

**ANALISIS PENGATURAN KECEPATAN MOTOR INDUKSI 3 FASA  
PENGGERAK HORIZONTAL PUMP SYSTEM MENGGUNAKAN VARIABLE  
SPEED DRIVE DI PT PERTAMINA HULU ENERGI RAJA TEMPIRAI**



**SKRIPSI**

**Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Kurikulum Pada Tingkat Sarjana**

**Strata I Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik**

**Universitas Tridinanti**

**Oleh :**

**MUHAMMAD ALDIVO**

**2002230504**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS TRIDINANTI**

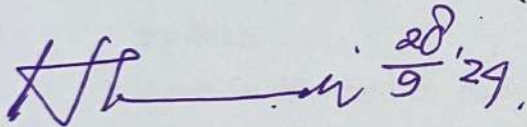
**2024**

## HALAMAN PENGESAHAN

Nama Mahasiswa : Muhammad Aldivo  
Nomor Pokok : 2002230504  
Program Studi : Teknik Elektro  
Jenjang Pendidikan : Srata 1 (S1)  
Judul Skripsi : Analisis Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa  
Penggerak Horizontal Pump System di Pertamina Hulu  
Energi Raja Tempirai

Disetujui Oleh :

Pembimbing I,



Ir. H. Ishak Effendi, M.T.,

Pembimbing II



Moh. Wahyu Aminullah, S.T. M.T.,

Palembang, 1 Oktober 2024

Program Studi Teknik Elektro

Ketua

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



H. Zulkarnain Fatoni, M.T. M.M.,



Dina Fitria, S.T. M.T.,

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Aldivo  
NPM : 2002230504  
Program Studi : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Judul Skripsi : Analisis Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Penggerak Horizontal Pump System menggunakan Variable Speed Drive di PT Pertamina Hulu Energi Raja Tempirai

Dengan ini saya meyakini dengan sebenarnya bahwa :

1. Skripsi dengan judul yang tersebut diatas adalah murni karya saya sendiri. Bukan plagiat, kecuali yang secara tertulis ditulis dikutip dalam naskah skripsi dan disebutkan sebagai bahan referensi serta dimasukkan dalam daftar Pustaka.
2. Apabila dikemudian hari penulisan skripsi ini terbukti merupakan hasil plagiat atau jiplakan dari skripsi karya orang lain, maka saya bersedia bertanggung jawab serta bersedia menerima sanksi hukum berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 29 Tahun 2003 tentang "Sistem Pendidikan Nasional" pasal 70.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan siapapun.

Palembang, 1 Oktober 2024



Penulis

Muhammad Aldivo

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

### ***Sesudah Kesulitan Ada Kemudahan***

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

**(Q.S. Al-Insyirooh : 6-7)**

### ***Kurangi Insecure, Perbanyak Bersyukur***

“Sesungguhnya jika kamu bersyukur, niscaya aku akan menambah (nikmat) kepadamu tetapi jika kamu mengingkari (nikmat-ku), maka, pasti azabku sangat berat.”

**(Q.S. Ibrahim : 7)**

### ***Kupersembahkan Skripsi ini kepada :***

- \* Kedua Orang Tua, Yang Selalu Mendoakan**
- \* Kakak dan Ayuk Yang Selalu Memberikan Semangat**
- \* Rekan Kerjaku, Karyawan PHE Raja Tempirai**
- \* Teman Seperjuangan Teknik Elektro Unanti 2020**

## ABSTRAK

Motor induksi adalah penggerak untuk industri, salah satunya digunakan untuk menggerakkan pompa Horizontal Pump System yang berguna menginjeksikan air terproduksi atau cairan dari luar ke dalam perut bumi. Untuk menghasilkan hasil yang maksimal berdasarkan dengan data sumur minyak maka motor didesain untuk dapat beroperasi dalam rentang frekuensi yang diinginkan karna motor ini digunakan untuk menghasilkan rate produksi yang tinggi. Untuk mengatur kecepatan motor terdapat suatu alat atau metode yang digunakan yaitu Variable Speed Drive (VSD). Pada skripsi ini penulis melakukan analisa pada penggunaan VSD terhadap kinerja motor induksi pada Horizontal Pump System. Dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa, penggunaan VSD dapat meningkatkan kecepatan motor dengan mengatur frekuensinya, ketika frekuensi diset terkecil 10 Hz kecepatan motor adalah terendah di 533 RPM, slip 11,17% , menghasilkan daya output sebesar 1,58 HP torsi 21,09 Nm, ketika frekuensi diset 30 Hz kecepatan motor adalah 1.758 RPM, slip 2,33 % menghasilkan daya output sebesar 68,43 HP torsi 174,90 Nm, dan Ketika frekuensi diset terbesar 50 Hz kecepatan motor adalah sebesar 2.972 RPM, slip 0,93 % , menghasilkan daya output sebesar 199,87 HP torsi 479,44 Nm.

Kata Kunci : *Motor Induksi, Pengaturan Kecepatan, Variable Speed Drive, Horizontal Pump System. Variabel Torsi, Variable Slip*

## ABSTRACT

Induction motors are industrial drivers, one of which is used to drive the Horizontal Pump System pump which is useful for injecting produced water or fluids from outside into the earth's interior. To produce maximum results based on oil well data, the motor is designed to operate within the desired frequency range because this motor is used to produce high production rates. To regulate the speed of the motor, there is a tool or method used, namely the Variable Speed Drive (VSD). In this thesis, the author analyzes the use of VSD on the performance of induction motors in the Horizontal Pump System. From the calculation results it can be seen that, the use of VSD can increase the speed of the motor by adjusting its frequency, when the frequency is set to the smallest 10 Hz the motor speed is the lowest at 533 RPM, slip 11.2%, producing an output power of 1.58 HP torque 21.09 Nm, when the frequency is set to 30 Hz the motor speed is 1.758 RPM, slip 2.33% produces an output power of 68.43 HP torque 174.89 Nm, and when the frequency is set to the largest 50 Hz the motor speed is 2.972 RPM, slip 0.93%, produces an output power of 199.87 HP torque 479.44 Nm.

*Keywords: Induction Motor, Speed Control, Variable Speed Drive, Horizontal Pump System. Variable Torque, Variable Slip.*

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan Syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**ANALISIS PENGHASUTAN MOTOR INDUKSI 3 FASA HORIZONTAL PUMP SYSTEM DI PERTAMINA HULU ENERGI RAJA TEMPIRAI**”. Yang disusun guna memenuhi syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Universitas Tridinanti.

Pada kesempatan kali ini saya mengucapkan terimakasih kepada :

1. **Bapak Ir. Ishak Effendi, M.T.** selaku pembimbing I
2. **Bapak Moh. Wahyu Aminullah, S.T., M.T.** selaku pembimbing II

Yang telah memberikan bantuan sumbang saran dan ilmu sehingga selesainya skripsi ini.

Saya juga mengucapkan terimakasih kepada :

1. **Bapak Prof. Dr. Ir. H. Edizal, A.E, M.S.** selaku Rektor Universitas Tridinanti beserta staff.
2. **Bapak Ir. Zulkarnain Fatoni, M.T., M.M.** Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tridinanti beserta staff.
3. **Ibu Dina Fitria, S.T., M.T.,** Selaku Ketua Program Studi Fakultas Teknik Universitas Tridinanti.
4. Bapak/Ibu Dosen yang telah memberikan ilmunya dan menghantarkan penulis menyelesaikan perkuliahan.

5. Kedua orang tua yang selalu memberikan do'a dan dukungan untuk menyelesaikan Pendidikan sarjana.
6. Para jajaran staff dan pekerja di lingkungan PHE Raja Tempirai
7. Teman-teman se-almamater dan pihak lain yang selalu membantu dalam penyusunan laporan skripsi ini.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan penulisan skripsi ini serta bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Palembang, 1 Oktober 2024

Penulis



Muhammad Aldivo



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PERNYATAAN .....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Sistematika Penulisan .....	4
 <b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b>	
2.1 Teori Dasar.....	5
2.1.1 Motor Induksi 3 Fasa.....	5
2.1.2 Prinsip Kerja Motor Induksi 3 Fasa .....	7
2.1.3 Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi .....	9

2.1.4 Daya Motor.....	10
2.1.5 Torsi Motor.....	11
2.1.6 Pengaturan Kecepatan Motor Induksi .....	14
2.1.7 <i>Variable Speed Drive</i> .....	16
2.1.8 Rangkaian <i>Variable Speed Drive</i> .....	17
2.1.9 <i>Horizontal Pump System</i> .....	20
2.2 Penelitian Terdahulu .....	21

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	22
3.2 Diagram Alir Penelitian .....	23
3.3 Teknik Pengumpulan Data .....	24
3.4 Spesifikasi Unit Penelitian .....	25

### **BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA**

4.1 Data-data Perhitungan.....	27
4.2 Perhitungan Pengaruh pengaturan Kcepatan menggunakan Frekuensi VSD dengan parameter Motor Induksi .....	29
4.3 Hasil Perhitungan.....	43
4.4 Analisa Hasil Perhitungan.....	44

### **BAB V PENUTUP**

4.1 Kesimpulan .....	45
4.2 Saran .....	46

### DAFTAR PUSTAKA

### LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1 Bentuk Motor Induksi 3 Fasa.....	6
Gambar 2.2 Bentuk Gelombang Sinusoida Dan Timbulnya Medan Putar. ....	7
Gambar 2.3 Rangkaian Ekivalen Motor Induksi. ....	9
Gambar 2.4 <i>Variable Torque Load Curve</i> . ....	12
Gambar 2.5 <i>Constant Torque Load Curve</i> .....	13
Gambar 2.6 <i>Constant Horsepower Load Curve</i> .....	13
Gambar 2.7 Blok diagram Dasar <i>Variable Speed Drive</i> .....	17
Gambar 2.8 Gelombang <i>Input dan Output Rectifier</i> .....	17
Gambar 2.9 <i>6 Pulse Rectifier</i> .....	18
Gambar 2.10 Kurva dan Rangkaian Switching IGBT .....	19
Gambar 2.11 <i>Horizontal Pump System</i> .....	20
Gambar 3.1 Diagram Kerja Produksi Minyak .....	22
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian .....	23
Gambar 4.1 Grafik pengaruh frekuensi terhadap <i>RPM</i> .....	31
Gambar 4.2 Grafik pengaruh pengaturan frekuensi terhadap <i>Slip</i> .....	33
Gambar 4.3 Grafik Perhitungan tegangan average berdasarkan pengukuran..	36
Gambar 4.4 Grafik Perhitungan arus average berdasarkan pengukuran.....	38
Gambar 4.5 Grafik pengaruh pengaturan kecepatan terhadap <i>Daya Output</i> ...	40
Gambar 4.6 Grafik pengaruh pengaturan kecepatan terhadap Torsi.....	42

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu.....	21
Tabel 3.1 Spesifikasi Motor Induksi.....	25
Tabel 3.2 Spesifikasi pompa sentrifugal.....	26
Tabel 3.3 Spesifikasi Variable Speed Drive.....	26
Tabel 4.1 Data Motor Induksi.....	27
Tabel 4.2 Data Pengukuran Motor Induksi.....	28
Tabel 4.3 Pengaruh Frekuensi terhadap Kecepatan Stator ( $N_s$ ), Rotor ( $N_r$ ) ..	30
Tabel 4.4 Pengaruh Pengaturan frekuensi terhadap Slip Motor Induksi .....	33
Tabel 4.5 Pengaruh Pengaturan kecepatan rotor di Tegangan Motor Induksi	35
Tabel 4.6 Pengaruh Pengaturan kecepatan rotor pada Arus Motor Induksi ...	38
Tabel 4.7 Pengaruh Pengaturan kecepatan rotor pada Daya Output Motor ...	35
Tabel 4.8 Pengaruh Pengaturan kecepatan rotor ( $N_r$ ) Torsi Motor Induksi ..	35
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan.....	37

## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
Lampiran 1 Diagram Kerja Sistem Water Injection Pump .....	L1
Lampiran 2 Name Plate Motor Induksi dan Pompa HPS .....	L2
Lampiran 3 Single line Diagram HPS menggunakan Soft Starter .....	L4
Lampiran 4 Single line Diagram HPS menggunakan VariableSpeed Drive	L5
Lampiran 5 Panel VSD dan Mech Seal Bocor .....	L6
Lampiran 6 Pengukuran Nilai Tegangan pada Motor Induksi .....	L8
Lampiran 7 Pengukuran Nilai Arus.....	L13
Lampiran 8 Pengukuran RPM & Parameter Display VSD .....	L18
Lampiran 9 Laporan Teknik Bulanan Operasional .....	L21
Lampiran 10 Standar Variable Speed Drive.....	L24
Lampiran 11 SK Skripsi .....	L34
Lampiran 12 Kartu Bimbingan Skripsi Pembimbing 1 .....	L35
Lampiran 13 Kartu Bimbingan Skripsi Pembimbing 2.....	L36
Lampiran 13 Lembar Keterangan Perbaikan Sidang Skripsi .....	L37

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Motor listrik menempati peranan penting dalam perkembangan industri hampir di seluruh Indonesia, karena pada dasarnya mesin-mesin listrik membantu mempermudah pelaksanaan produksi, sehingga waktu yang digunakan dalam proses industri menjadi lebih singkat.

PT. Pertamina Hulu Energi Raja Tempirai merupakan perusahaan perminyakan dimana dalam proses produksinya dibantu oleh motor-motor listrik. Salah satu metode untuk menginjeksikan air terproduksi (limbah) dari suatu permukaan ke reservoir (formasi di dalam bumi) dapat dilakukan dengan Pemompaan dengan tekanan tinggi, yaitu dengan memasang Horizontal Pump System (HPS). HPS berupa rangkaian pompa sentrifugal yang terdiri dari beberapa unit dan digerakkan oleh suatu motor listrik. Motor listrik pada rangkaian HPS, apabila terjadi kerusakan akan sangat sulit untuk mengganti komponwn tersebut, mengingat instalasinya yang tidak mudah dan murah, maka optimisasi pada motor diperlukan, sehingga motor dapat berkerja dalam kondisi beban yang berubah – ubah. Mulai Juni 2024 pompa HPS dioperasikan pada parameter konstan, dengan control *softstarter* dan pengaturan bukaan keran (Valve) yang terlalu lama. namun karena kebutuhan operasi berubah-ubah hal ini membuat kinerja pompa HPS Tidak optimal dan ditemukan banyak kerusakan di valve, pipa maupun pompa, salah satu caranya adalah dengan melakukan optimasi pada primemover motor induksi 3 fasa

penggerak pompa HPS. *Optimisasi tersebut yang mendasari penulis memberi judul laporan akhir “ANALISIS PENGATURAN KECEPATAN MOTOR INDUKSI 3 FASA PENGGERAK HORIZONTAL PUMP SYSTEM MENGGUNAKAN VARIABLE SPEED DRIVE DI PT PERTAMINA HULU ENERGI RAJA TEMPIRAI”.*

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan dari latar belakang diatas dapat di rumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh pengaturan frekuensi menggunakan *Variable Speed Drive* terhadap kecepatan putaran dan slip motor induksi 3 fasa?
2. Bagaimana pengaruh pengaturan kecepatan putaran motor dengan frekuensi menggunakan *Variable Speed Drive* terhadap nilai *Daya Output* motor induksi 3 fasa?
3. Bagaimana pengaruh pengaturan kecepatan putaran motor dengan frekuensi menggunakan *Variable Speed Drive* terhadap nilai torsi motor induksi 3 fasa?

### 1.3 Batasan Masalah

Agar suatu pembahasan tidak menyimpang dari tujuannya memerlukan adanya pembatasan ruang lingkup masalah pada satu pokok persoalan. Masalah yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah :

1. Studi dilakukan pada satu sistem kontrol motor listrik terhadap Frekuensi, Kecepatan putar, slip, daya output, torsi pada penggunaan kontrol *Variable Speed Drive LC 200* unit *Water Injection Pump 01*, menggunakan Motor Induksi 250 HP *Horizontal Pump System* di PHE Raja Tempirai.
2. Analisis dilakukan dengan Frekuensi yang diberikan sebesar 10 Hz, 15 Hz, 20 Hz, 25 Hz, 30 Hz, 35 Hz, 40 Hz, 45 Hz dan 50 Hz.

### 1.4 Tujuan

Adapun Tujuan yang ingin dicapai dalam penyusunan tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui besar pengaruh pengaturan frekuensi menggunakan *variable speed drive* terhadap kecepatan putaran dan slip motor induksi 3 fasa.
2. Mengetahui nilai daya *output* terhadap pengaturan kecepatan putaran motor dengan frekuensi pada motor induksi 3 fasa.
3. Mengetahui nilai torsi terhadap pengaturan kecepatan putaran motor dengan frekuensi pada motor induksi 3 fasa.



### **1.5 Sistematika Penulisan**

Untuk memberikan gambaran mengenai penulisan, skripsi ini diuraikan dalam lima bab yaitu :

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini berisikan latar belakang, permasalahan, perumusan masalah, Batasan masalah, tujuan serta sistematika penulisan skripsi

#### **BAB II KAJIAN PUSTAKA**

Pada bab ini berisikan tentang landasan mengenai teori yang berhubungan dengan efisiensi motor induksi 3 fasa dan persamaan yang digunakan dalam proses perhitungan dan penelitian terdahulu.

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

Pada bab ini akan membahas mengenai alur kerja dan metode pengambilan data.

#### **BAB IV PERHITUNGAN & ANALISIS**

Pada bab ini berisi tentang inti permasalahan, yang membahas mengenai hasil pengukuran, hasil perhitungan dan Analisis.

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

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran dari penulisan skripsi ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Hutabalian and A. Hamzah, "Desain dan Analisa Inverter Tiga Fasa Dengan Metode SVPWM Sebagai Penggerak Motor Induksi Tiga Fasa Pada Aplikasi Sepeda Listrik," vol. 3, no. 2, pp. 1–11, 2016.
- [2] N. Muhammad, "Sistem Kerja *Variable Speed Drive* Altivar 31 Pada Motor *Coal Feeder*", 2020
- [3] Refinery 200 kW Fan Motor Bearing Failure Analysis Improvement solution year 2006, Abdurahman Alkhowaiter, Machinery Consultant 2006
- [4] D. N. Huda, "Pengujian Unjuk Kerja Variabel Speed Drive Vf-S9 Dengan Beban Motor Induksi 3 Fasa 1 Hp," *Skripsi*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2015, [Online]. Available: [http://eprints.polsri.ac.id/3818/3/BAB II.pdf](http://eprints.polsri.ac.id/3818/3/BAB%20II.pdf).
- [5] Jurnal Multidisipliner kapalamada, pengaplikasian variable speed drive untuk mengontrol kecepatan main motor drive DC pada rotary kiln pada PT Semen Baturaja (Persero). Tbk, Joyo Prasetyo, safaruddin, heru purwanto.2022
- [6] IEEE Industr Application Society, IEEE Standard for Performance of Adjustable Speed AC Drives 75 kW and Larger
- [7] K. Simbolon, "Universitas islam riau," vol. 28284, no. 113, p. 28284, 2023.
- [8] W. H. 3 A Rahman 2, "Evaluasi Pompa Electric Submersible Pump ( Esp ) Untuk Optimasi Produksi Pada Sumur P-028 Dan P-029 Di Pt . Pertamina Ep Asset 2 Pendopo Field Evaluation Electric Submersible Pump ( Esp ) for Optimization Production At the Well P-028 and P-029 Pt . Pertam," pp. 1–7.
- [9] H. Sucipto, S. S. Wiwaha, and I. Ridzki, "Instalasi Esp (Electric Submersible Pump) Sistem Tandem Pada Sumur Minyak Dengan Variable Speed Drive," *J. Eltek*, vol. 16, no. 1, p. 51, 2018, doi: 10.33795/eltek.v16i1.86. [10] Fariz AR, "Analsisa pengaruh diameter impeller pada unjuk kerja blower sentrifugal, UMSU Fariz Aulia Rachman 2019" 2019

- [11] Sularso, "Affinity Law's for oil and gas system", 1996.
- [12] Siswoyo. Teknik Listrik Industri Jilid 2. Direktorat Jendral Manajemen Pembinaan SMK 2008
- [13] Sumardjati, Prih. Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 3. 2008
- [14] Juhari. Instalasi Motor Listrik Semester VI. Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. 2013.
- [15] Zuhul. Dasar Tenaga Listrik. ITB, Bandung. 1991.
- [16] I Nyoman Bagia, I Made Parsa. "Buku Motor-Motor Listrik". CV Rasi Terbit, Jakarta. 2018
- [17] Baharudin, Deni H, Sinaga. "Buku Penggunaan dan Pengaturan Motor Listrik. Pena Persada, Jawa Tengah. 2021