuensinya efisiensi berkurang.

Pada motor induksi pengukuran efisiensi motor induksi ini sering dilakukan dengan beberapa cara seperti:

1. Mengukur langsung daya listrik masukan dan daya mekanik keluaran
2. Mengukur langsung seluruh rugi-rugi dan daya masukan.
3. Mengukur setiap komponen rugi-rugi dan daya masukan, dimana pengukuran daya masukan tetap dibutuhkan pada ketiga cara di atas.

Adapun perhitungan sederhana dalam mengukur suatu daya motor terhadap pompa adalah dengan menghitung daya dari poros pompa tersebut dahulu seperti persamaan 2.6 berikut:

**Daya poros pompa :**

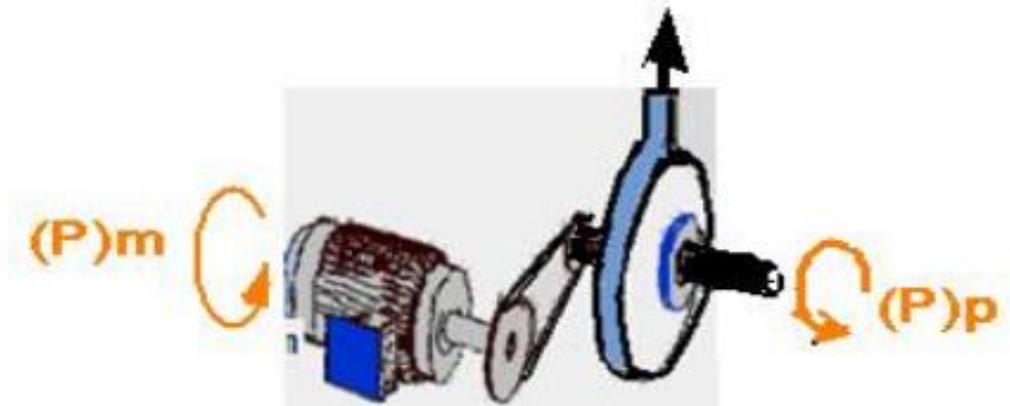
$$(P)_p = \text{Daya hidrolis} / \eta \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

$\eta$  adalah efisiensi pompa.

$$(P)_p = (\rho \times Q \times H) / 368 \times \eta \dots\dots (\text{kW}).$$

Sebagai ilustrasi dapat dilihat pada gambar 2.13 di bawah ini



**Gambar.2.13.**Motor penggerak pompa

### II.2.5. Faktor-Faktor Efisiensi Motor Induksi

Motor mengubah energi listrik menjadi energi mekanik untuk melayani beban tertentu. Tentunya besar energi mekanik ini pasti lebih rendah dari energi listrik. Besar efisiensi motor ditentukan oleh kehilangan dasar yang dapat dikurangi hanya oleh perubahan pada rancangan motor dan kondisi operasi. Kehilangan dapat bervariasi dari kurang lebih dua persen hingga dua puluh persen. Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi adalah:

- Usia. Motor baru lebih efisien.
- Kapasitas. Sebagaimana pada hampir kebanyakan peralatan, efisiensi motor meningkat dengan laju kapasitasnya.
- Kecepatan. Motor dengan kecepatan yang lebih tinggi biasanya lebih efisien.
- Jenis. Sebagai contoh, motor kandang tupai biasanya lebih efisien daripada motor cincin geser.
- Suhu. Motor yang didinginkan oleh fan dan tertutup total (TEFC) lebih efisien daripada motor *screen protected drip-proof* (SPDP).
- Beban

Adapun opsi efisiensi energi yang sangat penting untuk motor listrik antara lain adalah :

- Mempertahankan tingkat pasokan tegangan dengan penyimpangan maksimum 5% dari nilai yang tertera dalam *nameplate*.
- Mempertahankan faktor daya tinggi dengan memasang kapasitor sedekat mungkin ke motor

- Menjamin bahwa motor dibebani lebih dari 60%
- Menggunakan penggerak variabel kecepatan (VSD) atau sistim dua kecepatan
- Mengganti motor yang ukurannya berlebih, dengan motor yang lebih kecil dan efisien energinya.
- Penggulangan ulang motor yang terbakar oleh akhlinya.
- Mengoptimalkan efisiensi transmisi dengan pemasangan dan perawatan poros, *belt*, rantai, serta gir yang benar.

IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) juga mempunyai standar metode tersendiri dalam menghitung efisiensi seperti yang terlihat pada tabel 2.1. Tiap standar ini pengukurannya berbeda-beda karena metode yang digunakan dalam perhitungan juga berbeda - beda.

**Tabel 2.1.**Metode Pengukuran Efisiensi Motor Induksi IEEE

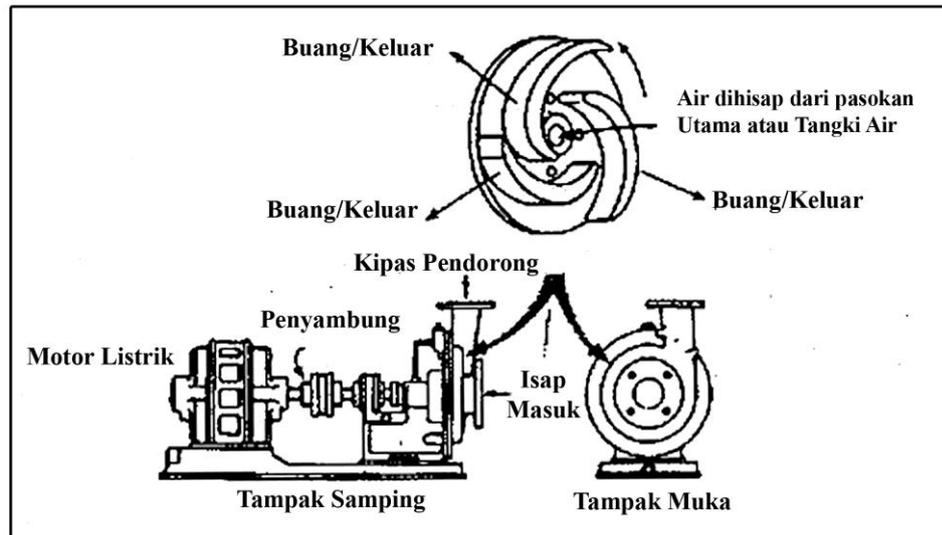
No.	Metode	Keterangan
1	A	Pengukuran langsung pada masukan dan keluaran
2	B	Pengukuran langsung pada masukan dan keluaran dengan menghitung tiap rugi-rugi dan pengukuran tak langsung pada rugi-rugi stray
3	C	Menduplikat mesin dengan tiap rugi-rugi dan pengukuran tak langsung pada rugi-rugi stray
4	E	Pengukuran daya listrik saat ada beban dengan tiap rugi-rugi yang ada dan pengukuran langsung rugi-rugi stray
5	E1	Pengukuran daya listrik saat ada beban dengan tiap rugi-rugi yang ada dan pengukuran langsung rugi-rugi stray
6	F	Rangkaian ekivalen dengan pengukuran langsung pada rugi-rugi stray

<b>7</b>	F1	Rangkaian ekivalen dengan asumsi rugi-rugi stray
<b>8</b>	C/F	Rangkaian ekivalen yang dikalibrasikan per titik beban metode C dengan pengukuran tak langsung rugi-rugi stray
<b>9</b>	E/F	Rangkaian ekivalen yang dikalibrasikan per titik beban Metode E dengan pengukuran langsung rugi-rugi stray
<b>10</b>	EI/F1	Rangkaian ekivalen yang dikalibrasikan per titik beban Metode E dengan asumsi nilai rugi-rugi stray

Sulit untuk mengkaji efisiensi motor pada kondisi operasi yang normal, beban motor dapat diukur sebagai indikator efisiensi motor. Dengan meningkatnya beban, faktor daya dan efisiensi motor bertambah sampai nilai optimumnya pada sekitar beban penuh.

### **II.3 Pompa Sentrifugal**

Pompa adalah jenis mesin yang berfungsi untuk memindahkan fluida melalui pipa dari suatu tempat ke tempat lain. Pompa sentrifugal yterhubung dengan motor listrik seperti pada gambar 2.14. Spesifikasi pompa menyatakan dengan jumlah fluida yang dapat dialirkan persatu-satuan waktu. Dalam fungsinya tersebut, pompa mengubah energi gerak poros untuk menggerakkan sudu-sudu menjadi energi gerak kemudian menghasilkan fluida bertekanan.



**Gambar.2.14.** Pompa Sentrifugal (Juwana, 2005)

Pada umumnya pompa digunakan untuk menaikkan fluida ke sebuah reservoir, irigasi, pengisi ketel, dan sebagainya. Sedangkan dalam pelaksanaan operasinya dapat bekerja secara tunggal, seri, dan paralel yang semuanya tergantung pada kebutuhan serta peralatan yang ada.

Ada beberapa macam jenis pompa, salah satu yang sering digunakan pada industri adalah pompa sentrifugal. Pompa ini terdiri dari satu atau lebih impeller yang dilengkapi dengan sudu-sudu pada poros yang berputar dan diselubungi chasing. Fluida diisap pompa melalui sisi isap, akibat berputarnya impeller yang menghasilkan tekanan vakum. Pada sisi isap selanjutnya fluida yang telah terisap kemudian terlempar ke luar impeller akibat gaya sentrifugal yang dimiliki oleh fluida.

### II.3.1 Bagian-Bagian Pompa Sentrifugal

Bagian-bagian pompa sentrifugal adalah sebagai berikut:

**1. Casing (rumah keong)**

Fungsinya untuk merubah atau mengkonversikan energi cairan menjadi energi tekanan statis.

**2. Impeller**

Fungsinya untuk merubah energi kinetik atau memberikan energi kinetik pada zat cair, kemudian di dalam casing diubah menjadi energi tekanan.

**3. Pons Pompa**

Fungsinya untuk meneruskan energi mekanik dari mesin penggerak (prime over) kepada impeller.

**4. Inlet**

Fungsinya untuk saluran masuk cairan ke dalam impeller.

**5. Outlet**

Fungsinya untuk saluran keluar dari impeller.

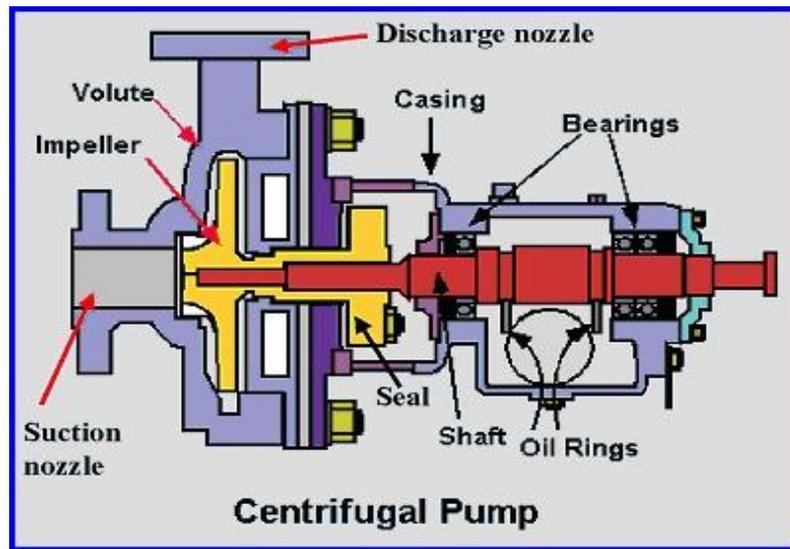
**6. Nozzle**

Fungsinya untuk merubah energi kinetik menjadi energi tekanan.

**7. Sudu**

Bagian impeller yang berfungsi untuk menggerakkan fluida sehingga menghasilkan gaya sentrifugal pada fluida

Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada gambar 2.14 di bawah ini :



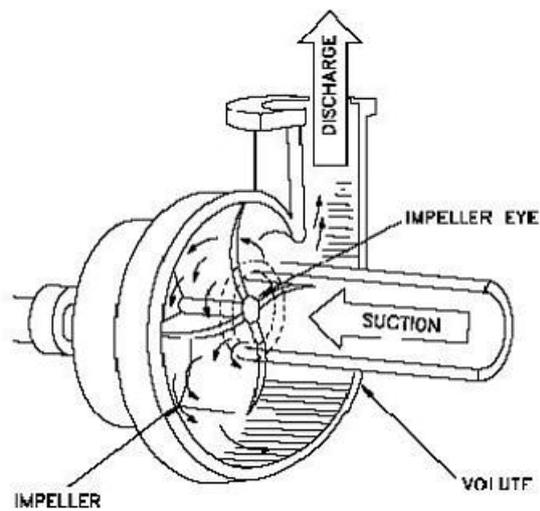
Gambar.2.15. Bagian-bagian Pompa Sentrifugal

### II.3.2 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal

Pada prinsipnya, pompa mengubah energi mekanik motor menjadi energi aliran fluida. Energi yang diterima oleh fluida akan digunakan untuk menaikkan tekanan dan mengatasi tahanan - tahanan yang terdapat pada saluran yang dilalui.

Pompa juga dapat digunakan pada proses - proses yang membutuhkan tekanan hidraulik yang besar. Hal ini bisa dijumpai antara lain pada peralatan - peralatan berat. Dalam operasi, mesin - mesin peralatan berat membutuhkan tekanan *discharge* yang besar dan tekanan hisap yang rendah.

Akibat tekanan yang rendah pada sisi hisap pompa maka fluida akan naik dari kedalaman tertentu, sedangkan akibat tekanan yang tinggi pada sisi *discharge* akan memaksa fluida untuk naik sampai pada ketinggian yang diinginkan. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.15.



**Gambar.2.16.** Pompa Sentrifugal

Pompa digerakkan oleh motor. Daya dari motor diberikan pada poros pompa untuk memutar impeler yang dipasangkan pada poros tersebut. Karena pompa digerakkan oleh motor listrik (motor penggerak), jadi daya guna kerja pompa adalah perbandingan antara gaya mekanis yang diberikan motor kepada pompa. Untuk mencari daya guna kerja pompa ada beberapa tahap menggunakan rumus 2.8 di bawah ini :

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

Dimana:

P = Daya yang diberikan motor pada pompa

V = Tegangan

I = Arus

Akibatdariputaran impeller yangmenimbulkan gaya sentrifugal, maka zat cairakan mengalirdaritentah impeler keluar lewat salurandi antarasudu - sudu dan meninggalkan impeler dengan kecepatan yang tinggi.

Zat cair yang keluar dari impeler dengan kecepatan tinggi kemudian melalui saluran yang penampangnya semakin membesar yang disebut Volute, sehingga akan terjadi perubahan dari head kecepatan menjadi head tekanan. Jadi zat cair yang keluar dari flenskeluar pompa head totalnya bertambah besar. Sedangkan proses pengisapan terjadi karena setelah zat cair dilemparkan oleh impeller,ruang diantara sudu-sudu menjadi vakum, sehingga zat cair akan terisap masuk.

Selisih energi persatuan berat atau head total dari zat cair pada flens keluar dan flens masuk disebut sebagai head total pompa. Sehingga dapat dikatakan bahwa pompa sentrifugal berfungsi mengubah energi mekanik motor menjadi energi aliran fluida. Energi inilah yang mengakibatkan pertambahan head kecepatan, head tekanan dan head potensial secara kontinu. Adapun bentuk dari motor dan pompa sentrifugal dapat dilihat pada Gambar 2.17.



**Gambar.2.17.**Motor Pompa Sentrifugal

### II.3.3. Pengertian Fluida, Debit, dan *Head*

Sedikit pengertian dari fluida, debit dan head berikut ini :

- Fluida adalah suatu zat atau substansi yang akan mengalami deformasi secara berkesinambungan jika terkena gaya sekecil apapun.
- Debit atau yang sering disebut dengan kapasitas aliran adalah jumlah volume fluida yang dapat dialirkan pompa tiap satuan waktu. Rumus debit sendiri adalah persamaan 2.9 di bawah ini :

$$Q = \frac{V}{t} \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana :

Q = debit aliran (m<sup>3</sup>/s)

V = volume aliran (m<sup>3</sup>)

t = waktu (s)

- Head adalah energy yang diberikan pompa persatuan berat fluida yang dipompakan. Satuan *head* adalah meter atau feet. Pengukuran *head* ini dapat dilakukan dengan cara mengukur beda tekan antara pipa isap dan pipa buang pada pompa dengan catatan diameter saluran isap dan saluran buang adalah sama.

### II.3.4. Estimasi Efisiensi Pompa

Pompa tidak dapat mengubah seluruh energi kinetik menjadi energi tekanan karena ada sebagian energi kinetik yang hilang dalam bentuk losses atau kerugian.

Efisiensi pompa adalah suatu faktor yang dipergunakan untuk menghitung losses ini. Efisiensi pompa terdiri dari :

1. Efisiensi hidrolis, memperhitungkan losses akibat gesekan antara cairan dengan impeler dan loss akibat perubahan arah yang tiba-tiba pada impeler.
2. Efisiensi volumetris, memperhitungkan losses akibat resirkulasi pada ring, bushing, dan lain - lain.
3. Efisiensi mekanis, memperhitungkan losses akibat gesekan pada *seal*, *packing gland*, bantalan, dan lain - lain.

Setiap pompa dirancang pada kapasitas dan *head* tertentu, meskipun dapat juga dioperasikan pada kapasitas dan *head* yang lain. Efisiensi pompa akan mencapai maksimum pada *designed point* tersebut, yang dinamakan dengan titik BEP. Untuk kapasitas yang lebih kecil atau lebih besar efisiensinya akan lebih rendah.

Efisiensi pompa adalah perbandingan antara daya hidrolis pompa dengan daya poros pompa. Sebagaimana dapat di hitung melalui persamaan 2.10 berikut ini :

$$\eta = \frac{P_H}{P_S} \dots\dots\dots( 2.10)$$

Dimana :

$P_H$ = daya hidrolis

$P_S$ = daya shaft/poros pompa

Daya hidrolis adalah daya yang diperlukan oleh pompa untuk mengangkat sejumlah zat cair pada ketinggian tertentu. Daya hidrolis dapat dicari dengan

persamaan 2.13 berikut :

$$\dots\dots\dots P_H = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{1000} \text{ kW}$$

Di mana :

WHP=  $P_{\text{out}}$  = Daya Keluar (KW)

Q = Debit air , kapasitas ( $\text{m}^3/\text{hari}$ )

H = Head/tinggi kenaikan (m)

$\rho$  = Massa Jenis Fluida ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )

$g$  = Percepatan Gravitasi =  $9,8 \text{ (m/s}^2\text{)}$

Efisiensi hidrolik individual pompa diestimasi berdasarkan data operasi aktual Head (H) dan laju alir (Q). Dengan menggunakan model efisiensi hidrolik, efisiensi pompa centifugal dapat diestimasi sebagai persamaan 2.8 berikut :

$$\text{Eff (\%)} = 65.08 \times H^{-0.124476} \times Q^{0.094734} \dots\dots\dots(2.12)$$

Model efisiensi ini berlaku untuk :

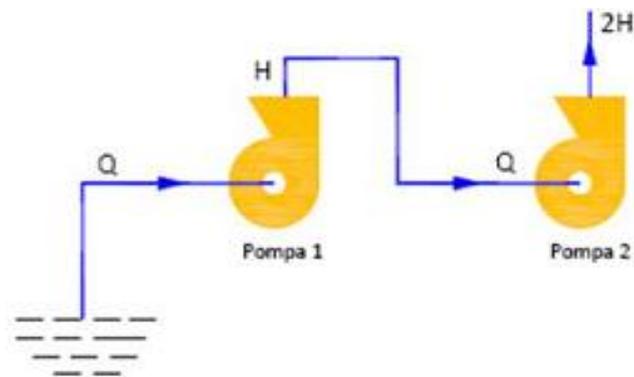
H = (15-100) m kolom air,

Q = 20-300 $\text{m}^3/\text{jam}$ ,

Standard error = 1.038 %

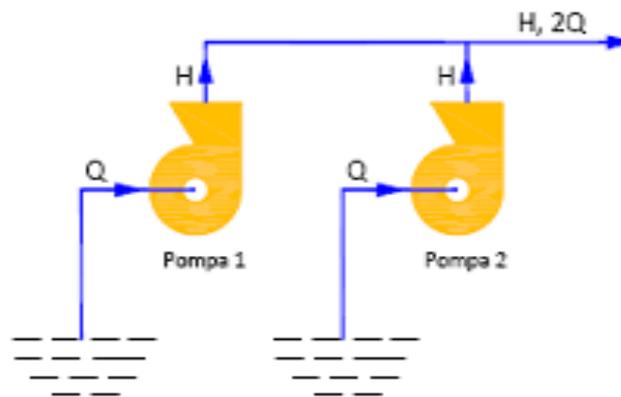
Untuk setiap pompa, biasanya pabrik pembuatnya memberikan kurva karakteristik yang menunjukkan unjuk kerja pompa pada berbagai kondisi pemakaian.

Jika *head* atau kapasitas yang diperlukan tidak dapat dicapai dengan satu pompa saja, maka dapat digunakan dua pompa atau lebih yang disusun secara seri atau paralel. Bila *head* yang diperlukan besar dan tidak dapat dilayani oleh satu pompa, maka dapat digunakan lebih dari satu pompa yang disusun secara seri. Penyusunan pompa secara seri dapat dilihat pada gambar 2.18 sebagai berikut:



**Gambar 2.18.** Pompa susunan seri

Susunan paralel dapat digunakan bila diperlukan kapasitas yang besar yang tidak dapat dipenuhi oleh satu pompa saja, atau bila diperlukan pompa cadangan yang akan dipergunakan bila pompa utama rusak/diperbaiki. Penyusunan pompa secara paralel dapat dilihat pada gambar 2.19 berikut :



**Gambar 2.19.** Pompa susunan paralel

Operasi paralel dimana masing-masing *suction* pompa dihubungkan dengan *header* utama, dan *discharge* ke *header* gabungan dan bekerjasama untuk menghasilkan *flow* pada *head* tetap.

Dalam operasi paralel umumnya sejumlah pompa digabungkan untuk menangani fluktuasi *flow* yang besar dari sistem. Susunan ini banyak digunakan pada *water treatment* dimana air minum yang disuplai dari *plan treatment* ke subdivisi akan terjadi fluktuasi besar sepanjang waktu. Pemakaian beberapa pompa dalam satu sistem memungkinkan pompa dihidupkan dan dimatikan sesuai kebutuhan untuk memenuhi variasi permintaan.

Kurva *head* dan kapasitas pompa disediakan oleh produsen. Perlu diingat bahwa BEP (*Best Efficiency Point*) berada di antara 80% dan 85% dari maksimum *head*. Untuk memaksimalkan usia pompa perlu mengoperasikan pompa sedekat mungkin dengan BEP.

Pada masing-masing diagram menggunakan terminologi yang sama:

$H$  = *Head* (feet atau meter)

$Q$  = Kapasitas ( $m^3$ /hari)

$S$  = Kurva sistem yang disediakan oleh konsumen

Pompa akan selalu bekerja pada kurva kecuali *clearance*(jarak) dalam pompa sudah terlalu lebar. Apabila kapasitas pompa sentrifugal bertambah maka *head* akan berkurang dan sebaliknya apabila kapasitas berkurang maka *head* akan bertambah. Bila pompa bekerja di luar *range* pompa maka akan terjadi kavitasi karena kelebihan *flow*.

#### **II.4 Booster Pump**

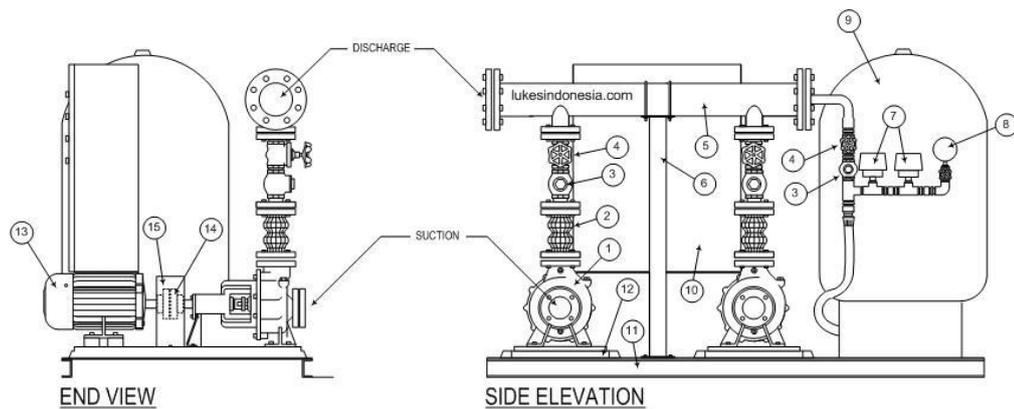
Disebut booster pump, karena berfungsi sebagai pompa pendorong atau meningkatkan tekanan. Berbagai merk pompa dapat dirakit menjadi booster pump. Pada umumnya jumlah pompa yang digunakan dua atau lebih. Satu rangkaian Booster Pump seperti yang terlihat pada Gambar 2.20

Pompa didalam sistem booster pump beroperasi secara otomatis, dengan sensor utama adalah sensor tekanan dan pompa dapat beroperasi secara paralel dan alternate. paralel adalah apabila kebutuhan air tidak begitu besar maka satu pompa yang beroperasi, tapi apabila pemakaian air lebih besar maka kedua pompa secara paralel dapat beroperasi. Alternate adalah antara pompa A dan pompa B dapat beroperasi secara bergantian, sehingga jam operasi antara kedua pompa berimbang.



**Gambar.2.20.Booster Pump**

Adapun bagian - bagian dari rangkaian booster pump dapat dilihat pada gambar 2.21 berikut :



1. Pompa
2. Flexible Joint
3. Check Valve
4. Gate Valve
5. Pipa Header

6. Support
7. Pressure Switch
8. Pressure Gauge
10. Control Panel

11. Booster Pump Skid Base
12. Pump Skid Base
13. Electric Motor
14. Flexible Coupling
15. Coupling Guard

**Gambar.2.21.Bagian – Bagian Booster Pump**

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **III.1. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni 2015 di Reservoir Booster Pump Menara Air, Kantor pusat PDAM Tirtanadi, Jalan Sisingamangaraja No.1 Medan, Sumatera Utara. Reservoir ini berfungsi sebagai wadah untuk mendistribusikan air bersih ke daerah Kecamatan Medan Kota dan sekitarnya.

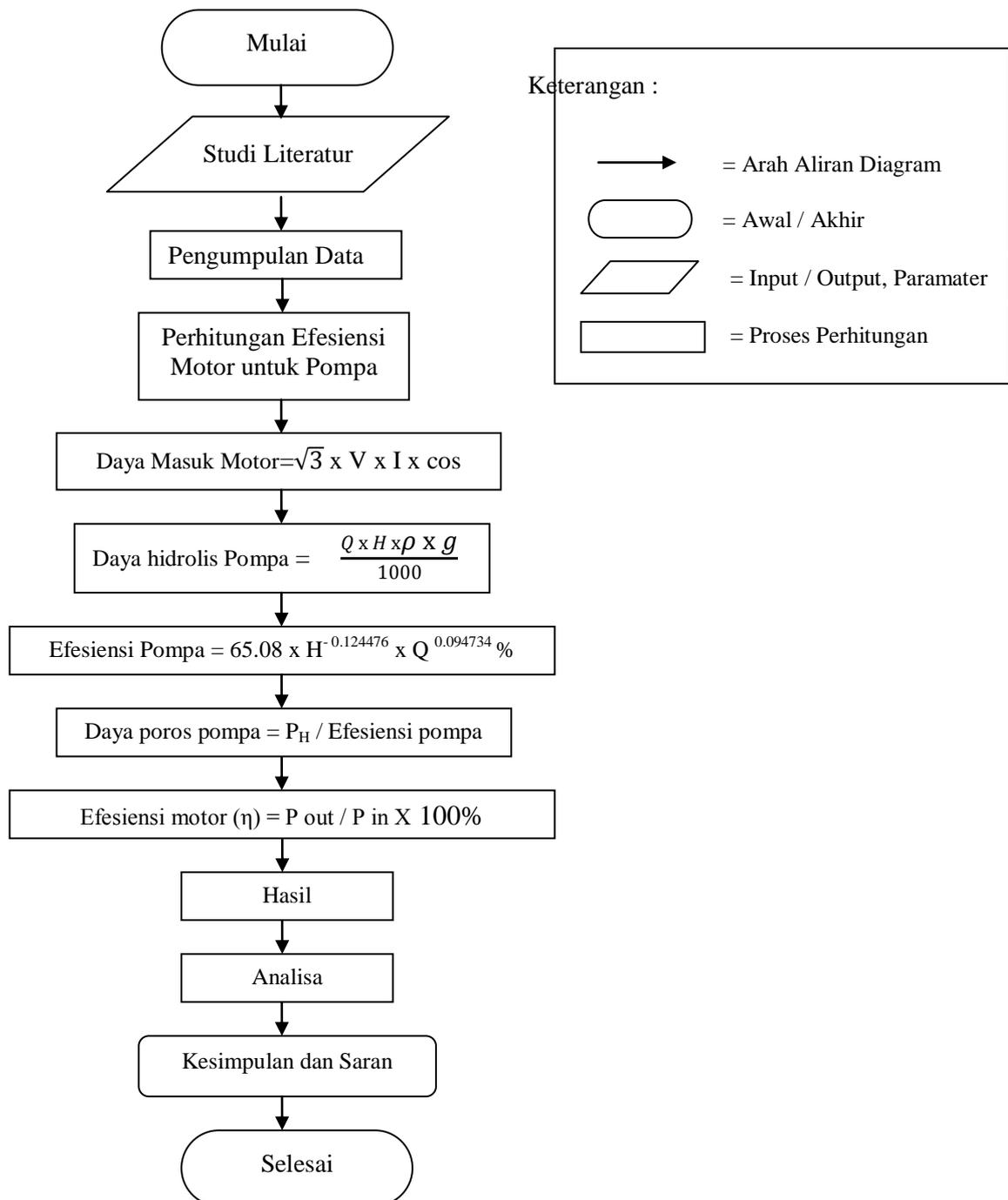
#### **III.2. Teknik Pengumpulan Data**

Dalam penelitian ini dilakukan dengan cara mengumpulkan data yang diperlukan, yaituantara lain sebagai berikut:

1. Data laporan kegiatan operasional Booster Pump Menara air Tirtanadi.
2. *Nameplate* ataupun data teknis dari PDAM Tirtanadi untuk alat-alat yang digunakan dalam penelitian, yaitu motor listrik, pompa, dan lainnya.
3. Interview/wawancara, yaitu metode pengumpulan informasi dengan cara mengajukan pertanyaan secara langsung pada pegawai perusahaan yang berwenang atau berkaitan langsung dengan objek studi.
4. Studi literatur, jurnal, makalah, dan laporan penelitian terdahulu.

### III.3. Diagram Alir Metodologi Pengumpulan Data

Berdasarkan alur penelitian dari penyusunan laporan tugas akhir ini dapat dijelaskan seperti diagram 3.1 di bawah ini:



**Gambar. 3.1.** Diagram Alir Metodologi Pengumpulan Data

### III.4.Data

Adapun data sumber pemasok tenaga listrik dalam menggerakkan elektro motor yang terpasang (*existing*) pada pompa Booster Pump lokasi Unit kerja : Menara Air Tirtanadi, Jl. Sisingamangaraja No. 1 Medan adalah

- Dayalistrik PLN 865 KVA, Tarif I - 3
- Dayalistrik GENSET 800 KVA
- Efisiensiempatpompadaripabrikpembuatmasing-masingyaitu 75%.

(sumber: PDAM Tirtanadi)

#### III.4.1. Elektromotor Distribusi

Elektromotor distribusi pada Booster Pump Menara Air Tirtanadi Medan Sumatera Utara ada 6 unit, salah satunya seperti yang terlihat pada gambar 3.2 di bawah ini :



**Gambar. 3.2.** Motor Induksi terhubung dengan pompa sentrifugal

Adapun tabel data spesifikasi dari elektromotor pada gambar 3.1 di atas dapat di lihat pada tabel. 3.1 :

Tabel. 3.1. Spesifikasi Elektromotor Booster Pump Menara Air PDAM Tirtanadi

NO. ELEKTRO MOTOR	E.01.1	E.01.2	E.01.3	E.01.4	E.01.5	E.01.6
MERK	MEZ	MEZ	MEZ FRENSTAT	AEG	GAE	KIRLOSKAR
SISTEM START	AUTO TRAF0	AUTO TRAF0	AUTO TRAF0	START DELTA	START DELTA	START DELTA
POWER(KW)	90	90	90	55	75	55
FREKUENSI (Hz)	50	50	50	50	50	50
TEGANGAN (V)	380	380	380	380	380	380
ARUS (A)	165.6	165.6	165.6	102.9	138	102.9
RPM	1480	1480	1480	1480	1480	1480
TYPE	IEC-EN-60034	4AA90-Z-280M	4AA90-Z-280M	M250MV4	VDE 0530	IP 54 CD 25M
NO. BEARING	6317C3/6317C3	6317C3/6317C3	6317C3/6317C3	-	6314/6314	NU315/6313
BERAT (KG)	580	580	580	380	520	-
TAHUN						
RAKIT	2006	2006	2006	1969	1969	1969
OPERASI	2008	2008	2008	1969	1969	1969

### III.4.2. Pompa

Pompa pada Booster Pump Menara Air Tirtanadi Medan Sumatera Utara ada 6 unit, salah satunya seperti yang terlihat pada gambar 3.3 di bawah ini :



Adapun **Gambar. 3.3.** Pompa sentrifugal di bawah menara air 3.3 di atas dapat dilihat pada tabel. 3.2 :

Tabel. 3.2. Spesifikasi Pompa Booster Pump Menara Air PDAM Tirtanadi

NO. POMPA	P.01.1	P.01.2	P.01.3	P.01.4	P.01.5	P.01.6
MERK	KSB	KSB	KSB	KSB – TORISHIMA	KSB - TORISHIMA	KIRLOSKAR
TYPE	ETA 150 - 50	ETA 150 – 50	ETA 150 - 50	ETA 150 – 40	ETA 150 - 40	ETA 150 - 40
JENIS	CENTRIFUGAL	CENTRIFUGAL	CENTRIFUGAL	CENTRIFUGAL	CENTRIFUGAL	CENTRIFUGAL
HEAD	70	70	70	50	50	42
KAPASITAS (liter/detik)	75	75	75	75	75	75
PELUMAS	OLI	OLI	OLI	OLI	OLI	OLI
OLI SEAL	G. PACKING 10 mm					
TYPE	IEC-EN-60034	4AA90-Z-280M	4AA90-Z-280M	M250MV4	VDE 0530	IP 54 CD 25M
NO. BEARING	6411	6411	6411	6412	6412	6412
TAHUN						
RAKIT	2006	2006	2006	1969	1969	1969
OPERASI	2008	2008	2008	1969	1969	1969

### III.4.3. Genset

Genset pada Booster Pump Menara Air Tirtanadi Medan Sumatera

Utara ada 1 unit, dapat dilihat pada gambar 3.4 berikut ini :



**Gambar. 3.4.** Genset

Adapun tabel data spesifikasi dari Genset pada gambar 3.4 di atas dapat di lihat pada tabel. 3.3 :

Tabel. 3.3. Spesifikasi Genset Booster Pump Menara Air PDAM Tirtanadi

NO. GENSET	G.01.1		
ENGINE		GENERATOR	
MERK	VOLVO PENTA	MERK	CRAMACO
MODEL	TAD 164 GE	MODEL	G2R315MB/4
RPM	1500	JENIS	
JENIS OLI	-	PHASE	3 PHASE
RAKIT	2006	POWER	500
OPERASI	2006	VOLT	380/400 V
		AMPERE	361

#### III.4.4. Trafo

Trafopada Booster Pump Menara Air Tirtanadi Medan Sumatera

Utara ada 1 unit, dengan data sebagai berikut:

Tabel. 3.4. Spesifikasi Trafo Booster Pump Menara Air PDAM Tirtanadi

<b>NO. TRAFO</b>	<b>T.01.1</b>		
<b>MERK</b>	MORAWA E	<b>MINYAK PELUMAS</b>	
<b>KODE</b>	B94 – 1078	<b>JENIS</b>	MINERAL OIL
<b>MODEL</b>	ONAN	<b>KODE</b>	UNIVOLT 52
<b>PHASE</b>	3 PHASE	<b>VOLUME</b>	1012 LITER
<b>KAP</b>	630, 00	<b>MODEL</b>	ESSO
<b>VOLTAGE</b>	20KV/380V	<b>RAKIT</b>	1993
<b>AMPERE</b>	1155 / 577	<b>OPERASI</b>	1994



### III.6. Teknik Analisis Data

Data-data yang terkumpul, dianalisa menggunakan analisis matematis sederhana dengan melakukan perhitungan berdasarkan rumus yang berlaku dalam mencari besar daya motor induksi 3 fasa yang digunakan untuk menggerakkan pompa air.

### III.7. Survei Beban Motor

Setidaknya ada 3 cara survei beban motor, yaitu :

1) Kriteria *sampling* motor

- Faktor utilisasi (jam operasi)
- Analisis *sample* motor sebagai representasi motor lain pada satu proses misalnya : *cooling tower* dan lain-lain.

2) Pengukuran

- Parameter beban listrik (volt, ampere, faktor daya, KW yang diserap)
- Parameter mesin (kecepatan, beban, tekanan, temperatur)

3) Analisis *Output*

- Beban motor berdasar KW dan estimasi konsumsi energi

## **BAB IV**

### **ANALISA DATA DAN HASIL**

Menurut Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil, pada tahun 2013 penduduk kota Medan  $\pm$  3 juta jiwa. Sejumlah 79% kebutuhan air bersihnya dipenuhi melalui Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirtanadi Sumatera Utara. Aktivitas perusahaan ini mulai dari mengumpulkan, mengolah, sampai mendistribusikan air ke setiap pelanggan secara berkesinambungan.

Melalui dasar ini, PDAM Tirtanadi sangat membutuhkan pengoperasian suatu motor dan pompa secara optimal dan efisien. Pendistribusian ini dilakukan PDAM Tirtanadi secara pemompaan, baik langsung dari reservoir maupun melalui reservoir distribusi/booster pump.

Untuk Reservoir Booster Pump Menara PDAM Tirtanadi melayani kebutuhan air bersih di Kecamatan Medan Kota sekitarnya. Untuk itu disediakan dua tempat wadah penampung air (reservoir), satu ada di persimpangan Gunung 4 jalan Sisingamangaraja dan satu lagi reservoir dalam bentuk menara Air di kantor pusat PDAM Tirtanadi Jalan Sisingamangaraja No. 1 Medan.

#### **IV.1 Pengoperasian Elektromotor Penggerak Pompa**

Wiring diagram pada Booster pump Menara Air Tirtanadi (Gambar 3.5) diketahui bahwa setiap hari ada 5 (lima) unit motor dan pompa sentrifugal yang dioperasikan. sedangkan 1 (satu) unit motor dan pompa sentrifugal lainnya berfungsi sebagai cadangan. Motor 1, 2 dan 3 dihubungkan secara paralel serta

motor 4 dan 5 juga terpasang paralel namun terpisah dikarenakan pipa untuk kebutuhan mengalirkan air ke tempat lain.

Analisa dilakukan selama 3 (tiga) hari, pada tanggal 08, 15, dan 22 Juni 2015. Berikut adalah data pengoperasian Pompa Bosster Pump selama 3 hari, seperti yang terlihat pada tabel 4.1, 4.2, dan 4.3 di bawah ini (lebih lengkap dapat melihat lampiran) :

Tabel 4.1. Pengoperasian Pompa dan level ketinggian pada Booster Pump Menara Air PDAM Tirtandi Pada : Senin, 08 Juni 2015

JAM	Pompa						Level Air (M)	
	P.01.1	P.01.2	P.01.3	P.01.4	P.01.5	P.01.6	Menara	GNG 4
9	1	1	0	1	1	0	380	320
10	1	1	0	1	1	0	310	263
11	1	1	0	1	0	0	250	233
12	1	1	0	1	0	0	320	206
13	1	1	0	1	0	0	390	185
14	0	0	0	1	0	0	460	230
15	0	0	0	1	0	0	530	275
16	1	1	0	1	0	0	590	320
17	1	1	0	1	1	0	480	265
18	1	1	0	1	1	0	410	210
19	1	1	0	1	1	0	340	155
20	1	1	0	1	1	0	250	100
21	1	1	0	1	1	0	300	87
22	0	1	1	0	1	0	470	73
23	0	0	1	0	1	0	590	95
24	0	0	0	0	0	0	590	180
1	0	0	0	0	0	0	590	265
2	0	0	0	0	0	0	580	350
3	0	0	0	0	0	0	580	435
4	0	1	1	0	0	0	570	520
5	0	1	1	0	0	0	550	503
6	1	0	1	1	1	0	490	437
7	1	0	1	1	1	0	370	354
8	1	0	1	1	1	0	240	380
Total Beroperasi	14	14	7	16	12	0	10.630	6441

Keterangan : 1 = Beroperasi, 0 = Tidak Beroperasi

Tabel 4.2. Pengoperasian Pompa dan level ketinggian pada Booster Pump Menara Air PDAM Tirtandi Pada : Senin, 15 Juni 2015

JAM	Pompa						Level Air (M)	
	P.01.1	P.01.2	P.01.3	P.01.4	P.01.5	P.01.6	Menara	GNG 4
9	1	0	1	1	1	0	250	205
10	1	0	1	1	1	0	200	148
11	0	0	1	1	1	0	250	130
12	0	0	1	0	1	0	300	190
13	0	0	1	0	1	0	350	256
14	0	0	0	0	0	0	400	345
15	0	0	0	1	1	0	450	360
16	0	1	0	1	1	0	500	360
17	1	1	0	1	1	0	550	345
18	1	1	0	1	1	0	400	290
19	1	1	0	1	1	0	240	240
20	1	1	0	1	1	0	300	205
21	1	1	0	1	1	0	430	157
22	1	1	0	1	1	0	550	113
23	0	1	0	0	1	0	600	85
24	0	0	0	0	0	0	600	172
1	0	0	0	0	0	0	600	259
2	0	0	0	0	0	0	590	347
3	0	0	0	0	0	0	590	433
4	0	1	0	0	0	0	580	520
5	0	1	0	0	0	0	550	514
6	1	0	1	1	1	0	500	447
7	1	0	1	1	1	0	420	358
8	1	0	1	1	1	0	330	266
Total Beroperasi	11	10	8	14	17	0	10.530	6745

Keterangan : 1 = Beroperasi, 0 = Tidak Beroperasi

Tabel 4.3. Pengoperasian Pompa dan level ketinggian pada Booster Pump Menara Air PDAM Tirtandi Pada : Senin, 22 Juni 2015

JAM	Pompa						Level Air (M)	
	P.01.1	P.01.2	P.01.3	P.01.4	P.01.5	P.01.6	Menara	GNG 4
9	1	0	1	1	1	0	310	257
10	1	0	1	1	1	0	370	195
11	1	0	1	1	1	0	450	143
12	1	0	1	1	1	0	500	97
13	0	0	1	0	1	0	550	169
14	0	0	0	0	1	0	590	203
15	0	0	0	0	1	0	570	278
16	1	0	0	0	1	0	530	341
17	1	0	1	1	1	0	470	307
18	1	0	1	1	1	0	400	259
19	1	0	1	1	1	0	370	198
20	1	0	1	1	1	0	290	143
21	1	0	1	1	1	0	360	113
22	0	0	1	0	1	0	430	83
23	0	0	1	0	1	0	500	55
24	0	0	0	0	0	0	590	145
1	0	0	0	0	0	0	580	235
2	0	0	0	0	0	0	570	325
3	0	0	0	0	0	0	550	415
4	0	1	1	0	0	0	540	520
5	0	1	1	0	0	0	530	485
6	0	1	1	1	1	0	440	450
7	0	1	1	1	1	0	360	413
8	0	1	1	1	1	0	300	413
Total Beroperasi	10	5	17	12	18	0	11.150	6242

Keterangan : 1 = Beroperasi, 0 = Tidak Beroperasi

Dari data ketiga tabel di atas, diketahui bahwa volume air bergerak fluktuatif. Dapat disimpulkan seperti tabel 4.4 di bawah ini :

Tabel 4.4. Pengoperasian Pompa dan level ketinggian pada Booster Pump Menara Air PDAM Tirtanadi

Tanggal	Perhari (Jam)	Jumlah pompa (Unit)	Jumlah jam	Total jam pompa beroperasi (Jam)	Level Air (m3)
Senin, 08 - Juni 2015	24	5	120	63	17.071
Senin, 15 - Juni 2015	24	5	120	60	17.275
Senin, 22 - Juni 2015	24	5	120	62	17.392
<b>Rata - rata</b>	<b>12,32</b>	<b>1</b>	<b>24</b>	<b>61,6</b>	<b>17.246</b>

Dari laporan ini, dapat diketahui rata-rata debit air per hari yang dialirkan ke konsumen kecamatan Medan kota dan sekitarnya oleh kelima pompa dari booster pump menara adalah : **17.246 m<sup>3</sup>** dengan jam beroperasi dalam satu hari **12, 32 jam**.

Sub total dari kelima pompa adalah 17.246 m<sup>3</sup> / hari. Untuk mengetahui debit dari satu pompa dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q \text{ total} &= Q1 + Q2 + Q3 + Q4 + Q5 / 5 \\
 &= 17.246 / 5 \\
 &= \mathbf{3449,2 \text{ m}^3/\text{hari}}
 \end{aligned}$$

Satu buah pompa memproduksi **3449,2 m<sup>3</sup>**/hari air.

Setelah mendapat debit total kelima pompa dan satu buah pompa, maka berdasarkan tabel 3.2 dapat diketahui kapasitas pompa sesuai spesifikasi unit maksimal yaitu :

Dik : P.01.1 = 75 liter/detik

P.01.2 = 75 liter/detik

P.01.3 = 75 liter/detik

P.01.4 = 75 liter/detik

P.01.5 = 75 liter/detik

Dit : Berapa Q spesifikasi kelima pompa ?

Jawab :

$$Q \text{ spek total} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

$$= 75 + 75 + 75 + 75 + 75 \text{ liter/sekon}$$

$$= \mathbf{375 \text{ liter/sekon}} \text{ atau } = \mathbf{32.400 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

Menurut perhitungan di atas, kapasitas pompa sesuai spesifikasi pompa adalah **32.400 m<sup>3</sup> / hari**. Dengan demikian melihat realitas pengukuran yang dilakukan pada 30 Juli 2015 telah mengalami penurunan kapasitas sebesar :

$$\text{Total Q losses} = Q \text{ spek} - Q \text{ aktual}$$

$$= 32.400 - 17.246$$

$$= \mathbf{15.154 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$\text{Persentase} = \frac{Q \text{ Spek} - Q \text{ Aktual}}{Q \text{ Spek}} \times 100\%$$

$$= \frac{32.400 - 17.206}{32.400} \times 100\%$$

$$= \frac{15.154}{32.400} \times 100\%$$

$$= 0,468 \times 100\% = \mathbf{46,77\%}$$

Dari perhitungan ini penurunan kapasitas pompa dari spesifikasi dengan perhitungan yang ada di lapangan sebesar **15.154 m<sup>3</sup>/hari** atau **46,77 %**.

#### 4.2. Perhitungan Daya Motor Untuk Kerja pompa

Dari hasil pengukuran yang dilakukan pada lokasi Booster Pump Menara Air PDAM Tirtanadi guna menentukan besar daya motor induksi untuk pompa air diperoleh data pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6 berupa debit, tekanan, massa jenis, gravitasi, tegangan masuk, arus, dan faktor daya. Data ini merupakan data dari pompa air dan data motor induksi yang digunakan pada saat analisa.

Tabel 4.5. data debit air, head, massa jenis air, dan gravitasi dari pompa-pompa

No. Pompa	Debit (m <sup>3</sup> /hari)	Head (m)	Massa Jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Gravitasi (m/s <sup>3</sup> )
P.01.1	3449,2	70	1000	9,8
P.01.2	3449,2	70	1000	9,8
P.01.3	3449,2	70	1000	9,8
P.01.4	3449,2	50	1000	9,8
P.01.5	3449,2	50	1000	9,8

Tabel 4.6 Data motor induksi untuk kerja pompa berupa tegangan, arus, dan faktor

No. Elektromotor	Tegangan (V)	Arus (A)	Faktor Daya (cos Ø)
E.01.1	380	165,6	0,86
E.01.2	380	165,6	0,86
E.01.3	380	165,6	0,86
E.01.4	380	102,9	0,85
E.01.5	380	138	0,86

### 4.3. Perhitungan Efisiensi Daya Motor Untuk Kerja pompa

Berdasarkan data-data yang diperoleh di atas, dapat dilakukan perhitungan berapa besar nilai daya dan efisiensi motor induksi 3 phasa terhadap pompa.:

Motor 1, motor 2 dan motor 3 memiliki spesifikasi sama, maka perhitungan akan dilakukan pada motor 1 saja, yaitu :

#### Motor 1

**Daya Masuk (P in) :**

$$\begin{aligned} \text{Dik} &= V = 380 \text{ V} \\ &I = 165,6 \text{ A} \\ &\cos \emptyset = 0,86 \end{aligned}$$

$$\text{Dit} = \text{Daya Masuk Motor (P in) ?}$$

$$\text{Jawab} =$$

$$P \text{ in} = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \emptyset$$

$$\begin{aligned}
 &= (\sqrt{3} \times 380) \times (165,6 \times 0,86) \\
 &= 658,17 \times 142,416 \\
 &= \mathbf{93,7 \text{ KW}}
 \end{aligned}$$

Setelah diketahui daya *input* motor yang diberikan pada pompa, maka dihitung juga daya hidrolis yang keluar pada pompa 1

### Pompa 1

Daya Hidrolis ( $P_H$ ) =

$$\text{Dik} : Q = 3449,2 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,04 \text{ m}^3/\text{s} = 143,72 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$H = 70 \text{ m}$$

$$\rho = 1000 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$g = 9,8 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

Dit : Daya Hidrolik ( $P_H$ ) Pompa 1... ?

Jawab :

$$\begin{aligned}
 P_H &= \frac{Q \times H \times \rho \times g}{1000} \\
 &= \frac{0,04 \times 70 \times 1000 \times 9,8}{1000} \\
 &= \frac{2,8 \times 9800}{1000} \\
 &= \mathbf{27,44 \text{ KW}}
 \end{aligned}$$

**Estimasi Efisiensi Pompa =**

$$\begin{aligned}
 \text{Eff (\%)} &= 65.08 \times H^{-0.124476} \times Q^{0.094734} \\
 &= 65.08 \times 70^{-0.124476} \times 143,38^{0.094734} \\
 &= 65,08 \times 0,589 \times 1,6 \% \\
 &= \mathbf{61,33 \%}
 \end{aligned}$$

**Daya Poros Pompa (Ps)**

Daya poros pompa adalah daya *output* dapat dihitung sebagai berikut :

Dik :  $P_H = 27,44 \text{ KW}$

Efisiensi pompa ( $\eta$ ) = 61,33%

Dik : Daya poros pompa (Ps) ?

Jawab :

$$\begin{aligned}
 \text{Daya poros pompa : } P_s &= \text{Daya Hidrolis} / \text{Efisiensi pompa} \\
 &= 27.44 \text{ KW} / 0,61 \\
 &= \mathbf{44, 98 \text{ KW}}
 \end{aligned}$$

Setelah diketahui daya input motor dan daya poros pompa yang merupakan output dari hubungan motor dengan pompa, maka dapat dihitung efisiensi dari daya motor sebagai berikut :

**Efisiensi ( $\eta$ ) :**

Efisiensi dari motor tersebut dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi (\eta)} &= P_{\text{out}} / P_{\text{in}} \times 100\% \\
 &= 44, 98 \text{ KW} / 93,7 \text{ KW} \times 100\% \\
 &= \mathbf{48 \%}
 \end{aligned}$$

**Rugi – rugi :**

Sehingga rugi – rugi daya pada motor seperti yang dijelaskan di atas dapat diketahui dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Dik} \quad : P_{\text{in}} = 93,7 \text{ KW}$$

$$P_{\text{out}} = 44,49 \text{ KW}$$

$$\text{Dit} \quad : \text{Rugi – rugi ?}$$

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{Rugi – rugi} &= P_{\text{in}} - P_{\text{out}} \\ &= 93,7 \text{ KW} - 44,49 \text{ KW} \\ &= \mathbf{49,21 \text{ KW}} \end{aligned}$$

Dengan adanya nilai efisiensi daya dari hasil motor 1. Maka, efisiensi motor 2 dan 3 diasumsikan sama, karena tidak ada perbedaan spesifikasi.

**Motor 4****Daya Masuk ( $P_{\text{in}}$ ) :**

Daya masuk ( $P_{\text{in}}$ ) yang diberikan motor 1 pada pompa 1 dapat di hitung sebagai berikut :

$$\text{Dik} \quad = V = 380 \text{ V}$$

$$I = 102,9 \text{ A}$$

$$\cos \emptyset = 0,85$$

$$\text{Dit} = \text{Daya Masuk Motor } (P_{\text{in}}) ?$$

Jawab =

$$\begin{aligned}
 P_{in} &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \emptyset \\
 &= (\sqrt{3} \times 380) \times (102,9 \times 0,85) \\
 &= 658,17 \times 87,465 \\
 &= \mathbf{57,56 \text{ KW}}
 \end{aligned}$$

Setelah diketahui daya *output* motor, rugi-rugi dan efisiensi motor 4 yang diberikan pada pompa, maka dihitung juga daya hidrolis yang keluar pada pompa 4

#### Pompa 4

##### Daya Hidrolik ( $P_H$ )

$$\begin{aligned}
 \text{Dik} \quad : Q &= 3449,2 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,04 \text{ m}^3/\text{s} \\
 H &= 50 \text{ m} \\
 \rho &= 1000 \text{ (kg/m}^3\text{)} \\
 g &= 9,8 \text{ (m/s}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

Dit : Daya Hidrolik ( $P_H$ ) Pompa 4... ?

Jawab :

$$\begin{aligned}
 P_H &= \frac{Q \times H \times \rho \times g}{1000} \\
 &= \frac{0,04 \times 50 \times 1000 \times 9,8}{1000} \\
 &= \frac{2 \times 9800}{1000} \\
 &= \mathbf{19,6 \text{ KW}}
 \end{aligned}$$

**Estimasi Efisiensi Pompa =**

$$\begin{aligned}
 \text{Eff (\%)} &= 65.08 \times H^{-0.124476} \times Q^{0.094734} \\
 &= 65.08 \times 50^{-0.124476} \times 143,38^{0.094734} \\
 &= 65,08 \times 0,61 \times 1,6 \text{ \%} \\
 &= 63,51 \text{ \%}
 \end{aligned}$$

**Daya Poros Pompa (Ps)**

Dik :  $P_H = 19,6 \text{ KW}$

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 63,51$$

Dik : Daya poros pompa (Ps) ?

Jawab :

$$\begin{aligned}
 \text{Daya poros pompa : } P_s &= \text{Daya Hidrolis} / \text{Efisiensi} \\
 &= 19,6 \text{ KW} / 0,635 \text{ KW} \\
 &= \mathbf{30, 86 \text{ KW}}
 \end{aligned}$$

**Efisiensi ( $\eta$ ) :**

Efisiensi dari motor tersebut dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi } (\eta) &= P_{\text{out}} / P_{\text{in}} \times 100\% \\
 &= 30, 86 \text{ KW} / 57,56 \text{ KW} \times 100\% \\
 &= \mathbf{53,61 \text{ \%}}
 \end{aligned}$$

**Rugi – rugi :**

Sehingga rugi – rugi daya pada motor seperti yang dijelaskan di atas dapat diketahui dengan perhitungan sebagai berikut:

Dik :  $P_{in} = 57,56 \text{ KW}$

$P_{out} = \text{data dari nameplate motor} = 55 \text{ KW}$

Dit : Rugi – rugi ?

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{Rugi – rugi} &= P_{in} - P_{out} \\ &= 57,56 \text{ KW} - 30,86 \text{ KW} \\ &= \mathbf{26,7 \text{ KW}} \end{aligned}$$

Rugi – rugi dari motor ini adalah **26,7 KW**

### **Motor 5**

**Daya Masuk ( $P_{in}$ ) :**

Daya masuk ( $P_{in}$ ) yang diberikan motor 1 pada pompa 1 dapat di hitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Dik} : V &= 380 \text{ V} \\ I &= 138 \text{ A} \\ \cos \emptyset &= 0,86 \end{aligned}$$

Dit : Daya Masuk Motor ( $P_{in}$ ) ?

Jawab :

$$\begin{aligned} P_{in} &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \emptyset \\ &= (\sqrt{3} \times 380) \times (138 \times 0,86) \\ &= 658,17 \times 118,68 \\ &= \mathbf{78,11 \text{ KW}} \end{aligned}$$

Setelah diketahui daya *input* motor, rugi-rugi dan efisiensi motor 5 yang diberikan pada pompa, maka dihitung juga daya hidrolis yang keluar pada pompa

**Pompa 5****Daya Hidrolik (P<sub>H</sub>)**

$$\text{Dik} : Q = 3449,2 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,04 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H = 50 \text{ m}$$

$$\rho = 1000 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$g = 9,8 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

Dit : Daya Hidrolik (P<sub>H</sub>) Pompa 4... ?

Jawab :

$$\begin{aligned} P_H &= \frac{Q \times H \times \rho \times g}{1000} \\ &= \frac{0,04 \times 50 \times 1000 \times 9,8}{1000} \\ &= \frac{2 \times 9800}{1000} \\ &= \mathbf{19,6 \text{ KW}} \end{aligned}$$

**Estimasi Efisiensi Pompa =**

$$\begin{aligned} \text{Eff (\%)} &= 65,08 \times H^{0,124476} \times Q^{0,094734} \\ &= 65,08 \times 50^{0,124476} \times 143,38^{0,094734} \\ &= 65,08 \times 0,61 \times 1,6 \% \\ &= \mathbf{63,51 \%} \end{aligned}$$

**Daya Poros Pompa (Ps)**

Dik :  $P_H = 19,6 \text{ KW}$

Efisiensi ( $\eta$ ) = 63,51 %

Dik : Daya poros pompa (Ps) ?

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{Daya poros pompa : } P_s &= \text{Daya Hidrolis} / \text{Efisiensi} \\ &= 19,6 \text{ KW} / 0,635 \text{ KW} \\ &= \mathbf{30,86 \text{ KW}} \end{aligned}$$

**Efisiensi ( $\eta$ ) :**

Efisiensi dari motor tersebut dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi } (\eta) &= P_{\text{out}} / P_{\text{in}} \times 100\% \\ &= 30,86 \text{ KW} / 78,11 \text{ KW} \times 100\% \\ &= \mathbf{39,5 \%} \end{aligned}$$

**Rugi – rugi :**

Sehingga rugi – rugi daya pada motor seperti yang dijelaskan di atas dapat diketahui dengan perhitungan sebagai berikut:

Dik :  $P_{\text{in}} = 78,11 \text{ KW}$

$P_{\text{out}} =$  data dari nameplate motor = 75 KW

Dit : Rugi – rugi ?

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{Rugi – rugi} &= P_{\text{in}} - P_{\text{out}} \\ &= 78,11 \text{ KW} - 30,86 \text{ KW} \\ &= \mathbf{47,25 \text{ KW}} \end{aligned}$$

Rugi – rugi dari motor ini adalah **47,25 KW**

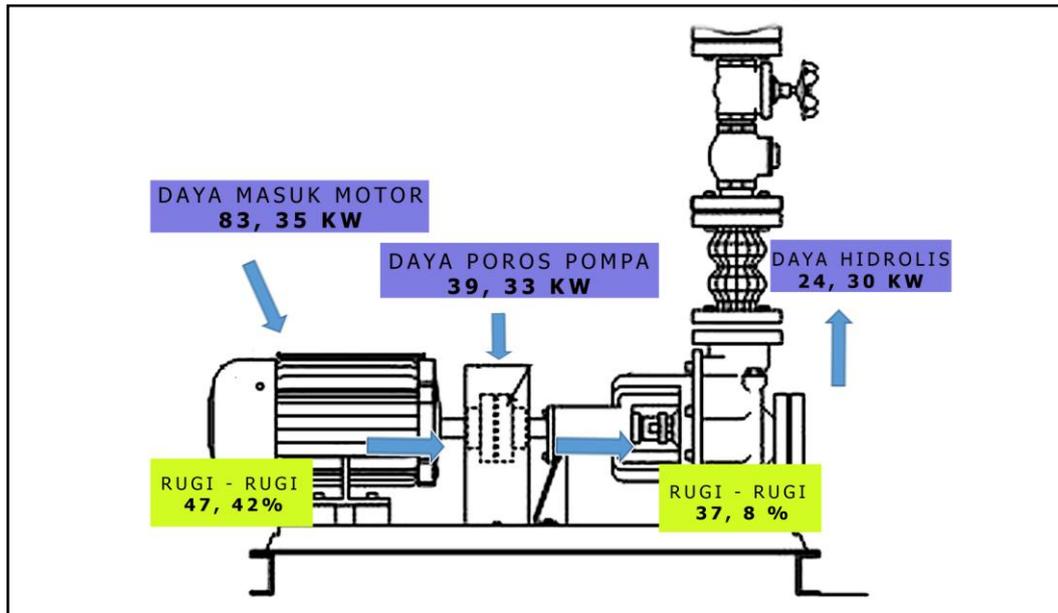
### IV.3 Data Hasil Perhitungan

Diperoleh hasil nilai efisiensi besar daya motor yang digunakan dalam menjalankan pompa pada tanggal 08, 15, 22 Juni 2015 dapat dilihat pada tabel 4.7 berikut ini

Tabel 4.7. Perhitungan daya, rugi-rugi dan efisiensi motor terhadap pompa

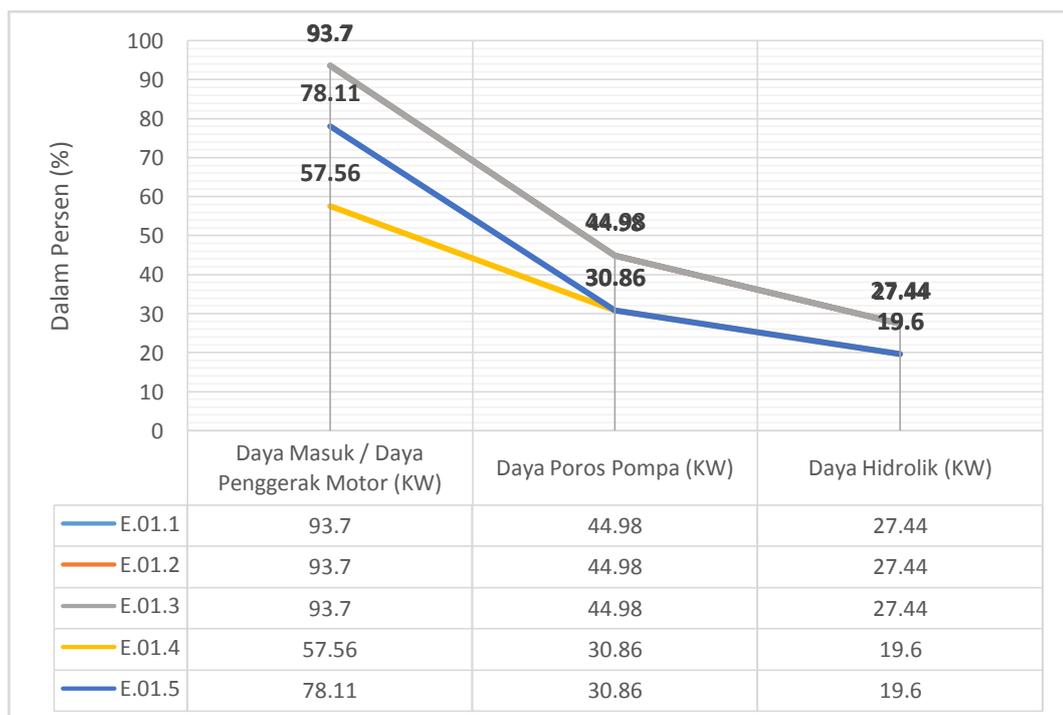
No. Motor	$P_{in}$ (KW)	$P_H$ (KW)	Eff Pompa (%)	$P_s$ (KW)	Eff Motor (%)	Rugi-rugi (KW)
E.01.1	93,7	27,44	61,33	44,98	48	49,21
E.01.2	93,7	27,44	61,33	44,98	48	49,21
E.01.3	93,7	27,44	61,33	44,98	48	49,21
E.01.4	57,56	19,6	63,51	30,86	53,61	26,7
E.01.5	78,11	19,6	63,51	30,86	39,5	47,25
<b>Rata-rata</b>	<b>83,35</b>	<b>24,30</b>	<b>62,2</b>	<b>39,33</b>	<b>47,42</b>	<b>44,31</b>

Jikalau diambil dari perhitungan nilai rata-rata konversi daya motor ke pompa maka dapat dihitung hanya sekitar 30 % daya listrik yang ditransfer menjadi daya hidrolis. Untuk lebih jelasnya dapat melihat gambar 4.1 berikut ini :



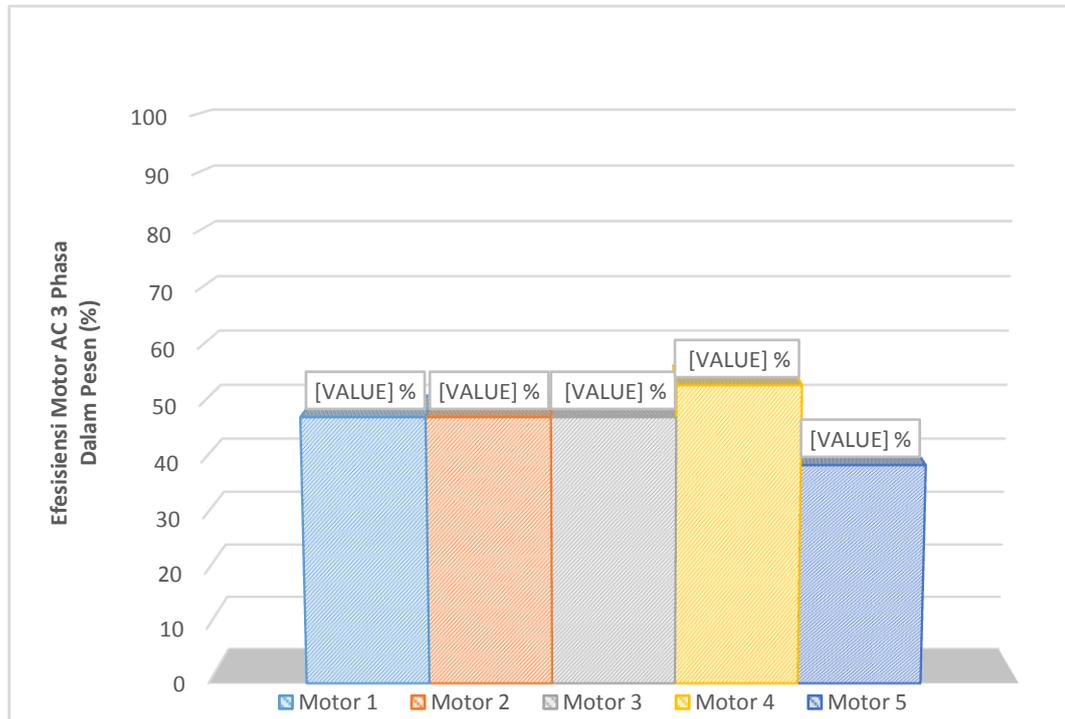
**Gambar 4.1.** Ilustrasi transfer daya masuk motor ke daya hidrolis

Dari data hasil seperti tabel 4.7 di atas, dapat diketahui bahwa penurunan penggunaan daya motor listrik yang digunakan sebagai penggerak pompa seperti yang terlihat pada gambar 4.2 berikut :



**Gambar 4.2.** Grafik Konversi Daya Motor AC 3 Phasa Ke Pompa

Dari kelima motor listrik yang ada, tidak ada satu pun yang menyentuh efisiensi maksimum yang berkisar 75 – 80 % dari beban penuh. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dari gambar 4.3 di bawah ini :



**Gambar 4.3.** Grafik Nilai Efisiensi Daya Motor AC 3 Phasa

Motor induksi 3 phasa untuk kerja pompa air pada Booster Pump Menara Air Tirtanadi rata – rata bekerja pada efisiensi di bawah 50%. Besarnya debit air dan tekanan (*head*) untuk kebutuhan air pada pompa mempengaruhi besar nilai efesiesi daya motor yang digunakan.

Rugi – rugi sebagian daya kemungkinan besar dikeluarkan dalam bentuk lain seperti panas.pendinginan, gesekan dan radiasi bagian tenaga yang tidak dapat diubah menjadi tenaga mekanis dinilai sebagai kerugian pada proses perubahan tenaga.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil analisa yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada Booster Pump Menara Air Tirtanadi Setiap hari ada 5 (lima) unit motor dan pompa yang dioperasikan secara bergantian dan paralel, sedangkan 1 (satu) unit motor dan pompa lainnya berfungsi sebagai cadangan.
2. Dari laporan operator Booster Pump Menara, dapat diketahui rata-rata debit air per hari yang dialirkan ke konsumen kecamatan Medan kota dan sekitarnya oleh kelima pompa adalah :  $17.246 \text{ m}^3$  dengan jam beroperasi dalam satu hari 12, 32 jam. Satu buah pompa memproduksi air  $3449,2 \text{ m}^3$ /hari.
3. Dari perhitungan pada beban, membandingkan dengan total spesifikasi pabrik yang seharusnya dihasilkan, maka kinerja dari pompa adalah  $15.154 \text{ m}^3$ /hari atau 46,77 %. (data diambil pada 08, 15, 22 Juni 2015).
4. Jikalau diambil dari perhitungan nilai rata-rata konversi daya motor ke pompa maka dapat dihitung hanya sekitar 30 % daya listrik yang ditransfer menjadi daya hidrolis.

5. Motor induksi 3 phasa untuk kerja pompa air pada Booster Pump Menara Air Tirtanadi rata – rata bekerja pada efisiensi di bawah 50% atau lebih tepatnya 47,42%. Nilai efisiensi masih jauh dari efisiensi maksimum yang berkisar sekitar 75 – 80 % dari beban maksimal, ataupun efisiensi pabrik.
6. Rugi – rugi sebagian daya kemungkinan besar dikeluarkan dalam bentuk lain seperti panas, pendinginan, gesekan dan radiasi bagian tenaga yang tidak dapat diubah menjadi tenaga mekanis dinilai sebagai kerugian pada proses perubahan tenaga.
7. Selain itu, pemakaian motor yang sudah cukup berumur tentu sedikit banyaknya mempengaruhi nilai efisiensi yang terus meningkat mengurangi biaya operasional yang tinggi akibat dari usia penggunaan motor.

## 5.2 Saran

Ada beberapa saran untuk dapat meningkatkan efisiensi, antara lain :

1. Meningkatkan *maintenance* sebagai usaha menghasilkan produksi yang memuaskan. Beberapa *maintenance* yang baik :
  - Inspeksi motor secara teratur
  - Pelumasan yang cukup
2. Perlu dilakukan pembuatan tabel cek kerusakan untuk operator dan tabel jadwal *maintenance* untuk teknisi. Semua hal yang disarankan tersebut untuk membantu meningkatkan kapabilitas proses dari sistem perusahaan.

3. Dihindarkan dari temperatur tinggi paparan debu, lingkungan yang korosif, kelembaban yang dapat menurunkan efisiensi motor
4. Operasi kerja motor pompa secara bergantian dapat menghindari terjadi pemanasan berlebihan pada motor pompa yang bisa mengakibatkan turunnya efisiensi motor pompa dan efisiensi konsumsi energi listrik.
5. Melihat dari masih jauhnya nilai efisiensi dari kelima motor, ada baiknya pihak perusahaan mengevaluasi serius dengan mendetail untuk nantinya dapat meningkatkan produksi. Misalkan menambah atau mengganti motor listrik yang lebih baru dan berefisiensi tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Austine Gbasouzor Ikechukwu & Keneddy Owuama Chinedu, "Design and Characterization of a Model Polythene Recycling Machine for Economic Development and Pollution Control in Nigeria", Nigeria, 2013.
- Edahwati, Luluk, "Alat Industri Kimia", UPN Press, Surabaya, 2009.
- Ir. Parlindungan Marpaung, "Prinsip Konservasi Energi Pada Sistem Pompa". <http://www.upliftindonesia.com/media/CEM-seminar/6C.pdf>. Diakses 1 Maret 2016.
- Fransisco dkk, "Laporan Kerja Peraktek di PLTBS Sei Mangkei", Medan, 2013.
- Larry Bachus, Angel Custodio. (2003), *Know and Understand Centrifugal pumps*, Elsevier Bachus Company, Inc., Oxford UK.
- Lemigas (2000). Dasar - dasar Pompa Positive Displacement dan Centrifugal, Lemigas, Jakarta.
- Lister Eugene c, "Mesin dan Rangkaian Listrik", Edisi Keenam, Erlangga, Jakarta, 1988.
- Parr Andrew, "Hidrolika dan Pneumatika Pedoman Bagi Teknisi dan Insinyur", Erlangga, Jakarta, 2003.
- Pudjanarsa A, Nursuhud Djati. (2008), *Mesin Konversi Energi*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Pratama Aditasa, "Studi Penentuan Kapasitas Motor Listrik Untuk Pendingin dan Penggerak Pompa Air High Pressure Pengisi Boiler Untuk Melayani Kebutuhan Air Pada PLTGU Blok III (PLTG 3x 112 MW & PLTU 189 MW) Unit Pembangkit Gresik", ITS, Surabaya, 2009.
- Rizal Angga Ghazali (2011), "Metode Perhitungan Efisiensi Motor Induksi yang Sedang Beroperasi", Depok.
- Sularso, Haruo Tahara. (2004), *Pompa dan Kompresor*, Cetakan Ketujuh, Pradnya Paramita, Jakarta.

# DAFTAR RIWAYAT HIDUP

## DATA PRIBADI

**Nama Lengkap** : ARI SAPUTRA  
**Alamat** : Jl. Marelan V Pasar 2 Barat, Gg. Kusuma,  
Link 2 terjun, Kec. Medan Marelan,  
Kode Pos 21255, Medan – Sumatera Utara.  
**Tempat / Tgl. Lahir** : Medan, 15 Maret 1990  
**Jenis Kelamin** : Laki - laki  
**Agama** : Islam  
**Status** : Belum Menikah  
**No. HP** : 0812 6009 0153  
**E-mail** : arisaputra.my@gmail.com  
**Kebangsaan** : Indonesia



## PENDIDIKAN FORMAL

- 1995 - 1996 : Lulus TK. Tunas Harapan YKPP II Dumai
- 1996 - 2002 : Lulus SD Swasta MELATI Medan
- 2002 - 2005 : Lulus SMP Negeri 20 Medan
- 2005 - 2008 : Lulus SMK TI SINAR HUSNI, Helvetia Deli Serdang

## PENDIDIKAN INFORMAL

- 2005 - 2006 : Lulus Les Bahasa Inggris & Japan kelas *Elementary One* di INTEL.Com.Plus Medan.

## **PENGALAMAN ORGANISASI**

- 2010 - 2013 : UKM - Lembaga Pers Mahasiswa Teropong UMSU

## **PENGALAMAN BEKERJA**

- 2011 - Sekarang : BUMD PDAM Tirtanadi Provinsi Sumatera Utara

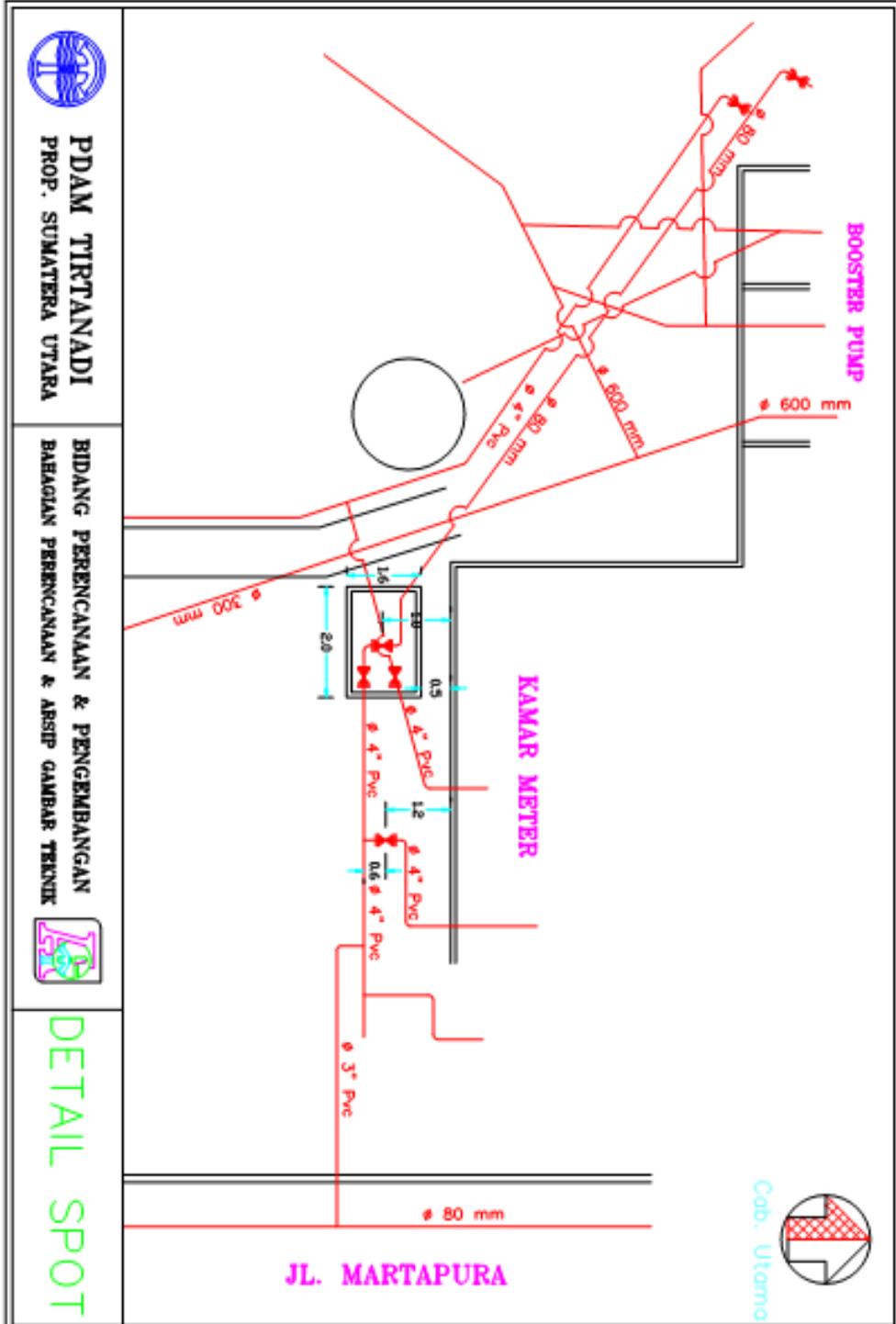
Demikianlah daftar riwayat hidup ini saya perbuat dengan sebenar-benarnya.

Medan, Maret 2016

Hormat saya,

( **ARI SAPUTRA** )

LOKASI : BOSTER MENARA PDAM TIRTANADI MEDAN



PDAM TIRTANADI  
PROP. SUMATERA UTARA

BIDANG PERENCANAAN & PENGEMBANGAN  
BAGIAN PERENCANAAN & ARSIP GAMBAR TEKNIK

DETAIL SPOT

Lampiran 2



DAFTAR TEKNIS BOOSTER PUMP  
LOKASI UNIT KERJA BR.MENARA

No.Dok : PST-FM-PLT-04-01

TARIF/DAVA PLN : I-3 965 KVA  
POMPA

NO	NO POMP	MERK	TYPE	JENIS	HEAD	KAPASITAS	PELUMASAN	OLI SEAL	NO BEARING	NONOR PRODUKSI	TAHUN RAKIT	TAHUN OPERASI
1	P01.1	KSB	ETA 130-30	CENTRIFUGAL	70	75	OLI	G PACKING 10 mm	6411	-	2006	2008
2	P01.2	KSB	ETA 130-30	CENTRIFUGAL	70	75	OLI	G PACKING 10 mm	6411	-	2006	2008
3	P01.3	KSB	ETA 130-30	CENTRIFUGAL	70	75	OLI	G PACKING 10 mm	6411	-	2006	2008
4	P01.4	KSB - TORISMA	ETA 130-40	CENTRIFUGAL	50	75	OLI	G PACKING 10 mm	6412	-	1969	1969
5	P01.5	KSB - TORISMA	ETA 130-40	CENTRIFUGAL	50	75	OLI	G PACKING 10 mm	6412	-	1969	1969
6	P01.6	KIRLOSKAR	DB 125-40	CENTRIFUGAL	42	75	OLI	G PACKING 10 mm	6412	-	2000	2000

ELEKTRO MOTOR

NO	NOE	MERK	SISTEM START	POWER	FREK	VOLT	AMP	RPM	TYPE	JENIS	NO BEARING	BERAT	TAHUN RAKIT	TAHUN OPERASI
1	E01.1	MEZ	AUTO TRAF0	90	50	380	168	1485	IEC-EN-60034	INDUKSI	6317C3/6317C3	380 KG	2006	2008
2	E01.2	MEZ	AUTO TRAF0	90	50	380	168	1485	4A490-Z-280M	INDUKSI	6317C3/6317C3	380 KG	2006	2008
3	E01.3	MEZ PRENSIAT	AUTO TRAF0	90	50	380	168	1485	4A490-Z-280M	INDUKSI	6317C3/6317C3	380 KG	2006	2008
4	E01.4	AEG	START DELTA	55	50	380	107	1475	MD50MVA	INDUKSI	-	380 KG	1969	1969
5	E01.5	GAE	START DELTA	75	50	380	141	1480	VDE 0530	INDUKSI	NU317/6314	520 KG	1969	1969
6	E01.6	KIRLOSKAR	START DELTA	55	50	380	103	1475	IP 54 CD 25 M	INDUKSI	NU315/6313	-	1969	1969

GENSET

NO	GENSET	ENGINE						GENERATOR						
		MERK	MODEL	RPM	JENIS OLI	RAKIT OPERASI	MERK 2	MODEL 2	JENIS 2	PHASE 2	POWER 2	VOLT 2	AMPERE 2	
1	G01.1	VOLVO PENTA	TAD 1641 GE	1500	SAE 20-50	2006	2006	CRAWACO	G2R315MB4	SINKRON	3 PHASE	500	380-400V	361

TRAF0

NO	TRAF0	MERK	KODE	MODEL	PHASE	KAP	VOLTAGE	AMPERE	MANYAK PELUMAS			TAHUN RAKIT	TAHUN OPERASI	
									JENIS	KODE	VOLUME			
T01.1	E01.2	MEZ		AUTO TRAF0	90	50	380	168	1485	4A490-Z-280M	INDUKSI	6317C3/6317C3	580 KG	2006