

EFISIENSI PENGGUNAAN INVERTER SEBAGAI SISTEM PENGENDALI MOTOR 3
PHASE



LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Pendidikan diploma tiga (D-3) Program Studi Teknik Listrik

Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Ujung Pandang

ANDI MUH. FIKRI KHALIS A

321 21 004

PROGRAM STUDI D-3 TEKNIK LISTRIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

MAKASSAR

2024

HALAMAN PERSETUJUAN

Laporan tugas akhir dengan judul “Efisiensi Penggunaan Inverter Sebagai Sistem Pengendali Motor 3 Phase” oleh Andi Muh. Fikri Khalis A NIM 321 21 004 dinyatakan layak untuk diseminarkan.

Makassar, 19 Juli 2024

Menyetujui
Pengarah I



Ruslan L. S.T., M.T
NIP. 19640918 199003 1 002

Menyetujui,
Pengarah II



Ashar AR. S.T., M.T
NIP. 19791209 200812 1 001

Mengetahui
Koordinator Program Studi D3 TL



Ashar AR. S.T., M.T


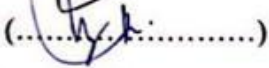
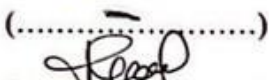
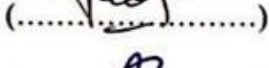


NIP. 19791209 200812 1 001

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, senin tanggal 29 Juli 2024, tim penguji ujian sidang laporan tugas akhir telah menerima hasil ujian sidang laporan tugas akhir oleh mahasiswa Andi Muh. Fikri Khalis A NIM 32121004 dengan judul “Efisiensi Penggunaan Inverter Sebagai Sistem Pengendali Motor 3 Phase.”

Makassar, 29 Juli 2024

Tim Penguji Laporan Tugas Akhir:

1. Prof. Marwan, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.	Ketua	()
2. Wisna Saputri Alfira WS, S.Pd., M.T.	Sekretaris	()
3. Andi Wawan Indrawan, S.ST., M.Eng.	Anggota 1	()
4. Aksan ST., MT..	Anggota 2	()
5. Ruslan L, S.T., M.T.	Pengarah I	()
6. Ashar AR. S.T., M.T	Pengarah II	()

KATA PENGANTAR

Puja dan puji untuk Tuhan, sebanyak makhluk ciptaan-Nya yang ada di muka bumi, sebanyak makhluk dan entitas yang ada di langit, dan yang ada diantara keduanya, atas berkat rahmat dan karunianya yang telah memberikan kita waktu, umur, kesehatan dan kesempatan sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir ini sebagai salah satu kewajiban seorang mahasiswa dalam menyelesaikan pendidikan yang ditempuhnya.

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini, penulis mendapatkan banyak mendapatkan hambatan, namun atas berkat banyak pihak terutama dosen pembimbing penulis sehingga hambatan tersebut dapat terlewati. Sehingga pada kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, membimbing, memberikan motivasi dan saran yang telah diberikan kepada penulis, antara lain:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kesehatan dan kelancaran dalam menuntaskan tanggung jawab yang diemban sebagai mahasiswa;
2. Kedua orangtua tercinta dan keluarga yang selalu memberikan doa, semangat dan dorongan baik secara moril maupun materil;
3. Ir. Ilyas Mansyur, M.T., selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang;
4. Prof. Ahmad Rizal Sultan, S.T., M.T., Ph.D., sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang;
5. Ashar AR, S.T., M.T., selaku Koordinator Program Studi D3 Teknik Listrik Politeknik Negeri Ujung Pandang;
6. Ruslan L, S.T., M.T., selaku pembimbing I yang telah mencurahkan waktu

dan kesempatannya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini;

7. Ashar AR, S.T.,M.T., selaku pembimbing II yang telah mencurahkan waktu dan kesempatannya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini;
8. PT.Huayue Nickel Cobalt sebagai tempat saya mengambil data dan melakukan penelitian ini;
9. Seluruh Dosen dan *Staff* Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang, khususnya Program Studi Diploma III Teknik Listrik;
10. Seluruh teman-teman seperjuangan D3 Teknik Listrik Kelas A angkatan 2021 yang telah ikut memberikan *support* serta semangat.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih kurang sempurna, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan ilmu dan manfaat bagi para pembaca.

Makassar, 10 Juni 2024

Penulis

DAFTAR ISI

	hlm.
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENERIMAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
HALAMAN PERNYATAAN	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Kegiatan.....	3
1.4 Tujuan Kegiatan	3
1.5 Manfaat Kegiatan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Motor Induksi 3 Phasa.....	5
2.1.1 Prinsip Motor Induksi 3 Phasa	5
2.2 Inverter	6
2.2.1 Inverter Sebagai Pengendali dan Proteksi Motor 3 Phasa	7
2.2.2 Prinsip Kerja Inverter (VFD)	8

2.2.3	Hubungan Antara Frekuensi dan Tegangan	8
2.2.4	Kelebihan dan Kekurangan	10
2.3	Pengaruh Frekuensi Terhadap Kecepatan Motor.....	12
2.4	Efisiensi Motor Induksi 3 Phase.....	14
2.5	Energi Listrik.....	15
BAB III METODE PENELITIAN		16
3.1	Tempat dan Waktu	16
3.2	Prosedur Kegiatan	16
3.3	Teknik Analisa Data	17
BAB IV HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN		19
4.1	Hasil Kegiatan	19
4.2	Analisis Data	25
BAB V PENUTUP		29
5.1	Kesimpulan.....	29
5.2	Saran.....	29
DAFTAR PUSTAKA		19
LAMPIRAN.....		32

DAFTAR GAMBAR

	hlm.
Gambar 2.1 Penampang stator dan rotor motor induksi 3 fasa	5
Gambar 2.2 Bagian Utama Inverter	7
Gambar 2.3 Blok Diagram Inverter (VFD)	8
Gambar 2.4 Hubungan Antara Frekuensi dan Tegangan	9
Gambar 2.4 Rangkaian Ekivalen Motor induksi 3 Phasa	13
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> prosedur kegiatan	16
Gambar 4.1 Grafik Perbandingan jumlah Kerusakan Dengan dan Tanpa Inverter	24



DAFTAR TABEL

	hlm.
Tabel 4.1 Data Awal Kerusakan Motor	19
Tabel 4.2 Data Kerusakan Motor Listrik.....	20
Tabel 4.3 Kecepatan Motor Dengan Perubahan Frekuensi.....	26
Tabel 4.4 Arus Motor Dengan Perubahan Frekuensi	27



DAFTAR LAMPIRAN

hlm.

Lampiran 1 Dokumentasi pengambilan data kerusakan motor listrik	32
Lampiran 2 Dokumentasi kegiatan observasi dan tanya jawab dengan <i>crew</i> terkait	33
Lampiran 3 Dokumentasi motor yang mengalami kerusakan.....	33
Lampiran 4 <i>Nameplate</i> Motor yang dianalisis	34
Lampiran 5 Dokumentasi mengukur arus yang masuk kemotor listrik	34
Lampiran 6 Jenis inverter yang digunakan	35
Lampiran 7 Gambar rangkaian kontrol dan daya motor dengan inverter	36
Lampiran 8 Catatan Konsultasi Laporan Tugas Akhir	37
Lampiran 9 Catatan revisi penguji	39

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Andi Muh. Fikri Khalis A

NIM : 32121004

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini yang berjudul “Efisiensi Penggunaan Inverter Sebagai Sistem Pengendali Motor 3 Phase” merupakan gagasan, hasil karya saya sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar Pustaka laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 29 Juli 2024



Andi Muh. Fikri Khalis A

NIM: 32121004

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Motor induksi tiga fasa merupakan perabot listrik yang dimanfaatkan sebagai penggerak utama mesin. Pemanfaatan motor induksi tiga fasa banyak ditemui pada industri karena harganya murah, perawatannya mudah dan desain yang handal, sehingga lebih dipilih untuk penggerak mesin dengan skala besar (Kurniawan, 2020). Tingginya tuntutan produksi pada perusahaan membuat mesin-mesin yang ada di perusahaan haruslah memiliki kondisi yang tetap terjaga agar kualitas produksi tidak menurun. Terlebih di PT. Huayue Nickel Cobalt sangat banyak menggunakan motor listrik dalam proses produksinya.

Disisi lain ketersediaan energi yang ada semakin menipis. Salah satunya adalah energi listrik. Penghematan energi adalah salah satu untuk mengatasi masalah tersebut. Pengendalian kecepatan putaran motor AC dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya dengan kendali tegangan dan frekuensi. Inverter adalah konverter DC ke AC dengan tegangan dan frekuensi keluaran dapat diatur sehingga motor AC dapat dikendalikan dengan fleksibel. Saat ini inverter mulai sering di gunakan sebagai pengendalian kecepatan dan starting motor induksi. Karena kelebihan inverter yang dapat mengatur kecepatan motor sesuai dengan kebutuhan beban. Dengan perubahan tegangan dan frekuensi pada keluaran inverter apakah berpengaruh pada inputan inverter yang bisa menghemat daya yang digunakan (*saving enegy*) (Hartono & Nurcahyo, 2017).

Jam kerja dari mesin-mesin produksi pada perusahaan PT. Huayue Nickel Cobalt yang sangat tinggi menyebabkan tidak jarang motor listrik pada area produksi mengalami kerusakan, adapun beberapa contoh kasus kerusakan motor listrik sering terjadi seperti kerusakan *bearing*, lilitan motor terbakar, dan kipas motor yang tidak berfungsi. Dari data awal pada tabel 4.1 yang penulis dapatkan secara tidak formal, setidaknya ada sekitar 3 sampai 5 motor induksi tiap minggunya di PT. Huayue Nickel Cobalt yang mengalami kerusakan. Akibat dari kerusakan-kerusakan motor listrik tersebut yang merupakan komponen utama dalam proses produksi maka akan menghambat ataupun menurunkan kualitas produksi dari perusahaan, maka dari itu diperlukan sebuah siasat yang dapat menjaga kualitas produksi serta efisiensi dari motor-motor listrik tersebut. Kemudian tingginya jam kerja dari mesin-mesin produksi maka secara tidak langsung memerlukan energi listrik yang besar. Oleh sebab itu PT. Huayue Nickel Cobalt menggunakan inverter sebagai pengendali pada motor listrik 3 fasa guna meningkatkan efisiensi dan keandalan dari motor 3 fasa sebagai komponen utama dalam proses produksi, sehingga penulis mengambil judul penelitian **Efisiensi Penggunaan Inverter Sebagai Sistem Pengendali Motor 3 Phase.**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh inverter pada motor listrik 3 fasa di PT. Huayue Nickel Cobalt untuk menjaga efisiensi produksi ?;

2. Apakah penggunaan inverter pada motor induksi 3 phasa dapat menghemat penggunaan energi listrik ?;
3. Apakah dengan menggunakan inverter, kerusakan pada motor 3 phasa akan terminimalisir?.

1.3 Ruang Lingkup Kegiatan

Kegiatan penelitian yang akan dilakukan kali ini, penulis memfokuskan untuk membandingkan efisiensi antara motor induksi 3 phasa yang menggunakan inverter sebagai pengendali dengan motor induksi 3 phasa tanpa inverter pada PT. Huayue Nickel Cobalt.

1.4 Tujuan Kegiatan

Adapun tujuan kegiatan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisa pengaruh inverter sebagai sistem pengendali motor 3 phasa untuk menjaga efisiensi produksi di PT. Huayue Nickel Cobalt;
2. Menganalisa pengaruh penggunaan inverter pada motor 3 phasa dalam penghematan penggunaan energi listrik;
3. Menganalisa pengaruh penggunaan inverter terhadap kerusakan motor 3 phasa.

1.5 Manfaat Kegiatan

Adapun manfaat dari kegiatan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Menjadi solusi untuk meningkatkan efisiensi motor 3 phasa sebagai komponen utama dalam proses produksi;

2. Meminimalisir keterhambatan produksi dikarenakan komponen utama yang mengalami kerusakan;
3. Meminimalisir energi listrik yang digunakan, terlebih dengan menggunakan motor listrik sebagai salah satu komponen utama proses produksi.

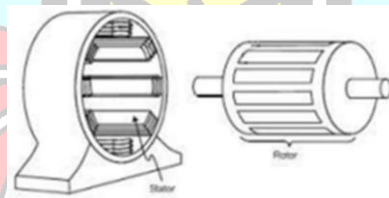


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi 3 fasa seperti gambar 2.1 merupakan jenis motor dengan arus bolak-balik (AC). Dengan konstruksinya yang kuat dan memiliki ukuran penggunaan daya (kVA) yang bervariasi, motor induksi 3 fasa sangat banyak digunakan di industri sebagai penggerak. Motor induksi 3 fasa memiliki 2 bagian utama yaitu stator dan rotor. Diantara bagian stator dengan rotor, terdapat celah yang memisahkan keduanya dengan jarak 0.4mm – 4mm.



Gambar 2.1 Penampang stator dan rotor motor induksi 3 fasa

Sumber : (Faturrohman & Fatkhurrokhman, 2023)

2.1.1 Prinsip Motor Induksi 3 Fasa

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 3 fasa, 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 (Emf) atau

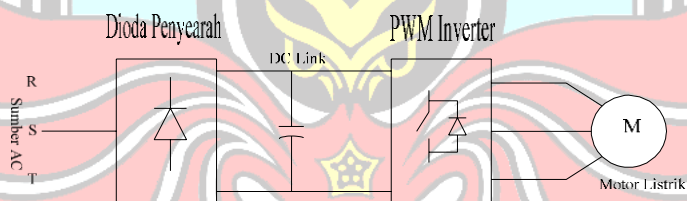
tegangan induksi. Karena penghantar (kumparan) rotor merupakan rangkaian yang tertutup, maka akan mengalir arus pada kumparan rotor. Kumparan rotor yang dialiri arus ini berada dalam garis gaya fluks yang berasal dari kumparan stator sehingga kumparan rotor akan mengalami gaya *Lorentz* yang menimbulkan 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. Dan apabila sumber tegangan tiga fasa dihubungkan ke terminal stator maka pada kumparan tegangan (stator) akan timbul arus yang menghasilkan fluksi (Evalina et al., 2018).

2.2 Inverter

Inverter merupakan rangkaian elektronika untuk mengubah sumber DC menjadi sumber AC. Inverter digunakan dalam aplikasi seperti, pengatur kecepatan motor induksi, *uninterruptible power supplies* (UPS), filter aktif, *flexible ac transmission systems* (FACTS), dan masih banyak lagi (Muhammad et al., 2022). Inverter adalah suatu rangkaian yang mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC berupa sinyal sinusoidal setelah melalui pembentukan

gelombang dan rangkaian *filter*, tegangan *output* yang dihasilkan harus stabil baik *amplitude* tegangan maupun frekuensi tegangan yang dihasilkan, distorsi yang rendah, tidak terdapat tegangan transient dan tidak dapat diinterupsi oleh suatu keadaan, nilai tegangan dan frekuensi dapat diatur. Fungsi inverter adalah untuk merubah kecepatan motor AC dengan cara merubah frekuensi inputnya.

Inverter pada gambar 2.2 terdiri dari rangkaian utama yang dibentuk oleh rangkaian penyearah apakah dikendalikan atau tidak untuk mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC) dan menghilangkan riak yang terdapat pada arus searah. Penyearah berfungsi sebagai tegangan pengisi daya pada baterai / akumulator ketika sumber tegangan inverter dari baterai telah habis.



Gambar 2.2 Bagian Utama Inverter

Sumber : (Zulfikar et al., 2019)

2.2.1 Inverter Sebagai Pengendali dan Proteksi Motor 3 Fasa

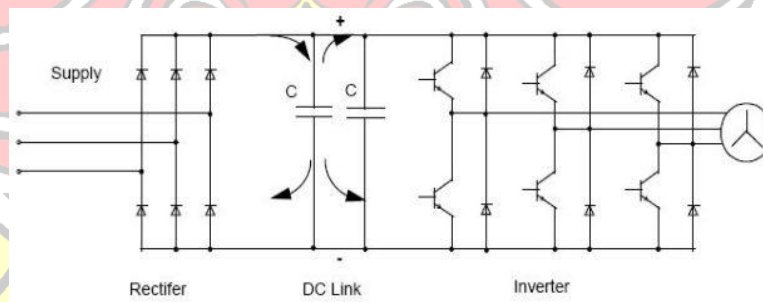
Pengaturan motor tiga fasa menggunakan inverter mempunyai banyak keunggulan diantaranya, jangkauan tinggi dalam mengatur laju dan torsi motor tiga fasa, memiliki *akseleration* serta *deseleration* yang bisa diatur sesuai kebutuhan, mempermudah dalam pengecekan, mengurangi arus starting motor tiga fasa, sistem proteksi yang bagus, memperhalus *starting* putaran motor, dan menghemat penggunaan energi listrik. Namun,

di balik keunggulan inverter terdapat kekurangan diantaranya biaya perawatan dan harga beli yang mahal (Baskoro & Nugroho, 2021) .

2.2.2 Prinsip Kerja Inverter (VFD)

Prinsip kerja inverter pada gambar 2.3 yang sederhana adalah:

1. Tegangan yang masuk dari jala-jala 50 Hz dialirkan ke penyearah DC, dan ditampung ke *bank capacitor*. Jadi dari AC dijadikan DC;
2. Tegangan DC kemudian diumpankan ke *board* inverter untuk dijadikan AC kembali dengan frekuensi sesuai kebutuhan. Jadi dari DC ke AC yang komponen utamanya adalah semikonduktor aktif. Dengan menggunakan frekuensi *carrier* (bisa sampai 20 kHz), tegangan DC dicacah dan dimodulasi sehingga keluar tegangan dan frekuensi yang diinginkan.

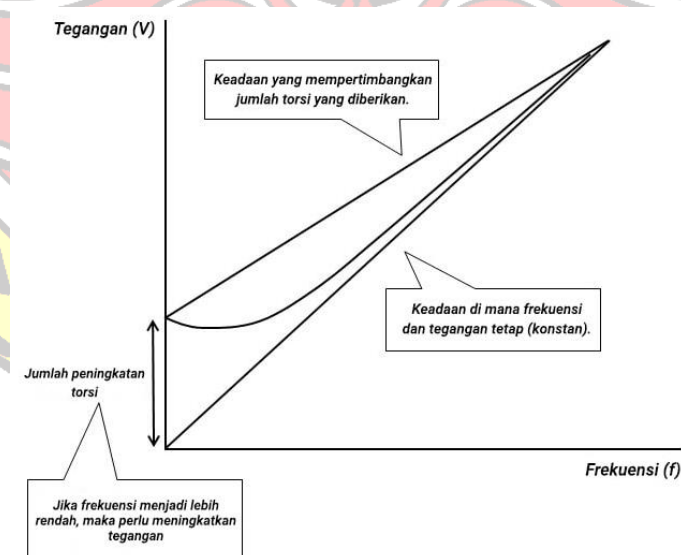


Gambar 2.3 Blok Diagram Inverter (VFD)
Sumber : (Nasution & Hasibuan, 2018)

2.2.3 Hubungan Antara Frekuensi dan Tegangan

Motor yang bisa dikendalikan hanya dengan mengubah frekuensi seperti ini sebenarnya juga perlu mengubah tegangannya bersamaan dengan frekuensinya. Hubungan antara frekuensi dan tegangan ini adalah

berbanding lurus (proporsional) seperti pada gambar 2.4, dan dikatakan bahwa pengoperasian yang optimal adalah pengoperasian motor dengan frekuensi dan tegangan yang konstan. Jika frekuensi menjadi lebih rendah saat pengoperasian motor, penurunan tegangan akan memiliki efek yang lebih besar, sehingga menghasilkan torsi yang lebih rendah. Oleh karena itu, pada area dengan frekuensi rendah, tegangan harus sedikit lebih tinggi daripada konstanta (ketetapan). Hal ini disebut Peningkatan Torsi. Dengan cara seperti ini, kecepatan putaran motor dapat dikontrol dengan memanfaatkan perubahan frekuensi. Selain itu, kita juga perlu mengontrol tegangan secara proporsional (berbanding lurus) dengan frekuensi tersebut. Dan yang dapat mengontrol keduanya (frekuensi dan tegangan) secara bebas adalah “inverter”.



Gambar 2.4 Hubungan Antara Frekuensi dan Tegangan

Sumber : (Anggraini, 2023)

2.2.4 Kelebihan dan Kekurangan

Adapun beberapa kelebihan dari inverter antara lain :

1. *Frequency* kecepatan yang bisa diatur sepenuhnya

Soft starter motor biasanya sudah memiliki sistem bawaan dimana suplai listrik AC yang mengalir ke motor dibatasi dengan tahap-tahap tertentu. Sehingga semua motor yang dinyalakan akan mendapatkan arus listrik AC yang sama. Namun, tidak semua mesin motor membutuhkan dan bisa dinyalakan dengan ukuran tegangan yang sama. Jika motornya lebih besar dan membutuhkan listrik yang lebih tinggi, maka penggunaan *soft starter* bisa jadi tidak efektif. Oleh karena itu untuk manufaktur dengan mesin bermotor yang butuh listrik lebih bervariasi, penggunaan *Variable Speed Drive* jauh lebih efektif. Sebab dengan VSD dapat mengatur kecepatan perputaran motor waktu dinyalakan sesuai dengan suplai listrik yang dibutuhkan. Waktu dimatikan pun, operator bisa mengatur pembatasan listrik sampai motor non aktif sepenuhnya.

2. Mengoptimalkan konsumsi listrik sesuai kebutuhan

Berkat adanya fitur pengaturan kecepatan yang bisa disesuaikan sepenuhnya, konsumsi listrik juga bisa semakin dioptimalkan. Tidak tiap hari pabrik dan mesin-mesin harus memproduksi dalam jumlah maksimal. Kadang ada hari-hari dimana produk yang harus dibuat jumlahnya hanya 50% dari hari-hari biasanya. Dan menyalakan mesin dengan listrik full bukan hanya akan menjadi pemborosan energi, tapi juga pemborosan *budget* untuk bayar listrik dan perawatan bulanan.

3. Kecepatan perputaran motor bisa disesuaikan sesuai kebutuhan produksi
Manfaat dari VFD yang satu ini akan sangat terasa pada mesin bermotor seperti grinder, mixer, dan crusher. Ketiga mesin tersebut harus diatur kecepatan perputaran motornya untuk mendapatkan hasil sesuai yang diinginkan. Sebagai contoh pada mesin crusher penghancur batu, dibutuhkan kekuatan yang lebih besar untuk menghancurkan jenis batu yang keras. Sedangkan untuk batu yang lebih lunak, motor harus diatur jadi lebih pelan agar hasilnya tidak jadi bubuk dan malah tidak bisa digunakan sama sekali. Dalam kasus seperti ini, *Variable Speed Drive* bukan hanya berguna untuk menghemat energi, tapi juga untuk membantu menghasilkan produk sesuai dengan kualitas yang diinginkan.

Adapun kekurangan dari inverter antara lain :

1. Harga pemasangan yang cukup mahal
Pertama, memasang VSD artinya Anda perlu mengeluarkan biaya tambahan. Mesin VSD-nya sendiri cukup mahal, mulai dari 1,5 juta Rupiah hingga di atas 3 juta Rupiah, tergantung ukuran dan kualitas mesin yang diinginkan.
2. Menyebabkan *overheating* untuk pemakaian jangka panjang
Jadi prinsipnya, setiap motor dibekali dengan kipas *cooling* masing-masing. Kipas *cooling* ini juga membutuhkan aliran listrik AC. Artinya jika motor digunakan dengan kecepatan rendah, dan suplai AC yang mengalir ke motor juga rendah, maka putaran kipas juga jadi lebih pelan. Jika digunakan seperti ini dalam jangka panjang, motor bisa mengalami *overheating* karena kipas *cooling* tidak bekerja dengan efektif.

3. Merusak *winding* dan *bearing* motor jika tidak teliti

Selanjutnya, bagian *winding* dan *bearing* motor juga bisa rusak jika tidak teliti baik dari segi pemasangan VSD maupun selama operasi tiap hari.

Winding dan *bearing* sendiri merupakan 2 elemen yang sangat vital dalam mesin bermotor. Keduanya berfungsi agar rotor bisa berputar dengan kecepatan tinggi dan meminimalisir *friction* atau gesekan yang membuat motor jadi aus. Masalahnya, tidak semua jenis motor kompatibel dengan energi maksimal yang bisa dihasilkan ketika menggunakan VSD. *Winding* motor yang tidak kompatibel dengan VSD bisa rusak dan terbakar akibat kelebihan muatan energi. Tapi kebanyakan motor yang diproduksi 2 atau 3 tahun lalu sudah kompatibel dengan VSD.

4. Membutuhkan operator dan teknisi tambahan untuk temasan dan perawatan (GEMILANG, 2023).

2.3 Pengaruh Frekuensi Terhadap Kecepatan Motor

Kecepatan putaran medan magnet motor induksi akan dipengaruhi oleh frekuensi sumber yang masuk ke motor dengan mengacu ke persamaan berikut :

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{p} \quad (1)$$

yang mana :

f = frekuensi sumber AC (Hz)

p = jumlah kutub yang terbentuk pada motor

N_s = kecepatan putaran medan magnet stator (rpm)

Putaran medan magnet stator ini akan diikuti oleh putaran rotor motor induksi. Makin berat beban motor, maka kecepatan rotor juga akan turun sehingga terjadi slip (s), seperti yang diperlihatkan pada persamaan:

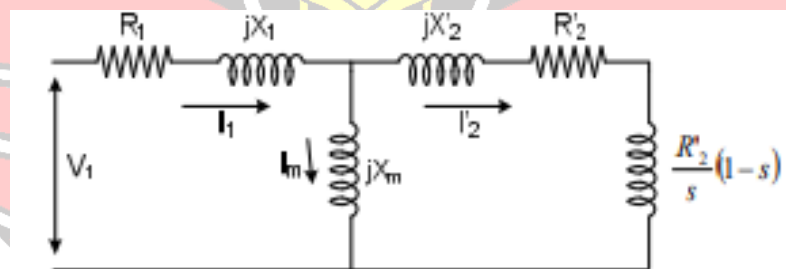
$$s = \frac{N_s - N_r}{N_s} \quad (2)$$

yang mana :

s = slip

N_r = kecepatan putaran rotor pada motor

Perubahan frekuensi sumber pada motor induksi 3-fasa akan mempengaruhi besarnya impedansi kumparan motor karena kumparan motor induksi mengandung reaktansi induktif (XL) (Zuriman Anthony, 2012)



Gambar 2.5 Rangkaian Ekuivalen Motor induksi 3 Phasa

yang mana:

V_1 = Tegangan sumber perfasa pada kumparan stator (V)

R_1 = Resistansi kumparan stator (Ω)

X_1 = Reaktansi Induktif kumparan stator (Ω)

R_2 = Resistansi kumparan rotor dilihat dari sisi stator (Ω)

X_2 = Reaktansi Induktir rotor dilihat dari sisi stator (Ω)

X_m = Reaktansi magnet pada Motor (Ω)

$\frac{R'_2}{1-s}$ = Resistansi yang mewakili beban motor (Ω)

I_1 = Arus kumparan stator (A)

I_2 = Arus pada kumparan rotor dilihat dari sisi stator (A)

I_m = Arus Magnet (A)

2.4 Efisiensi Motor Induksi 3 Phase

Efisiensi motor induksi diartikan sebagai ukuran efisiensi motor induksi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, yang dinyatakan sebagai rasio / rasio daya keluaran terhadap daya masukan.

Definisi efisiensi energi NEMA adalah bahwa efisiensi adalah rasio atau rasio daya keluaran yang berguna terhadap daya masukan total, yang dinyatakan sebagai persentase. Biasanya juga dinyatakan dengan rasio *input* dan *output power to loss*. Dapat dicari dengan persamaan (Ahmad et al., 2020):

$$\eta_{motor} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \quad (3)$$

Dimana:

η_{motor} = Efisiensi motor (%)

P_{out} = Daya keluaran motor induksi (Watt)

P_{in} = Daya masukan motor induksi (Watt)

Adapun persamaan yang menentukan arus yang digunakan berdasarkan perubahan frekuensi pada motor dengan inverter :

$$I = \frac{p_{input}}{\sqrt{3} \cdot V_2 \cdot \cos \varphi} \quad (4)$$

Dimana :

P_{input} = Daya masukan

V_2 = Tegangan akhir

$\cos \varphi$ = Faktor daya

2.5 Energi Listrik

Energi menurut Eugene C. Lister yang diterjemahkan oleh Hanapi Gunawan (1993) bahwa energi merupakan kemampuan untuk melakukan kerja, energi merupakan kerja tersimpan. Pengertian ini tidaklah jauh beda dengan ilmu fisika yaitu sebagai kemampuan melakukan usaha.

Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat pula dimusnahkan. Energi hanya dapat diubah dari suatu bentuk ke bentuk energi yang lain. Demikianlah pula energi listrik yang merupakan hasil perubahan energi mekanik (gerak) menjadi energi listrik. Keberadaan energi listrik ini dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin. Adapun kegunaan energi listrik dalam kehidupan sehari-hari merupakan penerangan, pemanas, motor listrik dan lain-lain. Energi yang digunakan alat listrik merupakan laju penggunaan energi (daya) dikalikan dengan waktu selama alat tersebut digunakan. Bila daya diukur dalam watt jam, maka: (Wahid, 2014)

$$E = p \cdot t \quad (5)$$

Dimana :

E = Energi listrik

P = Daya (Watt)

T = Waktu (Jam)

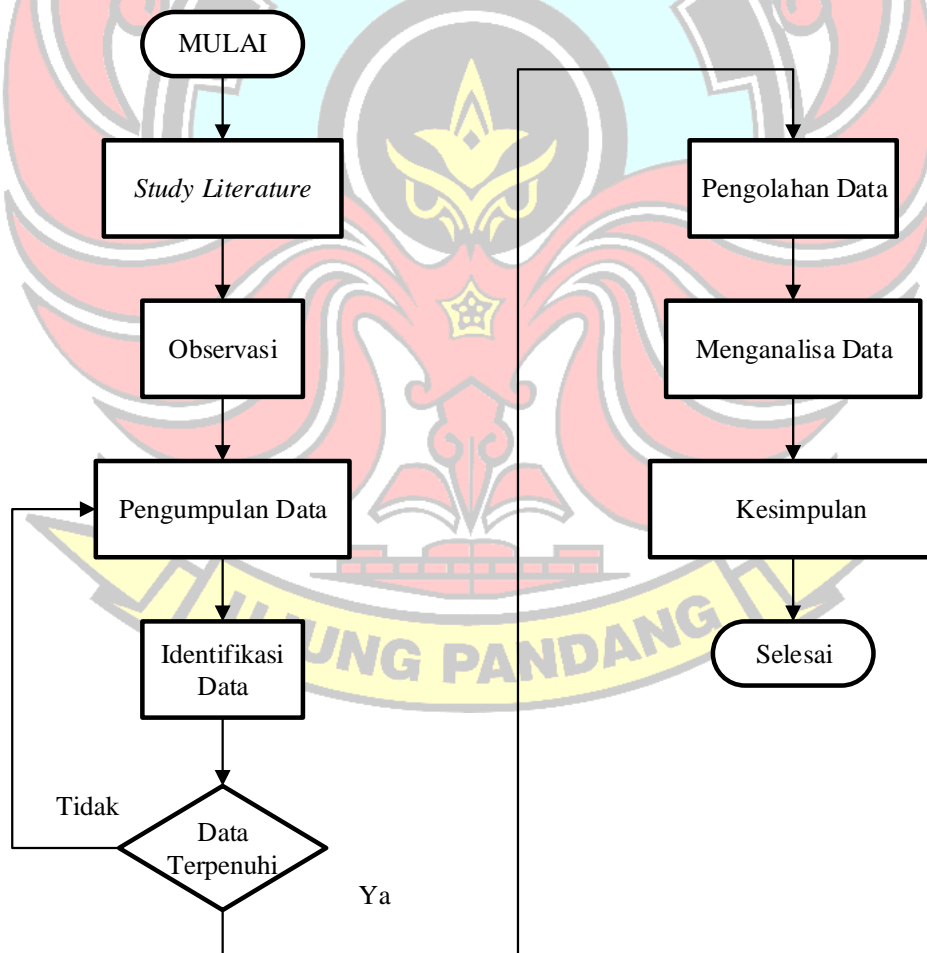
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian tugas akhir ini dilakukan di PT. Huayue Nickel Cobalt yang berlokasi di Kawasan IMIP Morowali dan Kawasan SCM Konawe. Waktu penelitian dimulai pada bulan September tahun 2023 sampai bulan Maret 2024.

3.2 Prosedur Kegiatan



Gambar 3.1 *Flowchart* prosedur kegiatan

Prosedur kegiatan Tugas Akhir ini dapat dilakukan dengan terstruktur dan sistematis agar memudahkan dalam pengerjaan dan pengarahannya. Berikut langkah-langkah yang dilakukan :

1. *Study literature*, penulis melakukan *study* dari berbagai macam sumber atau referensi, baik itu dari jurnal, buku, internet, penelitian, dan tugas akhir;
2. Wawancara, penulis melakukan tanya jawab dengan pihak terkait mengenai permasalahan yang akan diteliti;
3. Observasi, penulis melakukan peninjauan langsung lapangan untuk mensinkronkan teori yang pada *study literature* dan kondisi lapangan, serta melakukan pekerjaan yang berkaitan dengan permasalahan yang akan diteliti;
4. Melakukan pengumpulan data untuk diolah dan dianalisa sesuai dengan rumusan masalah dari penelitian ini;
5. Melakukan identifikasi data, apakah data yang diperoleh telah sesuai dengan data yang dibutuhkan;
6. Pengolahan data yang telah dikumpulkan mengacu pada *literature*, dan wawancara para pekerja;
7. Menganalisa data yang diperoleh;
8. Mengambil kesimpulan dari hasil pengolahan data.

3.3 Teknik Analisa Data

Guna menyongsong penelitian ini berjalan dengan baik dan mendapatkan hasil yang sesuai dengan rumusan masalah, maka teknik analisa data sangat

diperlukan. Adapun teknik analisa data yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif, yaitu teknik yang menggunakan data numerik pada penelitian. Adapun data yang diperoleh berupa data statistika, hasil perbandingan efisiensi serta penggunaan energi dari motor dengan inverter dan tanpa inverter sebagai pengendalinya.



BAB IV

HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN

4.1 Hasil Kegiatan

PT .Huayue Nickel Cobalt memiliki ribuan motor-motor listrik yang digunakan sebagai komponen utama pada proses produksi, dengan tingginya kualitas dan kuantitas produksi maka jam kerja dari motor-motor listrik tersebut sangatlah tinggi maka tidak jarang motor listrik mengalami beberapa kerusakan. Dari hasil observasi awal pada tabel 4.1, didapatkan data awal berupa kerusakan motor mulai tanggal 25 desember 2023 hingga 06 januari 2024, yang dimana kerusakan yang sering terjadi adalah *bearing* rusak dan juga lilitan terbakar.

Tabel 4.1 Data Awal Kerusakan Motor Listrik

No	Tanggal	Daya Motor (kW)	Jenis kerusakan
1	25/12/2023	2,2	Bearing rusak
2	26/12/2023	2,5	Bearing rusak
3	28/12/2023	7,5	Lilitan Terbakar
4	29/12/2023	30	Lilitan Terbakar
5	31/12/2023	30	Bearing rusak
6	31/12/2023	30	Lilitan Terbakar
7	03/01/2024	30	Bearing rusak
8	04/01/2024	30	Lilitan Terbakar
9	05/01/2024	132	Lilitan Terbakar
10	06/01/2024	5,5	Bearing rusak

Berdasarkan tabel 4.1 tersebut yang dimana dalam kurun waktu 12 hari terdapat 10 kasus kerusakan motor induksi di PT. Huayue Nickel Cobalt. Kemudian dari data awal tersebut dilakukan pengambilan data kerusakan motor induksi selama 6 bulan terakhir terhitung sejak bulan September 2023 hingga bulan maret 2024 yang ditampilkan pada tabel 4.2 sebagai berikut :

Tabel 4.2 Data kerusakan motor listrik

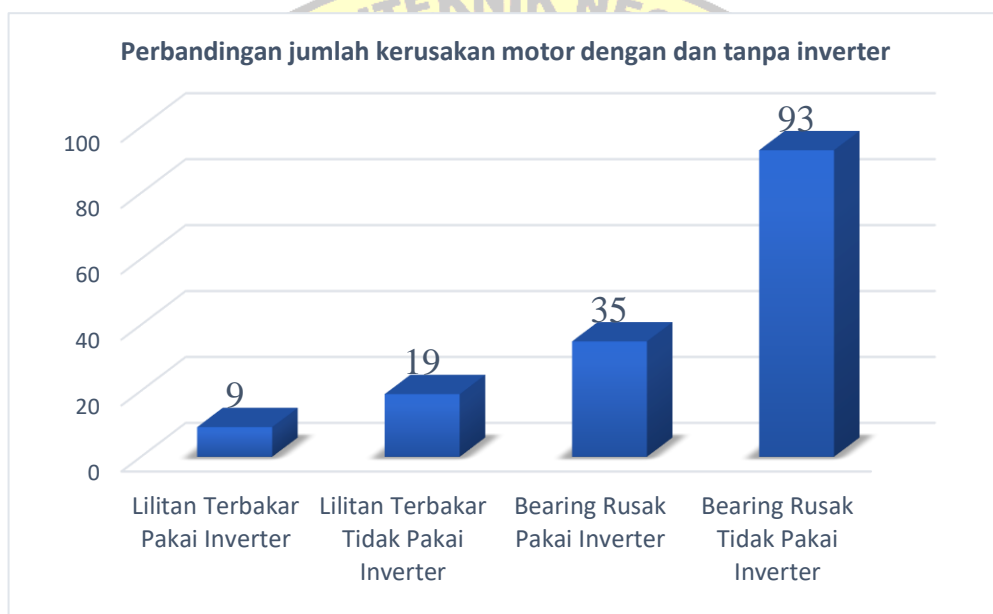
No	Tanggal	Daya Motor (kW)	Jenis Kerusakan	Menggunakan Inverter	KET
A	B	C	D	E	F
1	01/09/2023	2,2	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
2	02/09/2023	5,5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
3	02/09/2023	3	Bearing rusak	Tidak	Morowali
4	04/09/2023	3	Bearing rusak	Tidak	Morowali
5	04/09/2023	3,3	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
6	07/09/2023	30	Bearing rusak	Pakai	Morowali
7	08/09/2023	60	Lilitan Terbakar	Pakai	Morowali
8	08/09/2023	2,2	Bearing rusak	Tidak	Morowali
9	09/09/2023	5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
10	12/09/2023	7,5	Bearing rusak	Pakai	Morowali
11	12/09/2023	2,2	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
12	12/09/2023	5,5	Bearing rusak	Pakai	Morowali
13	13/09/2023	1,5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
14	15/09/2023	5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
15	16/09/2023	3,5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
16	18/09/2023	5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
17	18/09/2023	3	Bearing rusak	Tidak	Morowali
18	20/09/2023	1,5	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
19	20/09/2023	7,5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
20	21/09/2023	2,2	Bearing rusak	Tidak	Morowali
21	22/09/2023	3	Bearing rusak	Tidak	Morowali
22	23/09/2023	1,5	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
23	23/09/2023	2,2	Bearing rusak	Tidak	Morowali
24	24/09/2023	3	Bearing rusak	Tidak	Morowali
25	26/09/2023	5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
26	27/09/2023	7,5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
27	28/09/2023	2	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
28	29/09/2023	30	Bearing rusak	Pakai	Morowali
29	29/09/2023	7,5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
30	30/09/2023	5,5	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
31	01/10/2023	30	Bearing rusak	Tidak	Morowali
32	01/10/2023	150	Lilitan Terbakar	Pakai	Morowali
33	02/10/2023	7,5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
34	04/10/2023	5	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
35	05/10/2023	2,2	Bearing rusak	Tidak	Morowali
36	08/10/2023	2,5	Bearing rusak	Tidak	Morowali

A	B	C	D	E	F
37	08/10/2023	15	Bearing rusak	Tidak	Morowali
38	09/10/2023	0,55	Bearing rusak	Tidak	Morowali
39	10/10/2023	132	Bearing rusak	Pakai	Morowali
40	11/10/2023	5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
41	11/10/2023	150	Bearing rusak	Pakai	Morowali
42	12/10/2023	30	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
43	13/10/2023	30	Bearing rusak	Tidak	Morowali
44	15/10/2023	30	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
45	16/10/2023	7,5	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
46	17/10/2023	75	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
47	19/10/2023	75	Bearing rusak	Tidak	Morowali
48	21/10/2023	30	Lilitan Terbakar	Pakai	Morowali
49	22/01/1900	30	Bearing rusak	Pakai	Morowali
50	24/01/1900	250	Bearing rusak	Tidak	Morowali
51	27/10/2023	5,5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
52	28/10/2023	30	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
53	28/10/2023	35	Bearing rusak	Pakai	Morowali
54	29/10/2023	7,5	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
55	30/10/2023	5,5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
56	31/10/2023	75	Bearing rusak	Pakai	Morowali
57	31/10/2023	2,2	Bearing rusak	Tidak	Morowali
58	02/11/2023	30	Bearing rusak	Pakai	Morowali
59	03/11/2023	2,2	Bearing rusak	Tidak	Morowali
60	04/11/2023	75	Bearing rusak	Tidak	Morowali
61	04/11/2023	30	Bearing rusak	Tidak	Morowali
62	05/11/2023	7,5	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
63	08/11/2023	150	Bearing rusak	Pakai	Morowali
64	09/11/2023	15	Bearing rusak	Tidak	Morowali
65	09/11/2023	35	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
66	10/11/2023	250	Bearing rusak	Pakai	Morowali
67	11/11/2023	30	Bearing rusak	Tidak	Morowali
68	11/11/2023	75	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
69	13/11/2023	5	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
70	14/11/2023	5,5	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
71	15/11/2023	2,2	Bearing rusak	Tidak	Morowali
72	15/11/2023	5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
73	17/11/2023	75	Bearing rusak	Tidak	Morowali
74	18/11/2023	132	Lilitan Terbakar	Pakai	Morowali
75	19/11/2023	150	Bearing rusak	Pakai	Morowali
76	21/11/2023	2,5	Bearing rusak	Tidak	Morowali

A	B	C	D	E	F
77	22/11/2023	5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
78	24/11/2023	35	Bearing rusak	Tidak	Morowali
79	25/11/2023	30	Bearing rusak	Pakai	Morowali
80	25/11/2023	30	Bearing rusak	Tidak	Morowali
81	27/11/2023	30	Bearing rusak	Tidak	Morowali
82	27/11/2023	150	Bearing rusak	Pakai	Morowali
83	28/11/2023	5,5	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
84	29/11/2023	2,2	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
85	30/11/2023	7,5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
86	02/12/2023	2,2	Bearing rusak	Tidak	Morowali
87	03/12/2023	30	Bearing rusak	Pakai	Morowali
88	06/12/2023	75	Bearing rusak	Tidak	Morowali
89	06/12/2023	5,5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
90	07/12/2023	2,2	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
91	09/12/2023	5,5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
92	10/12/2023	5,5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
93	11/12/2023	7,5	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
94	13/12/2023	150	Lilitan Terbakar	Pakai	Morowali
95	13/12/2023	132	Bearing rusak	Pakai	Morowali
96	13/12/2023	2,2	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
97	14/12/2023	7,5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
98	16/12/2023	2,2	Bearing rusak	Tidak	Morowali
99	17/12/2023	2,5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
100	18/12/2023	7,5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
101	19/12/2023	7,5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
102	19/12/2023	30	Lilitan Terbakar	Pakai	Morowali
103	22/12/2023	30	Bearing rusak	Tidak	Morowali
104	23/12/2023	250	Lilitan Terbakar	Pakai	Morowali
105	24/12/2023	7,5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
106	24/12/2023	2,2	Bearing rusak	Tidak	Morowali
107	25/12/2023	2,2	Bearing rusak	Tidak	Morowali
108	26/12/2023	2,5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
109	28/12/2023	7,5	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
110	29/12/2023	30	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
111	31/12/2023	30	Bearing rusak	Tidak	Morowali
112	31/12/2023	30	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
113	03/01/2024	30	Bearing rusak	Tidak	Morowali
114	04/01/2024	30	Lilitan Terbakar	Pakai	Morowali
115	05/01/2024	132	Lilitan Terbakar	Pakai	Morowali
116	06/01/2024	5,5	Bearing rusak	Tidak	Morowali

A	B	C	D	E	F
117	06/01/2024	5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
118	07/01/2024	7,5	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
119	09/01/2024	2,2	Bearing rusak	Tidak	Morowali
120	10/01/2024	2,5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
121	11/01/2024	30	Bearing rusak	Tidak	Morowali
122	13/01/2024	30	Bearing rusak	Tidak	Morowali
123	15/01/2024	5,5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
124	16/01/2024	2,5	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
125	16/01/2024	2,2	Bearing rusak	Tidak	Morowali
126	17/01/2024	5	Bearing rusak	Tidak	Konawe
127	18/01/2024	7,5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
128	20/01/2024	5,5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
129	21/01/2024	5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
130	22/01/2024	2,2	Bearing rusak	Tidak	Morowali
131	25/01/2024	132	Bearing rusak	Tidak	Morowali
132	25/01/2024	7,5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
133	26/01/2024	30	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
134	27/01/2024	30	Bearing rusak	Tidak	Morowali
135	28/01/2024	2,2	Bearing rusak	Tidak	Morowali
136	29/01/2024	7,5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
137	31/01/2024	30	Bearing rusak	Tidak	Morowali
138	31/01/2024	250	Bearing rusak	Pakai	Morowali
139	01/02/2024	5,5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
140	03/02/2024	7,5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
141	03/02/2024	30	Bearing rusak	Pakai	Morowali
142	05/02/2024	30	Bearing rusak	Tidak	Morowali
143	06/02/2024	5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
144	07/02/2024	2,2	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
145	09/02/2024	5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
146	10/02/2024	7,5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
147	11/02/2024	30	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
148	12/02/2024	30	Bearing rusak	Tidak	Morowali
149	14/02/2024	150	Bearing rusak	Tidak	Morowali
150	14/02/2024	5	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
151	16/02/2024	5,5	Bearing rusak	Tidak	Morowali
152	17/02/2024	30	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
153	17/02/2024	30	Lilitan Terbakar	Tidak	Morowali
154	16/02/2024	30	Bearing rusak	Tidak	Konawe
155	05/03/2024	30	Bearing rusak	Tidak	Konawe
156	08/03/2024	30	Bearing rusak	Tidak	Konawe

Berdasarkan tabel 4.2 data tersebut diperoleh dari divisi elektrikal tim perbaikan motor listrik dan AC yang dimana terdapat 156 kasus kerusakan motor listrik, dengan 28 kasus kerusakan motor listrik dengan sistem pengendali menggunakan inverter dan 128 kasus kerusakan motor listrik dengan sistem pengendali tidak menggunakan inverter dengan jenis kerusakan yang sering terjadi yaitu *bearing* motor rusak ataupun belitan motor yang terbakar atau gosong yang ditampilkan pada grafik dibawah ini:



Gambar 4.1 Grafik perbandingan jumlah kerusakan motor dengan dan tanpa inverter

Pada gambar 4.1 menunjukkan grafik kasus kerusakan motor induksi terbanyak pada kondisi bearing rusak tanpa inverter dengan jumlah 93 kasus dan kasus terendah pada kondisi lilitan terbakar pada motor induksi yang menggunakan inverter dengan jumlah 9 kasus. Sehingga secara keseluruhan kasus kerusakan yang dominan terjadi disebabkan oleh kondisi *bearing* dengan jumlah 112 kasus.

4.2 Analisis Data

A. Perbandingan Efisiensi Motor Dengan Inverter dan Motor Tanpa Inverter

Dari hasil pengambilan data pada tabel 4.2, penulis akan membandingkan efisiensi motor dengan menggunakan inverter dan tanpa inverter, dengan tegangan 380V, arus yang masuk sebesar 39,4A dan faktor daya sebesar 0,83 dan efisiensi motor pada *nameplate* sebesar 92,2%, Berdasarkan data tersebut yang diambil dari *nameplate* motor yang tertera pada lampiran 4 dengan menggunakan persamaan (3) maka didapatkan hasil :

Motor tanpa inverter :

$$.P_{input} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$.P_{input} = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 34,9 \cdot 0,83$$

$$.P_{input} = 21,5 \text{ kW}$$

$$.P_{Output} = .P_{input} \times \eta_{Nameplate}$$

$$.P_{Output} = .21,5 \text{ kW} \times 0,922$$

$$.P_{Output} = 19,8 \text{ kW}$$

$$.\eta_{Motor} = \frac{P_{Out}}{P_{in}} \times 100 \%$$

$$.\eta_{Motor} = \frac{19,8 \text{ kW}}{21,5 \text{ kW}} \times 100 \%$$

$$.\eta_{Motor} = 92,09 \%$$

Kemudian menggunakan data yang sama untuk mencari efisiensi motor dengan inverter menggunakan persamaan (3) maka didapatkan :

Motor dengan inverter :

$$.\eta_{Motor} = \frac{P_{Out}}{P_{in}} \times 100 \%$$

$$\eta_{Motor} = \frac{19,8 \text{ kW}}{21,5 \text{ kW}} \times 100 \%$$

$$\eta_{Motor} = 92,09 \%$$

Hasil dari perhitungan efisiensi motor menggunakan inverter dan tanpa inverter, ditemukan hasil yang sama, akan tetapi dengan menggunakan inverter ada lebih banyak kelebihan yang didapatkan dibandingkan motor tanpa inverter seperti pengaturan kecepatan motor dengan frekuensi serta arus dan tegangan yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan.

B. Kecepatan Motor Dengan Perubahan Frekuensi

Berdasarkan persamaan (1) dengan menggunakan data pada *nameplate* motor pada lampiran 4 dan dengan asumsi frekuensi yang dimasukkan mulai dari 10 Hz hingga 50 Hz dengan kelipatan 10 dan kutub motor adalah 6 didapatkan kecepatan motor dari tiap perubahan frekuensi :

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{p}$$

$$N_s = \frac{120 \cdot 10}{6} = 200 \text{ Rpm}$$

Dengan cara yang sama penulis mendapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.3 Kecepatan motor dengan perubahan frekuensi

No.	Frekuensi (Hz)	Kecepatan Motor (Rpm)
1	20	400
2	30	600
3	40	800
4	50	1000

Berdasarkan tabel 4.3 menunjukkan bahwa seiring dengan kenaikan frekuensi yang diberikan maka kecepatan motor yang dihasilkan akan bertambah juga atau dengan kata lain kecepatan motor berbanding lurus dengan frekuensi yang diberikan. Dari pengaturan frekuensi tersebut juga memungkinkan motor beroperasi pada kecepatan yang sesuai dengan beban, sehingga menghindari

kondisi motor bekerja terlalu cepat atau terlalu lambat. Kondisi ini akan meminimalkan kerugian mekanis dan meningkatkan efisiensi.

C. Arus Berdasarkan Perubahan Frekuensi

Berdasarkan hasil perhitungan persamaan (3), maka nilai arus berdasarkan perubahan frekuensi dapat dihitung menggunakan persamaan (5) sebagai berikut :

$$V_2 = V_1 \times \frac{f_2}{f_1}$$

$$V_2 = 380 \times \frac{10}{50}$$

$$V_2 = 76 \text{ V}$$

$$I = \frac{p_{\text{input}}}{\sqrt{3} \cdot V_2 \cdot \cos \varphi}$$

$$I = \frac{21.500}{\sqrt{3} \cdot 76 \cdot 0,83}$$

$$I = 197,03 \text{ A}$$

Dengan cara yang sama, penuliskan mendapatkan hasil :

Tabel 4.4 Arus motor dengan perubahan frekuensi

No	Frekuensi (Hz)	V2 (V)	I (A)
1	20	152	98,51
2	30	228	65,67
3	40	304	49,25
4	50	380	39,4

Berdasarkan tabel 4.4 dapat dilihat bahwa seiring dengan kenaikan frekuensi yang diberikan maka arus pada motor akan semakin kecil, hal ini tentu baik , karena arus berbanding lurus dengan daya dan rugi-rugi daya pada motor. Sehingga membuktikan bahwa frekuensi berbanding lurus dengan tegangan, semakin besar frekuensi yang masuk maka tegangan yang digunakan juga akan semakin besar.

D. Perbandingan penggunaan energi listrik motor dengan inverter dan tanpa inverter

Dengan menggunakan persamaan (6) dan menggunakan data dari perhitungan pada persamaan (3) yaitu *input* motor yang digunakan serta asumsi penggunaan motor induksi selama 24 jam, maka jumlah penggunaan energi listrik antara motor menggunakan inverter dan tanpa inverter sebagai berikut:

a. Tanpa inverter

$$E = P_{input} \cdot t$$

$$E = 21.500 \cdot 24 \text{ jam}$$

$$E = 516 \text{ kWh}$$

b. Menggunakan inverter

$$E = P_{input} \cdot t$$

$$E = 21.500 \cdot 24 \text{ jam}$$

$$E = 516 \text{ kWh}$$

Dari hasil perhitungan diatas, menampilkan jumlah energi listrik yang digunakan pada motor tanpa inverter maupun dengan menggunakan inverter sebesar 516 kWh, nilai tersebut diperoleh pada saat motor bekerja dengan kekuatan penuh. Oleh karena itu motor yang menggunakan inverter, kecepatannya dapat diatur sehingga arus dan tegangan dapat juga diatur sesuai kebutuhan. Dengan demikian, penggunaan energi listrik dari motor yang menggunakan inverter sebagai pengendali dapat diminimalisir.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun Kesimpulan yang diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Pengaruh inverter terhadap efisiensi produksi sangatlah besar, dikarenakan motor dengan inverter jarang mengalami kerusakan serta lebih efisien dalam menjaga kualitas produksi perusahaan.
2. Penggunaan inverter sebagai pengendali motor induksi 3 phasa dapat menghemat penggunaan energi listrik, dikarenakan dengan mengatur kecepatan motor, maka jumlah arus dan tegangan yang digunakan pada motor tersebut dapat dikendalikan atau tidak secara terus menerus bekerja dengan beban penuh.
3. Penggunaan inverter pada motor induksi sebagai pengendali dapat meminimalisir potensi terjadinya kerusakan pada *bearing* serta lilitan terbakar akibat lonjakan arus awal.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat penulis berikan setelah penelitian ini adalah :

1. Inverter dapat digunakan sebagai pengendali motor 3 phasa yang mampu menjaga kualitas produksi dan efisiensi komponen produksi pada sebuah Perusahaan.
2. Untuk penelitian selanjutnya, hendaknya melakukan lebih banyak pengukuran langsung dilapangan daripada hanya menggunakan *nameplate* dari sebuah komponen agar hasil perhitungannya akurat dan sesuai dengan penggunaan dilapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., Zondra, E., & Yuvendius, H. (2020). Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Akibat Perubahan Tegangan. *SainETIn: Jurnal Sains, Energi, Teknologi, dan Industri*, 5(1), 35-43.
- Anggraini, D. (2023). Pengetahuan Dasar Tentang Inverter. <https://www.monotaro.id/blog/artikel/pengetahuan-dasar-tentang-inverter>
- Baskoro, F., & Nugroho, S. E. (2021). Sistem Pengendalian Kecepatan Motor Tiga Fasa Menggunakan Metode Direct Torque Control (DTC). *Jurnal Teknik Elektro*, 10(1), 81-89.
- Evalina, N., Azis, A., & Zulfikar, Z. (2018). Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Programmable Logic Controller. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 3(2), 73-80.
- Faturrohman, I., & Fatkhurrohman, M. (2023). Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3fasa Dengan Mengatur Frekuensi Menggunakan VSD di PERUMDAM Tirta Madani Serang. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 2(1), 46-56.
- Gemilang, P. L. O. (2023). Apa Itu Variable Speed Drive Serta Kelebihan & Kekurangannya. <https://laskarotomasi.com/apa-itu-variable-speed-drive/>
- Hartono, B. P., & Nurcahyo, E. (2017). Analisis Hemat Energi Pada Inverter Sebagai Pengatur Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa. *Elektrika: Jurnal Teknik Elektro*, 1(1), 8-16.
- Kurniawan, A. (2020). ANALISIS PENGENDALIAN MOTOR INDUKSI TIGA FASA MENGGUNAKAN FUZZY LOGIC CONTROL. *SI Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia*, 09. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/JTE/article/view/39160>
- Muhammad, R., Septiyanto, D., & Mulyono, N. (2022). Rancang Bangun Inverter 3 Fasa Berbasis Bipolar Sinusoidal Pulse Width Modulation. Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar,

- Nasution, E. S., & Hasibuan, A. (2018). Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Phasa Dengan Merubah Frekuensi Menggunakan Inverter ALTIVAR 12P. *Sisfo: Jurnal Ilmiah Sistem Informasi*, 2(1).
- Wahid, A. (2014). Analisis kapasitas dan kebutuhan daya listrik untuk menghemat penggunaan energi listrik di fakultas teknik universitas tanjungpura. *Journal Of Electrical Engineering, Energy, And Information Technology (J3eit)*, 2(2).
- Zulfikar, Z., Evalina, N., Azis, A., & Nugraha, Y. T. (2019). Analisis Perubahan Kecepatan Motor Induksi 3 Phasa Dengan Menggunakan Inverter 3G3MX2. Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU,
- Zuriman Anthony, S. (2012). Pengaruh perubahan frekuensi dalam sistem pengendalian kecepatan motor Induksi 3-fasa terhadap efisiensi dan arus kumparan motor. *Jurnal Teknik Elektro*, 1(1), 25-29.



LAMPIRAN

The image contains three photographs related to electrical motor repair documentation. The top left photo shows a filled-out 'Electrical Workshop Motor Repair Request Form' (电气车间电机维修申请表) for a motor with ID 203-1, rated at 3KW. The top right photo shows another filled-out form for a motor with ID 21011502, rated at 10-4. The bottom photo shows a worker in a blue hard hat and white uniform filling out a form at a desk, with a 'Paper Information Time' (纸质信息时间) sign visible in the background.

电气车间电机维修申请表

申请部门	高压班	电机型号	203-1 管道增压泵
电机型号	Y4-100L2-2	电机功率	3KW
故障原因	震动	电机数量	1 台
维修记录	拆卸后清理 因果是轴轴 60-6 两盘		
申请人	姓名: 孙亮	接收人	姓名: 孙亮
电话: 401900		电话:	
维修后备注	送修日期 3.21		

电气车间电机维修申请表

申请部门	工修部	电机型号	出板
电机型号	M2250 040	电机功率	
故障原因	轴承故障, 申请维修		
维修记录	检查后无异常		
申请人	姓名: 刘天旭	接收人	姓名: 孙亮
电话: 0819482363, 84420		电话:	
维修后备注	2022.3.27 刘天旭已领走		

电气车间电机维修申请表

申请部门	运输部 维修科	电机型号	
电机型号	推土机 起吊机	电机功率	24V
故障原因	烧坏		
维修记录	更换线圈		
申请人	姓名: 杨加新	接收人	姓名:
电话: 401025		电话:	
维修后备注	杨加新 2022.11.21 取走		

Lampiran 1 Dokumentasi pengambilan data kerusakan motor listrik



Lampiran 2 Dokumentasi kegiatan observasi dan tanya jawab dengan *crew* terkait



Lampiran 3 Dokumentasi motor yang mengalami kerusakan



Lampiran 4 Nameplate Motor yang dianalisis



Lampiran 5 Dokumentasi mengukur arus yang masuk kemotor listrik



Lampiran 6 Jenis inverter yang digunakan



Lampiran 8 Catatan Konsultasi Laporan Tugas Akhir



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG**

Jl. Perintis Kemerdekaan Km.10 Tamalanrea, Makassar 90245
Telepon: (0411)-585365, 585367, 585368; Faksimili: (0411)-586043
Laman: www.polunpa.ac.id/E-mail: unpa@polunpa.ac.id

**CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI D3 TEKNIK LISTRIK**

NAMA MAHASISWA: ANDI MUH. FIKRI KHALIS A			NIM: 32121004
JUDUL: Efisiensi Penggunaan Inverter Sebagai Sistem Pengendali Motor 3 Phasa			NAMA PENGARAH UTAMA: Ruslan L. S.T., M.T
TANGGAL PERSETUJUAN JUDUL			
PENGARAH UTAMA			
No.	TANGGAL	CATATAN/KOMENTAR	TANDA TANGAN
1	2	3	4
1.	12 Januari 2024	- Perbaiki nama tabel bab 3 - korelasikan gambar dan penjelasan bab 2	
2.	21 Januari 2024	- perbaiki jarak SPsi pada sampul - Perbaiki jarak sub bab 2.2.3	
3.	24 Juni 2024	- foto bab 4 - pilih kusen untuk diagram	
4.	16 Juli 2024	- korelasikan gambar dengan narasi	
5.	16 Juli 2024	- perbaiki tata letak - buat narasi sebagai grafik.	
6.	19 Juli 2024		

Pengarah Utama,

Ruslan L. S.T., M.T
NIP.19640918 199003 1 002



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

Jl. Perintis Kemerdekaan Km.10 Tamalanrea, Makassar 90245
Telepon: (0411)-585365, 585367, 585368; Faksimili: (0411)-586043
Laman: www.pndupg.ac.id / E-mail: pnupg@pndupg.ac.id

**CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI D3 TEKNIK LISTRIK**

NAMA MAHASISWA: ANDI MUH. FIKRI KHALIS A			NIM: 32121004
JUDUL: Efisiensi Penggunaan Inverter Sebagai Sistem Pengendali Motor 3 Phasa			NAMA PENGARAH PENDAMPING: Ashar AR. S.T., M.T
TANGGAL PERSETUJUAN JUDUL			
PENGARAH UTAMA			
No.	TANGGAL	CATATAN/KOMENTAR	TANDA TANGAN
1	2	3	4
1.	5 Januari 2024	konsultasi judul	
2.	12 Januari 2024	- tambahkan latar belakang - tambahkan rumusan masalah - perbaiki tata tulis - buat schedule bentuk tabel	
7.	24 Juni 2024	- lengkapi data pendukung - perbaiki tata tulis	
4.	8 Juli 2024	- perbaiki ringkasan dikurasi, ditampikan RA	
5.	17 Juli 2024	- buat slide presentasi - perhitungan efisiensi motor yg lain sp	
6.	18 Juli 2024		

Pengarah Pendamping,



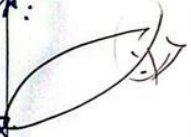
Ashar AR. S.T., M.T.
NIP. 19791209 200812 1 001

Lampiran 9 Catatan Revisi Penguji

LAMPIRAN BERITA ACARA PELAKSANAAN UJIAN SIDANG LAPORAN TUGAS AKHIR

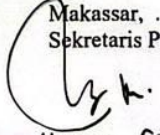
Nama Mahasiswa : Andi Muh. Fkri Khalis A
NIM : 32121009

Catatan/Daftar Revisi Penguji:

No.	Nama	Uraian	Tanda Tangan
1	Wima	<ul style="list-style-type: none"> - lengkapi datangnya - Analisa data (Dab 3) - latar belakang diperbaiki - kesimpulan - Narasi Tabel. 	
2	Aksan	<ul style="list-style-type: none"> - Data - data lengkap antara lain $V, I, \cos \phi$, daya 	
3.	Marwan	<ul style="list-style-type: none"> - Perbaiki Analisis: - Perbaikan efisiensi motor - prekuensi (hms & listing daya inverter inverter) - Energi, perhitungan energi input 	

Makassar, 29 Juli 2024.

Sekretaris Penguji



Witana Sapuhi Alfira Ws
NIP.

Catatan: Jika ada perubahan Judul Tugas Akhir konfirmasi secepatnya ke bagian Akademik.