



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



SOLUSI BANGUN INDONESIA

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA – PT. SOLUSI BANGUN INDONESIA

RETROFIT SISTEM KONTROL PADA MESIN ***BELT WINDER*** MENGUNAKAN ***VARIABLE SPEED DRIVE (VSD)*** SIEMENS SINAMICS

LAPORAN TUGAS AKHIR

Oleh :
AHMAD LUTFI FIRMANSYAH
NIM. 2302315042

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

PROGRAM EVE

KERJASAMA PNJ – EVE PT. SOLUSI BANGUN INDONESIA
JURUSAN TEKNIK MESIN, PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN
KONSENTRASI REKAYASA INDUSTRI

TUBAN, 2026



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun



**SOLUSI BANGUN
INDONESIA**

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA – PT. SOLUSI BANGUN INDONESIA

***RETROFIT SISTEM KONTROL PADA MESIN *BELT WINDER*
MENGUNAKAN *VARIABLE SPEED DRIVE (VSD)* SIEMENS
SINAMICS***

LAPORAN TUGAS AKHIR

Laporan ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan
Diploma III Program Studi Rekayasa Industri Semen
Di Jurusan Teknik Mesin

Oleh :
AHMAD LUTFI FIRMANSYAH
NIM. 2302315042

PROGRAM EVE

**KERJASAMA PNJ – EVE PT. SOLUSI BANGUN INDONESIA
JURUSAN TEKNIK MESIN, PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN
KONSENTRASI REKAYASA INDUSTRI
TUBAN, 2026**

HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR

RETROFIT SISTEM KONTROL PADA MESIN *BELT WINDER* MENGUNAKAN *VARIABLE SPEED DRIVE (VSD)* SIEMENS SINAMICS

Oleh :

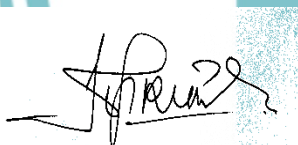
Ahmad Lutfi Firmansyah

NIM. 2302315042

Program Studi Diploma III Teknik Mesin Konsentrasi Rekayasa Industri Semen

Laporan Tugas Akhir telah Disetujui oleh pembimbing

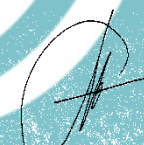
Pembimbing 1



Asep Apriana, S.T., M.Kom.

NIP. 196211101989031004

Pembimbing 2



Adhitya Yoga Guritna, S.T

NIK.62501701

Ketua Program Studi
Diploma Teknik Mesin



Nabila Yudisha, S.T., M. T.

NIP. 199311302023212045

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR

RETROFIT SISTEM KONTROL PADA MESIN *BELT WINDER* MENGUNAKAN *VARIABLE SPEED DRIVE* (VSD) SIEMENS

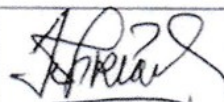
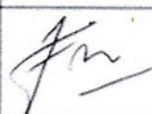
SINAMICS

Oleh :

Ahmad Lutfi Firmansyah
NIM. 2302315042

Program Studi Diploma III Teknik Mesin Konsentrasi Rekayasa Industri Semen
Telah berhasil dipertahankan dalam sidang Tugas Akhir dihadapan Dewan Penguji
pada tanggal 25 Juni 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar
Diploma III pada Program Studi Diploma III Teknik Mesin Konsentrasi Rekayasa
Industri Semen, Jurusan Teknik Mesin.

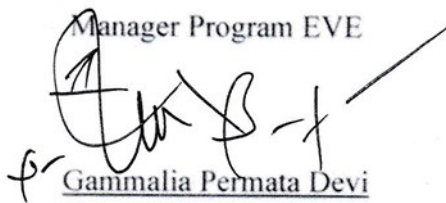
DEWAN PENGUJI

No	Nama	Posisi	Tanda Tangan	Tanggal
1	Asep Apriana, S.T.,M.Kom. NIP. 196211101989031004	Penguji 1		25 Juni 2026
2	Fajar Mulyana, S.T., M.T. NIP. 197805222011011003	Penguji 2		25 Juni 2026
3	Andri Iswanto NIK. 62501631	Penguji 3		25 Juni 2026
4	Muhammad Wisda Nugroho NIK. 62501695	Penguji 4		25 Juni 2026

Tuban, 25 Juni 2026

Disahkan Oleh:


 Ketua Jurusan Teknik Mesin
 Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si.
 NIP. 197602252000121002


 Manager Program EVE
 Gammalia Permata Devi
 NIK. 62501176

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ahmad Lutfi Firmansyah

NIM : 2302315042

Program Studi : Konsentrasi Rekayasa Industri

menyatakan bahwa yang dituliskan didalam Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri bukan hasil jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat didalam Laporan Tugas Akhir telah saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

**POLITEKNIK
NEGE
JAKA**

Tuban, 25 Juni 2026



Ahmad Lutfi Firmansyah

NIM. 2302315042



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI PENELITIAN UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Diploma III Program EVE kerjasama Politeknik Negeri Jakarta – PT Solusi Bangun Indonesia Tbk, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ahmad Lutfi Firmansyah
NIM : 2302315042
Jurusan : Teknik Mesin
Program Studi : Konsentrasi Rekayasa Industri
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada EVE, Program Kerjasama Politeknik Negeri Jakarta – PT Solusi Bangun Indonesia **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-exclusive Royalti-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

” RETROFIT SISTEM KONTROL PADA MESIN *BELT WINDER*

MENGGUNAKAN *VARIABLE SPEED DRIVE (VSD)* SIEMENS SINAMICS ”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif, EVE, Program Kerjasama Politeknik Negeri Jakarta – PT Solusi Bangun Indonesia Tbk berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Tuban, 25 Juni 2026

Yang menyatakan

Ahmad Lutfi Firmansyah

NIM. 2302315042

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

RETROFIT SISTEM KONTROL PADA MESIN *BELT WINDER* MENGGUNAKAN *VARIABLE SPEED DRIVE* (VSD) SIEMENS SINAMICS

Ahmad Lutfi Firmansyah¹, Asep Apriana², Adhitya Yoga Guritna³

¹ Program Studi Konsentrasi Rekayasa Industri, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik

Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

² Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

³ *Electricity Workshop / Utility* departement PT Solusi Bangun Indonesia Tuban

Plant

Email: lutfi.evel9@gmail.com

ABSTRAK

Mesin *belt winder* merupakan alat bantu yang digunakan dalam proses penggulangan dan penguluran *belt* pada *bucket elevator*. Pada kondisi sebelumnya, sistem kontrol mesin *belt winder* tidak dapat beroperasi secara optimal karena beberapa komponen pada panel kontrol lama sudah tidak tersedia, sehingga mesin tidak dapat digunakan sesuai kebutuhan operasional. Oleh karena itu, dilakukan *retrofit* sistem kontrol untuk mengembalikan fungsi mesin dengan sistem pengoperasian yang lebih aman, stabil, dan terkontrol. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem kontrol motor menggunakan *Variable Speed Drive (VSD) Siemens SINAMICS*, melakukan instalasi dan *parameterisasi* sesuai kebutuhan operasi mesin *belt winder*, serta menguji kinerja sistem setelah proses *retrofit*. Metode penelitian meliputi identifikasi masalah, studi lapangan dan literatur, pengumpulan data, perancangan sistem kontrol, pemilihan komponen, instalasi panel, *parameterisasi* VSD, hingga pengujian sistem. Sistem yang dirancang menggunakan motor induksi tiga fasa yang dikendalikan oleh *VSD Siemens SINAMICS* untuk mengatur kecepatan, arah putaran forward-reverse, percepatan, perlambatan, serta proteksi motor. Penggunaan VSD memungkinkan pengaturan frekuensi kerja motor secara fleksibel sesuai kebutuhan proses pengoperasian *belt winder*. Hasil pengujian *test run* menunjukkan bahwa VSD mampu bekerja pada rentang frekuensi 5 Hz hingga 50 Hz, dengan tegangan *output* meningkat dari 41 V hingga 367 V. Arus motor tertinggi sebesar 11,50 A masih berada di bawah arus nominal motor 22,5 A sehingga kondisi operasi tetap aman. Selain itu, putaran aktual motor pada frekuensi 50 Hz mencapai 1457 rpm dengan *Slip* berkisar 2,80%–3,67%, sedangkan putaran *output* gearbox mencapai 19,20 rpm. Dengan demikian, sistem kontrol hasil *retrofit* terbukti mampu bekerja sesuai perancangan dan berhasil mengembalikan fungsi mesin *belt winder*, sehingga dapat digunakan kembali untuk mendukung proses penggantian *belt* pada *bucket elevator* secara lebih fleksibel, stabil, dan aman.

Kata kunci: *RETROFIT*, sistem kontrol, *belt winder*, *elevator*, *Variable Speed Drive*, Siemens SINAMICS, motor induksi.

RETROFIT OF THE CONTROL SYSTEM ON A BELT WINDER USING A SIEMENS SINAMICS VARIABLE SPEED DRIVE (VSD)

Ahmad Lutfi Firmansyah¹, Asep Apriana², Adhitya Yoga Guritna³

¹ Program Studi Konsentrasi Rekayasa Industri, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

² Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

³ *Electricity Workshop / Utility* departement PT Solusi Bangun Indonesia Tuban Plant

Email: lutfi.eve19@gmail.com

ABSTRACT

A belt winder is a device used in the process of winding and unwinding belts on a elevator. Previously, the belt winder's control system could not operate optimally because several components on the old control panel were no longer available, preventing the machine from being used as required for operations. Therefore, a control system retrofit was carried out to restore the machine's functionality with a safer, more stable, and better-controlled operating system. This study aims to design a motor control system using a Siemens SINAMICS Variable Speed Drive (VSD), install and configure it according to the operational requirements of the belt winder, and test the system's performance following the retrofit. The research methods include problem identification, field and literature studies, data collection, control system design, component selection, panel installation, VSD configuration, and system testing. The designed system uses a three-phase induction motor controlled by the Siemens SINAMICS VSD to regulate speed, forward-reverse rotation direction, acceleration, deceleration, and motor protection. The use of the VSD allows for flexible adjustment of the motor's operating frequency according to the operational needs of the belt winder. Test run results showed that the VSD is capable of operating within a frequency range of 5 Hz to 50 Hz, with the output voltage ranging from 41 V to 328 V. The maximum motor current of 11.50 A remains below the motor's rated current of 22.5 A, ensuring safe operating conditions. Additionally, the motor's actual speed at 50 Hz reached 1,457 rpm with a slip ranging from 2.80% to 3.67%, while the gearbox's output speed reached 19.20 rpm. Thus, the retrofitted control system has proven capable of operating as designed and has successfully restored the belt winder's functionality, allowing it to be reused to support the belt replacement process on the elevator in a more flexible, stable, and safe manner.

Keywords: RETROFIT, control system, belt winder, elevator, Variable Speed Drive, Siemens SINAMICS, induction motor.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “*Retrofit Sistem Kontrol Pada Mesin Belt winder Menggunakan Variable speed drive (VSD) Siemens Sinamics*” dengan baik. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Diploma III Program Kerjasama Politeknik Negeri Jakarta dengan PT Solusi Bangun Indonesia Tbk pada Program Studi Konsentrasi Rekayasa Industri, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta. Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan laporan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga tercinta yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan motivasi baik secara moral maupun material selama penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
3. Ibu Gammalia Permata Devi selaku Manager Program EVE (Enterprise Based Vocational Education).
4. Ibu Nabila Yudhisa, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Diploma Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
5. Ibu Bayun Matsaany, S.Stat., M.Sc. selaku PIC Program EVE Cilacap
6. Bapak Asep Apriana, S.T., M.Kom. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, serta motivasi selama proses penyusunan laporan tugas akhir ini.
7. Bapak Adhitya Yoga Guritna dan Bapak Yovana Eka Ferdiansyah selaku pembimbing lapangan dan supervisor yang telah memberikan bimbingan, ilmu, serta pengalaman selama pelaksanaan dan penyusunan tugas akhir.
8. Bapak – bapak anggota *Electric Workshop & Utility* atas bimbingan dan ilmu yang telah diberikan selama spesialisasi di *Electric Workshop & Utility*.
9. Seluruh pihak, termasuk EVE Attendant, rekan-rekan EVE, kontraktor, serta karyawan PT Solusi Bangun Indonesia Tbk yang turut membantu dalam proses penyelesaian proyek tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki keterbatasan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan di masa yang akan datang. Akhir kata, semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca.

Tuban, 25 Juni 2026



Ahmad Lutfi Firmansyah

2302315042



- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun



DAFTAR ISI

RETROFIT SISTEM KONTROL PADA MESIN <i>BELT WINDER</i> MENGGUNAKAN <i>VARIABLE SPEED DRIVE</i> (VSD) SIEMENS SINAMICS...	1
RETROFIT SISTEM KONTROL PADA MESIN <i>BELT WINDER</i> MENGGUNAKAN <i>VARIABLE SPEED DRIVE</i> (VSD) SIEMENS SINAMICS....	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI PENELITIAN UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Batasan Masalah	6
1.4 Tujuan Pembuatan Tugas Akhir	6
1.4.1 Tujuan Umum	7
1.4.2 Tujuan Khusus	7
1.5 Manfaat	7
1.5.1 Bagi PT Solusi Bangun Indonesia	7
1.5.2 Bagi Politeknik Negeri Jakarta	8
1.6 Lokasi Tugas Akhir	8
1.7 Sistematika Penulisan	9

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

1.7.1 Bab 1 Pendahuluan	9
1.7.2 Bab 2 Tinjauan Pustaka.....	9
1.7.3 Bab 3 Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir	9
1.7.4 Bab 4 Hasil Dan Pembahasan	10
1.7.5 Bab 5 Kesimpulan dan Saran	10
1.7.6 Daftar Pustaka	10
1.7.7 Lampiran	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 Mesin <i>winder</i>	11
2.1.1 Fungsi Belt <i>winder</i> Dalam Industri.....	12
2.1.2 Prinsip Kerja Belt <i>winder</i>	12
2.1.3 Komponen Utama Belt <i>winder</i>	13
2.2 Sistem Kontrol	14
2.2.1 Tujuan Penggunaan Sistem Kontrol di Industri	14
2.2.2 Komponen Utama Sistem Kontrol.....	14
2.2.3 Jenis Sistem Kontrol	15
2.2.4 Aplikasi Sistem Kontrol Pada Mesin Industri.....	15
2.3 Komponen Pendukung Sistem Kontrol	16
2.3.1 Push Button.....	16
2.3.2 Selector Switch	17
2.3.3 MCB (Miniature Circuit Breaker)	18
2.3.4 Panel Kontrol	19
2.3.5 Kabel dan Sistem Pengkabelan	20
2.3.6 Kontaktor	21
2.3.7 Potensiometer.....	22
2.3.8 Power Supply Unit (PSU).....	23
2.4 Motor Listrik 3 Fasa (Induksi).....	23

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

2.4.1 Prinsip Kerja Motor Induksi	25
2.4.2 Komponen Utama Motor Induksi	26
2.5 Karakteristik Motor Induksi	28
2.6 <i>Variable speed drive</i> (VSD)	29
2.6.1 Prinsip Kerja VSD	31
2.6.2 Hubungan Frekuensi Dengan Kecepatan Motor	32
2.6.3 Fungsi VSD Dalam Sistem Kontrol	33
2.6.4 Jenis-Jenis VSD	34
2.7 VSD Siemens SINAMICS	35
2.7.1 Struktur Dan Cara Kerja SINAMICS G120	36
2.7.2 Integrasi Fungsi Control Unit dan Power Module	37
2.8 Spesifikasi Teknis SINAMICS PM250	38
2.9 <i>Software</i> SINAMICS <i>STARTER</i>	39
2.9.1 Fungsi Software Dalam Sistem Kontrol VSD	40
2.9.2 Tampilan Dan Fitur Utama SINAMICS <i>STARTER</i>	41
2.9.3 Proses Komisioning VSD Menggunakan SINAMICS <i>STARTER</i>	42
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	44
3.1 <i>Flow Chart</i> Pengerjaan	44
3.2 Penjelasan Diagram Alir Pelaksanaan Tugas Akhir	45
3.2.1 Mulai	45
3.2.2 Identifikasi Masalah	45
3.2.3 Studi Lapangan	46
3.2.4 Studi Literatur	48
3.2.5 Pengumpulan Data	48
3.2.6 Proses	49
3.2.7 Penyusunan Laporan Tugas Akhir	55
3.2.8 Selesai	56



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

3.3 Metode Pemecah Masalah	56
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	57
4.1 Kebutuhan Pengguna	57
4.2 Desain dan Perancangan Sistem Kontrol Mesin <i>winder</i>	58
4.2.1 Sistem Kontrol Konvensional Menggunakan Kontaktor	58
4.2.2 Sistem Kontrol Menggunakan Soft starter.....	59
4.2.3 Sistem Kontrol Menggunakan Variable speed drive (VSD)	60
4.3 Pemilihan Tipe <i>Variable speed drive</i> (VSD).....	63
4.3.1 SEW MOVIDRIVE MDX61B	63
4.3.2 Siemens SINAMICS G120 PM250 dengan CU240E-2 DP	65
4.4 Pembuatan Sistem Kontrol Mesin <i>belt winder</i>	67
4.4.1 Menentukan Prinsip Kerja Sistem Kontrol	67
4.4.2 Perancangan Perangkat Keras.....	70
4.4.3 Pemilihan Komponen Sistem Kontrol	73
4.4.4 Pembuatan Stand Panel Kontrol	81
4.5 Realisasi Sistem Kontrol Mesin <i>winder</i>	84
4.5.1 Pemasangan DIN Rail dan Ducting Kabel.....	84
4.5.2 Pemasangan Komponen pada Panel	85
4.5.3 Pemasangan Komponen pada Pintu Panel.....	86
4.5.4 Proses Wiring Panel Kontrol.....	86
4.5.5 Pemasangan Panel pada Stand Panel	87
4.5.6 Instalasi Sistem Kontrol pada Mesin Belt winder.....	88
4.5.7 Hasil Realisasi Sistem Kontrol	89
4.6 Konfigurasi dan Parameterisasi VSD Siemens SINAMICS G120 Menggunakan <i>Software STARTER</i>	90
4.6.1 Konfigurasi Power Unit pada Control Unit SINAMICS G120	91
4.6.2 Penentuan Power Class dan Spesifikasi.....	94

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

4.6.3 Konfigurasi Control Structure, I/O, dan Parameter Motor pada VSD Siemens SINAMICS Menggunakan Software STARTER	96
4.6.4 Going Online dengan Device.....	103
4.6.5 Akses Drive Navigator, Parameterisasi Lanjutan, dan Monitoring Sistem VSD Siemens SINAMICS Menggunakan Software STARTER	104
4.7 Pengujian Sistem Kontrol Motor Mesin <i>winder</i>	120
4.8 Pengujian Tegangan dan Pengkabelan	120
4.9 Hasil Pengujian Test Run Motor Mesin <i>Belt Winder</i>	121
4.10 Analisis Hasil Pengujian Test Run Motor Mesin <i>winder</i>	123
4.10.1 Pengukuran Tegangan Output VSD dan Rasio V/f.....	123
4.10.2 Analisis Frekuensi Calculation dan Frekuensi Aktual	126
4.10.3 Analisis Tegangan Calculation dan Tegangan Aktual	128
4.10.4 Analisis Arus RST dan Unbalance	130
4.10.5 Perhitungan Putaran Output Gearbox	132
4.10.6 Kesesuaian dengan Tujuan Penelitian.....	134
4.11 Analisis Manfaat dan Dampak Sistem terhadap Penyelesaian Masalah	135
4.12 Analisis kelayakan Finansial <i>Retrofit</i> Sistem Kontrol Mesin <i>Belt Winder</i>	137
4.13 Data Biaya Perhitungan	138
4.14 Perhitungan dan Perbandingan Biaya Antar Metode	138
4.15 Realisasi Rencana Anggaran Biaya (RAB) Komponen Kontrol	140
4.16 Analisis <i>Payback Period</i>	141
4.17 Analisis Nilai Tambah (<i>Value Added</i>)	142
4.18 Rekapitulasi dan Pembahasan	143
BAB V PENUTUP	144
5.1 Kesimpulan	144
5.2 Saran	145
DAFTAR PUSTAKA	147
LAMPIRAN 1.....	149



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

LAMPIRAN 2 Drawing Wiring Kontrol Diagram Sistem <i>Belt Winder</i>	143
LAMPIRAN 3 Drawing Design Layout Panel Bagian Dalam dan Luar	146
LAMPIRAN 4 Drawing Design Frame Stand Panel	147
LAMPIRAN 5 SOP Pengoperasian Panel Kontrol Mesin <i>Belt Winder</i>	148
LAMPIRAN 6 Hasil Kuesioner Pembobotan Kriteria Pemilihan Konsep Sistem Kontrol Dan Tipe Vsd	151
LAMPIRAN 7 Perhitungan Kapasitas Mesin <i>Belt Winder</i>	155
LAMPIRAN 8 Personalia Tugas Akhir	164



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Kondisi bagian luar panel kontrol lama mesin <i>belt winder</i>	5
Gambar 1. 2 Kondisi bagian dalam panel kontrol lama mesin <i>belt winder</i>	5
Gambar 1. 3 Lokasi pelaksanaan tugas akhir 569-BE1	9
Gambar 2. 1 Mesin <i>Belt winder</i>	11
Gambar 2. 2 Ilustrasi Prinsip Kerja Mesin <i>Belt winder</i>	13
Gambar 2. 3 Push Button	16
Gambar 2. 4 Selector switch	17
Gambar 2. 5 Miniature Circuit Breaker (MCB)	18
Gambar 2. 6 Panel kontrol	19
Gambar 2. 7 Kabel dan sistem pengkabelan	20
Gambar 2. 8 Kontaktor	21
Gambar 2. 9 Potensiometer	22
Gambar 2. 10 Power Supply Unit (PSU)	23
Gambar 2. 11 Motor induksi tiga fasa yang terhubung dengan gearbox	24
Gambar 2. 12 Komponen Utama Motor Induksi Tiga Fasa	27
Gambar 2. 13 Diagram Blok <i>Variable speed drive</i>	30
Gambar 2. 14 Prinsip Kerja <i>Variable speed drive</i>	31
Gambar 2. 15 Hubungan Frekuensi dengan Kecepatan Motor Induksi	33
Gambar 2. 16 Struktur Modular Siemens SINAMICS G120	36
Gambar 2. 17 Hubungan Kerja Control Unit dan Power Module pada SINAMICS G120	37
Gambar 2. 18 Siemens SINAMICS Power Module PM250 6SL3225-0BE31-1AA1	38
Gambar 2. 19 Tampilan Antarmuka Software SINAMICS <i>STARTER</i>	40
Gambar 3. 1 Diagram Alir Pelaksanaan Tugas Akhir	44
Gambar 3. 2 Spesifikasi Nampete Motor Induksi Tiga Fasa Dan Gearbox	46
Gambar 3. 3 Desain Konsep Sistem Kontrol Menggunakan Kontaktor	52
Gambar 3. 4 Konsep 2 Desain konsep sistem kontrol menggunakan <i>soft starter</i>	52
Gambar 3. 5 Konsep 3 Sistem Kontrol Menggunakan <i>Variable speed drive</i> (VSD)	53
Gambar 4. 1 Flowchart Sistem Kerja Mesin <i>Belt winder</i>	70
Gambar 4. 2 layout Bagian Dalam Panel Kontrol Mesin <i>Belt winder</i>	72
Gambar 4. 3 Layout Pintu Panel Kontrol Mesin <i>Belt winder</i>	73
Gambar 4. 4 Desain Stand Panel Kontrol Mesin <i>Belt winder</i>	82

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

Gambar 4. 5 Hasil Realisasi Stand Panel Kontrol	83
Gambar 4. 6 Pemasangan DIN Rail dan Kabel Duct.....	85
Gambar 4. 7 Pemasangan Komponen Pada Panel Kontrol (a) layout penentuan komponen (b)layout pemasangan komponen	85
Gambar 4. 8 Pemasangan Komponen pada Pintu Panel (a) proses fabrikasi hasil modifikasi panel (b) kondisi panel setelah fabrikasi (c)kondisi panel pemasangan komponen lamp dan push button	86
Gambar 4. 9 Hasil Wiring Panel Kontrol (a) pemasangan wiring kabel pada komponen (b)pemasangan wiring pada komponen dan pengujian sambungan (c) hasil wiring pada komponen bagian dalam	87
Gambar 4. 10 Pemasangan Panel Kontrol pada Stand.....	87
Gambar 4. 11 Instalasi Sistem Kontrol pada Motor <i>Belt winder</i>	88
Gambar 4. 12 Hasil Realisasi Panel Kontrol Mesin <i>Belt winder</i>	89
Gambar 4. 13 Sambungan Panel Kontrol ke Motor Induksi Tiga Fasa	90
Gambar 4. 14 Tampilan awal <i>STARTER</i> – New with Wizard.....	91
Gambar 4. 15 Pemilihan Arrange <i>Drive Units</i> Offline	92
Gambar 4. 16 Pengisian nama dan lokasi project	92
Gambar 4. 17 Pengaturan PG/PC Interface (USB.S7USB.1)	93
Gambar 4. 18 Pemilihan Control Unit CU240E-2 DP.....	94
Gambar 4. 19 Konfigurasi Control Unit dan Pemilihan Power Module PM250.....	94
Gambar 4. 20 Pengaturan Power Class, Voltage, dan Order Number	95
Gambar 4. 21 Summary Konfigurasi Control Unit.....	96
Gambar 4. 22 Menu <i>Device Configuration</i> pada Control Unit.....	97
Gambar 4. 23 Pemilihan <i>Speed Control</i> Encoderless	97
Gambar 4. 24 Konfigurasi I/O Standard Analog Setpoint and Safety	98
Gambar 4. 25 Konfigurasi Motor Standar IEC dan Supply Voltage 400 V	99
Gambar 4. 26 Pemilihan Motor Type 1LE1 Induction Motor	99
Gambar 4. 27 Input Data Motor pada <i>STARTER</i>	100
Gambar 4. 28 Setting Important Parameters.....	101
Gambar 4. 29 Konfigurasi <i>Drive Functions</i>	102
Gambar 4. 30 Summary Konfigurasi Control Unit.....	103
Gambar 4. 31 Going Online dengan <i>Device</i>	104
Gambar 4. 32 <i>Drive Navigator</i> pada software <i>STARTER</i>	105
Gambar 4. 33 Tampilan <i>Drive Navigator</i> pada <i>STARTER</i>	105

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

Gambar 4. 34 Setting Analog Input I/O Configuration dan Scaling Arus Masukan..	106
Gambar 4. 35cKonfigurasi Main Setpoint melalui Parameter P1070(0) pada Analog Input.....	107
Gambar 4. 36 Konfigurasi Digital Input pada VSD SINAMICS	107
Gambar 4. 37 Konfigurasi Relay Output pada VSD SINAMICS	108
Gambar 4. 38 Konfigurasi Analog Output pada VSD SINAMICS	109
Gambar 4. 39 Tampilan <i>Speed</i> Setpoint pada <i>Drive</i> Navigator SINAMICS <i>STARTER</i>	109
Gambar 4. 40 Konfigurasi <i>Speed</i> Setpoint pada <i>Drive</i> Navigator SINAMICS <i>STARTER</i>	110
Gambar 4. 41 Konfigurasi <i>Speed Limit</i> pada <i>Drive</i> Navigator SINAMICS <i>STARTER</i>	111
Gambar 4. 42 Konfigurasi <i>Ramp</i> Function Generator pada <i>Drive</i> Navigator SINAMICS <i>STARTER</i>	112
Gambar 4. 43 Konfigurasi <i>Speed</i> Controller dan Precontrol pada Software <i>STARTER</i> SINAMICS	113
Gambar 4. 44 Konfigurasi Torque Control (Precontrol Section).....	114
Gambar 4. 45 Konfigurasi Torque <i>Limitation</i> pada Software <i>STARTER</i> SINAMICS	114
Gambar 4. 46 Upper Torque <i>Limit</i>	115
Gambar 4. 47 <i>Current Limitation</i>	116
Gambar 4. 48 Power <i>Limit</i>	116
Gambar 4. 49 Lower Torque <i>Limit</i>	117
Gambar 4. 50 <i>Current</i> Controller / Power Unit	117
Gambar 4. 51 Setting of <i>Starting Current</i>	118
Gambar 4. 52 Power Unit Operating Values – Pulse Frequency	118
Gambar 4. 53 Modulator Mode	119
Gambar 4. 54 Motor Monitoring pada <i>STARTER</i> SINAMICS.....	119
Gambar 4. 55 Grafik hasil perbandingan setpoint rpm dengan rpm actual	125
Gambar 4. 56 Grafik Hasil Pengujian frekuensi calculation dan frekuensi actual	127
Gambar 4. 57 Perbandingan tegangan calculation dan tegangan actual.....	129
Gambar 4. 58 Grafik Arus & Unbalance	131
Gambar 4. 59 gambar a. realisasi hasil <i>retrofit</i> sistem kontrol baru pada mesin <i>belt winder</i> , gambar b. <i>replacement</i> dengan mesin <i>belt winder</i>	135

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Perbandingan Metode Replacement.....	2
Tabel 1. 2 Kriteria Penilaian Awal Metode Replacement	3
Tabel 3. 1 Spesifikasi Motor Induksi Tiga Fasa Yang Digunakan	47
Tabel 3. 2 Spesifikasi Gearbox Yang Digunakan.....	47
Tabel 4. 1 Kebutuhan Pengguna Sistem Kontrol Mesin Belt winder	57
Tabel 4. 2 Pembobotan Konsep Rancangan Sistem Kontrol	62
Tabel 4. 3 Perbandingan Pembobotan Merk VSD	66
Tabel 4. 4 Hasil Pengukuran Tegangan Output VSD.....	120
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Test Run Motor Mesin Belt Winder.....	122
Tabel 4. 6 Perbandingan Setpoint RPM dan RPM Aktual	124
Tabel 4. 7 Hasil Frekuensi calculation dan frekuensi actual.....	126
Tabel 4. 8 Hasil Tegangan calculation dan tegangan actual.....	128
Tabel 4. 9 Arus dan Unbalance	130
Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Putaran Output Gearbox.....	133
Tabel 4. 11 Hubungan Frekuensi terhadap Putaran Output Gearbox.....	134
Tabel 4. 12 Data Biaya Perhitungan	138
Tabel 4. 13 Perhitungan dan Perbandingan Biaya Antar Metode	139
Tabel 4. 14 Kebutuhan Komponen dan Rencana Anggaran Biaya (RAB)	140
Tabel 4. 15 Rekapitulasi Nilai Tambah (Value Added) Retrofit Belt Winder.....	142

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT Solusi Bangun Indonesia merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang industri semen, sehingga proses penanganan dan distribusi material menjadi salah satu faktor penting dalam menunjang kelancaran produksi. Dalam kegiatan operasionalnya, material harus dipindahkan dari satu area ke area lainnya secara berkelanjutan, baik dalam arah *horizontal* maupun *vertikal*. Dengan demikian, diperlukan sistem transportasi material yang mampu bekerja secara efektif, efisien, dan sesuai dengan kondisi operasional di lapangan. Sistem ini berperan dalam membantu proses pemindahan, pengangkutan, serta pengaturan aliran material agar kegiatan produksi dapat berlangsung secara stabil [1].

Untuk mendukung kegiatan ini, industri semen menggunakan berbagai jenis *material handling equipment*, yang dipilih berdasarkan karakteristik material dan kebutuhan proses produksi. Penggunaan peralatan ini bertujuan meningkatkan efisiensi pemindahan material, mengurangi keterlibatan tenaga kerja secara langsung, serta menjaga kontinuitas produksi. Berdasarkan prinsip kerjanya, alat pemindah bahan dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori: alat angkut kontinu, alat angkut tidak kontinu, dan alat angkat. Alat angkut kontinu, seperti *belt conveyor*, *screw conveyor*, dan *elevator*, memindahkan material secara terus-menerus. melakukan pemindahan material secara berkala sesuai kebutuhan operasional, sedangkan alat angkat digunakan untuk pemindahan material secara *vertikal*.

Salah satu alat angkut kontinu yang banyak digunakan pada industri semen adalah . Peralatan ini berfungsi untuk memindahkan material secara vertikal dari elevasi rendah menuju elevasi yang lebih tinggi secara berkelanjutan. Di PT Solusi Bangun Indonesia, salah satu yang digunakan berada pada area 591-BE yang berperan dalam menunjang proses transportasi material semen. Sistem kerja menggunakan rangkaian *belt* dan yang bergerak secara terus-menerus dengan bantuan *pulley* dan sistem penggerak. berfungsi

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritis atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

sebagai wadah pembawa material, sedangkan *belt* berperan sebagai komponen utama yang menggerakkan *bucket* selama proses pemindahan berlangsung [2].

Karena beroperasi secara terus-menerus, *belt bucket elevator* dapat mengalami penurunan kondisi akibat keausan, umur pakai, beban kerja, maupun kondisi lingkungan operasi. Kerusakan yang dapat terjadi antara lain berupa keausan, retak, sobek, maupun pertambahan panjang *belt*. Apabila kondisi tersebut tidak segera ditangani, maka dapat menurunkan kinerja *elevator* dan berpotensi mengganggu proses produksi. Dengan demikian, diperlukan kegiatan pemeriksaan, perawatan, dan *replacement belt* secara berkala untuk menjaga keandalan sistem transportasi material.

Proses *replacement* membutuhkan penanganan khusus karena *belt* memiliki ukuran yang panjang, berat, dan berada pada konstruksi *vertikal*. Apabila proses penggantian dilakukan secara manual, pekerjaan dapat membutuhkan waktu lebih lama, tenaga kerja lebih banyak, serta koordinasi yang baik antar pekerja. Selain itu, metode manual juga berpotensi meningkatkan risiko kecelakaan kerja dan memperpanjang waktu berhenti operasi peralatan.

Beberapa metode yang umum digunakan dalam proses *replacement belt bucket elevator* antara lain menggunakan *wheel loader*, mesin *winch*, dan mesin *belt winder*. Masing-masing metode memiliki karakteristik yang berbeda dari segi keselamatan kerja, biaya, efektivitas, efisiensi, dan fleksibilitas penggunaan. Perbandingan ketiga metode tersebut ditunjukkan pada Tabel 1.1

Tabel 1. 1 Perbandingan Metode Replacement

No	Metode	Safety	Cost	Effectiveness	Efficiency	Flexibility	Tingkat Kesesuaian
1	Wheel loader	Rendah	sedang	Sedang	Tinggi	Sedang	Rendah
2	Mesin Winch	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Tinggi	Sedang
3	Mesin Belt winder	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi

Penilaian pada Tabel 1.1 dilakukan berdasarkan lima aspek. Aspek *safety* digunakan untuk menilai tingkat risiko kerja selama proses penggantian *belt*. *Cost efficiency* digunakan untuk menilai efisiensi biaya pekerjaan.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

Effectiveness digunakan untuk menilai kemampuan metode dalam menyelesaikan proses *replacement belt* secara stabil dan terkendali. *Efficiency* digunakan untuk menilai kebutuhan waktu, tenaga kerja, dan sumber daya. Sementara itu, *flexibility* digunakan untuk menilai kemudahan metode diterapkan pada berbagai kondisi area kerja.

Agar penilaian rendah, sedang, dan tinggi memiliki dasar yang lebih jelas, digunakan kriteria penilaian awal sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.2 berikut.

Tabel 1. 2 Kriteria Penilaian Awal Metode Replacement

Kriteria	Rendah	Sedang	Tinggi
Safety	Risiko tinggi	Risiko sedang	Risiko rendah
Cost Efficiency	Biaya > Rp 10 juta	Biaya Rp 5–10 juta	Biaya < Rp 5 juta
Effectiveness	Kurang efektif	Cukup efektif	Sangat efektif
Efficiency	Waktu > 12 jam	Waktu 6–12 jam	Waktu < 6 jam
Flexibility	Sulit digunakan di area terbatas	Cukup mudah disesuaikan	Mudah digunakan di berbagai area

Berdasarkan Tabel 1.1 dan Tabel 1.2, metode *wheel loader* memiliki tingkat kesesuaian rendah. Hal ini disebabkan oleh aspek *safety* yang masih rendah karena proses penarikan *belt* menggunakan *wheel loader* memiliki risiko kerja cukup tinggi. Selain itu, metode ini membutuhkan area kerja yang luas untuk manuver, sehingga fleksibilitasnya terbatas. Mesin *winch* memiliki tingkat kesesuaian sedang karena proses penarikan *belt* lebih terkendali dibanding *wheel loader*, tetapi masih memerlukan titik anchor yang kuat, pengawasan arah tarikan, dan keterlibatan pekerja secara langsung.

Sementara itu, mesin *belt winder* memiliki tingkat kesesuaian tinggi karena unggul pada aspek *safety*, *effectiveness*, *efficiency*, dan *flexibility*. Mesin ini mampu mengendalikan proses penggulangan dan penguluran *belt* secara lebih stabil, terarah, dan aman. Selain itu, penggunaan *belt winder* dapat mengurangi pekerjaan manual serta membantu mempercepat proses *replacement belt*. Meskipun memiliki nilai rendah pada aspek *cost efficiency* karena membutuhkan biaya awal yang lebih besar, metode ini tetap dinilai

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritis atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

paling sesuai karena lebih mampu mendukung proses penggantian *belt* yang panjang, berat, dan membutuhkan pengendalian gerak secara stabil.

Mesin *belt winder* merupakan alat bantu yang digunakan untuk menggulung maupun mengulur *belt* selama proses perawatan dan penggantian. Penggunaan mesin *belt winder* membantu proses penanganan *belt* yang panjang dan berat sehingga proses *replacement* dapat dilakukan dengan lebih aman, terarah, dan efisien dibandingkan metode konvensional [3]. Agar mesin *belt winder* dapat bekerja sesuai kebutuhan operasional, diperlukan sistem penggerak yang mampu mengatur kecepatan putaran motor secara fleksibel. Salah satu perangkat yang banyak digunakan untuk tujuan tersebut adalah *Variable speed drive* (VSD). VSD bekerja dengan mengatur frekuensi dan tegangan keluaran yang diberikan kepada motor sehingga kecepatan putaran motor dapat disesuaikan dengan kebutuhan proses [4].

Namun, berdasarkan hasil observasi di lapangan, mesin *belt winder* yang tersedia di PT Solusi Bangun Indonesia belum dapat digunakan secara optimal karena sistem kontrol lama mengalami kerusakan dan beberapa komponen utama pada panel kontrol sudah tidak lengkap. Beberapa komponen tersebut sebelumnya digunakan untuk kebutuhan mendesak pada area lain, terutama komponen *Variable Speed Drive* (VSD) yang diperlukan segera untuk mendukung operasional peralatan lain. Kondisi ini menyebabkan fungsi pengaturan dan pengoperasian mesin *belt winder* tidak dapat berjalan sebagaimana mestinya, sehingga mesin belum dapat mendukung proses *replacement* secara optimal. Dengan demikian, diperlukan proses *retrofit* sistem kontrol agar mesin *belt winder* dapat kembali berfungsi dengan sistem pengoperasian yang lebih aman, terkontrol, dan sesuai dengan kebutuhan kerja di lapangan. Kondisi panel kontrol lama mesin *belt winder* dapat dilihat pada Gambar 1.1 dan Gambar 1.2.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun



Gambar 1. 1 Kondisi bagian luar panel kontrol lama mesin belt winder
(Sumber: Dokumentasi pribadi)



Gambar 1. 2 Kondisi bagian dalam panel kontrol lama mesin belt winder
(Sumber: Dokumentasi pribadi)

Berdasarkan Gambar 1.1 dan Gambar 1.2, terlihat bahwa panel kontrol lama tidak lagi dilengkapi dengan beberapa komponen utama yang diperlukan untuk pengoperasian sistem, seperti perangkat pengendali, komponen proteksi, dan rangkaian pendukung kontrol motor. Kondisi tersebut menyebabkan mesin *belt winder* tidak dapat digunakan sesuai kebutuhan operasional proses *replacement belt bucket elevator*. Apabila kondisi ini tidak segera ditangani, maka proses penggantian *belt* berpotensi dilakukan menggunakan metode lain yang memiliki tingkat efektivitas dan keselamatan yang lebih rendah.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan proses *retrofit* sistem kontrol pada mesin *belt winder* menggunakan *Variable speed drive* (VSD)

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

Siemens SINAMICS. *Retrofit* dilakukan untuk memperbaiki sistem kontrol lama tanpa mengubah konstruksi mekanis utama mesin yang masih layak digunakan. Dengan penerapan VSD Siemens SINAMICS, diharapkan mesin *belt winder* dapat kembali beroperasi dengan pengaturan kecepatan motor yang lebih fleksibel, aman, dan sesuai dengan kebutuhan operasional proses *replacement*. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol mesin *belt winder* menggunakan VSD Siemens SINAMICS sebagai upaya mendukung proses penggantian yang lebih efektif dan efisien [5].

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjabaran latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perancangan *RETROFIT* sistem kontrol motor pada mesin *belt winder* menggunakan *Variable speed drive* Siemens SINAMICS?
2. Bagaimana instalasi dan *parameterisasi* VSD Siemens SINAMICS pada sistem kontrol motor mesin *belt winder*?
3. Bagaimana hasil pengujian sistem kontrol motor setelah dilakukan *RETROFIT* menggunakan VSD Siemens SINAMICS?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang ingin dicapai, maka penelitian ini dibatasi dalam ruang lingkup:

1. Tugas akhir ini difokuskan pada *retrofit* sistem kontrol motor mesin *belt winder* menggunakan *Variable Speed Drive* (VSD) Siemens SINAMICS.
2. Pembahasan mencakup perancangan sistem kontrol, instalasi komponen panel, wiring rangkaian daya dan kontrol, serta *parameterisasi* VSD sesuai kebutuhan operasi mesin *belt winder*.
3. Pengujian sistem dibatasi pada fungsi kerja sistem kontrol, meliputi *start-stop*, arah putaran *forward-reverse*, pengaturan kecepatan motor, dan hasil *test run* motor, tanpa membahas detail perhitungan mekanik konstruksi mesin *belt winder*.

1.4 Tujuan Pembuatan Tugas Akhir

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan dari penyusunan tugas akhir ini dibagi menjadi tujuan khusus dan tujuan umum.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

1.4.1 Tujuan Umum

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Diploma III Jurusan Teknik Mesin di Politeknik Negeri Jakarta, serta menambah pengetahuan dan keterampilan dalam me**RETROFIT** sistem kontrol mesin *belt winder* menggunakan *Variable speed drive* (VSD) Siemens Sinamics VSD dari Siemens, khususnya dalam mendukung proses penggantian *belt* pada *elevator* agar lebih efektif dan efisien.

1.4.2 Tujuan Khusus

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan dari penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang sistem kontrol motor mesin *belt winder* menggunakan *Variable speed drive* Siemens SINAMICS.
2. Melakukan instalasi dan *parameterisasi* VSD Siemens SINAMICS sesuai kebutuhan operasi mesin *belt winder*.
3. Menguji kinerja sistem kontrol motor setelah dilakukan **RETROFIT**.

1.5 Manfaat

Adapun Manfaat Dari *Rancang Bangun Sistem Kontrol Mesin Belt winder Menggunakan Variable speed drive (VSD) Siemens Sinamics* yaitu:

1.5.1 Bagi PT Solusi Bangun Indonesia

Dengan adanya tugas akhir ini, perusahaan diharapkan memperoleh sistem kontrol mesin *belt winder* yang dapat digunakan kembali untuk mendukung proses penggantian *belt* pada *elevator*. Proses **RETROFIT** sistem kontrol menggunakan *Variable speed drive* (VSD) Siemens SINAMICS diharapkan mampu mengembalikan fungsi kerja mesin *belt winder* yang sebelumnya tidak dapat beroperasi secara optimal akibat tidak tersedianya komponen kontrol pada panel lama.

Penerapan VSD Siemens SINAMICS pada sistem penggerak mesin *belt winder* diharapkan dapat memberikan pengaturan kecepatan motor yang lebih fleksibel, stabil, dan sesuai dengan kebutuhan operasional. Dengan adanya pengaturan kecepatan tersebut, proses penggulungan dan penguluran *belt* dapat dilakukan secara lebih terkontrol, sehingga pekerjaan penggantian *belt* pada *elevator* dapat berlangsung lebih efektif dan aman.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

Sistem kontrol hasil *retrofit* ini juga diharapkan dapat membantu meningkatkan efisiensi waktu pekerjaan, mengurangi ketergantungan terhadap tenaga kerja manual, serta meminimalkan risiko keselamatan kerja pada proses penggantian *belt*. Selain itu, mesin *belt winder* yang telah dilengkapi sistem kontrol baru dapat dimanfaatkan sebagai peralatan pendukung atau *emergency spare* ketika diperlukan dalam kegiatan perawatan maupun penggantian *belt*. Dengan adanya sistem tersebut, proses *maintenance bucket elevator* dapat dilakukan dengan lebih terencana dan terkendali. Penggunaan mesin *belt winder* juga berpotensi membantu penghematan *manpower* karena proses penggulungan dan penguluran *belt* tidak sepenuhnya bergantung pada pekerjaan manual.

1.5.2 Bagi Politeknik Negeri Jakarta

Dengan tersusunnya laporan tugas akhir ini, diharapkan dapat menjadi tolok ukur keberhasilan proses pendidikan dan pengajaran bagi mahasiswa dalam mengimplementasikan ilmu yang telah diperoleh selama perkuliahan ke dalam bentuk perancangan dan pembuatan sistem nyata. Selain itu, tugas akhir ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi mahasiswa Politeknik Negeri Jakarta, khususnya Jurusan Teknik Mesin, dalam mempelajari dan mengembangkan sistem kontrol mesin *belt winder* menggunakan *Variable speed drive* (VSD) Siemens Sinamics VSD dari Siemens, khususnya yang berkaitan dengan proses penggantian *belt* pada *elevator* di lingkungan industri.

1.6 Lokasi Tugas Akhir

Pelaksanaan tugas akhir ini difokuskan pada mesin *belt winder* sebagai objek utama perancangan dan *retrofit* sistem kontrol. Mesin ini berfungsi untuk proses *replacement belt bucket elevator*, dengan lokasi operasional salah satunya berada di area 569-BE1. Saat ini, *Unit* mesin *belt winder* ditempatkan di area penyimpanan gudang *workshop* PT. Solusi Bangun Indonesia, Tuban Plant. Semua kegiatan penelitian, perancangan, dan implementasi sistem kontrol dilakukan langsung pada mesin tersebut, sehingga data dan pengujian yang diperoleh merepresentasikan kondisi operasi nyata. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 1.3 dibawah ini.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun



Gambar 1. 3 Lokasi pelaksanaan tugas akhir 569-BE1
(Sumber : Dokumentasi pribadi)

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini disusun untuk memberikan gambaran secara umum mengenai isi setiap bab yang terdapat dalam laporan. Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut

1.7.1 Bab 1 Pendahuluan

Bab ini menjabarkan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan umum dan khusus, ruang lingkup penelitian dan pembatasan masalah, lokasi, garis besar metode penyelesaian masalah, manfaat yang akan didapatkan, dan sistematika penulisan keseluruhan tugas akhir.

1.7.2 Bab 2 Tinjauan Pustaka

Bab ini memaparkan teori-teori dasar dan referensi yang mendukung penelitian, meliputi pembahasan tentang sistem kontrol, motor listrik, *Variable speed drive* (VSD), serta prinsip kerja mesin *belt winder* dan *elevator*. Selain itu, bab ini juga membahas komponen-komponen pendukung yang digunakan dalam sistem kontrol untuk menunjang analisis dan perancangan.

1.7.3 Bab 3 Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir

Bab ini menjelaskan metode yang digunakan dalam pelaksanaan tugas akhir, meliputi tahapan perancangan sistem kontrol mesin *belt*

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

winder, diagram alir (*flowchart*), diagram blok sistem, alat dan bahan yang digunakan, serta prosedur perakitan dan pengujian sistem.

1.7.4 Bab 4 Hasil Dan Pembahasan

Bab ini berisi hasil perancangan dan implementasi sistem kontrol mesin *belt winder*, termasuk spesifikasi alat, pengujian sistem, serta analisis kinerja sistem setelah menggunakan *Variable speed drive* (VSD). Hasil yang diperoleh kemudian dibahas untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem yang telah dibuat.

1.7.5 Bab 5 Kesimpulan dan Saran

Bab ini menyajikan kesimpulan dari hasil perancangan dan pengujian sistem kontrol mesin *belt winder*, serta memberikan saran untuk pengembangan lebih lanjut agar sistem dapat ditingkatkan di masa mendatang

1.7.6 Daftar Pustaka

Bagian ini berisi daftar referensi yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir, yang ditulis sesuai dengan format penulisan yang berlaku.

1.7.7 Lampiran

Bagian ini memuat data pendukung seperti gambar rangkaian, diagram sistem, dokumentasi alat, serta data hasil pengujian yang digunakan dalam proses perancangan dan analisis

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, instalasi, *parameterisasi*, dan pengujian sistem kontrol motor pada mesin *belt winder* menggunakan *Variable Speed Drive* (VSD) Siemens SINAMICS, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan sistem kontrol motor mesin *belt winder* menggunakan *Variable Speed Drive* (VSD) Siemens SINAMICS telah berhasil dilakukan. Sistem *retrofit* ini mampu menggantikan sistem kontrol lama tanpa mengubah konstruksi mekanik utama mesin. Rancangan yang dibuat meliputi rangkaian daya, rangkaian kontrol, pengaturan arah putaran forward dan reverse, pengaturan kecepatan motor, release brake, motor cooling fan, serta sistem proteksi. Dengan penggunaan VSD, sistem dapat bekerja lebih stabil, fleksibel, dan sesuai kebutuhan operasional mesin *belt winder*.
2. Instalasi dan *parameterisasi* VSD Siemens SINAMICS telah dilakukan sesuai dengan kebutuhan operasi mesin *belt winder*. Proses instalasi mencakup pemasangan komponen pada panel, penyusunan wiring daya dan kontrol, pemasangan panel pada stand, serta penghubungan ke motor induksi tiga fasa, brake motor, dan motor cooling fan. *Parameterisasi* dilakukan dengan mengatur data motor, konfigurasi I/O, serta pengaturan percepatan (*acceleration*) dan perlambatan (*deceleration*) motor sehingga motor dapat bekerja secara halus, aman, dan sesuai fungsi yang direncanakan.
3. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem kontrol setelah *retrofit* dapat bekerja dengan baik dan sesuai perancangan. VSD mampu mengatur tegangan, arus, dan kecepatan motor secara bertahap berdasarkan perubahan frekuensi dari 5 Hz hingga 50 Hz. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa motor bekerja dalam kondisi aman tanpa kelebihan arus, serta dapat mengikuti perubahan frekuensi dengan baik. Selain itu, putaran aktual motor mendekati hasil perhitungan dengan nilai *Slip* yang masih stabil, sehingga sistem mampu mendukung proses penggulungan dan penguluran *belt* secara terkendali.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pelaksanaan dan pengujian tugas akhir ini, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan dan penggunaan sistem kontrol mesin *belt winder* ke depannya, yaitu sebagai berikut:

1. MCB 3 fasa yang digunakan sementara masih menggunakan tipe C16 karena keterbatasan ketersediaan komponen di *warehouse*. Berdasarkan hasil perhitungan, MCB yang direkomendasikan untuk rangkaian daya adalah 25 A. Oleh karena itu, komponen MCB 16 A sebaiknya diganti dengan MCB 25 A agar rating proteksi lebih sesuai dengan kebutuhan arus kerja sistem.
2. Pengoperasian mesin *belt winder* sebaiknya dilakukan sesuai prosedur yang telah ditentukan, terutama pada saat menjalankan motor, memilih arah putaran *forward* atau *reverse*, mengatur kecepatan, dan menghentikan sistem. Operator perlu memastikan *selector switch* dikembalikan ke posisi netral sebelum menekan tombol *stop* agar tidak menimbulkan *fault* pada VSD.
3. Pemeriksaan berkala perlu dilakukan pada bagian wiring panel, terminal, grounding, *kontaktor*, *relay*, *fuse*, serta koneksi menuju motor, *brake* motor, dan motor *cooling fan*. Pemeriksaan ini bertujuan untuk menjaga keandalan sistem kontrol dan mencegah gangguan akibat kabel longgar, koneksi tidak stabil, atau komponen yang mengalami penurunan fungsi.
4. *Parameter* VSD Siemens SINAMICS sebaiknya didokumentasikan secara lengkap, baik dalam bentuk file backup maupun catatan teknis. Hal ini diperlukan agar proses *troubleshooting*, penggantian VSD, atau pengaturan ulang *parameter* dapat dilakukan lebih cepat apabila terjadi gangguan pada sistem.
5. Untuk pengembangan selanjutnya, sistem kontrol mesin *belt winder* dapat dilengkapi dengan *indikator* tambahan, *emergency stop*, pencatatan jam operasi, atau sistem monitoring sederhana agar kondisi kerja motor dan VSD dapat dipantau dengan lebih baik. Pengembangan ini dapat membantu meningkatkan keamanan, kemudahan pengoperasian, dan efektivitas perawatan mesin.
6. Pengujian lanjutan sebaiknya dilakukan pada kondisi beban aktual saat proses penggulungan atau penguluran *belt* di lapangan. Pengujian tersebut

diperlukan untuk mengetahui performa sistem kontrol ketika mesin bekerja dengan beban nyata, sehingga hasil analisis dapat lebih menggambarkan kondisi operasional sebenarnya.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

DAFTAR PUSTAKA

- [1] “PT Solusi Bangun Indonesia Tbk., ‘Profil Perusahaan,’ 2019. [Online]. Available: <https://solusibangunindonesia.com/profil-perusahaan/>. Accessed: Jun. 2, 2026.”
- [2] “BEUMER Group, ‘Bucket Elevators for Bulk Materials Handling,’ BEUMER Group. Diakses: 2 Juni 2026.”
- [3] S. Drive, “Pengaturan Kecepatan Spindle Mesin Bubut *RETROFIT* Menggunakan VSD (*Variable*,” vol. 8, pp. 75–80, 2024.
- [4] W. P. Wahyuadi and M. A. Rizza, "Analisis Kinerja *Inverter* VSD terhadap Kecepatan Gerakan," *Mars: Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Ilmu Komputer*, vol. 4, no. 1, pp. 19–33, Feb. 2026, doi: 10.61132/mars.v4i1.1297.
- [5] P. Module and H. Installation, “Sinamics g120,” 2012.
- [6] A. Jamlean and I. Sarman, “DESAIN DAN IMPLEMENTASI KENDALI MOTOR AC 3 FASA MENGGUNAKAN MODUL (VSD) *VARIABLE SPEED DRIVE* DESIGN AND IMPLEMENTATION OF 3-PHASE AC MOTOR CONTROL USING *VARIABLE SPEED DRIVE* (VSD) *MODULE*,” vol. 9, no. 1, 2023.
- [7] M. K. Proportional-integral-derivative, P. I. D. Dengan, and M. Sensor, “PEMBUATAN SISTEM PENGATURAN PUTARAN MOTOR DC,” vol. 35, no. 0215, pp. 130–139, 2012.
- [8] S. S. Wibowo, A. Manaf, T. Umar, J. T. Elektro, and P. N. Malang, “Analisis pembebanan *belt conveyor* menggunakan motor induksi 3 fasa dan VSD sebagai *Speed Controller*. *Jurnal Teknik Ilmu dan Aplikasi*,” vol. 09, no. 1, pp. 91–98, 2020.
- [9] “S. J. Chapman, *Electric Machinery Fundamentals*, 5th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2012.”
- [10] E. Motors, A. Hughes and B. Drury, *Electric Motors and Drives: Fundamentals, Types and Applications*, 5th ed. Oxford, U.K.: Newnes, 2019.
- [11] W. Bolton, *Mechatronics: Electronic Control Systems in Mechanical and Electrical Engineering*, 6th ed. Harlow, U.K.: Pearson, 2015.
- [12] M. H. Rashid, M. H. Rashid, *Power Electronics: Devices, Circuits, and Applications*, 4th ed. Harlow, U.K.: Pearson, 2014.
- [13] H. Installation, “Siemens AG, SINAMICS G120 PM250 *Power Module: Hardware Installation Manual*, document no. A5E36265179B-AB, Apr.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

- 2021.,” 2021.
- [14] N. 2017. Siemens AG, SINAMICS S120 *Commissioning Manual with STARTER*, document no. 6SL3097-4AF00-0BP6, Firmware Version 5.1, “Siemens AG, SINAMICS S120 *Commissioning Manual with STARTER*, document no. 6SL3097-4AF00-0BP6, Firmware Version 5.1, Nov. 2017.”.
 - [15] C. U. Cu, D. P. Cu, D. P. Cu, D. Cu, P. N. Cu, and P. O. Instructions, “Siemens AG, SINAMICS G120 Converters with the CU240B-2 and CU240E-2 *Control Units*: Operating Instructions, document no. A5E02299792B AD, Firmware Version 4.6, Mar. 2013.,” 2012.
 - [16] G. Sinamics, “Siemens AG, SINAMICS G120 Low Voltage Converters with CU230P-2 *Control Units*: Operating Instructions, document no. A5E34257946B AD, Firmware Version 4.7 SP6, Jan. 2017.,” 2017.
 - [17] D. Murdiyanto, B. Crisanto, P. Mbulu, and I. Yuswantoro, “*Calculation of power requirements to drive the belt winder prototype. Journal of Mechanical Engineering and Industrial Technology*, 7(2), 115–123.,” vol. 1, pp. 25–30, 2023.
 - [18] M. Program *et al.*, “*ANALISIS PENGATURAN PUTARAN MOTOR INDUKSI 3 FASA DENGAN MENGATUR FREKUENSI MENGGUNAKAN VARIABLE SPEED DRIVE DI PT PDAM TIRTA MANGUTAMA*,” vol. 8, no. 4, pp. 103–109, 2021.
 - [19] B. N. Ramadhan, D. A. Pratama, and S. Rasyad, “*Analysis Control Speed Of Frequency Changes In Three Phase Induction Motor Based on VSD Analisa Pengaturan Kecepatan Terhadap Perubahan Frekuensi Pada Motor Induksi Tiga Fasa Berbasis VSD*,” vol. 2, no. December, pp. 70–77, 2022.
 - [20] I. Faturrohman, “*Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3fasa Dengan Mengatur Frekuensi Menggunakan VSD di PERUMDAM Tirta Madani Serang*,” vol. 2, no. 1, 2023.

LAMPIRAN 1

Tentang PT Solusi Bangun Indonesia Tbk

A. Profil PT Solusi Bangun Indonesia Tbk.

[PT Solusi Bangun Indonesia Tbk.](#) merupakan perusahaan terbuka di Indonesia yang sebagian besar kepemilikan sahamnya, yaitu sekitar 80,6%, berada di bawah pengelolaan Semen Indonesia Group. Perusahaan ini bergerak di bidang produksi semen, beton siap pakai, dan agregat, serta menyediakan layanan konstruksi terintegrasi melalui jaringan waralaba yang terus berkembang. Layanan yang diberikan meliputi penyediaan bahan bangunan, perencanaan proyek secara cepat, hingga pelaksanaan konstruksi yang mengutamakan aspek keselamatan.

Selain itu, perusahaan dikenal sebagai salah satu pelopor inovasi di industri semen nasional yang terus berkembang seiring meningkatnya kebutuhan pembangunan perumahan, fasilitas umum, dan infrastruktur. Saat ini, perusahaan mengoperasikan tiga pabrik semen yang berlokasi di Narogong (Jawa Barat), Cilacap (Jawa Tengah), dan Tuban (Jawa Timur), serta memiliki satu fasilitas penggilingan semen di Ciwandan, Banten. Total kapasitas produksi clinker yang dimiliki mencapai sekitar 10,8 juta ton per tahun.

B. Sejarah Berdirinya PT Solusi Bangun Indonesia Tbk. – Tuban Plant

Sejarah berdirinya [PT Solusi Bangun Indonesia Tbk.](#) berawal pada tahun 1962 ketika Direktorat Geologi Departemen Pertambangan Republik Indonesia menginisiasi studi kelayakan pembangunan pabrik semen di wilayah Jawa Barat. Penelitian tersebut didanai oleh International Finance Corporation (IFC) dan dilakukan bersama Semen Gresik. Survei bahan baku yang berlokasi di daerah Klapanunggal, Bogor, berlangsung dari Juni hingga Desember dan menjadi dasar penting dalam pengembangan industri semen nasional pada masa awal pembangunan Indonesia.

Selanjutnya, pada tahun 1971 didirikan PT Semen Tjibinong yang kemudian dikenal dengan nama PT Semen Cibinong. Perusahaan ini menggunakan jasa Kaiser Cement and Gypsum Corporation sebagai konsultan teknis, sedangkan proses konstruksinya melibatkan kontraktor lokal bersama Mitsubishi Heavy Industries dari Jepang. Pabrik tersebut mulai beroperasi dan diresmikan oleh Presiden Soeharto pada Agustus 1975 dengan memproduksi semen portland

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

bermerek “Semen Kujang”, yang saat itu termasuk produk semen modern pertama di Indonesia.

Pada 8 Agustus 1977, PT Semen Cibinong resmi tercatat di Bursa Efek Jakarta dengan kode saham SMCB. Perusahaan menawarkan 178.750 lembar saham dengan harga Rp10.000 per lembar sehingga menjadi salah satu perusahaan publik awal di sektor industri berat. Dalam perjalanannya, perusahaan beberapa kali mengalami perubahan kepemilikan, termasuk berada di bawah Hanson dan PT Tirtamas Majutama milik Hashim Djojohadikusumo. Setelah krisis moneter 1998, perusahaan menghadapi restrukturisasi utang melalui skema BLBI yang turut membawa dampak hukum dan finansial.

Ekspansi perusahaan berlanjut pada tahun 1993 melalui akuisisi PT Semen Nusantara di Cilacap. Pabrik yang telah berdiri sejak 1974 tersebut memproduksi semen portland tipe I dengan merek “Semen Borobudur”. Akuisisi ini memperkuat kapasitas produksi perusahaan di wilayah Jawa Tengah. Kemudian pada tahun 1995, perusahaan juga mengambil alih Pabrik Semen Dwima Agung di Tuban, Jawa Timur. Lokasi Tuban dipilih karena strategis, dekat dengan pelabuhan serta memiliki sumber bahan baku utama seperti batu kapur dan tanah liat.

Perubahan besar terjadi pada 13 Desember 2001 ketika Holcim Group dari Swiss mengakuisisi mayoritas saham perusahaan. Nama perusahaan kemudian berubah menjadi PT Holcim Indonesia Tbk. pada 1 Januari 2006. Pergantian ini membawa penerapan teknologi modern dan sistem manajemen bertaraf internasional. Pada tahun 2016, PT Holcim Indonesia Tbk. melakukan merger dengan PT Lafarge Cement Indonesia Tbk. sehingga memperkuat posisinya sebagai salah satu produsen semen terbesar di Indonesia.

Pada tahun 2019, mayoritas saham perusahaan resmi diambil alih oleh [PT Semen Indonesia \(Persero\) Tbk.](#) Sejak saat itu nama perusahaan berubah menjadi PT Solusi Bangun Indonesia Tbk. dan merek semen “Dynamix” diperkenalkan sebagai identitas produk baru pengganti merek sebelumnya.

Pabrik Tuban menjadi salah satu fasilitas produksi utama yang dimiliki perusahaan dengan kapasitas produksi mencapai sekitar 15 juta ton semen per tahun. Pabrik ini memiliki peran penting dalam memenuhi kebutuhan pasar domestik maupun ekspor. Lokasinya yang dekat dengan pelabuhan memberikan keuntungan dalam proses distribusi bahan baku dan pengiriman produk jadi.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

Untuk mendukung peningkatan kapasitas ekspor, pada tahun 2022 PT Solusi Bangun Indonesia Tbk. bersama SIG dan *Taiheiyo Cement Corporation* membangun terminal pelabuhan baru di area pabrik Tuban. Terminal tersebut mampu melayani kapal hingga kapasitas 50.000 DWT dan dilengkapi berbagai fasilitas seperti jetty, blending silo, clinker silo, serta semen silo berkapasitas besar.

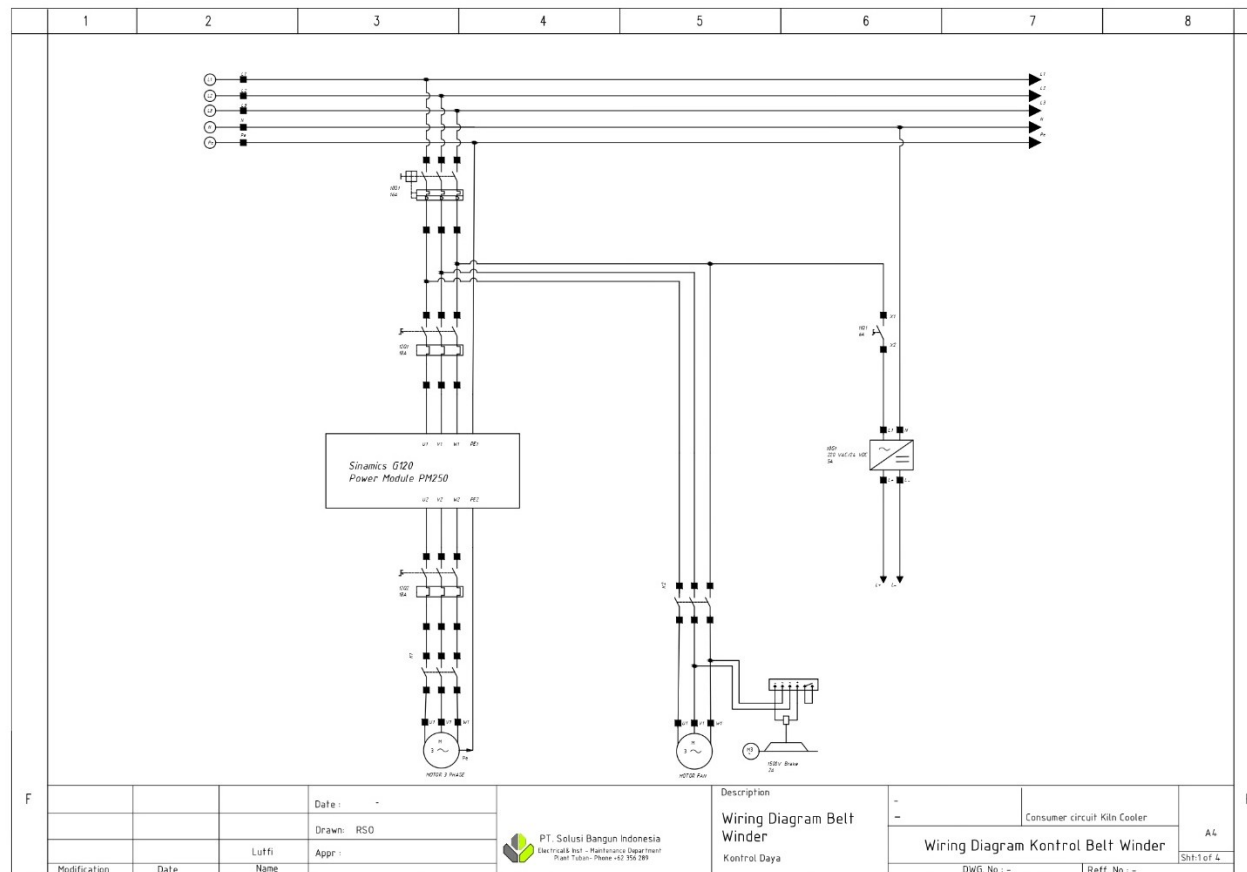
Selain pembangunan terminal, perusahaan juga menerapkan sistem tube conveyor otomatis yang memungkinkan pemindahan semen langsung dari silo menuju kapal. Proses pengisian menggunakan ship loader tipe screw dengan kapasitas hingga 1.000 ton per jam. Infrastruktur ini mendukung kegiatan ekspor semen khusus, termasuk semen tipe V ke berbagai negara seperti Amerika Serikat. Dengan demikian, Pabrik Tuban tidak hanya berfungsi sebagai pusat produksi nasional, tetapi juga menjadi basis ekspor strategis dalam jaringan industri SIG.

Pabrik Tuban juga menunjukkan komitmen perusahaan terhadap keberlanjutan lingkungan. Berbagai program diterapkan, seperti efisiensi energi dan air, pemanfaatan bahan bakar alternatif dari limbah industri, serta pengurangan emisi karbon. Pada tahun 2023, pabrik ini berhasil menekan emisi karbon lebih dari 16 ribu ton CO₂e melalui inovasi proses produksi. Selain itu, sejak 2013 perusahaan bekerja sama dengan lembaga penelitian untuk menjaga keanekaragaman hayati dengan mempertahankan lebih dari 100 hektar area hijau sebagai kawasan konservasi.

Sebagai bagian dari upaya transisi menuju energi bersih, pada awal tahun 2023 perusahaan juga memasang sistem solar panel on-grid berkapasitas 7 MWp di area Pabrik Tuban. Energi listrik yang dihasilkan digunakan untuk mendukung kebutuhan operasional pabrik sekaligus membantu program dekarbonisasi industri semen nasional. Dengan dukungan kapasitas produksi besar, fasilitas pelabuhan modern, teknologi canggih, dan komitmen terhadap lingkungan, Pabrik Tuban menjadi salah satu aset strategis utama PT Solusi Bangun Indonesia Tbk. dalam menghadapi perkembangan industri di masa mendatang.

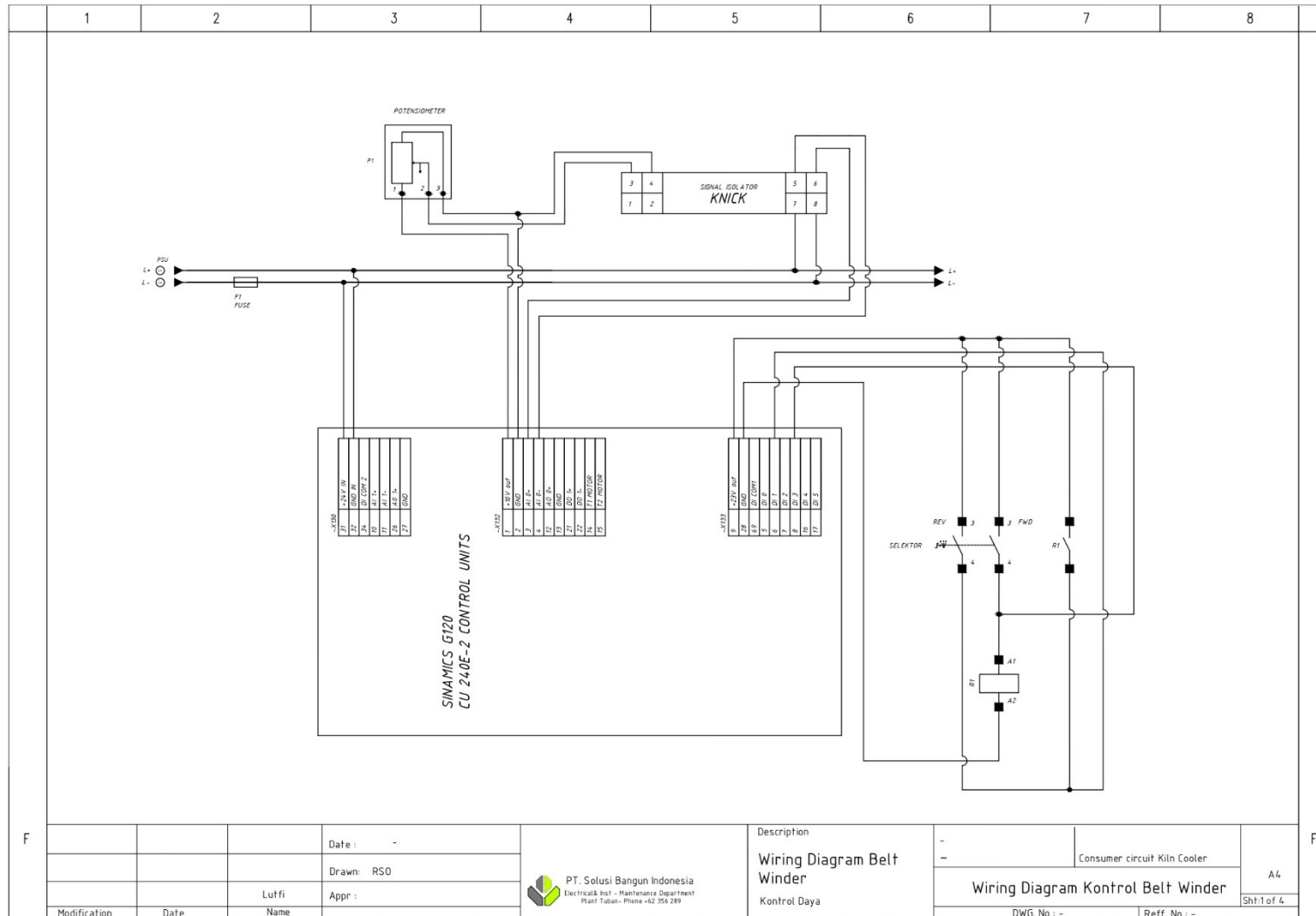
LAMPIRAN 2

Drawing Wiring Kontrol Diagram Sistem *Belt Winder*



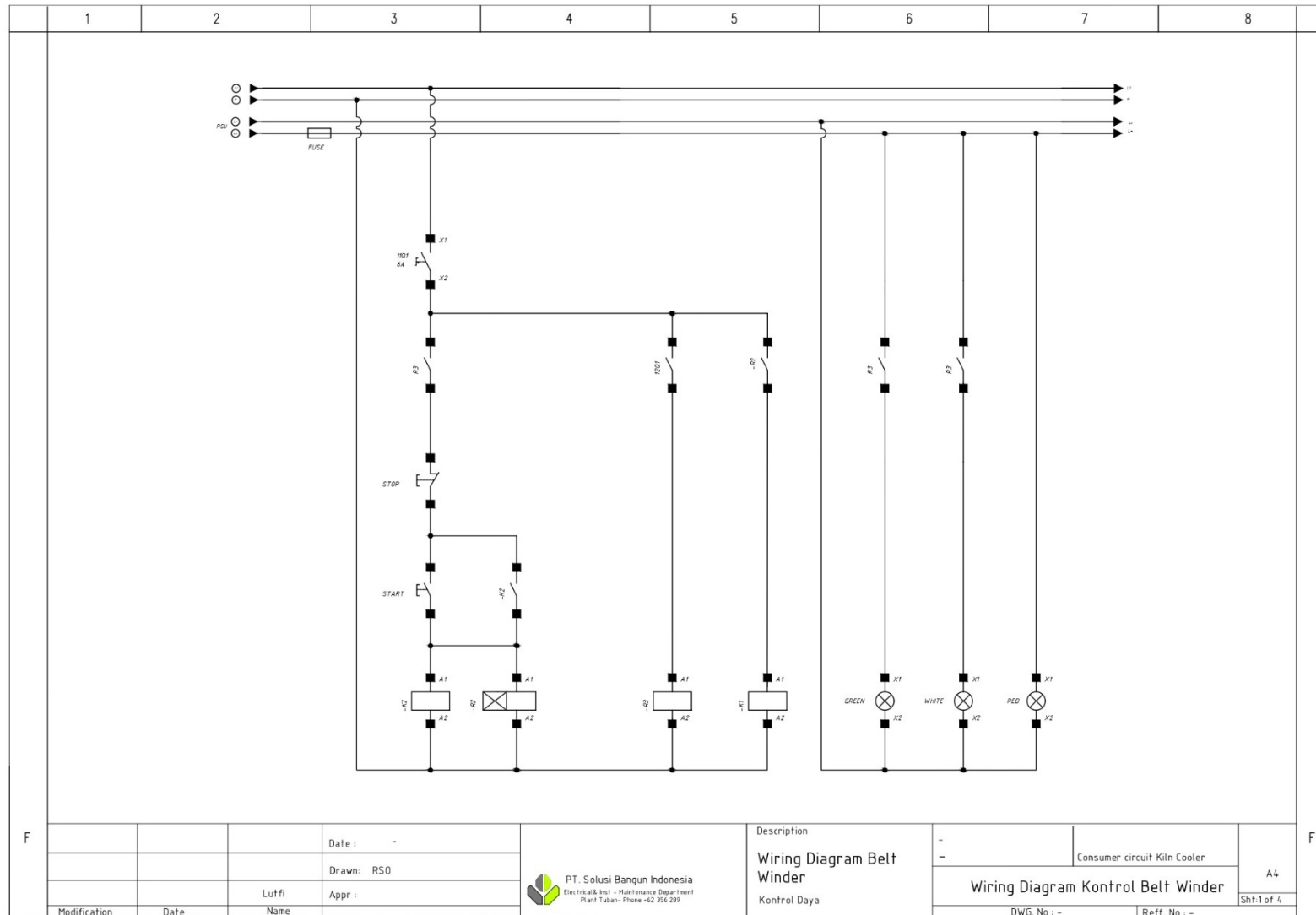


ak Cipta :
Diarang mengutip
a. Pengutipan hanya
b. Pengutipan tidak
Diarang mengutip
tanpa izin Politekr



k atau tinjauan suatu ma

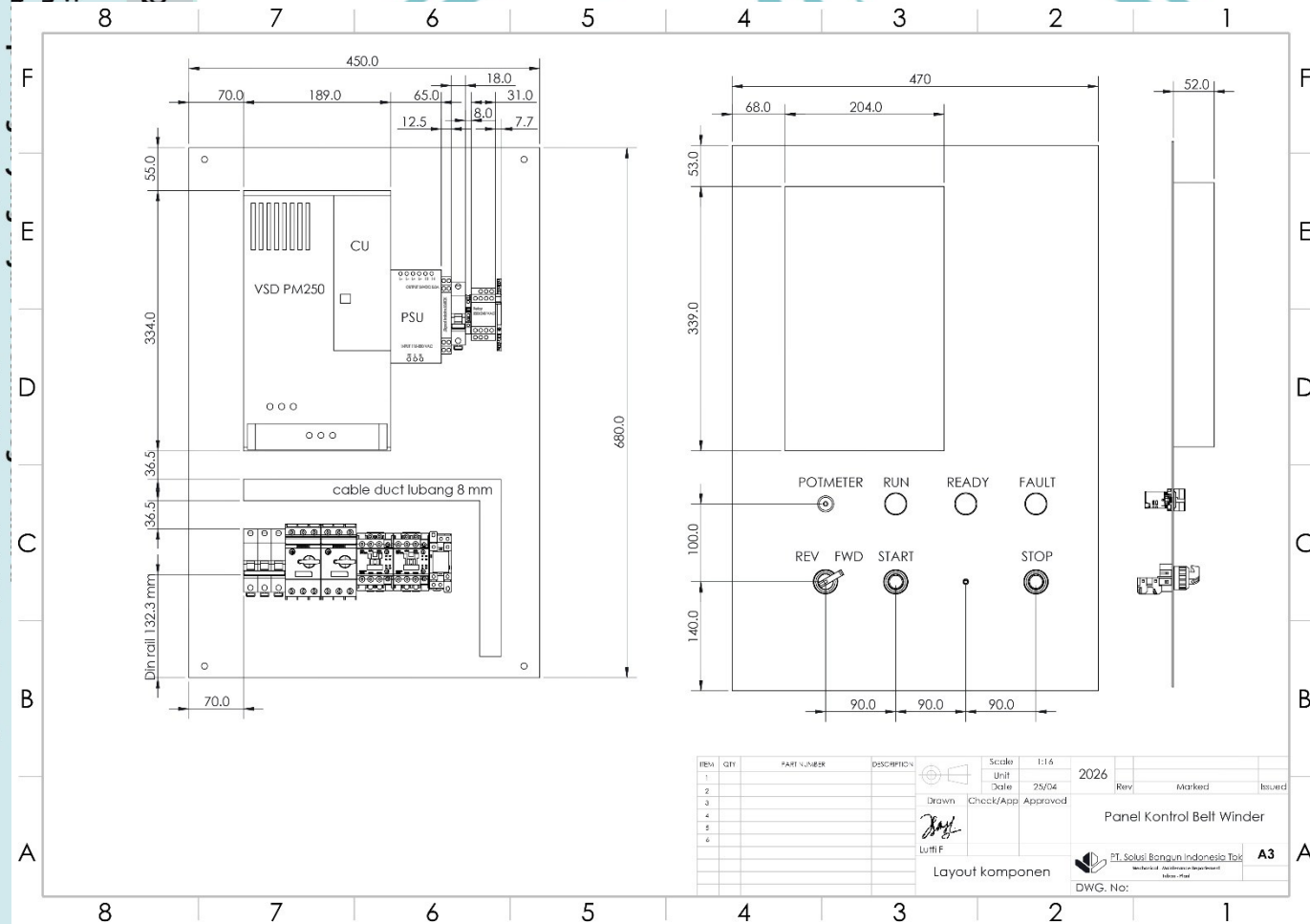
ta milik Polite
 ak Cipta :
 . Dilarang mengutip
 a. Pengutipan hanya
 b. Pengutipan tida
 . Dilarang mengumu
 tanpa izin Politekr



atau tinjauan suatu ma
 ta milik Polite
 ak Cipta :
 . Dilarang mengutip
 a. Pengutipan hanya
 b. Pengutipan tida
 . Dilarang mengumu
 tanpa izin Politekr

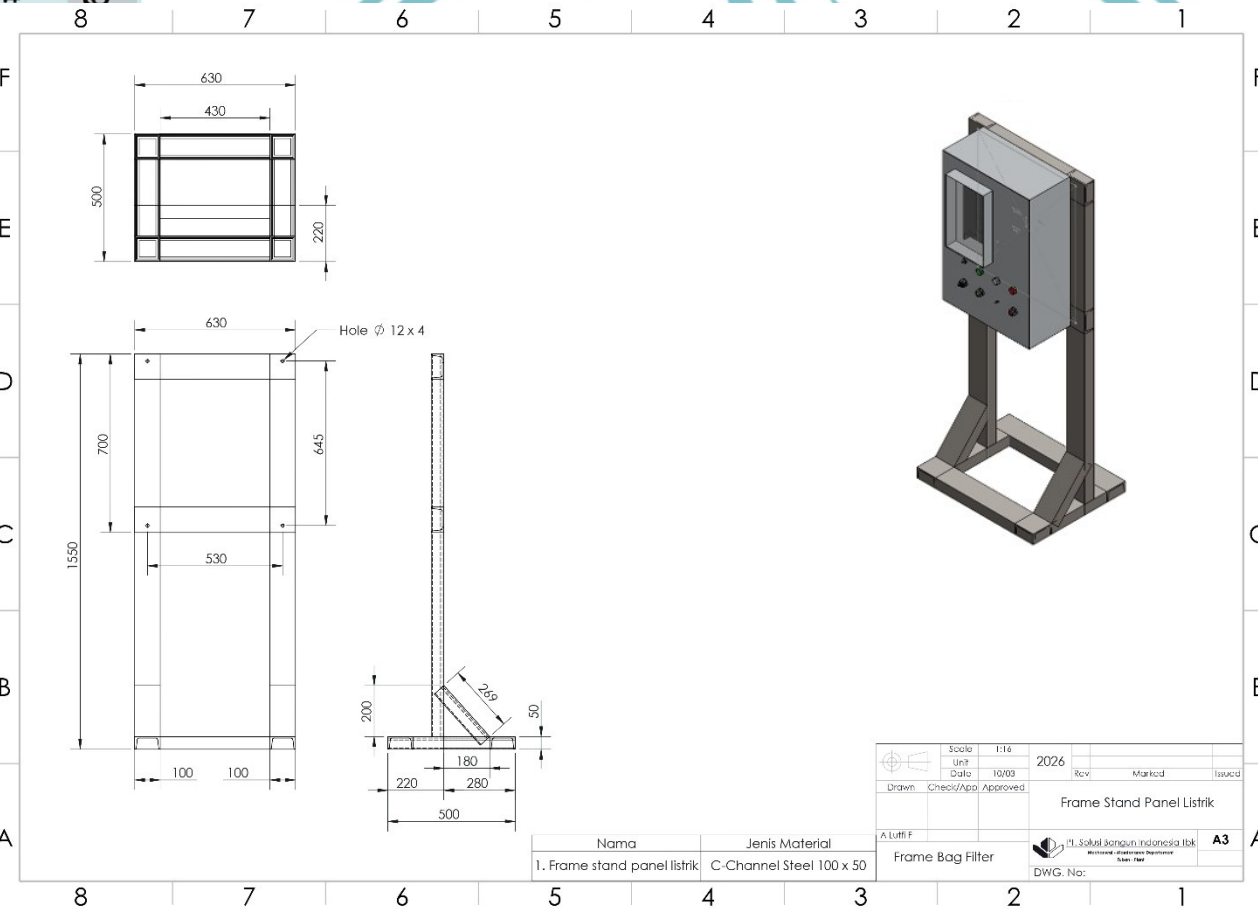
LAMPIRAN 3

Drawing Design Layout Panel Bagian Dalam dan Luar



LAMPIRAN 4

Drawing Design Frame Stand Panel



ak Cipta :
ta milik Politeknik Neg

- . Dilarang mengutip sebagian at
- a. Pengutipan hanya untuk keperluan penulisan, penemuan, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu ma
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
- . Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN 5

SOP Pengoperasian Panel Kontrol Mesin *Belt Winder*

STANDARD OPERATING PROCEDURE

1. TUJUAN SOP ini dibuat untuk menjelaskan langkah-langkah pengoperasian panel kontrol mesin *belt winder* secara aman, terkontrol, dan sesuai prosedur kerja

2. LINGKUP SOP ini berlaku pada proses pengoperasian mesin *belt winder* yang meliputi proses *start*, pengaturan arah putaran, pengaturan kecepatan, hingga proses stop operasi.

3. JUDUL : SOP Pengoperasian Panel Kontrol Pada Mesin *Belt winder*

Dept :

Hal : 1

4. A : Packhouse

Man power :

NO :

Maker :

5. DAFTAR ISI

1. Part

Power System

Memastikan seluruh MCB dan breaker pada panel berada pada posisi ON sebagai suplai utama sistem.

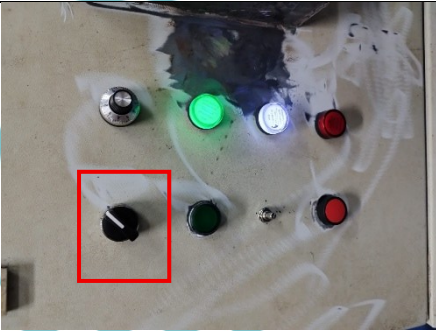


2. Indikator Sistem

Memastikan lampu indikator putih (*Power* dan VSD ready) menyala sebagai tanda sistem dalam kondisi siap operasi.



3. Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

NO	Part	Job Description	Gambar
3.	Start System	Mengaktifkan sistem dengan menekan <i>push button START</i> untuk menjalankan motor cooling fan dan release brake.	
4.	Direction Control	Mengatur arah putaran motor menggunakan <i>selector switch</i> pada posisi forward atau reverse sesuai kebutuhan operasi.	
5.	Speed Control	Mengatur kecepatan motor menggunakan <i>potensiometer</i> dengan fungsi INC untuk menaikkan RPM dan DEC untuk menurunkan RPM.	
6.	Stop Preparation	Mengembalikan <i>selector switch</i> ke posisi tengah sebagai tahap awal proses penghentian motor tanpa mengaktifkan <i>fault</i> .	
7.	Stop System	Menghentikan sistem secara penuh dengan menekan <i>push button STOP</i> setelah selector berada di posisi tengah.	
8.	Restart Operation	Mengulang proses operasi mulai dari tahap <i>START</i> apabila sistem akan dijalankan kembali.	
9.		Bahaya:	



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Part	Job Description	Gambar
	• Risiko tersengat listrik akibat tegangan kerja panel kontrol 3 fasa 380V • Risiko kesalahan operasi yang menyebabkan <i>fault</i> pada VSD Siemens SINAMICS • Risiko perubahan kecepatan mendadak yang menyebabkan hentakan pada sistem <i>belt</i> Pencegahan: • Memastikan panel dalam kondisi aman sebelum diberi tegangan serta menerapkan prosedur <i>Lock Out Tag Out Try Out (LOTOTO)</i> • Mengoperasikan sistem sesuai SOP pengoperasian panel <i>belt winder</i> terutama pada urutan <i>START</i>, <i>STOP</i>, dan pengaturan <i>selector switch</i> • Mengatur perubahan kecepatan motor secara bertahap melalui <i>potensiometer</i> untuk menghindari hentakan pada sistem <i>belt</i>	

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN 6

Hasil Kuesioner Pembobotan Kriteria Pemilihan Konsep Sistem Kontrol Dan Tipe Vsd

A. Keterangan Responden

Kuesioner disebarkan kepada responden yang berasal dari tim maintenance mekanik dan elektrik. Responden dipilih karena memiliki keterlibatan dan pemahaman terhadap proses operasional, perawatan, serta kebutuhan *retrofit* sistem kontrol mesin *belt* *winder*. Jumlah responden yang mengisi kuesioner adalah 10 orang.

B. Ketentuan Skoring Kuesioner

Bagian A — Pemilihan Konsep Sistem Kontrol

Tingkat Kepentingan	Skor	Bobot per Responden
Paling penting	7	25,00%
Sangat penting	6	21,43%
Penting	5	17,86%
Cukup penting	4	14,29%
Kurang penting	3	10,71%
Belum penting	2	7,14%
Paling belum penting	1	3,57%

Kuesioner menggunakan metode pengurutan tingkat kepentingan. Responden diminta memilih satu kriteria pada setiap tingkat kepentingan. Kriteria yang telah dipilih pada satu tingkat kepentingan tidak dapat dipilih kembali pada tingkat kepentingan lainnya.

Total skor Bagian A:

$$7 + 6 + 5 + 4 + 3 + 2 + 1 = 28$$

Rumus bobot:

$$Bobot = \frac{Skor}{28} \times 100\%$$

Bagian B — Pemilihan Tipe VSD

Tingkat Kepentingan	Skor	Bobot per Responden
Paling penting	3	50,00%
Penting	2	33,33%
Belum penting	1	16,67%

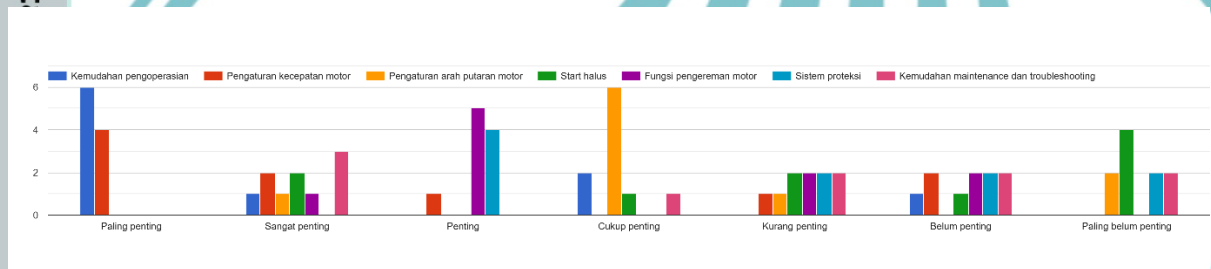
Total skor Bagian B:

$$3 + 2 + 1 = 6$$

Rumus bobot:

$$Bobot = \frac{Skor}{6} \times 100\%$$

Data Mentah Hasil Kuesioner Bagian A



D. Rekapitulasi Skor dan Bobot Bagian A

No	Kriteria	Total Skor	Rata-rata Skor	Bobot Akhir
1	Kemudahan pengoperasian	58	5,80	20,71%
2	Pengaturan kecepatan motor	52	5,20	18,57%
3	Fungsi pengereman motor	41	4,10	14,64%
4	Pengaturan arah putaran motor	35	3,50	12,50%
5	Kemudahan maintenance dan troubleshooting	34	3,40	12,14%

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	Sistem proteksi	32	3,20	11,43%
	Start halus	28	2,80	10,00%
	Total	280		100,00%

Rumus perhitungan bobot akhir:

$$\text{Bobot} = \frac{\text{Total Skor Kriteria}}{\text{Total Skor Keseluruhan}} \times 100\%$$

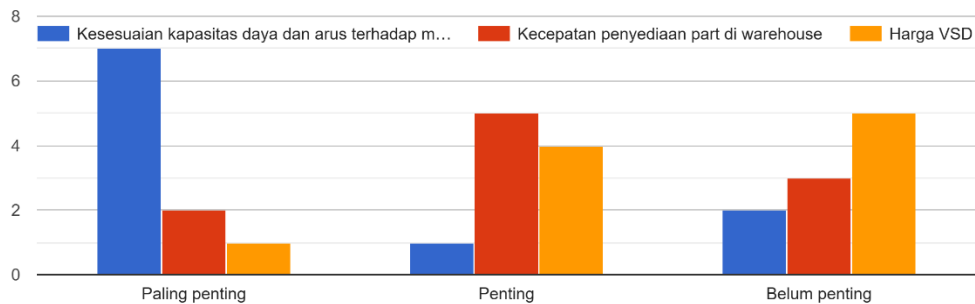
Karena jumlah responden adalah 10 orang, maka total skor keseluruhan Bagian A adalah:

$$28 \times 10 = 280$$

Contoh perhitungan bobot kriteria Kemudahan pengoperasian:

$$\text{Bobot} = \frac{58}{280} \times 100\% = 20,71\%$$

E. Data Mentah Hasil Kuesioner Bagian B



F. Rekapitulasi Skor dan Bobot Bagian B

No	Kriteria	Total Skor	Rata-rata Skor	Bobot Akhir
1	Kesesuaian kapasitas daya dan arus terhadap motor existing	25	2,50	41,67%
2	Kecepatan penyediaan part di warehouse	19	1,90	31,67%
3	Harga VSD	16	1,60	26,67%
	Total	60		100,00%



Karena jumlah responden adalah 10 orang, maka total skor keseluruhan Bagian B adalah:

$$6 \times 10 = 60$$

Contoh perhitungan bobot kriteria Kesesuaian kapasitas daya dan arus terhadap motor existing:

$$\text{Bobot} = \frac{25}{60} \times 100\% = 41,67\%$$

Berdasarkan hasil kuesioner terhadap 10 responden dari tim maintenance mekanik dan elektrik, diperoleh bobot akhir untuk kriteria pemilihan konsep sistem kontrol dan tipe VSD. Pada Bagian A, kriteria dengan bobot tertinggi adalah Kemudahan pengoperasian sebesar 20,71%, diikuti oleh Pengaturan kecepatan motor sebesar 18,57%, dan Fungsi pengereman motor sebesar 14,64%.

Pada Bagian B, kriteria dengan bobot tertinggi adalah Kesesuaian kapasitas daya dan arus terhadap motor existing sebesar 41,67%, diikuti oleh Kecepatan penyediaan part di warehouse sebesar 31,67%, dan Harga VSD sebesar 26,67%.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

LAMPIRAN 7

Perhitungan Kapasitas Mesin *Belt Winder*

Pengambilan Data Di Lapangan

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar A menunjukkan proses pengukuran lebar belt untuk mengetahui ukuran aktual belt yang digunakan pada mesin belt winder.

Gambar B menunjukkan proses pengukuran tebal belt sebagai data dasar dalam perhitungan kapasitas panjang gulungan belt.

Gambar C menunjukkan pengukuran diameter roll belt dalam kondisi penuh untuk mengetahui batas ukuran gulungan aktual.

Gambar D menunjukkan pengukuran diameter roll pada drum penuh sebagai acuan dalam menentukan kapasitas gulungan belt.

Gambar E menunjukkan pengukuran diameter core drum yang digunakan sebagai dasar awal perhitungan kapasitas belt winder.

Gambar F menunjukkan dokumen purchase pembelian belt baru sebagai data pendukung harga dan spesifikasi belt replacement.

Gambar G menunjukkan data berat belt BW 680 yang digunakan sebagai dasar dalam perhitungan estimasi berat roll belt.

A Data Spesifikasi Teknis

Perhitungan kapasitas mesin *belt winder* didasarkan pada data spesifikasi motor, *gearbox*, dimensi *drum* penggulung, serta data historis operasi penggulangan *belt* yang tersedia, sebagaimana dirangkum pada tabel berikut.

Tabel 1. Spesifikasi Motor Penggerak

Parameter	Spesifikasi
Merk	Siemens
Jenis Motor	Motor Induksi 3 Phase
Daya Motor (P)	11 kW
Tegangan	400/690 V
Frekuensi	50 Hz
Arus Nominal	$\pm 22,5$ A
Putaran Motor (n_1)	1460 rpm
Jumlah Pole	4 Pole
Power Factor	$\cos \phi \approx 0,81$
Efisiensi Motor (η)	87,60 % (Kelas IE1)
Berat Motor	± 373 kg

Tabel 2. Spesifikasi Gearbox (Speed Reducer)

Parameter	Spesifikasi
Jenis	Gear Reducer / Gearbox
Rasio Gearbox (i)	75,87 : 1
Putaran Input (n_1)	1460 rpm

Parameter	Spesifikasi
Putaran Output (n2)	19,2 rpm
Torsi Output (T2)	5459 Nm
Service Factor (fB)	1,8

Table 3. Data Drum Penggulung dan Data Historis Belt

Parameter	Nilai
Diameter Core Drum (Dc)	0,38 m
Diameter Maksimal Roll (Dmax)	2,70 m
Tipe Belt yang pernah ditarik	BW 680
Tebal Belt	15,5 mm
Panjang Total Belt	122 m
Berat Total Belt	1847,866 kg
Sistem Kontrol Kecepatan	VSD (<i>Variable Speed Drive</i>)

B. Perhitungan Daya dan Torsi Motor

Torsi motor pada poros input dihitung menggunakan persamaan dasar hubungan antara daya dan putaran motor:

$$T_1 = \frac{9550 \times P}{n_1} Tl$$

dengan P adalah daya motor (kW) dan n1 adalah putaran motor (rpm). Dengan memasukkan nilai P = 11 kW dan n1 = 1460 rpm, diperoleh:

$$T_1 = \frac{9550 \times 11}{1460} = 71,95 \text{ Nm} \approx 72 \text{ Nm}$$

Nilai ini merupakan torsi yang dihasilkan motor pada poros input sebelum direduksi oleh gearbox.

C. Verifikasi Torsi Output Gearbox

Torsi output gearbox (T₂) secara teoritis dapat dihitung dari torsi input motor (T₁) dikalikan dengan rasio reduksi gearbox (i), dengan memperhitungkan efisiensi mekanis gearbox (η_{gb}):

$$T_2 = T_1 \times i \times \eta_{gb}$$

Dengan mengabaikan sementara rugi-rugi mekanis (η_{gb} ≈ 1), diperoleh torsi output teoritis:

$$T_{2(\text{teoritis})} = 71,95 \times 75,87 = 5459,0 \text{ Nm}$$

Nilai ini sangat mendekati nilai torsi output pada name plate gearbox yaitu 5459 Nm (selisih < 0,01%), sehingga dapat disimpulkan bahwa efisiensi mekanis gearbox mendekati ideal (η_{gb} ≈ 99,99%) dan data spesifikasi motor-gearbox konsisten satu sama lain. Nilai T₂ = 5459 Nm inilah yang selanjutnya digunakan sebagai dasar perhitungan gaya tarik (pulling force) mesin belt winder.

D. Analisis Gaya Tarik (Pulling Force) Terhadap Diameter Gulungan

Pada mesin belt winder, torsi output gearbox (T₂) bekerja pada drum penggulung dengan jari-jari yang berubah secara dinamis, mulai dari jari-jari core (kondisi drum kosong) hingga jari-jari maksimum (kondisi roll penuh). Hubungan antara torsi, gaya tarik, dan jari-jari drum dinyatakan sebagai:

$$F(r) = \frac{T_2}{r}$$

dengan r adalah jari-jari efektif gulungan belt pada drum (r = D/2). Karena torsi output gearbox bersifat tetap (dibatasi oleh kemampuan motor dan gearbox), maka gaya tarik yang tersedia akan semakin menurun seiring bertambahnya diameter gulungan. Karakteristik ini merupakan pertimbangan utama dalam perancangan sistem kontrol kecepatan berbasis VSD, di mana kecepatan putar drum perlu disesuaikan (diturunkan) seiring bertambahnya diameter gulungan agar kecepatan linier belt dan tegangan tarik (tension) tetap terjaga dalam batas yang aman.

Tabel 4. Gaya Tarik Mesin pada Berbagai Diameter Gulungan (T₂ = 5459 Nm)

Diameter Roll (m)	Jari-jari (m)	Gaya Tarik F (N)	Gaya Tarik F (kgf)
0,38 (core)	0,19	28.731,6	2.928,8
0,60	0,30	18.196,7	1.854,9
0,90	0,45	12.131,1	1.236,6
1,20	0,60	9.098,3	927,5

Diameter Roll (m)	Jari-jari (m)	Gaya Tarik F (N)	Gaya Tarik F (kgf)
0,50	0,75	7.278,7	742,0
0,80	0,90	6.065,6	618,3
1,10	1,05	5.199,0	530,0
1,40	1,20	4.549,2	463,7
1,70 (maksimal)	1,35	4.043,7	412,2

E. Kapasitas Beban Maksimum Mesin

Berdasarkan Tabel 4, kapasitas gaya tarik mesin memiliki dua kondisi batas (envelope kapasitas):

$$F_{\max} = \frac{T_2}{r} = \frac{5459}{0,19}$$

$$F_{\max} = 28.731,6 \text{ N} \approx 2.928,8 \text{ kgf}$$

$$r = \frac{D}{2} = \frac{2,70}{2} = 1,35 \text{ m}$$

$$F_{\min} = \frac{T_2}{r} = \frac{5459}{1,35}$$

$$F_{\min} = 4.043,7 \text{ N} \approx 412,2 \text{ kgf}$$

Dengan mempertimbangkan service factor gearbox ($f_B = 1,8$) yang merepresentasikan kapasitas lebih (overload) untuk kondisi start/beban kejut sesaat, kapasitas torsi puncak adalah $T_2 \times f_B = 5459 \times 1,8 = 9.826,2 \text{ Nm}$, sehingga gaya tarik puncak (sesaat) pada kondisi core dan roll penuh masing-masing menjadi $\approx 51.716,8 \text{ N}$ ($5.271,8 \text{ kgf}$) dan $\approx 7.278,7 \text{ N}$ ($741,9 \text{ kgf}$).

Karena mesin harus mampu menggulung belt secara kontinu dari kondisi core hingga roll penuh, maka kapasitas desain yang aman untuk operasi kontinu ditentukan oleh kondisi terburuk (worst case), yaitu pada saat diameter roll mencapai maksimum (2,70 m), dengan gaya tarik kontinu sebesar $\pm 4.043,7 \text{ N}$ ($\pm 412,2 \text{ kgf}$), dan kapasitas puncak (sesaat, sesuai service factor) sebesar $\pm 7.278,7 \text{ N}$ ($\pm 741,9 \text{ kgf}$).

F. Validasi dengan Data Operasional Aktual (Belt BW 680)

Untuk memvalidasi kewajaran hasil perhitungan, dilakukan pengecekan silang menggunakan data historis belt BW 680 yang pernah ditarik dan digulung oleh mesin ini.

F.1 Verifikasi Massa Jenis Belt

Massa belt per satuan panjang (berat linier) dihitung sebagai:

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$w = \frac{m}{L} = \frac{1847,866}{122} = 15,15 \text{ kg/m}$$

Ini dibandingkan terhadap dimensi penampang belt (lebar 0,68 m × tebal 0,0155 m), diperoleh estimasi massa jenis material belt:

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{w}{\text{lebar} \times \text{tebal}} \\ &= \frac{15,15}{0,68 \times 0,0155} \\ &\approx 1.437 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Nilai ini berada pada rentang wajar massa jenis belt konveyor berlapis kain/karet (Fabric/rubber ply, tipe NN/EP), yaitu sekitar 1.100–1.500 kg/m³, sehingga data historis dapat dianggap valid dan konsisten.

F.2 Estimasi Diameter Roll Aktual yang Dicapai

Diameter roll aktual yang terbentuk saat penggulungan belt BW 680 (dengan panjang 122 m dan tebal 15,5 mm) dapat diestimasi menggunakan hubungan geometri penggulungan:

$$\begin{aligned} D_{\text{aktual}} &= \sqrt{0,38^2 + \frac{4 \times 0,0155 \times 122}{\pi}} \approx 1,60 \text{ m} \\ r_{\text{aktual}} &= \frac{D_{\text{aktual}}}{2} = \frac{1,60}{2} \approx 0,80 \text{ m} \end{aligned}$$

Hasil ini menunjukkan bahwa penggulungan belt BW 680 hanya mencapai ± 59% dari diameter maksimum drum (2,70 m), sehingga masih terdapat ruang kapasitas untuk menggulung belt yang lebih panjang.

F.3 Verifikasi Kecukupan Gaya Tarik

Gaya tarik yang tersedia pada radius aktual tersebut adalah:

$$F_{\text{tersedia}} = \frac{T_2}{r_{\text{aktual}}} = \frac{5459}{0,80} \approx 6.834,3 \text{ N}$$

$$F_{\text{tersedia}} \approx 696,7 \text{ kgf}$$

Gaya tarik aktual yang dibutuhkan untuk menggulung belt bergantung pada koefisien tahanan gerak total sistem (gesekan pada rol/lintasan, kekakuan belt, dan lain-lain), yang tidak diketahui secara eksplisit dari data yang tersedia. Sebagai pendekatan konservatif untuk estimasi (asumsi rekayasa), digunakan koefisien tahanan $k = 0,2$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

(terada pada rentang umum koefisien gesek sistem rol/konveyor sebesar 0,15–0,30), sehingga estimasi gaya tarik yang dibutuhkan adalah:

$$F_{\text{butuh}} = k \times W = 0,2 \times (1847,866 \times 9,81) \approx 3.625,5 \text{ N}$$

$$F_{\text{butuh}} \approx 369,6 \text{ kgf}$$

Dengan demikian faktor keamanan (safety margin) pada kondisi operasi aktual adalah $F_{\text{tersedia}} / F_{\text{butuh}} \approx 1,89$, yang menunjukkan bahwa kapasitas mesin masih mencukupi dengan margin yang wajar untuk operasi penggulangan belt BW 680 tersebut. Catatan: nilai $k = 0,2$ merupakan asumsi rekayasa untuk keperluan estimasi karena data koefisien tahanan aktual di lapangan tidak tersedia; untuk keperluan desain/verifikasi lebih lanjut disarankan dilakukan pengukuran tegangan tarik (tension) aktual di lapangan.

Estimasi Kapasitas untuk Berbagai Tipe/Ukuran Belt

Menggunakan massa jenis belt hasil kalibrasi ($\rho \approx 1.437 \text{ kg/m}^3$) dan koefisien tahanan asumsi $k = 0,2$, kapasitas mesin dapat diestimasi untuk berbagai kombinasi lebar dan tebal belt standar. Terdapat dua batasan kapasitas yang perlu ditinjau:

1. Batasan gaya tarik (load-based), berdasarkan kondisi terburuk pada roll penuh:

$$m_{\text{maksimum}} = \frac{F_{\text{min}}}{k \times g} = \frac{4.043,7}{0,2 \times 9,81} \approx 2.061 \text{ kg}$$

2. Batasan geometris drum (size-based): $L_{\text{max}} = \frac{\pi(D_{\text{max}}^2 - D_c^2)}{4t}$ yaitu panjang maksimum belt yang secara fisik masih dapat digulung pada drum untuk tebal belt tertentu.

Tabel 5. Estimasi Panjang Maksimum Belt yang Dapat Ditarik Berdasarkan Tipe (Lebar) dan Tebal Belt

Tipe Belt (Lebar)	Tebal (mm)	Massa Linier (kg/m)	Lmax Batasan Gaya (m)	Lmax Batasan Drum (m)	Lmax Estimasi Aman (m)
BW 500	10	7,19	286,8	561,2	≈ 287
BW 500	15	10,78	191,2	374,1	≈ 191
BW 600	10	8,62	239,0	561,2	≈ 239
BW 600	15	12,93	159,4	374,1	≈ 159

Tipe Belt (Lebar)	Tebal (mm)	Massa Linier (kg/m)	Lmax Batasan Gaya (m)	Lmax Batasan Drum (m)	Lmax Estimasi Aman (m)
W 650	15	14,01	147,1	374,1	≈ 147
W 680	15,5	14,66	$\approx 140,6$	$\approx 362,1$	≈ 141
W 800	15	17,24	119,5	374,1	≈ 120
W 800	20	22,99	89,6	280,6	≈ 90
W 1000	15	21,56	95,6	374,1	≈ 96
W 1200	15	25,87	79,7	374,1	≈ 80
W 1200	20	34,49	59,8	280,6	≈ 60

Pada seluruh kombinasi yang ditinjau, batasan gaya tarik (kolom ke-4) selalu jauh lebih kecil dibandingkan batasan geometris drum (kolom ke-5). Hal ini menunjukkan bahwa faktor pembatas utama kapasitas mesin belt winder adalah kemampuan torsi motor-gearbox (gaya tarik), bukan ukuran fisik drum. Dengan kata lain, drum masih memiliki ruang fisik yang cukup besar, namun kapasitas penggulangan pada praktiknya dibatasi oleh kemampuan tarik sistem penggerak, khususnya pada kondisi roll mendekati penuh.

Secara umum, mesin belt winder ini mampu menarik dan menggulung belt tipe fabric/rubber ply (NN/EP) dengan lebar berkisar antara 500 mm hingga 1200 mm, dengan panjang maksimum yang bervariasi sesuai tebal dan lebar belt sebagaimana tercantum pada Tabel 5. Untuk belt bertipe steel cord (ST) yang memiliki massa jenis jauh lebih tinggi akibat penguat kawat baja, kapasitas panjang yang dapat ditarik akan lebih kecil dan perlu dihitung ulang menggunakan massa jenis aktual belt tersebut.

H. Kesimpulan

1. Torsi motor pada poros input adalah $T1 \approx 71,95$ Nm, dan torsi output gearbox terverifikasi sebesar $T2 = 5459$ Nm (konsisten dengan spesifikasi name plate, efisiensi gearbox $\approx 99,99\%$).
2. Gaya tarik mesin bervariasi dari $\approx 28.731,6$ N (2.928,8 kgf) pada kondisi core ($D = 0,38$ m) hingga $\approx 4.043,7$ N (412,2 kgf) pada kondisi roll penuh ($D = 2,70$ m).
3. Kapasitas beban desain aman untuk operasi kontinu ditentukan oleh kondisi terburuk (roll penuh) sebesar $\pm 412,2$ kgf (kontinu), dengan kapasitas puncak sesaat (mempertimbangkan service factor 1,8) sebesar $\pm 741,9$ kgf.



- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

4. Validasi terhadap data historis belt BW 680 (berat 1847,866 kg, panjang 122 m) menunjukkan faktor keamanan operasi $\approx 1,89$, sehingga hasil perhitungan dinilai valid dan konsisten dengan riwayat operasi mesin.
5. Mesin belt winder ini secara umum mampu menarik belt fabric/rubber ply (NN/EP) dengan lebar 500–1200 mm pada berbagai tebal, dengan faktor pembatas utama berupa kapasitas torsi motor-gearbox, bukan ukuran fisik drum.
6. Penggunaan VSD memungkinkan pengaturan kecepatan penggulungan secara bertahap (tidak selalu pada kecepatan penuh), sehingga tegangan tarik (tension) belt dapat dikendalikan tetap berada dalam batas aman meskipun jari-jari gulungan terus berubah selama proses penggulungan berlangsung — hal ini menjadi dasar penting bagi perancangan sistem kontrol kecepatan pada mesin belt winder.





LAMPIRAN 8

Personalia Tugas Akhir

1. Nama Lengkap : Ahmad Lutfi Firmansyah
2. Jenis Kelamin : Laki-laki
3. Tempat, Tanggal Lahir : Tuban, 06 Februari 2003
4. Nama Ayah : Moch. Umbar
5. Nama Ibu : Sulasih
6. Alamat : Jl. Glondong Gede RT.005 RW.006.,
Kecamatan Tambakboyo, Kabupaten
7. E-mail : lutfi.eve19@gmail.com
8. Pendidikan :
SD (2011 – 2017) : SDN Glondong Gede
SMP (2017 – 2020) : SMP Islam 4-5 Tambakboyo
SMK (2020 – 2023) : SMA Negeri 2 Tuban
9. Pengalaman proyek : SMKN 1 Tambakboyo
 - a. *Mobil Packrete (Frame) Project in the EVE Program.*
 - b. *Explosion Door Project for electrical panels at MSS, PT Solusi Bangun Indonesia Tbk, Cilacap.*
 - c. *Case Study: Analysis of the Causes of Failure of the Openable Bearing on the Crank Arm Lever of the 67b-Pa2 Palletizer*

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta