

LAPORAN SKRIPSI
ANALISA EFISIENSI ENERGI LISTRIK PADA MOTOR 3
PHASA MENGGUNAKAN PENGONTROLAN *VARIABLE*
SPEED DRIVE

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta

Oleh:

GEFFLY DWI OCTIVAL

2310017111073



JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS BUNG HATTA
PADANG
2025

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**”ANALISA EFISIENSI ENERGI LISTRIK PADA MOTOR 3
PHASA MENGGUNAKAN PENGONTROLAN *VARIABLE
SPEED DRIVE*”**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Pendidikan
Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta*

Oleh:

GEFFLY DWI OCTIVAL

2310017111073

Disetujui Oleh:

Pembimbing,

Dr. Ir. Indra Nisja, M.Sc

NIK/ NIP: 201810683

Diketahui :

Fakultas Teknologi Industri

Dekan,

Jurusan Teknik Elektro

Ketua,

Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, ST. MT

NIK : 990 500 496

Ir. Arzul, M.T

NIK : 941 100 396

LEMBAR PENGUJI SKRIPSI

**”ANALISA EFISIENSI ENERGI LISTRIK PADA MOTOR 3
PHASA MENGGUNAKAN PENGONTROLAN *VARIABLE
SPEED DRIVE*”**

SKRIPSI

GEFFLY DWI OCTIVAL

NPM : 2310017111073

Dipertahankan didepan Penguji Skripsi

Program Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta

Hari : Sabtu, 08 Maret 2025

No.	Nama	Tanda Tangan
1.	<u>Dr. Ir. Indra Nisja, M.Sc</u> (Ketua dan Penguji)
2.	<u>Ir. Arzul, M.T</u> (Penguji)
3.	<u>Ir. Eddy Soesilo, M.Eng</u> (Penguji)

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa ini sebagian maupun keseluruhan skripsi saya dengan judul “**Analisa Efisiensi Energi Listrik Pada Motor 3 Phasa Menggunakan Pengontrolan *Variable Speed Drive***” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya saya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Pangkalan Kerinci, 18 Maret 2025

Geffly Dwi Octival
NPM : 2310017111073

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul "**Analisa Efisiensi Energi Listrik pada Motor 3 Phasa Menggunakan Pengontrolan *Variable Speed Drive***" dan dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro di Universitas Bung Hatta.

Skripsi ini disusun sebagai langkah awal dalam upaya untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik pada motor 3 phasa dengan memanfaatkan teknologi *Variable Speed Drive* (VSD). Teknologi ini diharapkan dapat memberikan solusi yang efektif dalam mengurangi konsumsi energi dan biaya operasional pada berbagai industri yang menggunakan motor listrik sebagai bagian dari proses produksinya.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua saya yang selalu memberikan doa, dukungan dan semangat sepenuhnya dalam penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Reni Desmiarti, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta, yang telah memberikan dukungan selama masa studi.
3. Bapak Ir. Arzul, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta, atas motivasi dan arahnya selama perkuliahan.
4. Bapak Dr. Ir. Indra Nisja, M.Sc., selaku pembimbing, yang telah memberikan bimbingan, masukan, dan pengetahuan yang sangat berharga hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Bapak Mirza Zoni, S.T., M.T., selaku Penasehat Akademis, yang telah memberikan perhatian dan dukungan selama masa studi.
6. Seluruh dosen dan staf jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta atas ilmu dan pengalaman yang telah diberikan selama masa perkuliahan.

7. PT. Riau Andalan Pulp and Paper selaku perusahaan tempat melakukan penelitian ini.
8. Bapak Agus Setyono selaku *Area Head Electrical Fiberline* dan rekan-rekan kerja yang berada di *Electrical Fiberline* PT. RAPP
9. Rekan-rekan sejawat yang telah memberikan dukungan moral dan bantuan teknis selama proses penyusunan proposal ini.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan kontribusi baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan proposal ini.

Penulis menyadari bahwa proposal ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan dan penyempurnaan proposal ini di masa mendatang.

Akhir kata, penulis berharap semoga proposal ini dapat memberikan kontribusi yang positif dan bermanfaat bagi pengembangan teknologi efisiensi energi listrik di Indonesia, khususnya dalam aplikasi motor 3 fasa dengan *Variable Speed Drive (VSD)*.

Pangkalan Kerinci, 1 Februari 2025

Geffly Dwi Octival

ABSTRAK

Efisiensi energi listrik merupakan aspek yang paling penting untuk saat ini dalam industri. Terutama pada penggunaan motor listrik yang dimana merupakan alat paling banyak menggunakan energi listrik dalam industri sehingga berpotensi menyebabkan pemborosan energi dan meningkatkan biaya operasional. Oleh karena itu, metode yang dilakukan untuk melakukan penghematan adalah dengan menggunakan *Variable Speed Drive* (VSD). Penggunaan VSD ini lebih hemat dibandingkan dengan metode *direct on line* (DOL). Penelitian ini dilakukan analisa perbandingan energi antara metode DOL dan VSD. Analisa dilakukan dengan menghitung daya aktif dan dilakukan perbandingan energi yang didapat pada motor dengan daya yang sama dan tujuan pembebanan motor yang sama. Pada penelitian ini didapat hasil bahwa penggunaan VSD jauh lebih hemat dibandingkan menggunakan DOL yang dimana pengasutan DOL memiliki konsumsi daya yang lebih tinggi karena motor selalu bekerja pada kecepatan penuh sedangkan VSD kecepatan diatur sesuai beban. Sehingga pada penggunaan VSD didapat penghematan biaya operasional yang signifikan dibandingkan DOL sebesar 33,92%. Diharapkan industri banyak menggunakan penggunaan VSD ini guna menghemat biaya operasional.

Kata Kunci : Efisiensi Energi, Motor Listrik, *Variable Speed Drive*, *Direct On Line*

ABSTRACT

Electrical energy efficiency is the most important aspect for the time being in the industry. Especially in the use of electric motors which are the tools that use the most electrical energy in the industry so that they have the potential to cause energy waste and increase operational costs. Therefore, the method used to make savings is to use variable speed drive (VSD). The use of VSD is more economical compared to the direct on line (DOL) method. This study was conducted to analyze the energy comparison between the DOL and VSD methods. The analysis was carried out by calculating the active power and comparing the energy obtained on the motor with the same power and the purpose of loading the same motor. In this study, the results were obtained that the use of VSD is much more economical than using DOL where DOL adoption has higher power consumption because the motor always works at full speed while VSD speed is regulated according to the load. So that in the use of VSD, significant operational cost savings compared to DOL are obtained by 33.92%. It is hoped that the industry will use the use of VSD a lot to save operational costs.

Keywords : Energy Efficiency, Electric Motor, Variable Speed Drive, Direct On Line

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
LEMBAR PENGUJI SKRIPSI	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Tinjauan Penelitian	5
2.2. Landasan Teori	8
2.2.1. Motor Induksi	8
2.2.2. Konstruksi Motor Induksi 3 Phasa	10
2.2.2.1. Stator	10
2.2.2.2. Rotor	11
2.2.2.3. <i>Frame</i> Motor	13

2.2.2.4. Bantalan (<i>Bearing</i>).....	13
2.2.2.5. <i>Fan Motor</i>	14
2.2.2.6. Terminal Box Motor.....	15
2.2.2.7. Name <i>Plate Motor</i>	15
2.2.3. Prinsip Kerja Motor Induksi.....	19
2.2.3.1. Medan Magnet Berputar.....	20
2.2.3.2. Interaksi Medan Magnet dengan Rotor.....	21
2.2.3.3. Slip dan Kecepatan Rotor.....	21
2.2.4. Daya dan Torsi Motor Induksi.....	21
2.2.5. Efisiensi Motor Induksi 3 Phasa.....	22
2.2.6. <i>Motor Control Centre (MCC)</i>	24
2.2.6.1. Fungsi dari MCC.....	24
2.2.6.2. Keunggulan Menggunakan MCC.....	25
2.2.6.3. Komponen Penyusun <i>Motor Control Center</i>	26
2.2.7. Pengasutan Motor Induksi 3 Phasa.....	34
2.2.7.1. Pengasutan DOL (<i>Direct On Line Starter</i>).....	34
2.2.7.2. Pengasutan Menggunakan <i>Soft starter</i>	36
2.2.7.3. Pengasutan <i>Star Delta Starter</i>	37
2.2.7.4. Pengasutan <i>Variable Speed Drive</i>	38
2.2.8. <i>Variable Speed Drive (VSD)</i>	39
2.2.8.1. Prinsip Kerja VSD.....	40
2.2.8.2. Komponen Utama <i>Variable Speed Drive (VSD)</i>	40
2.2.8.3. Kelebihan dan Kelemahan <i>Variable Speed Drive (VSD)</i>	47
BAB III METODELOGI PENELITIAN.....	51
3.1. Alat dan Bahan Penelitian.....	51

3.2. Alur Penelitian	51
3.3. <i>Flow chart</i>	53
3.4. Spesifikasi Perangkat yang Digunakan Untuk Penelitian	54
3.4.1. Spesifikasi Motor yang Digunakan	54
3.4.2. Spesifikasi Kontrol DOL	54
3.4.3. Spesifikasi Kontrol VSD	55
3.5. Rumus yang Digunakan	55
3.5.1. Daya Motor	55
3.5.2. Energi Listrik (<i>Watt</i>)	56
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	57
4.1. Data Penelitian	57
4.1.1. Data Spesifikasi	57
4.1.2. Data Hasil Pengukuran Motor Pengontrolan <i>Variable Speed Drive</i>	57
4.1.3. Data Hasil Pengukuran Arus dan Tegangan Motor Pengasutan DOL	63
4.2. Analisa Hasil Pengukuran	68
4.2.1. Perhitungan Rata-rata Penggunaan Daya Pada Motor Menggunakan Pengontrolan VSD	68
4.2.2. Perhitungan Penggunaan Daya Pada Motor Pengasutan DOL	68
4.2.3. Perbandingan Energi Listrik Pada Motor Pengontrolan DOL dan VSD	69
4.2.4. Perbandingan Biaya Energi Listrik Pada Motor Menggunakan Pengontrolan DOL Dan VSD	72
4.2.5. Analisa Hasil Energi Listrik yang Didapat Pada Motor 3 Phasa Menggunakan Pengontrolan VSD dan DOL	74
BAB V KESIMPULAN	76
5.1 Kesimpulan	76

5.2 Saran	76
DAFTAR PUSTAKA	77
LAMPIRAN	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Motor Induksi 3 Phasa	10
Gambar 2. 2 Stator	10
Gambar 2. 3 Motor Rotor Sangkar dan Rotor Lilit	13
Gambar 2. 4 <i>Bearing</i> Motor	14
Gambar 2. 5 <i>Fan</i> Motor	14
Gambar 2. 6 Terminal Motor	15
Gambar 2. 7 <i>Nameplate</i> Motor	16
Gambar 2. 8 Bentuk Gelombang Sinusoidal Medan Putar Stator Motor Induksi	20
Gambar 2. 9 <i>Motor Control Centre</i>	24
Gambar 2. 10 <i>Switchgear</i> MCC	26
Gambar 2. 11 <i>Module Stater</i>	28
Gambar 2. 12 Bagian Dalam <i>Module Stater</i>	30
Gambar 2. 13 <i>Fuse Switch Disconnecter</i>	30
Gambar 2. 14 <i>Magnetic Contactor</i>	31
Gambar 2. 15 <i>Thermal Overload</i>	32
Gambar 2. 16 <i>Push Button dan Selector Switch</i>	32
Gambar 2. 17 <i>Pilot Light Indication</i>	33
Gambar 2. 18 Metering	33
Gambar 2. 19 Pengasutan <i>Direct On Line</i>	34
Gambar 2. 20 Pengasutan <i>Soft Starter</i>	36
Gambar 2. 21 Pengasutan Star Delta	37
Gambar 2. 22 Blok Diagram <i>Variable Speed Drive</i>	40
Gambar 2. 23 Diagram <i>Rectifier</i>	41
Gambar 2. 24 Diagram DC Bus	42
Gambar 2. 25 <i>Diagram 3 Phasa Inverter</i>	42
Gambar 3. 1 Flow Chart	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbedaan Motor Induksi 1 Phasa dan 3 Phasa.....	9
Tabel 3. 1 Spesifikasi Motor Penelitian.....	54
Tabel 3. 2 Spesifikasi <i>Module Stater</i>	54
Tabel 3. 3 Spesifikasi <i>Fuse</i>	54
Tabel 3. 4 Data Spesifikasi Feeder Untuk VSD.....	55
Tabel 3. 5 Data Spesifikasi <i>Variable Speed Drive</i>	55
Tabel 4. 1 Data Spesifikasi Motor Penelitian.....	57
Tabel 4. 2 Data Pengukuran Motor Menggunakan VSD Hari Pertama.....	58
Tabel 4. 3 Data Pengukuran Motor Menggunakan VSD Hari Kedua.....	59
Tabel 4. 4 Data Pengukuran Motor Menggunakan VSD Hari Ketiga.....	60
Tabel 4. 5 Data Pengukuran Motor Menggunakan VSD Hari Keempat.....	61
Tabel 4. 6 Data Pengukuran Motor Menggunakan VSD Hari Kelima.....	62
Tabel 4. 7 Data Pengukuran Motor Menggunakan DOL Hari Pertama.....	63
Tabel 4. 8 Data Pengukuran Motor Menggunakan DOL Hari Kedua.....	64
Tabel 4. 9 Data Pengukuran Motor Menggunakan DOL Hari Ketiga.....	65
Tabel 4. 10 Data Pengukuran Motor Menggunakan DOL Hari Keempat.....	66
Tabel 4. 11 Data Pengukuran Motor Menggunakan DOL Hari Kelima.....	67

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi merupakan salah satu kebutuhan dasar bagi kehidupan manusia dan perkembangan peradaban. Energi tidak hanya diperlukan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga sehari-hari, tetapi juga menjadi tulang punggung bagi sektor industri, transportasi, kesehatan, dan berbagai aspek kehidupan modern. Di antara berbagai bentuk energi, energi listrik menempati posisi yang sangat esensial. Sebagai sumber daya yang esensial, energi listrik memainkan peran krusial dalam kehidupan sehari-hari, industri, transportasi, dan teknologi. Tanpa listrik, kemajuan dalam berbagai bidang seperti kesehatan, pendidikan, dan ekonomi akan terhambat. Di Indonesia, energi listrik menjadi tulang punggung pembangunan nasional yang mendukung pertumbuhan ekonomi dan peningkatan kualitas hidup masyarakat, karena kemudahannya dalam penggunaan dan kemampuannya untuk mendukung berbagai aktivitas dengan efisiensi tinggi. Banyak industri dan sektor komersial di Indonesia masih menggunakan peralatan dan teknologi yang kurang efisien dalam hal konsumsi energi listrik. Hal ini menyebabkan pemborosan energi yang signifikan dan biaya operasional yang tinggi. Oleh karena itu, peningkatan efisiensi energi listrik adalah langkah penting yang perlu diambil untuk mengurangi biaya, meningkatkan daya saing dan mendukung keberlanjutan lingkungan. [1]

Efisiensi energi listrik menjadi semakin penting dalam menghadapi tantangan global terkait perubahan iklim dan keberlanjutan sumber daya. Di Indonesia, konsumsi energi listrik terus meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan perkembangan industri. Namun, peningkatan konsumsi ini juga membawa konsekuensi berupa peningkatan biaya energi dan emisi gas rumah kaca yang berkontribusi pada pemanasan global. Efisiensi energi listrik adalah langkah strategis yang mendesak dan perlu

diambil oleh semua pihak, baik pemerintah, industri, maupun masyarakat umum. Dengan meningkatkan efisiensi energi, kita tidak hanya dapat mengurangi biaya dan meningkatkan daya saing, tetapi juga berkontribusi pada konservasi sumber daya alam dan pengurangan emisi karbon. Upaya bersama untuk menerapkan teknologi hemat energi, optimalisasi proses, dan peningkatan kesadaran akan pentingnya efisiensi energi akan membawa manfaat jangka panjang bagi ekonomi dan lingkungan Indonesia. [2]

Motor induksi menjadi salah satu jenis motor listrik yang banyak diaplikasikan di berbagai sektor, baik industri maupun rumah tangga. Hal ini disebabkan oleh kelebihanannya, seperti desain yang sederhana, kemudahan dalam pengoperasian, serta biaya perawatan yang relatif rendah. Menurut Sarhan (2011), diperkirakan lebih dari 50% energi listrik global digunakan oleh mesin-mesin listrik. Salah satu jenis motor induksi yang umum digunakan adalah motor induksi tiga fasa. Motor ini sering dimanfaatkan untuk menggerakkan peralatan yang memerlukan kecepatan tetap atau kecepatan yang cenderung konstan. Namun, penggunaan motor induksi dengan kecepatan tetap cenderung mengonsumsi daya yang lebih besar, sehingga berpotensi menyebabkan pemborosan energi listrik. Oleh karena itu, diperlukan solusi untuk meningkatkan efisiensi energi, khususnya dalam pengoperasian motor listrik. Salah satu metode yang dapat diterapkan adalah dengan menggunakan *Variable Speed Drive* (VSD), yang juga dikenal sebagai *Variable Frequency Drive* (VFD). Teknologi ini memungkinkan pengaturan kecepatan motor sesuai kebutuhan, sehingga dapat mengurangi konsumsi energi secara signifikan. Berdasarkan hasil penelitian, motor induksi tiga fasa mampu dikontrol kecepatannya menggunakan VSD dengan rentang frekuensi tertentu. [3]

Variable Speed Drive (VSD) atau penggerak kecepatan variabel adalah teknologi yang memungkinkan kontrol kecepatan motor listrik sesuai dengan kebutuhan aplikasi yang spesifik. VSD berfungsi untuk mengatur frekuensi sumber listrik, sehingga kecepatan putar motor dapat disesuaikan

dengan kebutuhan. Penerapan VSD pada motor listrik 3 fasa dapat memberikan berbagai keuntungan, termasuk pengurangan konsumsi energi, peningkatan umur motor, dan penurunan biaya operasional. Studi analisa efisiensi energi listrik pada motor listrik 3 fasa menggunakan VSD menjadi sangat penting untuk memahami sejauh mana teknologi ini dapat memberikan kontribusi terhadap efisiensi energi dalam aplikasi industri. [4]

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Apa jenis pengontrolan yang sesuai untuk menghemat energi pada penggunaan motor listrik 3 fasa?
2. Apa saja faktor yang mempengaruhi efisiensi energi listrik pada motor listrik 3 fasa ?
3. Bagaimana perbandingan energi listrik yang dikonsumsi pada motor listrik 3 fasa dengan menggunakan pengasutan *Direct On Line* (DOL) dan pengontrolan *Variable Speed Drive* (VSD)?

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penulisan laporan akhir ini adalah :

1. Sistem pengontrolan motor hanya mencakup penggunaan energi listrik pada pengasutan motor *Direct On Line* (DOL) dan *Variable Speed Drive* (VSD).
2. Penelitian ini akan difokuskan pada motor induksi tiga fasa dengan daya yaitu 45 kW, 988 rpm.

3. Perbandingan energi yang dilakukan hanya sebatas pada penggunaan energi listrik dengan mengabaikan arus *starting* motor dan rugi-rugi internal.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Menganalisa efisiensi energi pada motor listrik 3 fasa dengan menggunakan pengontrolan *Variable Speed Drive* (VSD).
2. Menghitung besarnya penghematan energi yang dapat dicapai dengan menggunakan VSD pada motor listrik 3 fasa dan dibandingkan dengan pengasutan *Direct On Line*.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Akademis : Memberikan kontribusi pada perkembangan ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang efisiensi energi dan teknik elektro.
2. Manfaat Praktis: Menjadi referensi bagi praktisi industri dalam penerapan *Variable Speed Drive* VSD untuk meningkatkan efisiensi energi pada motor listrik 3 fasa.
3. Manfaat Ekonomis: Memberikan solusi penghematan energi yang dapat mengurangi biaya operasional industri.