

**MANAJEMEN OPERASIONAL MOTOR AC *DRIVE* PADA *POSITIONER*
STUDI KASUS DI PT BUKIT ASAM (Persero) Tbk. UNIT PELABUHAN**

TARAHAN

(Skripsi)

Oleh

EDI SARJONO



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2019

ABSTRAK

MANAJEMEN OPERASIONAL MOTOR AC DRIVE PADA *POSITIONER*

STUDI KASUS DI PT BUKIT ASAM (Persero) Tbk. UNIT PELABUHAN

TARAHAN

OLEH

EDI SARJONO

PT Bukit Asam (Persero) Tbk. adalah salah satu industri penghasil tambang batu bara terbesar di Indonesia. PT Bukit Asam (Persero) Tbk. menggunakan motor induksi sebagai penggerak disebagian besar peralatan produksinya. Motor induksi merupakan salah satu komponen penting dalam sistem penyaluran batu bara hingga ke konsumen. Salah satu aplikasi motor induksi adalah sebagai penggerak *positioner*. *Positioner* adalah alat yang berfungsi untuk penggerak gerbong batu bara rangkaian panjang (babaranjang) pada saat lokomotif meninggalkannya di *rotary car dumper* (RCD). *Positioner* digerakkan oleh motor induksi dengan kapasitas 4x110 kW yang dikendalikan menggunakan *variable frequency drive* (VFD) dan tersusun oleh komponen utama berupa PLC dan *inverter*. Namun pada saat ini belum adanya monitoring terhadap sistem, sehingga belum dapat dinilai keandalannya. Penelitian ini bertujuan untuk memonitoring operasional motor pada *positioner* dan melakukan manajemen operasional serta memperhitungkan kemampuan *positioner* apabila bekerja dengan 3 atau 2 motor.

Kata kunci : Motor Induksi, *Positioner*, Babaranjang, VFD, Manajemen

Operasional

ABSTRACT

OPERATIONAL MANAGEMENT OF AC DRIVE MOTORS IN POSITIONER CASE STUDY IN PT. BUKIT ASAM (Persero) Tbk. UNIT PORT OF TARAHAN)

BY

EDI SARJONO

PT Bukit Asam (Persero) Tbk. is one of the biggest coal mining producing industries in Indonesia. Its uses induction motors as movers in most of production equipments. Induction motor is one of the important components in the coal distribution system to consumers. One of the applications of an its to drive a positioner. Positioner is a device that functions to drive long-series coal cars (babaranjang) when the locomotive leaves it in a rotary car dumper (RCD). Its driven by induction motors with a capacity of 4x110 kW which are controlled using a variable frequency drive (VFD) and are composed of major components such as PLCs and inverters. But there is no monitoring of the system, so its reliability cannot be assessed. This study aims to monitor operational motors in positioners and carry out operational management and take into account the positioner's ability when working with 3 or 2 motors.

Keywords: Induction Motors, Positioners, Charges, VFD, Operational
Management

**MANAJEMEN OPERASIONAL MOTOR AC *DRIVE* PADA *POSITIONER*
STUDI KASUS PT BUKIT ASAM (Persero) Tbk.
UNIT PELABUHAN TARAHAN**

Oleh
Edi Sarjono

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi : **MANAJEMEN OPERASIONAL MOTOR
AC DRIVE PADA POSITIONER
STUDI KASUS DI PT BUKIT ASAM
(Persero) Tbk. UNIT PELABUHAN
TARAHAN**

Nama Mahasiswa : *Edi Sarjono*

Nomor Pokok Mahasiswa : 1415031045

Program Studi : Teknik Elektro

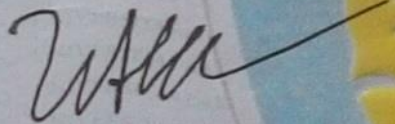
Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

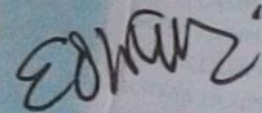
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing Pendamping

Pembimbing Utama

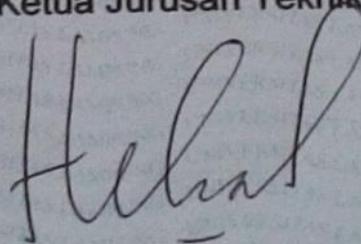


Osea Zebua, S.T., M.T.
NIP 19700609 199903 1 002



Dr. Eng. Endah Komalasari
NIP 19730215 199903 2 003

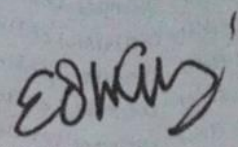
2. Ketua Jurusan Teknik Elektro

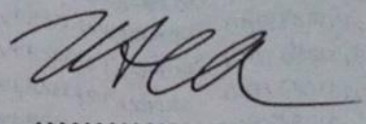


Dr. Herman Halomoan Sinaga, S.T., M.T.
NIP 1971130 199903 1 003

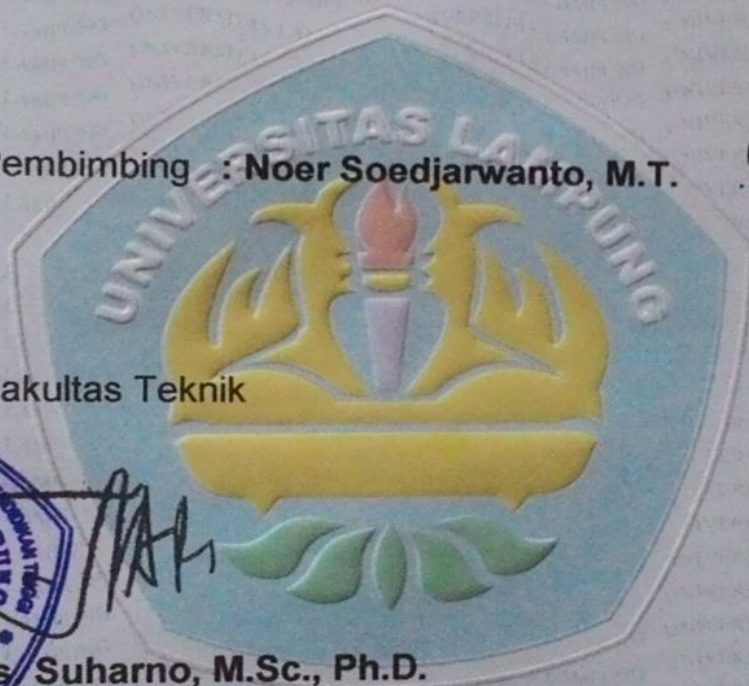
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Eng. Endah Komalasari 

Sekretaris : Osea Zebua, M.T. 

Penguji
Bukan Pembimbing : Noer Soedjarwanto, M.T. 



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D.
NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 21 November 2019

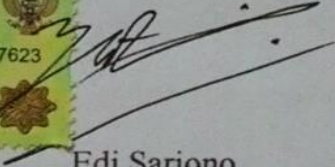
SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa hasil skripsi ini dibuat oleh saya sendiri. Adapun karya orang lain yang terdapat dalam skripsi ini telah dicantumkan sumbernya pada daftar pustaka.

Apabila pernyataan saya tidak benar adanya, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.



Bandar Lampung, 16 Desember 2019


Edi Sarjono

1415031045

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Pesawaran, Provinsi Lampung pada tanggal 05 Mei 1997. Penulis merupakan anak ketiga dari empat bersaudara dengan Bapak bernama Maryono dan Ibu bernama Sulida, penulis diberi nama Edi Sarjono.

Mengenai riwayat pendidikan penulis, penulis lulus Taman Kanak-kanak di TK Diniyah Putri Lampung tahun 2003, lulus Sekolah Dasar di SDN 3 Tamansari tahun 2009, lulus Sekolah Menengah Pertama di SMPN 4 Gedongtataan tahun 2012, lulus Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Gedongtataan tahun 2014, dan diterima di Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung pada tahun 2014 melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di organisasi Forum Silaturahmi dan Studi Islam Fakultas Teknik (FOSSI-FT) sebagai anggota, Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (Himatro) sebagai anggota, dan Ikatan Keluarga Mahasiswa (IKM) Peswaran sebagai ketua umum. Penulis pernah menjadi Asisten Laboratorium Teknik Komputer. Selain itu, penulis juga pernah melakukan Kerja Praktik selama 30 hari di PT Bukit Asam (persero) Tbk. Unit Pelabuhan Tarahan dengan mengambil judul “Unjuk Kerja Motor AC 3 Fasa pada *Positioner* Di *Rotary Car Dumper* 3 (RCD 3)”.

PERSEMBAHAN

Bismillahirrohmanirrohim

Dengan mengharap ridho Allah 'Azza wa Jalla dan Syafa'at Nabi

Muhammad Shallallahu 'Alaihi wa Sallam

Kupersembahkan Karyaku ini untuk Orang-Orang yang Telah
Memberi Dorongan, Harapan dan Motivasi Kepadaku dengan Setulus

Hati

Mamak, Bapak, Mbak dan Adek Tercinta

Para Sahabat

Teman-Teman Seperjuangan

Terima Kasih atas Pelajaran Hidup yang Kalian Berikan

MOTO

“Katakanlah: “Hai hamba-hamba-Ku yang malampaui batas terhadap diri mereka sendiri, janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya Allah mengampuni dosa-dosa semuanya. Sesungguhnya Dia-lah Yang Maha Pengampun lagi Maha Penyayang. Dan kembalilah kamu kepada Tuhanmu, dan berserah dirilah kepada-Nya sebelum datang azab kepadamu kemudian kamu tidak dapat ditolong (lagi).”

(QS. Az Zumar {39} : 53-54)

“Sesungguhnya setiap amalan tergantung pada niatnya. Dan sesungguhnya seseorang hanya mendapatkan apa yang dia niatkan. Maka barang siapa yang hijrahnya karena Allah dan Rasul-Nya, maka hijrahnya untuk Allah dan Rasul-Nya. Siapa yang hijrahnya karena mencari dunia atau karena wanita yang dinikahinya, maka hijrahnya kepada yang ia tuju.”

(HR. Bukhari dan Muslim)

SANWACANA

Bismillahirrohmanirrohim

Segala puji bagi Allah 'Azza wa Jalla karena berkat rahmat dan Karunia-Nya telah memberikan kekuatan dan kemampuan berpikir kepada penulis dalam penyelesaian penulisan skripsi ini sehingga laporan ini dapat selesai tepat pada waktunya. Sholawat dan salam tak lupa penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad Shallallahu 'Alaihi wa Sallam karena dengan perantara beliau kita semua dapat merasakan manisnya iman.

Skripsi ini berjudul “Manajemen Operasional Motor AC *Drive* pada *Positioner* Studi Kasus di PT Bukit Asam (persero) Tbk. Unit Pelabuhan Tarahan” yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Selama menjalani pengerjaan skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan pemikiran maupun dorongan moril dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak dan Mamak tercinta yang selalu memberikan semangat, dukungan, nasihat dan do'a yang tak henti-hentinya diberikan selama ini
2. Seluruh keluarga besar penulis yang selalu memberikan dukungan kepada penulis
3. Bapak Prof. Dr.Karomi, M.Si. selaku Rektor Universitas Lampung
4. Bapak Prof. Suharno, M.Sc., Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung
5. Bapak Khairudin, S.T., M.Sc., Ph.D. Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung

6. Ibu Dr. Endah Komalasari selaku Dosen Pembimbing Utama, terima kasih atas kesediaan waktunya dalam membimbing dan memberikan ilmu
7. Bapak Osea Zebua, M.T. selaku Dosen Pembimbing Pendamping, terima kasih atas waktu dan bimbingannya selama mengerjakan skripsi
8. Bapak Noer Soedjarwanto, M.T. selaku Penguji Utama, terima kasih atas masukannya guna membuat skripsi ini menjadi lebih baik
9. Bapak Dr. Agus Trisanto, S.T., M.T. selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan motivasi dan nasihat
10. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Elektro, terima kasih atas didikan, arahan dan bimbingannya yang telah diberikan
11. Keluarga besar PT Bukit Asam (persero) Tbk. Unit Pelabuhan Tarahan terkhusus divisi Perawatan Listrik yang telah memberikan bantuan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini
12. BBQ Nabilla yang selalu memberikan semangat dan penguat diri
13. Teman-teman asisten/staff dan penghuni Laboratorium Teknik Komputer yang menemani penulis mengerjakan skripsi ini
14. Seluruh teman-teman angkatan 2014 atas kebersamaan dan kekeluargaan yang kalian semua berikan kepada penulis, mulai penulis masuk kuliah hingga menyelesaikan skripsi ini, terima kasih atas nilai kehidupan yang kalian berikan.
15. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu serta mendukung penulis dari awal kuliah sampai dengan terselesaikannya skripsi ini.

Semoga Allah 'Azza wa Jalla membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Skripsi ini

Bandar Lampung,

Penulis,

Edi Sarjono

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR.....	iii
DAFTAR NOTASI.....	v
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	3
1.3. Manfaat Penelitian	3
1.4. Rumusan Masalah.....	3
1.5. Batasan Masalah	4
1.6. Hipotesis.....	4
1.7. Sistematika Penulisan	4
BAB II DASAR TEORI.....	6
2.1. Definisi Manajemen dan Manajemen Operasional.....	6
2.2. Kereta Api Batu Bara Rangkaian Panjang (KA Babaranjang).....	7
2.3. <i>Positioner</i>	8
2.4. Motor Induksi.....	11
2.5. <i>Gearbox</i>	12
2.6. Kecepatan Motor Induksi.....	12
2.7. <i>Slip</i> Motor	13
2.8. Daya <i>Input</i> Motor	13
2.9. Torsi	14
2.10. Daya <i>Output</i> Motor.....	14
2.11. Efisiensi motor.....	15
2.12. Penggunaan Daya dan Biaya Operasional	15
2.13. <i>Inverter</i>	15

2.14. Metode <i>Starting</i> Motor Induksi.....	16
2.14.1. <i>Variable Frequency Drive</i> (VFD)	16
2.15. Menghitung Faktor Koreksi.....	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1. Waktu dan Tempat	19
3.2. Alat dan Bahan.....	19
3.3. Langkah-langkah Penelitian.....	20
3.3.1. Diagram Alur Perhitungan.....	25
BAB V KESIMPULAN.....	57

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 KA Babaranjang	7
Gambar 2.2 <i>Positioner</i>	9
Gambar 2.3 <i>Rotary Car Dumper</i>	9
Gambar 2.4 Skema Operasional <i>Positioner</i>	10
Gambar 2.5 Motor yang difungsikan untuk menggerakkan <i>positioner</i> dan dihubungkan dengan <i>gearbox</i>	14
Gambar 2.6 Rangkaian <i>Inverter</i> Jembatan Tiga Fasa.....	16
Gambar 2.7 Kurva Karakteristik Kendali VFD.....	17
Gambar 3.1 <i>Wiring</i> Diagram Kendali Motor pada <i>Positioner</i>	21
Gambar 3.2 VFD.....	22
Gambar 3.3 Skema Pengambilan Data Kecepatan <i>Positioner</i>	23
Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir	24
Gambar 3.5 Menghitung Efisiensi dan <i>Slip</i> Motor	25

Gambar 3.6 Menghitung Arus dengan Metode VFD	26
Gambar 3.7 Menghitung Penggunaan Daya dan Biaya Operasional.....	27

DAFTAR NOTASI

i = Rasio <i>Gearbox</i>	P_1 = Daya <i>input</i> motor (Watt)
n_s = kecepatan Sinkron (rpm)	V = Tegangan <i>input</i> (V)
f = frekuensi (Hz)	I = Arus <i>input</i> (A)
p = jumlah kutub	$\cos \theta$ = Faktor daya
n_r = kecepatan rotor (rpm)	P_2 = Daya 2 Buah Panel (Watt)
x = Jarak Tempuh (m)	a = Percepatan (m/s^2)
π = Konstanta (3,14)	F = Gaya (N)
d = diameter <i>gear</i> motor (m)	m = Massa (Kg)
s = <i>Slip</i> (%)	τ_g = Torsi <i>Gearbox</i> (Nm)
v = Kecepatan (m/s)	v_1 = Kecepatan Akhir (m/s)
x_1 = Jarak akhir (m)	v_2 = Kecepatan Awal (m/s)
x_0 = Jarak Awal (m)	r_g = Jari-jari <i>Gearbox</i> (m)
n_g = Kecepatan Putar <i>Gearbox</i> (rpm)	P_{og} = Daya <i>output</i> <i>Gearbox</i> (Watt)
	P_{om} = Daya <i>output</i> motor (Watt)

Eff_g = Effisiensi *Gearbox* (%)

Eff_m = Effisiensi motor (%)

P_n = Total Penggunaan Daya untuk pendorongan ke-n (kWh)

ΣP_1 setiap pencuplikan =

Jumlah Daya *input* motor tiap pencuplikan

$n_{\text{pencuplikan}}$ = Banyaknya Pencuplikan

$t_{\text{operasi/jam}}$ = Waktu Operasi dalam Jam

$Cost_n$ = Biaya untuk Pendorongan ke-n (Rp.)

n_t = Jumlah data yang akan diubah

n_t' = Jumlah data setelah diubah

x'_n = Titik pengambilan data setelah diubah

t'_n = Data ke- (0, 1, 2, ..., n_t')

nilai' = nilai data setelah diubah

nilai₀ = nilai batas bawah pada titik x'_n

nilai₁ = nilai batas atas pada titik x'_n

x'_1 = batas atas pada titik x'_n

x'_0 = batas bawah pada titik x'_n

x'_0 = batas bawah pada titik x'_n

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

PT Bukit Asam (Persero) Tbk. sebagai salah satu industri penghasil tambang batu bara terbesar di Indonesia dituntut mampu memenuhi kebutuhan energi listrik yang akan terus berkembang dengan pesatnya. Hal ini menjadikan kemoderenan mesin produksi pertambangan yang dapat mempengaruhi ketersediaan batu bara dalam jangka waktu cepat ini perlu diperhatikan. Pada proses pengolahan tambang batu bara di PT Bukit Asam (Persero) Tbk. ini hampir seluruh peralatan produksi menggunakan motor induksi sebagai penggerakannya. Motor induksi merupakan salah satu komponen penting dalam sistem penyaluran batu bara hingga ke konsumen. Motor dalam dunia industri merupakan alat yang sangat diperlukan untuk menggerakkan berbagai peralatan baik yang sifatnya ringan maupun berat, dengan kecepatan tinggi atau rendah sesuai dengan yang dikehendaki. Salah satu aplikasinya yaitu motor induksi memegang peranan yang sangat penting dalam pengoperasian *positioner*.

Positioner adalah alat yang berfungsi untuk menggerakkan gerbong batu bara rangkaian panjang (babaranjang) pada saat lokomotif meninggalkannya di *rotary car dumper* (RCD). *Positioner* digerakkan oleh motor induksi dengan kapasitas 4x110 kW yang dikendalikan menggunakan *variable frequency drive* (VFD) yang tersusun oleh komponen utama berupa PLC dan *inverter*. *Positioner* sendiri bertugas untuk menggerakkan 60 gerbong babaranjang dengan berat masing-masing gerbong $\pm 52,5$ ton dan muatan total ± 3000 ton batu bara. Pembebanan yang besar pada motor induksi untuk menggerakkan *positioner* menuntut keandalan motor yang sangat tinggi, sehingga perlu adanya manajemen dalam pengoperasian motor.

Dengan adanya manajemen operasional motor ini, maka akan diperoleh parameter-parameter *setting inverter* untuk mengatur durasi dan efisiensi pengoperasian motor yang disesuaikan dengan beban dan kapasitas total motor, serta kompensasi yang diperlukan untuk setiap perubahan durasi pengoperasian motor. Hal ini akan dilakukan dalam penelitian dengan judul “Manajemen Operasional Motor AC Drive pada *Positioner* Studi Kasus di PT Bukit Asam (persero) Tbk. Unit Pelabuhan Tarahan”, sehingga akan adanya literatur yang menjadi standar operasional motor pada *positioner* guna meningkatkan produksi dan menurunkan biaya produksi perusahaan. Selain itu dengan adanya komparasi terhadap sistem yang ada, maka akan diperoleh penilai keandalan terhadap sistem.

1.2. Tujuan Penelitian

Pada penelitian ini, terdapat beberapa tujuan yaitu :

1. Melakukan *monitoring* kinerja motor dan perubahan *setting* operasional dengan 4 motor.
2. Melakukan analisa terhadap kemampuan operasional *positioner* jika bekerja dengan 3 dan 2 motor.

1.3. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dapat tercapai dalam penelitian ini adalah :

1. Memperoleh titik efisien operasional motor pada *positioner* dengan 4 motor beserta parameter-parameter *setting inverter* dan kompensasi biaya operasional.
2. Mengetahui kemampuan operasional *positioner* jika bekerja dengan 3 dan 2 motor.

1.4. Rumusan Masalah

Dengan masalah yang telah dijelaskan pada bagian latar belakang, penulis merumuskan masalah yang ada, yaitu :

1. Bagaimana cara menentukan parameter-parameter baru sebagai *input inverter* dalam mengendalikan motor pada *positioner*.
2. Bagaimana cara memperoleh estimasi operasional *positioner* jika bekerja dengan 3 dan 2 motor.

1.5. Batasan Masalah

Pada penulisan ini pembahasan dibatasi pada :

1. Hanya melakukan perubahan *setting input inverter* untuk *positioner* yang bekerja dengan 4 motor pada saat menggunakan *main arm*.
2. Melakukan estimasi operasional *positioner* jika bekerja dengan 3 dan 2 motor pada *setting default*.

1.6. Hipotesis

Hipotesis penelitian ini bahwa *setting default* pada *inverter* sebagai kendali motor pada *positioner* memiliki nilai yang efisiensi yang baik dalam performa motor dan biaya operasional, serta *positioner* dapat bekerja dengan 3 motor pada *setting default* namun meragukan jika bekerja dengan 2 motor.

1.7. Sistematika Penulisan

1. BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, tujuan tugas akhir, batasan masalah, manfaat tugas akhir, hipotesis, dan sistematika penulisan.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini memeparkan beberapa teori pendukung dan referensi materi tugas akhir yang diambil dari berbagai sumber buku dan penelitian ilmiah yang digunakan dalam penulisan laporan tugas akhir ini.

3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini memaparkan waktu dan tempat, alat dan bahan, metode, dan pelaksanaan serta pengamatan dalam tugas akhir ini.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan hasil data perhitungan dan pembahasan dari tugas akhir ini.

5. BAB V KESIMPULAN

Pada bab ini menjelaskan kesimpulan yang didasarkan pada data hasil dan pembahasan dari tugas akhir ini.

BAB II DASAR TEORI

2.1. Definisi Manajemen dan Manajemen Operasional

Menurut Henry Fayol dalam bukunya “*General Industrial Management*” manajemen adalah proses tertentu yang terdiri dari kegiatan merencanakan, mengorganisasikan, menggerakkan sumber daya manusia dan pengendalian dalam rangka mencapai tujuan. Manajemen operasional adalah suatu usaha pengelolaan secara maksimal penggunaan semua faktor produksi yang ada baik itu tenaga kerja (SDM), mesin, peralatan, *raw material* (bahan mentah) dan faktor produksi yang lainnya dalam proses transformasi untuk menjadi berbagai macam produk barang atau jasa. Hal-hal yang dapat dilakukan dalam manajemen operasional adalah melaksanakan seluruh fungsi dari proses manajemen berupa *planning* (perencanaan), *organizing* (pengorganisasian), pembentukan staff, kepemimpinan serta pengendalian [1].

2.2. Kereta Api Batu Bara Rangkaian Panjang (KA Babaranjang)

KA Babaranjang adalah nama sebuah rangkaian kereta api pengangkut batu bara di Sumatera Selatan. KA Babaranjang merupakan kereta jenis barang yang mengangkut batu bara milik PT Bukit Asam (persero) Tbk. sebagai wujud kerjasama antara PT Bukit Asam (persero) Tbk. dengan PT Kereta Api Indonesia. KA ini disebut-sebut sebagai KA terpanjang di Indonesia karena menarik 60 gerbong seperti terlihat dalam Gambar 2.1 Panjang masing-masing gerbong 14,8 meter dan berat 52,5 ton. Gerbong babaranjang digerakkan oleh 2 lokomotif dengan tenaga 2 x 2.450 HP (*horse power*) untuk membawa muatan sekitar 3.000 ton batu bara atau 50 ton tiap gerbongnya. KA Babaranjang mengangkut batu bara dari Tanjung Enim ke Tarahan dengan jarak tempuh \pm 420 km dan frekuensi 11 kali pengiriman tiap harinya [2][3].

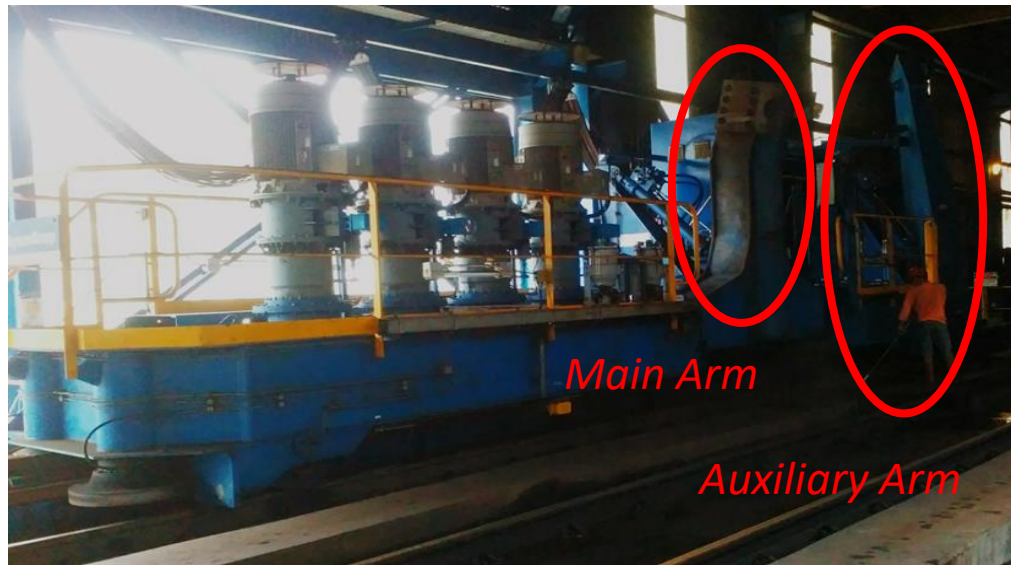


Gambar 2.1 KA Babaranjang

2.3. Positioner

Positioner adalah alat yang berfungsi menggerakkan gerbong babaranjang yang ditinggalkan lokomotif di *rotary car dumper* (RCD) dan memasukkannya ke *dumper* (pembalik gerbong) secara bertahap. *Positioner* dapat dikendalikan secara manual oleh operator atau secara otomatis dengan bantuan PLC (*Programmable Logic Control*). Gambar 2.2 menunjukkan *positioner* berada di atas rel bergerigi yang terkopel dengan *gear motor AC drive*.

Positioner digerakkan oleh 4 buah motor *AC drive* dengan metode VFD (*Variable Frequency Drive*) untuk *starting*-nya. *Positioner* berkapasitas daya 4x110 kilowatt (kW), memiliki berat ± 100 ton dan menggunakan 2 buah lengan (*arm*) yang berfungsi sebagai pengait antara *positioner* dan babaranjang, dengan penggerak *arm* berupa pompa hidrolis. Kedua *arm* ini memiliki fungsi yang berbeda, dimana *arm* jenis 1 (*main arm*) difungsikan saat beroperasi pada pendorongan ke-1 sampai ke-29, dan *arm* jenis 2 (*auxiliary arm*) difungsikan saat beroperasi pada pendorongan terakhir. Gambar 2.3 menunjukkan RCD yang merupakan lokasi pembongkar muatan batu bara. Dalam sekali beroperasi, *positioner* mendorong 2 gerbong babaranjang sekaligus ke dalam *dumper*. Proses pengaitan *arm* dibantu oleh *position sensor* yang memberikan instruksi digerakkannya *arm* apabila sinar *laser* dari sensor mengenai plat logam khusus yang diletakkan di seberang babaranjang. Selama beroperasi, *positioner* akan membunyikan *alarm* operasi dan menghidupkan lampu operasi sebagai indikator dan salah satu prosedur standar keselamatan [3][4].



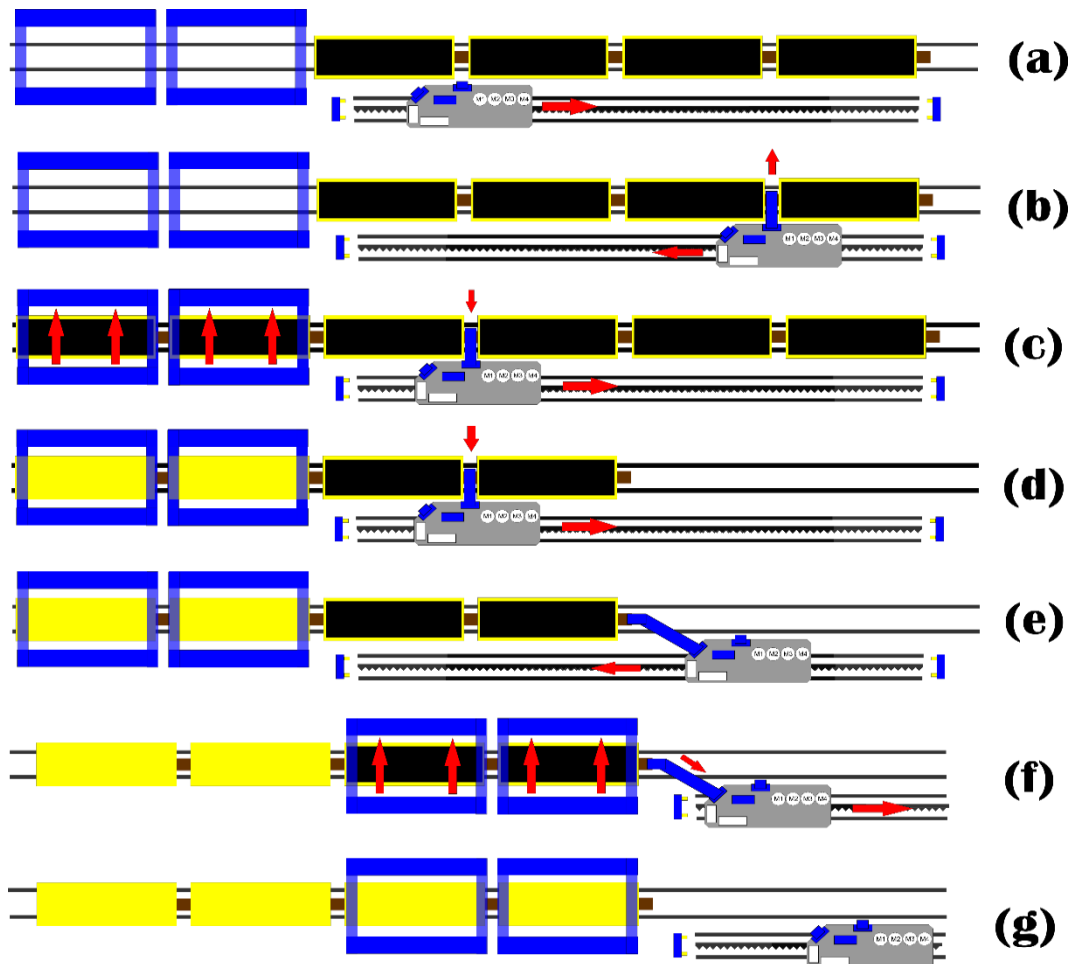
Gambar 2.2 *Positioner*



(a) RCD Unit 1 dan 2

(b) RCD Unit 3 dan 4

Gambar 2.3 RCD (*Rotary Car Dumper*)



Gambar 2.4 Skema Operasional *Positioner*

Gambar 2.4 menunjukkan skema operasional *positioner*. Adapun tahapan operasional *positioner* adalah sebagai berikut :

- (a) Kondisi awal saat lokomotif meninggalkan gerbong babaranjang di RCD dan *positioner* mulai beroperasi
- (b) Saat *positioner* berada pada posisi yang tepat, *positioner* menurunkan *main arm* dan mendorong gerbong menuju *dumper*
- (c) Proses *dumping* (pembongkaran) berlangsung, *positioner* mengangkat *main arm* dan kembali keposisi (b), proses (b) dan (c) akan terus berulang sampai pada pengoperasian gerbong ke-59

- (d) Kondisi saat pengoperasian gerbong ke-59, *positioner* mengangkat *main arm* dan menuju posisi yang berbeda dengan posisi (b)
- (e) *Positioner* berada di posisi yang tepat dan menurunkan *auxiliary arm* lalu mendorongnya menuju *dumper*
- (f) Proses *dumping* berlangsung, *positioner* mengangkat *auxiliary arm* dan kembali keposisi (a)
- (g) *Positioner* berada diposisi awal sebelum beroperasi dan *positioner* dimatikan

2.4. Motor Induksi

Motor induksi merupakan motor arus bolak-balik (AC) yang paling banyak digunakan, hal ini karena kesederhanaan dan konstruksinya yang kuat serta karakteristik kerjanya yang baik. Motor ini bekerja berdasarkan induksi medan magnet *stator* ke *rotor*-nya, dimana arus *rotor* diperoleh dari arus yang terinduksi akibat adanya perbedaan relatif antara putaran *rotor* dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus *stator*. Motor induksi yang umum dipakai adalah motor induksi 3-fasa dan motor induksi 1-fasa. Motor induksi 3-fasa dioperasikan pada sistem 3-fasa dan banyak digunakan di dalam berbagai bidang industri, sedangkan motor induksi 1-fasa dioperasikan pada sistem 1-fasa dan banyak digunakan pada peralatan rumah tangga [5].

2.5. Gearbox

Gearbox merupakan suatu alat khusus yang diperlukan untuk menyesuaikan daya atau torsi dari motor yang berputar, dan merupakan alat pengubah daya dari motor yang berputar menjadi tenaga yang lebih besar. *Gearbox* memanfaatkan rasio antara gigi yang digerakkan (*driven gear*) dan gigi yang menggerakkan (*drive gear*) [6].

$$i = \frac{\text{driven gear}}{\text{drive gear}} \quad (2.1)$$

2.6. Kecepatan Motor Induksi

Kecepatan motor induksi tiga fasa sangat ditentukan oleh jumlah kutub pada *stator* dan frekuensi sumber tegangan yang dirumuskan sebagai berikut [7] :

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

Sedangkan untuk menghitung kecepatan motor dapat menggunakan alat ukur kecepatan (*tachometer*) atau menggunakan persamaan-persamaan berikut ini :

$$n_r = \frac{x}{60 \times \text{keliling gear motor}} = \frac{x}{60 \times \pi \times d} \quad (2.3)$$

2.7. Slip Motor

Selisih antara kecepatan *rotor* dan kecepatan sinkron disebut *slip*. *Slip* dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut [7][8] :

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\% \quad (2.4)$$

Apabila sebuah motor yang dihubungkan dengan *gearbox*, nilai n_r dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$v = \frac{\text{Jarak tempuh}}{\text{Waktu Tempuh}} = \frac{x_1 - x_0}{t} \quad (2.5)$$

$$n_g = \frac{v \times 60}{\pi \times d} \quad (2.6)$$

$$n_r = n_g \cdot i \quad (2.7)$$

2.8. Daya Input Motor

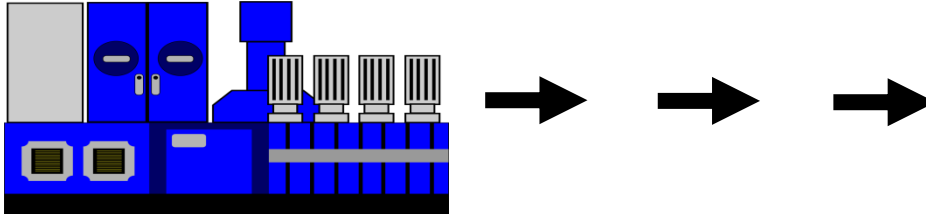
Daya *input* motor (P_1) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut[7]:

$$P_1 = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \theta \quad (2.8)$$

Apabila terdapat 2 buah panel, maka $P_2 = P_1 \times 2$ (2.9)

2.9. Torsi

Gambar 2.5 menunjukkan *positioner* yang digerakkan dengan 4 motor dan dihubungkan dengan *gearbox*.



Gambar 2.5 Motor yang difungsikan untuk menggerakkan *positioner* dan dihubungkan dengan *gearbox*

Apabila sebuah motor difungsikan untuk menggerakkan sebuah benda dan dihubungkan dengan *gearbox*, maka torsi *gearbox* (τ_g) dapat dihitung dengan persamaan berikut [7][8]:

$$a = \frac{v_1 - v_0}{t} \quad (2.10)$$

$$F = \frac{1}{2} \times \frac{m \cdot v^2}{x} \quad (2.11)$$

$$\tau_g = F \cdot r_g \quad (2.12)$$

2.10. Daya Output Motor

Daya *output* motor dapat dihitung dengan persamaan berikut [7][8]:

$$P_{og} = \frac{\tau_g \times n_g \times 756}{5250} \quad \dots(2.13)$$

$$P_{om} = \frac{P_{og}}{i \times Eff_g} \quad (2.14)$$

2.11. Effisiensi motor

Effisiensi motor ditentukan oleh nilai rugi-rugi yang muncul dan disebabkan oleh perubahan pada rancangan motor dan kondisi operasi [7].

$$Eff_m = \frac{P_{0m}}{P_2} \times 100 \% \quad (2.15)$$

2.12. Penggunaan Daya dan Biaya Operasional

Karena penggunaan daya yang berubah tiap satuan waktu, maka perlu dibuat suatu persamaan yang merepresentasikan penggunaan daya tiap kali motor beroperasi, guna memperoleh penggunaan daya secara keseluruhan dan biaya operasional yang dibutuhkan [9].

$$P_n = \frac{\Sigma P_1 \text{ setiap pencupikan}}{n_{\text{pencuplikan}}} \times t_{\text{operasi/jam}} \quad (2.16)$$

$$\text{Cost}_n = P_n \times \text{tarif listrik per kWh} \quad (2.17)$$

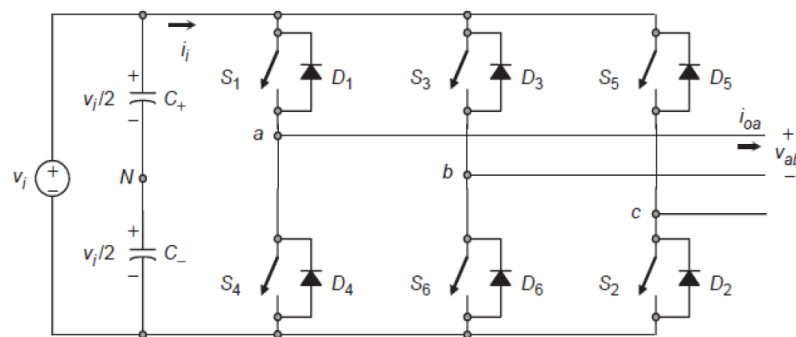
$$\text{Cost} = \Sigma \text{Cost}_n \quad (2.18)$$

2.13. Inverter

Inverter merupakan suatu rangkaian yang digunakan untuk mengubah sumber tegangan DC atau tegangan AC tetap menjadi sumber tegangan AC dengan frekuensi tertentu. Komponen semikonduktor daya yang digunakan dapat berupa SCR, transistor, dan MOSFET yang beroperasi sebagai sakelar dan pengubah.

Inverter dapat diklasifikasikan dalam dua jenis, yaitu: *inverter* satu fasa dan *inverter* tiga fasa.

Gambar 2.6 merupakan rangkaian dasar *inverter* jembatan tiga-fasa dengan beban resistif. Dalam rangkaian ini diperlukan dua buah kapasitor untuk menghasilkan titik N agar tegangan pada setiap kapasitor $V_i/2$ dapat dijaga konstan. Terdapat tiga sisi sakelar, yaitu sakelar S_1 dan S_4 , S_3 dan S_6 , serta S_5 dan S_2 . Masing-masing sakelar, S_1 dan S_4 , atau S_3 dan S_6 , atau S_5 dan S_2 , tidak boleh bekerja secara serempak/ simultan, karena akan terjadi hubung singkat rangkaian. Kondisi ON dan OFF dari kedua sisi sakelar ditentukan dengan teknik modulasi, dalam hal ini menggunakan prinsip PWM [10].



Gambar 2.6 Rangkaian *Inverter* Jembatan Tiga Fasa

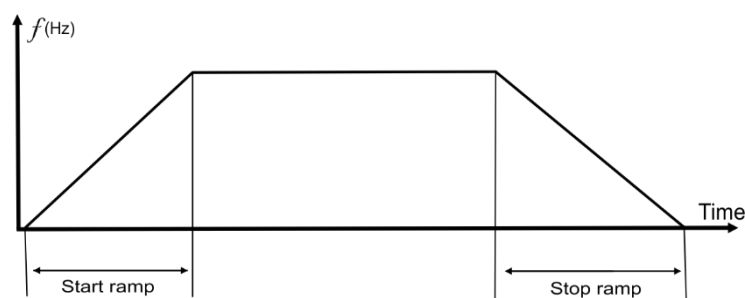
2.14. Metode *Starting* Motor Induksi

2.14.1. *Variable Frequency Drive* (VFD)

VFD memiliki beberapa nama lain, yaitu: *variable speed drive* (VSD), *AC drive* dan *inverter*. VFD terdiri dari 2 bagian utama yaitu penyearah tegangan AC ke DC dan bagian kedua adalah membalikan dari tegangan DC ke AC dengan

frekuensi yang diinginkan. VFD memanfaatkan sifat motor sesuai dengan rumus pada persamaan (2) [11].

Dengan demikian jika frekuensi motor ditingkatkan maka akan meningkatkan kecepatan motor, sebaliknya dengan memperkecil frekuensi akan memperlambat kecepatan motor. VFD bekerja dengan mengatur durasi mulai (*start ramp*) dan durasi berhenti (*stop ramp*) seperti terlihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.7 Kurva Karakteristik Kendali VFD

Beberapa parameter kendali yang umum dipergunakan adalah sebagai berikut:

1. *Display* : Untuk mengatur parameter yang ditampilkan pada *keypad display*.
2. *Control* : Untuk menentukan jenis *control local/ remote*.
3. *Speed Control* : Untuk menentukan jenis *control* frekuensi *reference*.
4. *Voltage* : Tegangan *supply inverter*.
5. *Base Freq.* : Frekuensi tegangan *supply*.
6. *Lower Freq.* : Frekuensi operasi terendah.
7. *Upper Freq.* : Frekuensi operasi tertinggi.
8. *Stop mode* : *Stop* bisa dengan *breaking*, penurunan frekuensi dan dilepas seperti *starter DOL/ Y-D*.
9. *Acceleration* : *Setting* waktu percepatan.

10. *Deceleration* : *Setting* waktu perlambatan.
11. *Overload* : *Setting* pembatasan arus.
12. *Lock* : Penguncian *setting* program.

2.15. Menghitung Faktor Koreksi

Dalam pengukuran nilai terdapat kemungkinan ketidak akuratan dengan nilai berdasarkan perhitungan, sehingga perlu mempertimbangkan adanya faktor koreksi. Faktor koreksi diperoleh dengan persamaan berikut :

$$\text{Faktor koreksi} = \frac{\text{Nilai Berdasarkan Pengukuran atau Pengamatan}}{\text{Nilai Berdasarkan Perhitungan}} \quad (2.19)$$

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Tugas akhir ini dilaksanakan dari bulan Maret 2019 hingga November 2019 yang bertempat di Laboratorium Komputer, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung dan di PT Bukit Asam (persero) Tbk. Unit Pelabuhan Tarahan.

3.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada pengerjaan tugas akhir ini seperti: satu unit personal komputer dengan spesifikasi *Intel(R) HD Graphics (Core i3)*, dengan kapasitas memori sebesar 4096 MB RAM, dan menggunakan OS *Windows 10 Pro 64-bit*; perangkat lunak *VideoPad* sebagai *video editor*; perangkat lunak *Ms. Excel* sebagai pengolah data; kamera dengan resolusi minimal 12 *Megapixel*; *tripod* kamera; lampu *lighting*; tiang penanda atau patok; *laser meter distance*.

3.3. Langkah-langkah Penelitian

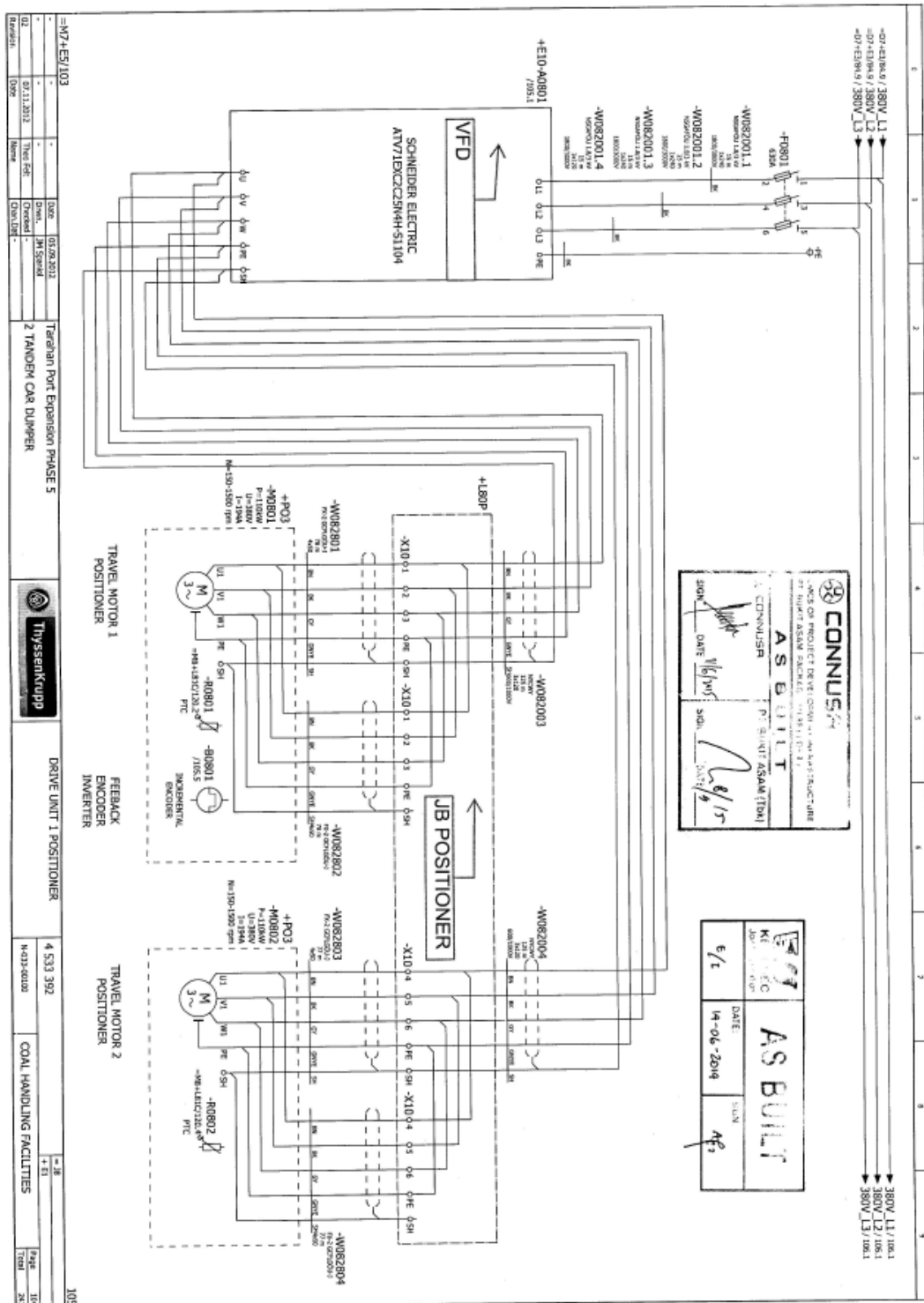
Langkah-langkah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Pada tahap ini, dipelajari dan dikumpulkan literatur mengenai analisis performa motor induksi, selanjutnya dipelajari cara kerja *positioner*, hubungan antara torsi motor dan momen gaya pada beban, dan dipelajari cara pemodelan kendali motor induksi. Literatur tersebut dari beberapa sumber dan referensi ilmiah, seperti buku motor induksi, jurnal ilmiah, dan laporan-laporan penelitian terdahulu.

2. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan data yang berasal dari data operasional motor induksi pada *positioner* yang ter-*display* pada *inverter* dan visual pergerakan *positioner* di PT Bukit Asam (persero) Tbk. Unit Pelabuhan Tarahan, lalu mengolah data tersebut untuk melakukan manajemen *positioner*. Langkah awal yang dilakukan adalah memahami *wiring* diagram kendali motor pada *positioner* seperti pada Gambar 3.1. Pada Gambar 3.1 ditunjukkan bahwa 1 buah panel VFD mengontrol 2 buah motor. *Positioner* digerakkan menggunakan 4 buah motor, sehingga terdapat 2 buah panel VFD. Sebuah panel VFD terhubung dengan jaringan 3 fasa melalui MCCB (*Moulded Case Circuit Breaker*) dengan batas arus sebesar 700 A.



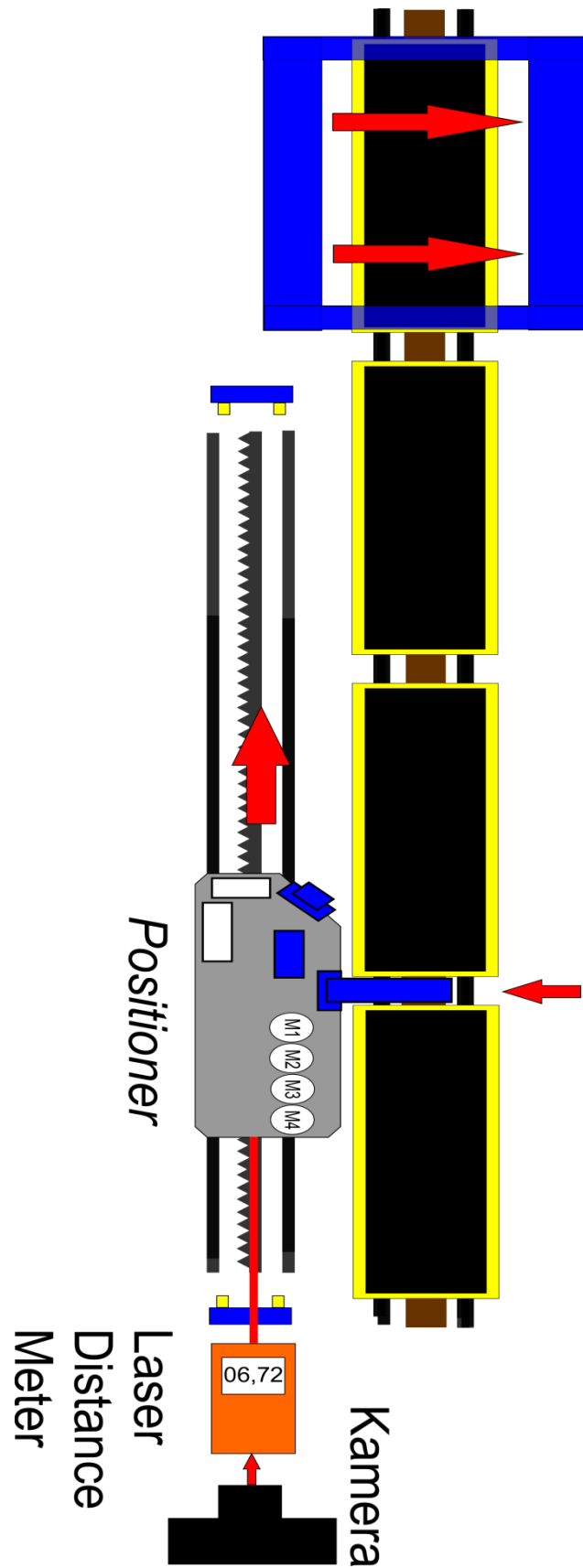
Gambar 3.1 Wiring Diagram Kendali Motor pada Positioner

Langkah kedua adalah dilakukan perekaman data yang terdisplay pada VFD seperti ditunjukkan pada Gambar 3.2. Data yang terdisplay pada monitor *inverter* berupa tegangan *suply*, arus motor dan frekuensi referensi (frekuensi *input* motor).



Gambar 3.2 VFD

Langkah ketiga adalah dilakukan perekaman jarak tempuh *positioner* dalam beroperasi seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3. Perekaman ini memanfaatkan *laser meter distance* yang diletakkan di atas rel dan sejajar dengan *positioner*. *Laser meter distance* akan menembakkan sinar *laser* yang akan mengukur setiap perubahan jarak tempuh dari *positioner*.

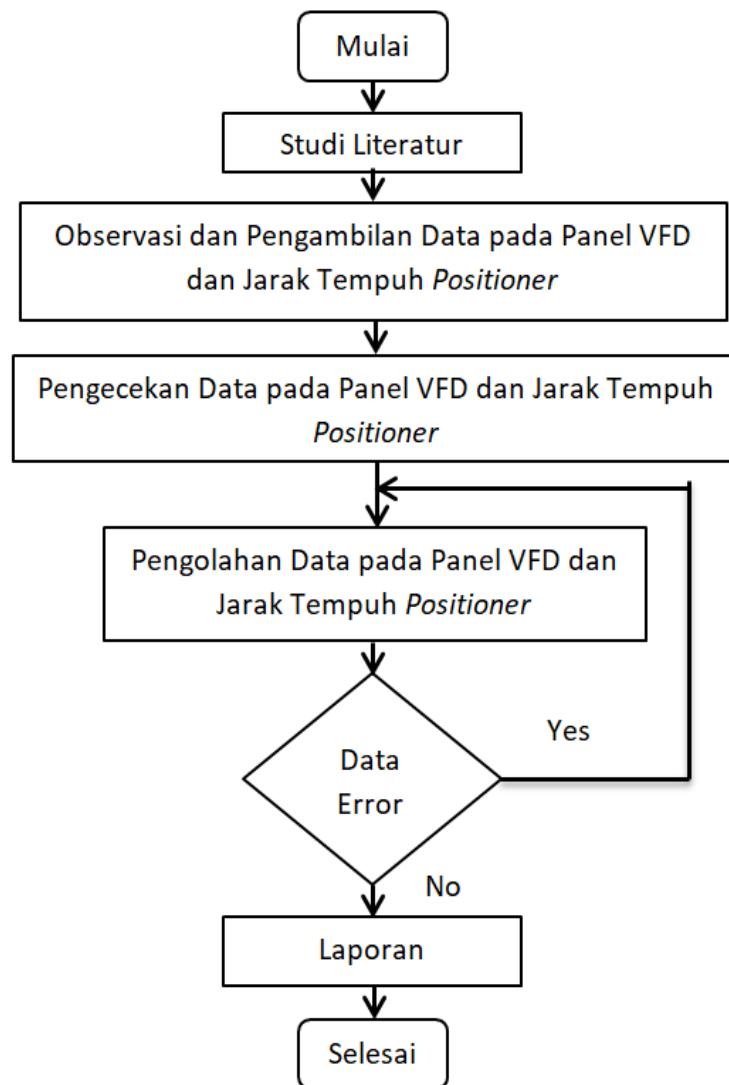


Gambar 3.3 Skema Pengambilan Data Kecepatan *Positioner*

3. Pembuatan Laporan

Pada tahap ini, dituliskan laporan akhir yang berisikan data-data yang telah diperoleh dari hasil analisa yang kemudian diambil kesimpulan sesuai dengan apa yang diperoleh dalam jalannya penelitian ini.

Tahap-tahap pelaksanaan dalam kegiatan tugas akhir ini seperti pada Gambar 3.4.



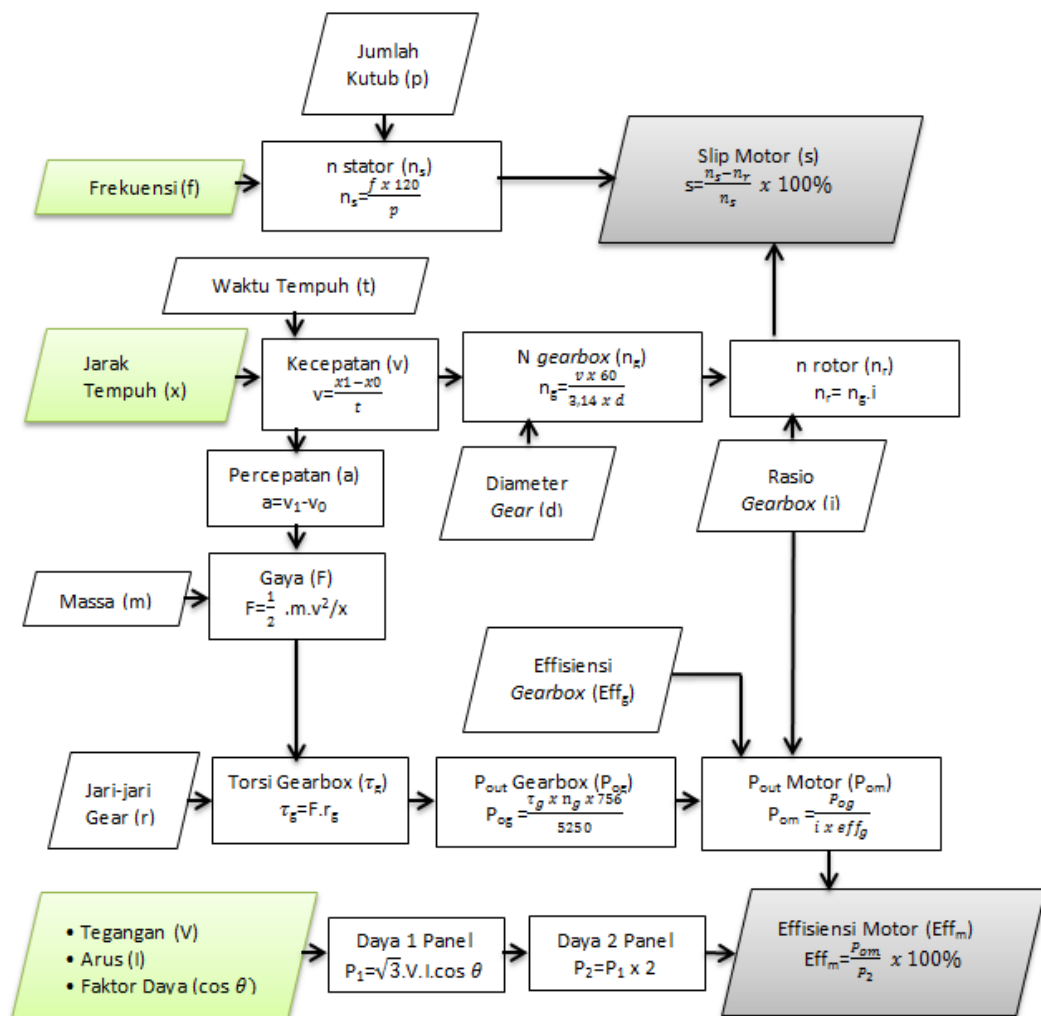
Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir

3.3.1. Diagram Alur Perhitungan

Adapun program yang akan dibuat mengacu pada diagram alur berikut :

a. Menghitung efisiensi motor dan *slip* pada kondisi *default*

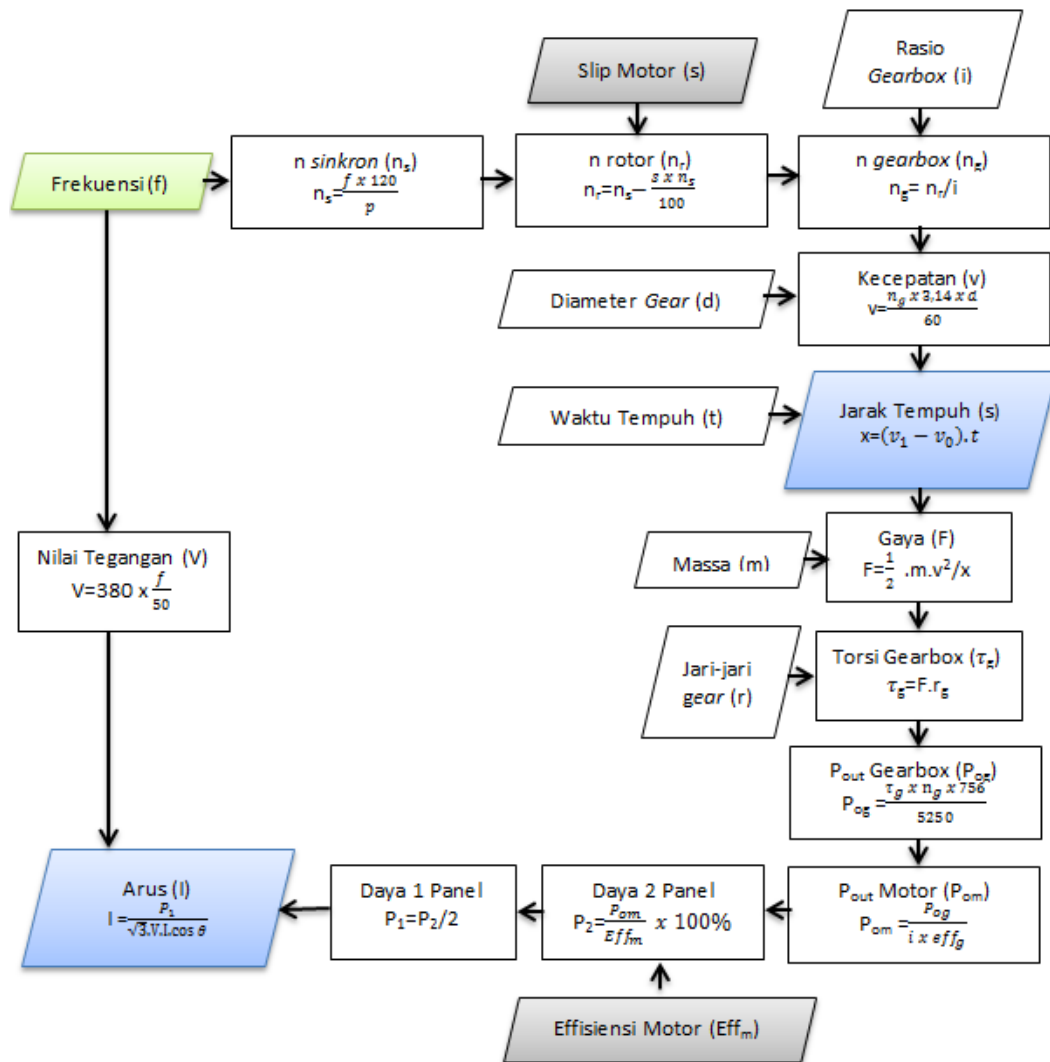
Data yang dibutuhkan untuk menghitung efisiensi dan *slip* motor adalah data *display* panel VFD berupa frekuensi, tegangan dan arus, jarak tempuh *positioner* yang terukur pada *laser meter distance*, serta data tambahan berupa jumlah kutub motor, waktu tempuh *positioner*, massa babaranjang, diameter *driven gearbox*, rasio *gearbox*, efisiensi *gearbox* dan jari-jari *gear driven*.



Gambar 3.5 Menghitung Efisiensi dan *Slip* Motor

b. Mengubah *setting* operasional motor

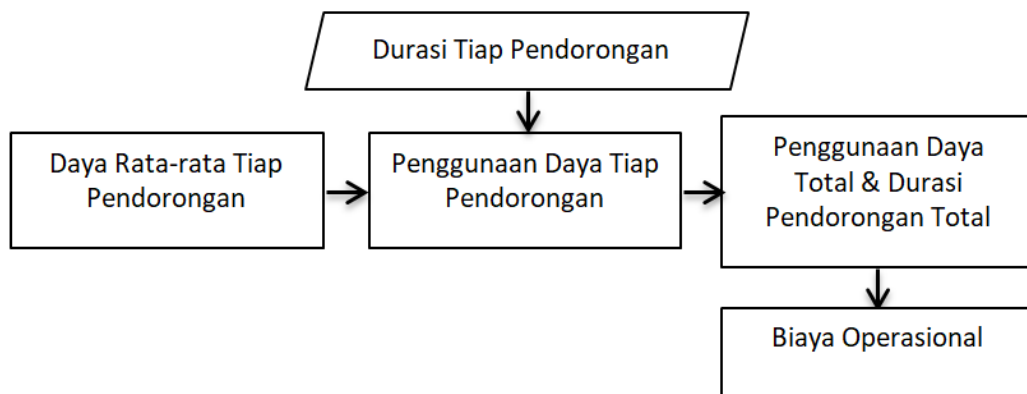
Pada tahap ini, *setting* yang diubah adalah durasi operasional, durasi percepatan dan pengereman. Nilai *input* efisiensi dan *slip* mengacu pada nilai yang diperoleh dari alur program pada Gambar 3.5.



Gambar 3.6 Menghitung Arus dengan Metode VFD

c. Menghitung penggunaan daya dan biaya operasional

Gambar 3.7 merupakan alur perhitungan penggunaan daya dan biaya operasional. Tahapan ini dimulai dengan menghitung penggunaan daya tiap pendorongan yang diperoleh dari daya rata-rata tiap pendorongan dan durasi tiap pendorongan. Penggunaan daya total dan durasi total pendorongan merupakan penjumlahan dari pendorongan ke-1 sampai ke-30. Biaya operasional dapat dihitung dengan mengkalikan penggunaan daya total, durasi pendorongan total dan biaya listrik per kWh.



Gambar 3.7 Menghitung Penggunaan Daya dan Biaya Operasional

BAB V KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. *Setting default positioner* adalah $f_{maks} = 41,3$ Hz dengan $t_{starting}$ D1, D2 dan D3 berturut-turut adalah 24, 21 dan 17 detik. *Positioner* bekerja selama 1813 detik, dengan konsumsi daya sebesar 163.106,88 kWh, arus maksimum *starting* 688,6 A, arus *stop* maksimum 691,9 A dan efisiensi sebesar 56,47 %
2. Perubahan *setting* yang direkomendasikan adalah *setting* dengan skema 4, yaitu $f_{maks} = 41,3$ Hz dengan $t_{starting}$ D1, D2 dan D3 berturut-turut adalah 12, 9 dan 5 detik. *Positioner* bekerja selama 1649 detik, dengan konsumsi daya sebesar 152.481,51 kWh, arus maksimum *starting* 690,1 A, arus *stop* maksimum 691,9 A , efisiensi sebesar 66,1 % dan menghemat biaya operasional sebesar Rp. 11.005.545,8.
3. *Positioner* mampu beroperasi dengan 3 motor, dan sangat tidak direkomendasikan bekerja dengan 2 motor.