



© 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
ANDALAS**

**POLITEKNIK NEGERI JAKARTA – PT. SOLUSI BANGUN ANDALAS
PERANCANGAN LINE POWER RAW MILL DAN KILN INLET
PADA MAIN SUBSTATION LHOX-3P1-1W02 PT. SOLUSI
BANGUN ANDALAS**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Oleh

**M.QUSYAIRI
NIM: 2302315048**

**PROGRAM KERJASAMA
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA DENGAN PT. SOLUSI BANGUN
INDONESIA
JURUSAN TEKNIK MESIN – PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN
KONSENTRASI REKAYASA INDUSTRI SEMEN
LHOKNGA – TAHUN 2025**



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
ANDALAS**

**POLITEKNIK NEGERI JAKARTA-PT SOLUSI BANGUN INDONESIA
CILACAP PLANT**

**PERANCANGAN LINE POWER RAW MILL DAN KILN INLET PADA
MAIN SUBSTATION LHOX-3P1-1W02 PT. SOLUSI BANGUN ANDALAS**

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:

M.QUSYAIRI

NIM. 2302315048

PROGRAM KERJASAMA

**POLITEKNIK NEGERI JAKARTA DENGAN PT. SOLUSI BANGUN
INDONESIA**

**JURUSAN TEKNIK MESIN – PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN
KONSENTRASI REKAYASA INDUSTRI SEMEN
LHOKNGA – TAHUN 2025**



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

CILACAP TAHUN 2026
HALAMAN PERSETUJUAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

**PERANCANGAN LINE POWER RAW MILL DAN KILN
INLET PADA MAIN SUBSTATION LHOX-3P1-1W02 PT.
SOLUSI BANGUN ANDALAS**

Oleh:

M.Qusyairi

Nim. 2302315048

Program Studi Diploma III Teknik Mesin Konsentrasi Rekayasa Industri

Laporan Tugas Akhir telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Fajar Mulyana, S.T., M.T.

197805222011011003

Pembimbing 2

Munandar Razali

62502494

Pembimbing 3

Abdul Haris

62503273

Ketua Program Studi
Diploma III Teknik Mesin

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

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 tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

PERANCANGAN LINE POWER RAW MILL DAN KILN
INLET PADA MAIN SUBSTATION LHOX-3P1-1W02 PT.
SOLUSI BANGUN ANDALAS

Oleh:

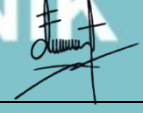
M.Qusyairi

NIM. 2302315048

Program Studi Diploma III Teknik Mesin Konsentrasi Rekayasa Industri Semen

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang Tugas Akhir dihadapan Dewan
Penguji pada tanggal 17 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.	Fajar Mulyana, S.T., M.T. NIP. 197805222011011003	Penguji 1		09 Juli 2026
2.	Yuli Mafendro D.E.S., S.Pd., M.T. NIP. 199403092019031013	Penguji 2		09 Juli 2026
3.	Rijalsyah NIK. 62502514	Penguji 3		09 Juli 2026

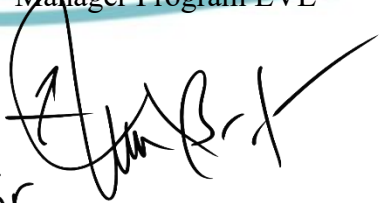
Lhoknga, 09 Juli 2026

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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : M.Qusyairi

NIM : 2302315048

Program Studi: D3 Teknik Mesin

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

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya.

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Lhoknga, 09 Juli 2026



M.Qusyairi

NIM. 2302315048

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

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI PENELITIAN UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : M.Qusyairi
NIM : 2302315048
Jurusan : Teknik Mesin
Program Studi : D3 Teknik Mesin
Konsentrasi : Rekayasa Industri Semen
Jenis Karya : Tugas Akhir

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

PERANCANGAN LINE POWER RAW MILL DAN KILN INLET PADA MAIN SUBSTATION LHOX-3P1-1W02 PT. SOLUSI BANGUN ANDALAS

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

Dibuat di : Lhoknga
Pada tanggal : 09 Juli 2026

Yang menyatakan



M.Qusyairi
NIM. 2302315048



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

Perancangan *Line Power Raw Mill* dan *Kiln Inlet Main Substation LHOX-3P1-1W02 PT Solusi Bangun Andalas*

M.Qusyairi¹; Fajar Mulyana, S.T., M.T.²; Munandar Razali³; Abdul Haris⁴

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) PT Solusi Bangun Andalas, Jl. Meulaboh - Banda Aceh No.KM. 16.5, Mon Ikeun, Kec. Lhoknga, Kabupaten Aceh Besar, Aceh 23363

Email: m.qusyairi.tm23@stu.pnj.ac.id

ABSTRAK

Sistem kelistrikan pada industri semen berperan penting dalam menjaga keberlangsungan proses produksi, khususnya pada area Raw Mill dan Kiln Inlet yang memerlukan suplai listrik andal. Di PT Solusi Bangun Andalas, kedua area tersebut masih menggunakan jalur distribusi listrik yang sama pada Main Substation LHOX-3P1-1W02 sehingga gangguan pada salah satu area berpotensi mengganggu suplai listrik ke area lainnya. Penelitian ini bertujuan memodifikasi sistem distribusi tenaga listrik dengan memisahkan line power antara Raw Mill dan Kiln Inlet. Metode yang digunakan meliputi observasi lapangan, pengumpulan data teknis, studi literatur, analisis kondisi existing, perancangan sistem, dan evaluasi hasil modifikasi. Modifikasi dilakukan melalui penerapan konsep load segregation dengan memisahkan jalur suplai Medium Voltage (MV) sehingga masing-masing area memiliki feeder dan sistem proteksi tersendiri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemisahan line power meningkatkan keandalan sistem distribusi, selektivitas proteksi, serta fleksibilitas operasi dan pemeliharaan. Selain itu, gangguan pada salah satu area dapat diisolasi tanpa memengaruhi area lainnya, sehingga kontinuitas proses produksi menjadi lebih terjamin

Kata Kunci: Main Substation, Medium Voltage, Raw Mill, Kiln Inlet, Load Segregation, Sistem Proteksi.



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

Design of the Line Power System for the Raw Mill and Kiln Inlet Main Substation LHOX-3P1-1W02 at PT Solusi Bangun Andalas

M. Qusyairi¹, Fajar Mulyana, S.T., M.T.², Munandar Razali³, Abdul Haris⁴

¹) Industrial Engineering Concentration, Department of Mechanical Engineering, Jakarta State Polytechnic, UI Depok Campus, 16424

²) Jakarta State Polytechnic, UI Depok Campus, 16424

³) PT Solusi Bangun Andalas, Jl. Meulaboh–Banda Aceh Km. 16.5, Mon Ikeun, Lhoknga District, Aceh Besar Regency, Aceh 23363

Email: m.qusyairi.tm23@stu.pnj.ac.id

ABSTRACT

The electrical system in the cement industry is essential for maintaining continuous production, particularly in the Raw Mill and Kiln Inlet areas, which require a highly reliable power supply. At PT Solusi Bangun Andalas, both areas are currently supplied through the same distribution line at the LHOX-3P1-1W02 Main Substation. As a result, a fault in one area may interrupt the power supply to the other. This study aims to improve the electrical distribution system by separating the power lines for the Raw Mill and Kiln Inlet. The research methods include field observation, technical data collection, literature review, existing system analysis, modification design, and technical evaluation. The proposed modification applies the load segregation concept by separating the Medium Voltage (MV) supply lines so that each area has its own feeder and protection system. The results indicate that the modified system improves distribution reliability, enhances protection selectivity, and increases operational and maintenance flexibility. Furthermore, faults can be isolated within the affected area without disrupting other production processes, thereby improving overall production continuity

Keywords: Main Substation, Medium Voltage, Raw Mill, Kiln Inlet, Load Segregation, Protection System.



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

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul "Perancangan Line Power Raw Mill dan Kiln Inlet pada Main Substation LHOX-3P1-1W02 PT Solusi Bangun Andalas" dengan baik. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Diploma III Program Studi Teknik Mesin Konsentrasi Rekayasa Industri Semen, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta. Dalam proses penyusunan laporan ini, penulis memperoleh banyak bantuan, bimbingan, arahan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, kekuatan, dan kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. orang tua dan seluruh keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan, semangat, serta motivasi kepada penulis.
3. Bapak Fajar Mulyana, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan, arahan, kritik, dan saran selama proses penyusunan laporan ini.
4. Ibu Gammalia Permata Devi, selaku Manager Program EVE (*Enterprise-based Vocational Education*), atas arahan dan fasilitas yang diberikan selama penulis menempuh pendidikan.
5. Bapak Munandar Razali dan Bapak Abdul Haris, selaku pembimbing industri di PT Solusi Bangun Andalas yang telah memberikan kesempatan, ilmu, pengalaman, serta bimbingan selama pelaksanaan Tugas Akhir.
6. karyawan dan teknisi PT Solusi Bangun Andalas yang telah membantu penulis dalam proses pengambilan data dan pelaksanaan penelitian.
7. Seluruh rekan-rekan EVE, *EVE attendant*, kontraktor, dan karyawan PT Solusi Bangun Indonesia Tbk, yang telah memberikan bantuan, kerja sama, dan kebersamaan yang berharga selama 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 tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

8. Teman-teman serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang selalu memberikan dukungan dan doa untuk kelancaran penulis.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih memiliki berbagai kekurangan dan masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak demi penyempurnaan laporan ini di masa yang akan datang

Akhir kata, penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca serta menjadi referensi yang bermanfaat dalam pengembangan sistem distribusi tenaga listrik, khususnya pada industri semen

Lhoknga, 09 Juli 2026

Yang menyatakan

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

M.Qusyairi

NIM. 2302315048



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

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	Error! Bookmark not defined.
LAPORAN TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI PENELITIAN UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABLE	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.4.1 Tujuan Khusus.....	3
1.4.2 Tujuan Umum	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Lokasi Pengamatan	5
1.7 Metode Penyelesain Masalah	5



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

1.8 Sistematika Penulisan Tugas Akhir.....	5
1.8.1 Bab 1 Pendahuluan.....	5
1.8.2 Bab II Tinjauan Pustaka	6
1.8.3 Bab III Metodologi.....	6
1.8.4 Bab IV Pembahasan dan Hasil	6
1.8.5 Bab V Kesimpulan dan Saran	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 <i>Substation</i>	7
2.2 Karakteristik Beban Raw Mill dan Kiln.....	7
2.2.1 Profil Konsumsi Daya dan Pembebanan Kontinu.....	7
2.2.2 Kebutuhan Daya Reaktif dan Profil <i>Power Factor</i> (Kompensasi kVAR).....	8
2.2.3 Kontribusi Arus Gangguan (<i>Motor Contribution to Short Circuit</i>) ...	8
2.3 Sistem Proteksi dan Pemutus Tenaga pada <i>Main Substation</i>	9
2.3.1 Pemutus Tenaga (<i>Circuit Breaker</i>) dan Sakelar Pemisah (<i>Disconnecting Switch</i>)	9
2.3.2 Transformator Instrumen (<i>Instrument Transformer</i>)	9
2.3.3 Relai Proteksi (<i>Protective Relays</i>) Utama	9
2.4 <i>Rawmill</i>	10
2.5 <i>Kiln Inlet</i>	12
2.6 <i>Medium Voltage Switchgear</i>	13
2.6.1 Komponen Utama <i>Medium Voltage Switchgear</i>	14
2.7 Incoming dan Outgoing Power	20
2.8 Segregasi Beban (<i>Load Segregation</i>).....	21
2.9 Relay Proteksi	22



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

2.10 Spesifikasi MV Panel	22
BAB III METODOLOGI	25
3.1 Diagram Alir	25
3.2 Penjelasan Diagram Alir Pelaksanaan Tugas Akhir	26
3.2.1 Mulai	26
3.2.2 Identifikasi Masalah	27
3.2.3 Konsep Penyelesaian	27
3.2.4 Studi Lapangan.....	27
3.2.5 Studi Pustaka	27
3.2.6 Evaluasi dan Persetujuan Konsep	27
3.2.7 Perancangan Sistem.....	27
3.2.8 Pemilihan Peralatan dan Komponen	28
3.2.9 Evaluasi Kelayakan Pengerjaan	28
3.2.10 Pemasangan di Lokasi	28
3.2.11 Pembuatan Laporan.....	28
3.2.12 Selesai.....	28
BAB IV PEMBAHASAN DAN HASIL	29
4.1 Kondisi Sistem Kelistrikan <i>Existing</i>	29
4.1.1 Konfigurasi Jaringan <i>Existing</i>	29
4.1.2 Karakteristik Beban Saat Ini	30
4.1.3 Sistem Proteksi <i>Existing</i>	31
4.2 Analisis Permasalahan Sistem <i>Existing</i>	31
4.2.1 Fishbone Diagram	31
4.2.2 Root Cause Pada Machine.....	32
4.2.3 Root Cause Pada Method	33



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

4.2.4 Mengapa <i>MAN</i> Tidak Berpengaruh.....	33
4.2.5 Mengapa Faktor <i>MATERIAL</i> Tidak Berpengaruh.....	33
4.2.6 Evaluasi Usia Pakai Peralatan (<i>Obsolescence</i>)	34
4.3 Rancangan/Modifikasi Sistem Distribusi Daya	34
4.3.1 Konsep Segregasi Beban	34
4.3.2 <i>Single Line Diagram</i> (SLD) Modifikasi.....	35
4.4 Daftar Beban Raw Mill	39
4.5 Daftar Beban Kiln Inlet.....	40
4.6 Pemilihan Spesifikasi Peralatan	41
4.6.1 Ukuran Kabel Existing	41
4.6.2 Ukuran Kabel Baru.....	41
4.6.3 Metode Instalasi Kabel.....	42
4.6.4 Panjang Kabel	43
4.6.5 Kuat Hantar Arus Kabel.....	44
4.6.6 <i>Voltage Drop</i>	44
4.6.7 <i>Short Circuit Withstand</i>	45
4.6.8 <i>Derating Factor</i>	47
4.6.9 justifikasi pemilihan cable size.....	48
4.7 Hasil Modifikasi dan Analisis Peningkatan Sistem	50
4.8 <i>Timeline</i> Tugas Akhir.....	Error! Bookmark not defined.
BAB V PENUTUPAN	60
5.1 Kesimpulan.....	60
5.2 Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA	62



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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Lokasi Pengamatan	5
Gambar 2 Substation	7
Gambar 3 <i>Raw Mill/ Raw Ballmill</i>	11
Gambar 4 <i>Kiln Inlet</i>	12
Gambar 5 <i>MV Switchgear Layout</i>	13
Gambar 7 <i>Vacuum Circuit Breaker (VCB)</i>	14
Gambar 8 <i>Circuit Breaker Chassis Truck</i>	15
Gambar 9 <i>Current Transformer (CT)</i>	16
Gambar 10 <i>Earthing Switch</i>	16
Gambar 11 <i>Arrester (Surge Arrester)</i>	17
Gambar 12 <i>Busbar Bushing & Insulator</i>	18
Gambar 13 <i>Contact Box</i>	19
Gambar 14 <i>Secondary Plug Socket & Base</i>	19
Gambar 15 <i>Sealing Ring & Cable Clamp</i>	20
Gambar 16 Diagram Alir	26
Gambar 17 <i>SLD Existing</i>	29
Gambar 18 Existing installation of Power Distribution Medium Voltage.....	30
Gambar 19 Beban <i>Rawmill & Kiln Inlet</i> Sumber: <i>Single Line Diagram (SLD)</i> <i>Rawmill & Kiln Inlet</i>	30
Gambar 20 <i>Rawmill & Kiln Inlet</i>	31
Gambar 21 Fishbone Diagram	32
Gambar 22 <i>Planing installation of Power Distribution Medium Voltage</i>	36
Gambar 23 <i>SLD planning</i> modifikasi	38
Gambar 24 <i>Planning</i> Konfigurasi Jaringan.....	39
Gambar 25 <i>Bottom Entry</i>	43



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

DAFTAR TABLE

Tabel 1 Spesifikasi MV Panel.....	23
Tabel 2 Spesifikasi MV Panel.....	24
Tabel 3 Data Beban Rawmill	40
Tabel 4 Data Beban Kiln Inlet	40
Tabel 5 Perbandingan <i>Short Circuit Withstand</i>	46



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

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT Solusi Bangun Andalas merupakan salah satu perusahaan industri semen yang sangat bergantung pada kontinuitas suplai energi listrik untuk menjaga kelancaran proses produksi. Salah satu area yang memerlukan tingkat keandalan sistem kelistrikan yang tinggi adalah *Raw Mill* dan *Kiln Inlet*, karena kedua unit tersebut merupakan bagian penting dalam proses produksi semen, mulai dari penggilingan bahan baku hingga proses pembakaran untuk menghasilkan klinker. Gangguan pada salah satu unit tersebut dapat berdampak langsung terhadap terhentinya proses produksi dan menurunkan produktivitas pabrik.

Berdasarkan kondisi *existing* di *Main Substation* LHOX-3P1-1W02, sistem distribusi tenaga listrik untuk area *Raw Mill* dan *Kiln Inlet* masih menggunakan satu jalur *incoming Medium Voltage (MV)* yang sama. Konfigurasi tersebut menyebabkan kedua area belum memiliki jalur suplai yang terpisah sehingga tidak terdapat isolasi operasional antar beban. Akibatnya, apabila terjadi gangguan listrik seperti *trip*, *fault*, maupun pelaksanaan pekerjaan *maintenance* pada salah satu *feeder*, maka suplai listrik ke area lainnya juga akan ikut terputus. Kondisi ini menunjukkan adanya *single point of failure* pada sistem distribusi yang dapat menurunkan keandalan operasi.

Konfigurasi distribusi daya yang masih menyatu tersebut berdampak pada meningkatnya *unplanned downtime*, terganggunya kontinuitas proses produksi, serta berpotensi menyebabkan kerugian produksi klinker. Selain itu, sistem proteksi menjadi kurang selektif karena harus melindungi dua kelompok beban besar dalam satu jalur distribusi, sehingga risiko terjadinya *tripping* secara bersamaan menjadi lebih besar. Kondisi ini juga menyulitkan pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan karena proses *Lock Out Tag Out*

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

(LOTOTO) pada salah satu area mengharuskan penghentian suplai listrik pada area lainnya.

Permasalahan tersebut semakin kompleks karena panel *Medium Voltage (MV) existing* masih menggunakan teknologi lama (*obsolete*) sehingga beberapa komponen maupun *spare part*-nya sudah sulit diperoleh. Kondisi ini berpotensi memperpanjang waktu perbaikan apabila terjadi kerusakan peralatan dan dapat menurunkan tingkat keandalan sistem distribusi tenaga listrik di *Main Substation LHOX-3P1-1W02*

Sebagai upaya meningkatkan keandalan sistem kelistrikan, perusahaan merencanakan *reconfiguration* sistem distribusi daya dengan mensuplai beban *Kiln* dari *Captive Power Plant (CCP)* berkapasitas ± 14 MW, sedangkan beban *Cement Mill* tetap disuplai dari jaringan PLN. Konsep tersebut mendukung penerapan *load segregation*, yaitu pemisahan jalur distribusi daya sehingga setiap area memiliki *feeder* dan sistem proteksi yang lebih independen. Dengan konfigurasi ini diharapkan gangguan yang terjadi pada salah satu area tidak lagi memengaruhi suplai listrik pada area lainnya, sehingga kontinuitas operasi dapat lebih terjamin

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan suatu perancangan modifikasi sistem distribusi daya *Medium Voltage (MV)* melalui pemisahan jalur suplai antara *Raw Mill* dan *Kiln Inlet* dengan melakukan penambahan serta *re-arrangement* panel *Medium Voltage (MV)*. Modifikasi ini diharapkan mampu meningkatkan keandalan sistem distribusi tenaga listrik, selektivitas sistem proteksi, serta fleksibilitas operasi dan pemeliharaan sehingga gangguan maupun pekerjaan *maintenance* pada salah satu area tidak lagi menyebabkan terhentinya operasi pada area lainnya. Dengan demikian, kontinuitas proses produksi dapat terjaga dan efisiensi operasional perusahaan dapat ditingkatkan.

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

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah:

- Bagaimana perancangan sistem distribusi daya MV dengan pemisahan jalur suplai untuk mempermudah dalam proses *maintenance*, pemeliharaan, dan perbaikan darurat.

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam tugas akhir ini lebih terfokus, maka ditetapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

- Penelitian difokuskan pada sistem distribusi daya *medium voltage* (MV) di *Main Substation* LHOX-3P1-1W02. Di Plant PT. Solusi Bangun Andalas
- Modifikasi difokuskan terbatas pada pemisahan jalur suplai MV antara unit *Rawmill* dan *Kiln Inlet*.
- Tidak merubah kapasitas peralatan utama maupun peralatan proses mekanikal pada *Rawmill* dan *Kiln Inlet*.
- Tidak membahas penambahan sumber daya listrik eksternal seperti pembangkit baru.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang dan menganalisis modifikasi sistem distribusi daya *medium voltage* (MV) pada *Main Substation* LHOX-3P1-1W02 PT. melalui pemisahan jalur suplai antara unit *Rawmill* dan *Kiln Inlet*. Modifikasi ini bertujuan untuk meningkatkan keandalan sistem kelistrikan, memperbaiki selektivitas proteksi, serta memberikan fleksibilitas dalam operasi dan kegiatan pemeliharaan tanpa saling memengaruhi antar beban proses

1.4.1 Tujuan Khusus

Adapun tujuan khusus dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tujuan umum dari pelaksanaan Tugas Akhir ini adalah untuk sistem panel distribusi *medium voltage* (MV) *existing* dengan membangun jalur suplai terpisah melalui instalasi panel MV baru yang masing-masing



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

didedikasikan untuk *unit Rawmill* dan *Kiln Inlet* PT Solusi Bangun Andalas agar lebih efektif, efisien, dan ramah lingkungan.

1.4.2 Tujuan Umum

- Merancang modifikasi sistem distribusi daya dengan pemisahan jalur suplai MV antara *Rawmill* dan *Kiln Inlet*.
- Meningkatkan selektivitas sistem proteksi serta fleksibilitas operasi dan pemeliharaan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi baik secara akademis maupun praktis, yang meliputi:

- Memberikan peningkatan kontinuitas produksi karena gangguan pada satu unit tidak langsung memengaruhi unit lainnya.
- Mengurangi *downtime* tidak terencana yang berdampak pada peningkatan efisiensi dan produktivitas *operasional*.
- Meningkatkan keandalan dan keamanan sistem kelistrikan melalui sistem proteksi yang lebih selektif

**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

1.6 Lokasi Pengamatan

Tugas akhir ini dikerjakan pada area *Main Substation* LHOX-3P1-1W02 PT Solusi Bangun Andalas



Gambar 1 Lokasi Pengamatan
Sumber : Google Maps

1.7 Metode Penyelesaian Masalah

Metode yang digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini yaitu indentifikasi masalah, modifikasi, pengujian, serta analisis data yang berhubungan dengan masalah yang ada.

1.8 Sistematika Penulisan Tugas Akhir

Sistematika penulisan tugas akhir ini sebagai berikut:

1.8.1 Bab 1 Pendahuluan

Pada Bab pendahuluan, menjabarkan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, *flowsheet*



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

cement proses, lokasi pengamatan metode penyelesaian masalah, dan sistematika penulisan.

1.8.2 Bab II Tinjauan Pustaka

Pada Bab Tinjauan Pustaka, menjabarkan teori *Main substation*, *Rawmill* dan *Kiln Inlet* yang diperoleh dari buku, jurnal, atau artikel yang berfungsi untuk membangun konsep atau teori yang menjadi landasan dalam rancang bangun yang di lakukan.

1.8.3 Bab III Metodologi

Pada Bab Metodologi, menjabarkan tentang metode dan alur yang digunakan dalam modifikasi *line power Main Substation* untuk meningkatkan keandalan sistem kelistrikan, memperbaiki selektivitas proteksi, serta memberikan fleksibilitas dalam operasi dan pemeliharaan tanpa saling memengaruhi antar beban proses pada *operasional*.

1.8.4 Bab IV Pembahasan dan Hasil

Pada Bab Pembahasan dan Hasil, menjabarkan tentang pembahasan pada proses di BAB III, serta data hasil dari proses rancang bangun serta hasilnya.

1.8.5 Bab V Kesimpulan dan Saran

Pada Bab Kesimpulan dan Saran, penulis memberikan kesimpulan dari hasil proses rancang bangun dan memberikan saran dari pengalaman penulis saat melakukan perancangan.

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

BAB V

PENUTUPAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis permasalahan, perancangan, dan perhitungan teknis kelistrikan pada modifikasi sistem distribusi daya *medium voltage* (MV) di *Main Substation* LHOX-3P1-1W02 PT. Solusi Bangun Andalas, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Keberhasilan Segregasi Beban: Modifikasi topologi *Single Line Diagram* (SLD) berhasil memisahkan jalur suplai daya antara unit *Raw Mill* dan *Kiln Inlet* menjadi dua *incoming feeder* yang terdedikasi. Hal ini secara efektif mengeliminasi *single point of failure* yang pada sistem sebelumnya menjadi penyebab utama berhentinya operasional secara bersamaan akibat gangguan silang
- Peningkatan Kualitas Daya dan Tegangan: Penggunaan spesifikasi kabel distribusi tipe Cu/XLPE 3x185 mm² dengan panjang lintasan instalasi sejauh 155 meter terbukti sangat andal. Hasil perhitungan kelistrikan menunjukkan persentase *voltage drop* hanya sebesar 0,047%. Nilai ini berada sangat jauh di bawah ambang batas standar maksimal SPLN sebesar 5%, sehingga memastikan kestabilan tegangan saat beban motor induksi berkapasitas besar melakukan proses asut (*starting*).
- Optimalisasi Keandalan Proteksi: Pemisahan jalur suplai memungkinkan koordinasi dan selektivitas sistem proteksi yang jauh lebih presisi untuk masing-masing *feeder*. Evaluasi batas aman termal menunjukkan ketahanan arus hubung singkat kabel sebesar 26,45 kA selama 1 detik telah terkoordinasi dengan sangat baik bersama waktu pemutusan *Vacuum Circuit Breaker* (VCB) yang beroperasi kurang dari 0,2 detik (*instantaneous trip*).
- Fleksibilitas Pemeliharaan dan Prosedur K3: Modifikasi ini memfasilitasi penerapan isolasi operasional energi listrik yang aman melalui kelengkapan *Earthing Switch*. Pekerjaan pemeliharaan atau penerapan prosedur *Lockout/Tagout* (LOTO) pada area *Raw Mill* kini dapat dieksekusi secara

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

terpisah tanpa harus menghentikan operasi pada area kritis Kiln Inlet, yang secara signifikan memangkas waktu perbaikan (MTTR).

5.2 Saran

Berdasarkan proses rancang bangun dan evaluasi sistem yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk menjaga keandalan dan optimalisasi operasi pada Main Substation di masa mendatang:

- Pembaruan Standar Operasional (SOP) Keselamatan: Disarankan untuk segera menerbitkan pembaruan panduan SOP terkait sistem *Lockout/Tagout* (LOTO) harian, menyesuaikan dengan alur *Single Line Diagram* yang baru dan fasilitas *Earthing Switch* pada *Switchgear* MV yang telah dipisahkan.
- Inspeksi Penurunan Kapasitas (*Derating Factor*) Berkala: Disarankan untuk melakukan pemantauan suhu dan ventilasi secara berkala pada jalur parit kabel (*cable trench*). Mengingat kabel utama dipasang dengan metode berkelompok (*grouping*) dalam lingkungan tertutup pabrik semen, sirkulasi udara harus dijaga untuk mencegah pelepasan panas terhambat yang berisiko menurunkan usia pakai isolasi XLPE.
- Digitalisasi dan Restrukturisasi Data Pemeliharaan: Untuk menunjang evaluasi beban jangka panjang, sangat disarankan agar teknisi mengimplementasikan pencatatan parameter power meter secara terstruktur menggunakan perangkat lunak spreadsheet (seperti Excel). Menyusun data operasional (arus, tegangan, daya aktif/reaktif) ke dalam tabel historis akan mempermudah visualisasi data dan analisis tren (*trend analysis*) untuk kebutuhan predictive maintenance
- Uji Relai Proteksi Rutin: Melakukan pengujian injeksi arus sekunder dan kalibrasi terjadwal pada Relai Arus Lebih (OCR) serta Relai Gangguan Tanah (GFR) untuk memastikan kurva waktu proteksinya tetap berkoordinasi secara selektif dengan fluktuasi aktual beban motor mekanikal.

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

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. E. Worrell, N. Martin, dan L. Price, "Potentials for Energy Efficiency Improvement in the U.S. Cement Industry," *Energy*, vol. 25, no. 12, pp. 1189–1214, 2000. DOI: 10.1016/S0360-5442(00)00042-6.
- [2]. A. Hasanbeigi, L. Price, H. Lu, dan W. Lan, "Analysis of Energy-Efficiency Opportunities for the Cement Industry in Shandong Province, China: A Case Study of 16 Cement Plants," *Energy*, vol. 35, no. 8, pp. 3461–3473, 2010. DOI: 10.1016/j.energy.2010.04.046.
- [3]. A. Hasanbeigi, W. Morrow, E. Masanet, J. Sathaye, dan T. Xu, "Energy Efficiency Improvement and CO₂ Emission Reduction Opportunities in the Cement Industry in China," *Energy Policy*, vol. 57, pp. 287–297, 2013. DOI: 10.1016/j.enpol.2013.01.053
- [4]. G. Tesema dan E. Worrell, "Energy Efficiency Improvement Potentials for the Cement Industry in Ethiopia," *Energy*, vol. 93, pp. 2042–2052, 2015. DOI: 10.1016/j.energy.2015.10.057
- [5]. S. Zhang, E. Worrell, dan W. Crijns-Graus, "Cutting Air Pollution by Improving Energy Efficiency of China's Cement Industry," *Energy Procedia*, vol. 83, pp. 10–20, 2015. DOI: 10.1016/j.egypro.2015.12.191.
- [6]. F. Martini, M. Cimini, dan F. Daddi, "Technological Energy Efficiency Improvements in Cement Industries," *Sustainability*, vol. 13, no. 7, Art. 3810, 2021. DOI: 10.3390/su13073810.
- [7]. E. Worrell, C. Galitsky, dan L. Price, *Energy Efficiency Improvement Opportunities for the Cement Industry*. Berkeley, CA, USA: Lawrence Berkeley National Laboratory, 2008
- [8]. J. Ke, N. Zheng, D. Fridley, L. Price, dan N. Zhou, "Potential Energy Savings and CO₂ Emissions Reduction of China's Cement Industry," *Energy Policy*, vol. 45, pp. 739–751, 2012
- [9]. E. Worrell, J. A. Laitner, M. Ruth, dan H. Finman, "Productivity Benefits of Industrial Energy Efficiency Measures," *Energy*, vol. 28, no. 11, pp. 1081–1098, 2003
- [10]. N. Pardo, J. A. Moya, dan A. Mercier, "Prospective on the Energy Efficiency and CO₂ Emissions in the EU Cement Industry," *Energy*, vol. 36, no. 5, pp. 3244–3254, 2011
- [11]. Cement Industry Technical Conference (IEEE)



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

- [12]. IEEE Power System Relaying and Control Committee, *IEEE Std C37 Series – Standard for AC High Voltage Circuit Breakers*, IEEE, New York, USA
- [13]. International Electrotechnical Commission (IEC), *IEC 62271-200: High-voltage Switchgear and Controlgear – AC Metal-Enclosed Switchgear and Controlgear for Rated Voltages Above 1 kV and up to and Including 52 kV*, Geneva, Switzerland
- [14]. International Electrotechnical Commission (IEC), *IEC 60909-0: Short-Circuit Currents in Three-Phase AC Systems*, Geneva, Switzerland

