



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta



**SOLUSI BANGUN
INDONESIA**

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA – PT SOLUSI BANGUN INDONESIA TBK

**MODIFIKASI RAIL PADA *TRIPPER LIMESTONE*
214-TR1 NAROGONG 2**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Ditulis oleh:

JOHANNES IRFAN HINDOM

2302315023

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

PROGRAM KERJASAMA

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

**JURUSAN TEKNIK MESIN - PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN
KONSENTRASI REKAYASA INDUSTRI SEMEN**

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



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta



**SOLUSI BANGUN
INDONESIA**

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA – PT SOLUSI BANGUN INDONESIA TBK

MODIFIKASI RAIL PADA *TRIPPER LIMESTONE* 214-TR1 NAROGONG 2

LAPORAN TUGAS AKHIR

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

Oleh:

JOHANNES IRFAN HINDOM

2302315023

PROGRAM KERJASAMA

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA - PT. SOLUSI BANGUN INDONESIA

JURUSAN TEKNIK MESIN - PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN

KONSENTRASI REKAYASA INDUSTRI SEMEN

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

HALAMAN PERSETUJUAN

**MODIFIKASI RAIL PADA TRIPPER LIMESTONE 214-TR1
NAROGONG 2**

Oleh:

JOHANNES IRFAN HINDOM

NIM. 2302315023

Laporan Tugas Akhir ini telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Pembimbing 3

Dr. Eng. Ir. Muslimin, S.T., M.T.,
IWE.
NIP. 197707142008121005

Budi Prasetyo
NIK. 62501731

Nandang Saputra
NIK. 62981671

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 tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

MODIFIKASI RAIL PADA *TRIPPER LIMESTONE* 214-TR1 NAROGONG 2

Oleh:

JOHANNES IRFAN HINDOM

NIM. 2302315023

Tugas Akhir ini telah disidangkan pada 23 Juni 2026 dan sesuai dengan ketentuan.

DEWAN PENGUJI

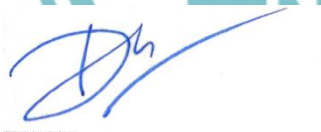
Nama Dewan Penguji	Tanda Tangan
Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T., IWE NIP. 197707142008121005	1... 
Haolia Rahman, Ph.D NIP. 198406122012121001	2... 
Robby Jaya Pratama NIK.	3... 

Narogong, 23 Juni 2026

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Ketua Program EVE



Dr. Fuad Zainuri, S.T.,M.Si.

NIP. 197602252000121002



Gammalia Permata Devi

NIK. 62501176



© 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

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Johannes Irfan Hindom

NIM : 2302315023

Program Studi : Konsentrasi Rekayasa Industri Teknik Mesin

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Laporan Tugas Akhir dengan judul “Modifikasi Rail Pada Tripper Limestone 214-TR1 Narogong 2” merupakan 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 (atau skripsi) telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Narogong, 23 Juni 2026



Johannes Irfan Hindom

NIM. 2302315023

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

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Diploma III Program EVE Kerjasama Politeknik Negeri Jakarta-PT Solusi Bangun Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Johannes Irfan Hindom
NIM : 2302315023
Jurusan : Teknik Mesin
Program Studi : 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 **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul: **“Modifikasi Rail Pada Tripper Limestone 214-TR1 Narogong 2”** Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif, EVE berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilih Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Narogong, 23 Juni 2026

Yang menyatakan

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Johannes Irfan Hindom

NIM. 2302315023



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

MODIFIKASI RAIL PADA *TRIPPER LIMESTONE* 214-TR1 NAROGONG 2

Johannes Irfan Hindom^{1,2}, Muslimin¹, Budi Prasetyo², Nandang Saputra²

¹)Program Studi Konsentrasi Rekayasa Industri, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16242

²)PT Solusi Bangun Indonesia Tbk, Jl. Narogong KM 7, Klapanunggal 16710

Email: muslimin@mesin.pnj.ac.id

ABSTRAK

Tripper Limestone 214-TR1 merupakan peralatan yang berfungsi untuk melakukan proses stacking material *limestone* pada *Stockpile* NAR 2 PT Solusi Bangun Indonesia Tbk. Tingginya intensitas operasi menyebabkan *rail* sebagai jalur pergerakan *Tripper* menerima pembebanan berulang yang mengakibatkan terjadinya deformasi plastis pada beberapa titik *head rail*. Kondisi tersebut berpotensi mengganggu kelancaran operasi *Tripper*, meningkatkan frekuensi perbaikan, serta menurunkan umur pakai *rail*. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab deformasi, merancang modifikasi *rail* melalui penambahan *stiffener*, serta menganalisis pengaruh modifikasi terhadap ketahanan struktur *rail* dan umur pakainya. Metode penelitian yang digunakan meliputi observasi lapangan, studi pustaka, analisis 5W+1H, dan *Root Cause Analysis* (RCA). Berdasarkan hasil analisis, penyebab utama deformasi adalah konsentrasi tegangan pada *head rail* akibat pembebanan berulang selama operasi. Solusi yang diterapkan adalah pemasangan *stiffener* berbahan baja SS400 pada kedua sisi *web rail* dengan metode pengelasan menggunakan elektroda E7018. Penambahan *stiffener* meningkatkan luas penampang dan kekakuan struktur sehingga distribusi tegangan menjadi lebih merata serta risiko deformasi dapat dikurangi. Hasil modifikasi diharapkan mampu meningkatkan keandalan operasi *Tripper*, memperpanjang umur pakai *rail*, dan menurunkan biaya perawatan.

Kata kunci: *Tripper Limestone*, *Rail*, Deformasi Plastis, *Stiffener*, *Root Cause Analysis*.



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

MODIFICATION OF THE RAIL ON LIMESTONE TRIPPER 214-TR1 AT NAROGONG 2

Johannes Irfan Hindom^{1,2}, Muslimin¹, Budi Prasetyo², Nandang Saputra²

¹⁾ *Industrial Engineering Concentration Study Program, Department of Mechanical Engineering, State Polytechnic of Jakarta, Universitas Indonesia Campus, Depok 16242, Indonesia.*

²⁾ *PT Solusi Bangun Indonesia Tbk, Jl. Narogong KM 7, Klapanunggal 16710*

Email: muslimin@mesin.pnj.ac.id

ABSTRACT

Tripper Limestone 214-TR1 is equipment used to perform the stacking process of limestone material at the NAR 2 Stockpile of PT Solusi Bangun Indonesia Tbk. The high intensity of operation causes the rail, as the Tripper's movement path, to receive repeated loading, resulting in plastic deformation at several points on the head rail. This condition has the potential to disrupt the smoothness of Tripper operations, increase the frequency of repairs, and reduce the service life of the rail. This study aims to identify the cause of the deformation, design a rail modification through the addition of a stiffener, and analyze the effect of the modification on the structural resistance and service life of the rail. The research methods used include field observation, literature study, 5W+1H analysis, and Root Cause Analysis (RCA). Based on the analysis results, the main cause of the deformation is stress concentration on the head rail due to repeated loading during operation. The applied solution is the installation of an SS400 steel stiffener on both sides of the web rail using the welding method with E7018 electrodes. The addition of the stiffener increases the cross-sectional area and structural Stiffness, resulting in a more even stress distribution and a reduced risk of deformation. The modification results are expected to improve the reliability of Tripper operations, extend the rail's service life, and reduce maintenance costs.

Keywords: Tripper Limestone, Rail, Plastic Deformation, Stiffener, Root Cause Analysis.



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 syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Modifikasi *Rail* pada *Tripper Limestone* 214-TR1 Narogong 2” dengan baik. Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md.) pada Program Studi Diploma III Program Kerjasama Politeknik Negeri Jakarta – PT Solusi Bangun Indonesia.

Dalam proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, penulis memperoleh banyak bantuan, bimbingan, dukungan, serta arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T., IWE, selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan ilmu yang sangat berharga dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Budi Prasetyo dan Bapak Nandang Saputra, selaku Pembimbing Lapangan yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing penulis selama pelaksanaan Tugas Akhir.
3. Bapak Haolia Rahman, Ph.D. dan Bapak Robby Jaya Pratama, selaku Dewan Penguji yang telah memberikan masukan dan evaluasi demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh karyawan dan staf PT Solusi Bangun Indonesia Tbk, khususnya di area *Maintenance Crusher & Reclaimer*, yang telah memberikan izin, arahan, dan bantuan selama penulis melakukan pengambilan data dan pelaksanaan Tugas Akhir.
5. Keluarga tercinta, atas segala doa, kasih sayang, dukungan, dan pengorbanan yang telah diberikan sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
6. Rekan-rekan mahasiswa Program EVE 19 serta seluruh pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan moral dan material selama penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.



© 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

8. Saudari Shipa Alfiani, atas doa, motivasi, pengertian, serta dukungan yang senantiasa diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna perbaikan di masa mendatang. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca serta menjadi referensi bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya di bidang rekayasa industri semen.

Narogong, 23 Juni 2026

Johannes Irfan Hindom

NIM. 2302315023

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

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Objek dan Lokasi	4
2.2 <i>Tripper Conveyor</i>	4
2.3 <i>Jenis Tripper Conveyor</i>	5
2.3.1 <i>Moveable Plough Conveyor</i>	5
2.3.2 <i>Tripper car conveyor</i>	6
2.3.3 <i>Radial Stacker Conveyor</i>	7



© 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

2.4 Stockpile	8
2.5 Jenis Stockpile.....	8
2.5.1 Longitudinal Stockpile	8
2.5.2 Circular Stockpile	9
2.5.3 Pembacaan Tiang Stockpile	9
2.6 Metode Penumpukan.....	10
2.7 Keausan	12
2.8 Kekerasan	13
2.9 Konversi Satuan Kekerasan.....	17
2.10 Jalan Rel.....	17
2.11 Kriteria Struktur Jalan Rel.....	18
2.11.1 Kekakuan (<i>Stiffness</i>)	18
2.11.2 Elastisitas (<i>Resilience</i>).....	18
2.11.3 Stabilitas (<i>Stability</i>).....	18
2.11.4 Kemudahan Pengaturan dan Pemeliharaan (<i>Adjustability</i>)	18
2.12 Komponen Struktur Jalan Rel.....	18
2.12.1 Rel (<i>Rail</i>)	18
2.12.2 Bantalan (<i>Sleeper</i>)	19
2.12.3 Pengikat (<i>Fastening System</i>).....	19
2.12.4 Lapisan Balas (<i>Ballast</i>).....	19
2.12.5 Lapisan Subbalas (<i>Subballast</i>)	19
2.12.6 Lapisan Tanah Dasar (<i>Subgrade</i>)	19
2.13 Belt Conveyor	20
2.14 Komponen Penyusun Belt Conveyor	21
2.14.1 Tail Pulley.....	21
2.14.2 Return Roller.....	21
2.14.3 Carry Roller.....	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

2.14.4 <i>Bend Pulley</i>	22
2.14.5 <i>Head Pulley</i>	23
2.14.6 <i>Take-up Pulley</i>	24
2.14.7 <i>Take-up Unit</i>	24
2.14.8 <i>Impact Roller</i>	25
2.14.9 <i>Belt</i>	25
2.15 <i>Heat Treatment</i>	26
2.16 <i>Jenis Heat Treatment</i>	27
2.16.1 <i>Hardening</i>	27
2.16.2 <i>Tempering</i>	27
2.16.3 <i>Annealing</i>	28
2.16.4 <i>Normalizing</i>	28
BAB III METODE PENELITIAN	29
3.1 <i>Metodologi Diagram Alir</i>	29
3.2 <i>Identifikasi Masalah</i>	30
3.3 <i>Diskusi</i>	30
3.4 <i>Studi Pustaka</i>	31
3.5 <i>Analisis Root Cause Analysis</i>	31
3.6 <i>Perancangan Modifikasi Rail</i>	31
3.7 <i>Fabrikasi dan Pemasangan Stiffener</i>	32
3.8 <i>Pengujian Kekerasan (Hardness Test)</i>	32
3.9 <i>Pengolahan Data dan Pemberian Kesimpulan</i>	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 <i>Kondisi Aktual Rail Tripper Limestone 214-TR1</i>	34
4.1.1 <i>Deskripsi Sistem Rail Tripper</i>	34
4.1.2 <i>Hasil Inspeksi Kondisi Existing Rail</i>	34
4.1.3 <i>Dampak Deformasi terhadap Operasional Tripper</i>	35



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 Analisis Penyebab Deformasi <i>Rail</i>	35
4.2.1 Analisis Pembebanan <i>Rail</i>	35
4.2.2 Analisis Konsentrasi Tegangan pada <i>Head Rail</i>	36
4.2.3 Analisis Pengaruh Pembebanan Berulang (<i>Fatigue</i>)	36
4.2.4 <i>Root Cause Analysis</i> (Diagram <i>Fish Bone</i>)	36
4.3 Analisis Material <i>Rail</i> S900A.....	42
4.3.1 Karakteristik Material S900A.....	42
4.3.2 Kesesuaian Material terhadap Kondisi Operasi	43
4.3.3 Analisis Ketahanan Material terhadap Deformasi	43
4.4 Desain Alternatif Metode Penyambungan <i>Stiffener</i>	43
4.4.1 Alternatif Metode Penyambungan.....	43
4.4.2 Pemilihan Metode Penyambungan <i>Final</i>	45
4.5 Perancangan Modifikasi <i>Rail</i>	46
4.5.1 Konsep Modifikasi	46
4.5.2 Spesifikasi <i>Stiffener</i>	46
4.5.3 Pertimbangan Pemilihan Dimensi <i>Stiffener</i>	47
4.6 Dokumentasi Fabrikasi	47
4.6.1 Fabrikasi <i>Stiffener</i> – <i>Marking</i> dan Pemotongan Menggunakan Mesin <i>Beaver</i>	48
4.6.2 Pembuatan <i>Bevel</i> (<i>Chamfering</i>) pada <i>Stiffener</i>	49
4.6.3 Proses <i>Setting</i> dan <i>Tack Weld Stiffener</i> terhadap <i>Rail</i>	50
4.6.4 Proses Pengelasan <i>Stiffener</i> terhadap <i>Rail</i>	51
4.6.5 Pemotongan <i>Rail</i> Lama yang Mengalami Deformasi	52
4.6.6 Pemasangan Bantalan <i>Rail</i> dari Material Rubber	53
4.6.7 Pengukuran dan Verifikasi Jarak <i>Center Rail</i>	54
4.6.8 Pemasangan dan Pengencangan Baut <i>Clamp Rail</i>	55
4.6.9 Proses Pengelasan Antar Sambungan <i>Rail</i>	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 tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.7 Analisis Pengelasan S900A-SS400	57
4.7.1 Karakteristik Material yang dilas	57
4.7.2 Perhitungan <i>Carbon Equivalent</i> (Ceq)	58
4.7.3 Pemilihan Elektroda E7018	60
4.7.4 Analisis <i>Heat affected zone</i> (HAZ)	60
4.7.5 Analisis Risiko <i>Cold cracking</i>	61
4.7.6 Evaluasi Kualitas Sambungan Las	61
4.8 Pengujian Kekerasan (<i>Hardness Test</i>)	62
4.8.1 Tujuan dan Metode Pengujian	62
4.8.2 Titik Pengujian	62
4.8.3 Hasil Pengujian Kekerasan	62
4.8.4 Analisis Distribusi Kekerasan pada Sambungan Las	63
4.8.5 Pengujian Kekerasan pada <i>Base metal Rail</i> S900A	63
4.8.6 Pengujian Kekerasan pada Area HAZ <i>Rail</i> S900A	64
4.8.7 Pengujian Kekerasan pada <i>Weld metal</i>	65
4.8.8 Pengujian Kekerasan pada <i>Rail</i> Lama dan Sambungan <i>Rail</i>	66
4.8.9 Perbandingan Kekerasan Sebelum dan Sesudah Pengelasan	68
4.9 Analisis Pengaruh <i>Stiffener</i> terhadap Struktur <i>Rail</i>	68
4.9.1 Analisis Penambahan Luas Penampang	68
4.9.2 Analisis Distribusi Tegangan	69
4.9.3 Analisis Peningkatan Kekakuan Struktur	70
4.9.4 Perhitungan Momen Inersia Penampang	70
4.10 Analisis Pengaruh Modifikasi terhadap Umur Pakai <i>Rail</i>	72
4.10.1 Mekanisme Keausan <i>Rail</i>	72
4.10.2 Pengaruh <i>Stiffener</i> terhadap Laju Deformasi	72
4.10.3 Estimasi Peningkatan Umur Pakai	72
4.11 Analisis Biaya Modifikasi dan Estimasi Penghematan (RAB)	73



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 PENUTUP	76
5.1 Kesimpulan	76
5.2 Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA.....	77
LAMPIRAN.....	81





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 TABEL

Tabel 2. 1 Skala pengujian kekerasan Rockwell	16
Tabel 2. 2 Konversi satuan kekerasan HBN, HRC, HRB, dan HV	17
Tabel 4. 1 Perbandingan Alternatif Metode Penyambungan <i>Flat plate</i> Stiffener pada Rail	44
Tabel 4. 2 Matriks Pemilihan Metode Penyambungan <i>Flat plate</i> Stiffener	45
Tabel 4. 3 Spesifikasi Stiffener	47
Tabel 4. 4 Perbandingan Sifat Mekanik Rail S900A dan Stiffener SS400	58
Tabel 4. 5 Pengaruh Preheating terhadap Karakteristik HAZ pada Pengelasan S900A	60
Tabel 4. 6 Zona dan Titik Pengujian Kekerasan	62
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Kekerasan pada Sambungan Las	63
Tabel 4. 8 Perbandingan Tegangan Sebelum dan Sesudah Pemasangan Stiffener	69
Tabel 4. 9 Perbandingan Kekakuan Struktur Rail Sebelum dan Sesudah Pemasangan Stiffener	70
Tabel 4. 10 Perbandingan Parameter Teknis Sebelum dan Sesudah Modifikasi	73
Tabel 4. 11 Estimasi Biaya Penggantian Rail Tripper Sebelum Modifikasi (per Tahun)	74
Tabel 4. 12 Estimasi Biaya dan Potensi Saving Modifikasi Rail Tripper per Tahun ..	74

**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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Flowsheet HAC Crusher & Reclaimer NAR 2 dengan Lokasi Tripper 214-TR1	4
Gambar 2. 2 Tripper Conveyor.....	5
Gambar 2. 3 Moveable plough Tripper	6
Gambar 2. 4 Tripper car conveyor.....	7
Gambar 2. 5 Radial stacker conveyor	7
Gambar 2. 6 Longitudinal Stockpile	8
Gambar 2. 7 Circular Stockpile	9
Gambar 2. 8 Tiang netral Stockpile limestone NAR 2	10
Gambar 2. 9 Chevron stacking	11
Gambar 2. 10 Windrow stacking	11
Gambar 2. 11 Conical shell stacking	12
Gambar 2. 12 Skematik pengujian Vickers	13
Gambar 2. 13 Prinsip uji kekerasan Brinell	15
Gambar 2. 14 Struktur jalan rel	20
Gambar 2. 15 Skema konstruksi belt conveyor	20
Gambar 2. 16 Tail pulley	21
Gambar 2. 17 Return roller	21
Gambar 2. 18 Carry roller	22
Gambar 2. 19 Bend pulley	23
Gambar 2. 20 Head pulley	23
Gambar 2. 21 Take-up pulley	24
Gambar 2. 22 Take-up unit	24
Gambar 2. 23 Impact roller	25
Gambar 2. 24 Belt	25
Gambar 2. 25 Susunan atom BCC	26
Gambar 2. 26 Susunan atom FCC.....	27
Gambar 3. 1 Diagram alir Tugas Akhir	29
Gambar 4. 1 Kondisi Existing Head Rail yang Mengalami Deformasi.....	35
Gambar 4. 2 Diagram Fish Bone (Ishikawa) Akar Penyebab Deformasi Rail Tripper 214-TR1	37
Gambar 4. 3 Kondisi Baut Pengikat Rail Kendur dengan Celah yang Terlihat Jelas ..	38
Gambar 4. 4 Kondisi Rail Tidak Level Satu Sama Lain dan Baut Clamp Berkarat ...	39
Gambar 4. 5 Kondisi H-Beam Dudukan Rail yang Tidak Level	39



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

Gambar 4. 6 Hasil Pengujian Kekerasan Rail Existing Menunjukkan 333 HB (Seharusnya 421 HB).....	41
Gambar 4. 7 Assembly Drawing Posisi Pemasangan Stiffener pada Cross-Section Rail	46
Gambar 4. 8 Proses <i>Marking</i> dan Pemotongan Pelat Stiffener Menggunakan Mesin <i>Beaver</i>	49
Gambar 4. 9 Proses Pembuatan <i>Bevel</i> pada Ujung Stiffener Menggunakan Gerinda Tangan	50
Gambar 4. 10 Proses <i>Setting</i> dan <i>Tack Weld</i> Stiffener pada Rail	51
Gambar 4. 11 Proses Pengelasan Stiffener terhadap Rail Menggunakan SMAW	52
Gambar 4. 12 Proses Pemotongan Rail Lama yang Mengalami Deformasi	53
Gambar 4. 13 Proses Pemasangan Bantalan Rail dari Material Rubber	54
Gambar 4. 14 Proses Pengukuran Jarak Antar Rail untuk Verifikasi Posisi <i>Center</i> (Nilai <i>Center</i> = 268 cm).....	55
Gambar 4. 15 Proses Pemasangan dan Pengencangan Baut <i>Clamp</i> Rail.....	56
Gambar 4. 16 Proses Pengelasan Antar Sambungan Rail	57
Gambar 4. 17 Dokumentasi Pengujian Kekerasan pada Base metal Rail S900A (324 HB).....	64
Gambar 4. 18 Dokumentasi Pengujian Kekerasan pada Area HAZ Rail S900A (318 HB).....	65
Gambar 4. 19 Dokumentasi Pengujian Kekerasan pada Area Weld metal (126 HB) .	66
Gambar 4. 20 Dokumentasi Pengujian Kekerasan pada Rail S900A Lama (418 HB)	67
Gambar 4. 21 Dokumentasi Pengujian Kekerasan pada Sambungan Rail (347 HB) .	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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Proses Fabrikasi Stiffner.....	81
Lampiran 2 Pengujian kekerasan pada <i>weld metal</i>	81
Lampiran 3 Pengujian kekerasan pada area HAZ Rail	83
Lampiran 4 Pengujian kekerasan pada base metal stiffner	84
Lampiran 5 Pengujian kekerasan pada base metal Rail	85

**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

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk (PT. SBI) merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri semen yang terus berupaya menjaga agar proses produksi dapat berjalan secara lancar dan berkesinambungan. Kelancaran proses produksi tersebut sangat dipengaruhi oleh kondisi dan keandalan peralatan yang digunakan, khususnya peralatan pada area penanganan bahan baku atau *raw material handling*. Oleh karena itu, peralatan produksi harus selalu berada dalam kondisi siap operasi.

Upaya menjaga keandalan peralatan dilakukan melalui kegiatan perawatan dan pemeliharaan yang dilaksanakan secara terencana dan berkala. Kegiatan tersebut menjadi tanggung jawab Departemen *Maintenance*, baik pada bidang mekanik maupun elektrik. Salah satu unit kerja di dalam departemen tersebut adalah Mekanik *Crusher*, yang menangani peralatan-peralatan yang digunakan dalam proses persiapan dan penanganan material. Keandalan peralatan pada area ini sangat penting karena berpengaruh langsung terhadap kelancaran proses produksi secara keseluruhan.

Tripper dengan HAC (*Holcim Asset Code*) 214-TR1 adalah equipment atau komponen yang digunakan untuk *stacking material limestone* pada *Stockpile* NAR 2. Agar bisa bergerak ke kanan dan ke kiri, *Tripper* (214-TR1) menggunakan rel sebagai platform atau jalur gerak.

Tingginya permintaan produksi membuat *Tripper* (214-TR1) menjadi bekerja lebih keras dari pada semestinya dan otomatis beban dari *Tripper* itu sendiri akan meningkat. Beban berlebih yang diterima rel secara terus-

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

menerus mengakibatkan tegangan yang melebihi batas elastisitas material rel, sehingga terjadi deformasi plastis pada rel *Tripper* di berbagai titik. Jika dibiarkan, maka *Tripper* tidak akan bekerja semestinya karena roda *Tripper* kesulitan bergerak.

Oleh karena itu, sangat diperlukan adanya penelitian dalam Tugas Akhir ini mengenai deformasi rel *Tripper* tersebut. Deformasi plastis yang tidak segera ditangani menyebabkan perubahan geometri rel yang permanen sehingga roda *Tripper* anjlok dari jalurnya dan menghambat proses produksi. Oleh sebab itu, diperlukan modifikasi material dan desain rel untuk meningkatkan ketahanan terhadap deformasi sekaligus memperpanjang *life time*-nya. Sehingga dari hasil Tugas Akhir ini diharapkan dapat dilakukan pencegahan, meningkatkan efisiensi biaya perawatan dari *equipment* tersebut, dan memaksimalkan proses *transport*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah yang harus diselesaikan adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana hasil desain modifikasi *rail Tripper Limestone 214-TR1* dengan penambahan *stiffener* untuk mengurangi deformasi yang terjadi?
- b. Bagaimana pengaruh penambahan *stiffener* terhadap ketahanan struktur *rail* dari deformasi?
- c. Bagaimana pengaruh modifikasi terhadap umur pakai dan efisiensi biaya perawatan *rail*?

1.3 Tujuan

Dari permasalahan yang diperoleh selama proses penelitian,

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

penelitian ini bertujuan untuk:

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh modifikasi *rail Tripper* terhadap efisiensi perawatan dan umur pakai di Narogong Plant.

1.3.2 Tujuan Khusus

- 1) Mengidentifikasi penyebab terjadinya deformasi pada *rail Tripper Limestone 214-TR1*.
- 2) Merancang modifikasi *rail* melalui penambahan *stiffener* pada *web rail*.
- 3) Menganalisis pengaruh penambahan *stiffener* terhadap ketahanan struktur *rail* dari deformasi.
- 4) Menganalisis tingkat kekerasan (*hardness*) material *rail* terhadap spesifikasi standar yang berlaku.

1.4 Manfaat

1. Memperpanjang umur pakai rel *Tripper* dengan meminimalkan terjadinya deformasi.
2. Meningkatkan efisiensi *maintenance* melalui pengurangan kebutuhan perbaikan dan pergantian rel *Tripper*.

1.5 Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam tugas akhir ini tidak melebar, maka penelitian dalam tugas akhir ini dibatasi dalam ruang lingkup:

1. Pembahasan difokuskan pada modifikasi *rail Tripper limestone 214-TR1* tanpa membahas komponen *Tripper* lainnya.
2. Penelitian difokuskan pada penyebab deformasi dan solusi modifikasi pada *rail Tripper*.

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 V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penyebab utama deformasi plastis pada *head rail Tripper Limestone 214-TR1* adalah beban yang terus berulang selama operasi, sehingga tegangan yang timbul melebihi batas kekuatan material.
2. Modifikasi dilakukan dengan memasang *flat plate stiffener* berbahan SS400 (170×60×10 mm) pada kedua sisi *web rail* menggunakan metode SMAW elektroda E7018 dengan *preheating* 100–150°C untuk mencegah *cold cracking* pada material rail S900A.
3. Pemasangan *stiffener* meningkatkan luas penampang efektif *web rail* sebesar 1.200 mm², mendistribusikan tegangan lebih merata, dan meningkatkan kekakuan struktur sehingga risiko deformasi plastis berkurang.
4. Hasil pengujian *hardness* pada *rail* menunjukkan tingkat kekerasan material tidak sesuai dengan standar rail S900A, sehingga faktor kekerasan material merupakan penyebab utama terjadinya deformasi plastis pada *head rail*.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan pemantauan kondisi *stiffener* dan sambungan las secara berkala untuk memastikan tidak terjadi keretakan akibat beban siklik operasi.
2. Konsep modifikasi ini dapat dipertimbangkan untuk diterapkan pada unit *Tripper* lain di PT Solusi Bangun Indonesia yang mengalami masalah serupa.



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

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. R. W. Syahaan Kurniawan, *Modifikasi Unit Roda Harrow Reclaimer Limestone 312 - RE1*, 2022.
- [2] A. W. Roberts, "Bulk Solid and Powder Flow Properties: Testing, Characterization and Application," in *Proc. Int. Conf. on Bulk Materials Storage, Handling and Transportation*, Newcastle, Australia: The Institution of Engineers, 2001, pp. 1–24.
- [3] FLSmidth, *Tripper and Plough Systems for Bulk Material Handling*, Product Technical Bulletin, Copenhagen: FLSmidth, 2015.
- [4] M. A. Alspaugh, *Bulk Material Handling by Conveyor Belt 7*. Littleton: Society for Mining, Metallurgy and Exploration (SME), 2008.
- [5] B. C. Guthrie, "Radial Stacking Conveyor Systems: Design and Application Principles," in *Bulk Material Handling by Conveyor Belt 6*, M. A. Alspaugh, Ed. Littleton: SME, 2004, pp. 87–98.
- [6] Conveyor Equipment Manufacturers Association, "Belt Conveyors for Bulk Materials," 2002.
- [7] "Bulk Material Handling *Tripper*," *SKE Industries*. [Online]. Available: <https://www.skecon.com/product/Tripper-conveyor/> (accessed Jan. 19, 2023).
- [8] "Bulk Material Handling *Belt Plough*," *SKE Industries*. [Online]. Available: <https://www.skecon.com/product/Tripper-conveyor/belt-plow-and-ploughdischarger.html> (accessed Jan. 19, 2023).
- [9] "Bulk Material Handling *Tripper Car*," *SKE Industries*. [Online]. Available: <https://www.skecon.com/product/Tripper-conveyor/Tripper-car-conveyor.html> (accessed Jan. 19, 2023).
- [10] "Bulk Material Handling *Radial Stacking Conveyor*," *SKE Industries*. [Online]. Available: <https://www.skecon.com/product/stacker->



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

conveyor/portable-radialtelescopic-stacking-conveyor.html (accessed Jan. 19, 2023).

- [11] ISO 6507-1, *Metallic Materials – Vickers Hardness Test – Part 1: Test Method*. Geneva: International Organization for Standardization, 2018.
- [12] Holcim, *Volume 3 Process Technology I Chapter 1*, vol. 3, 2016.
- [13] E. Rabinowicz and R. I. Tanner, *Friction and Wear of Materials*, 2nd ed., vol. 33, no. 2. New York: INC, 1966. doi: 10.1115/1.3625110.
- [14] M. Hasry, Kaelani, and Y. Yusuf, “Studi eksperimental keausan permukaan material akibat adanya multi-directional contact friction,” vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2014.
- [15] A. Rif’an, T. Hidayat, and R. Winarso, “Pengaruh Pelumasan Terhadap Keausan Aluminium Menggunakan Mesin Two Disk Tribometer Pada 1000 Rpm,” *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 8, no. 1, pp. 273–282, 2017. doi: 10.24176/simet.v8i1.964.
- [16] Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No. PM 60 Tahun 2012, *Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api*. Jakarta: Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2012.
- [17] E. Koswara, *Pengujian Bahan Logam*. Bandung: Humaniora Utama Press, 1999.
- [18] M. N. Nasution, “Analisa Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja AISI 1020 Terhadap Perlakuan Carburizing Dengan Arang Batok Kelapa,” *Bul. Utama Tek.*, vol. 15, no. 2, pp. 165–173, 2020.
- [19] Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA), *Belt Conveyors for Bulk Materials*, 7th ed. Naples: CEMA, 2014.
- [20] Firmansyah, “Material Testing: Hardness Test,” 2019. [Online]. Available: <https://www.detech.co.id/Hardness-Test/>
- [21] W. D. Callister Jr. and D. G. Rethwisch, *Fundamentals of Materials Science and Engineering: An Integrated Approach*, 5th ed. Hoboken: John Wiley &



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

Sons, 2016.

- [22] A. A. Shabana, K. E. Zaazaa, and H. Sugiyama, *Railroad Vehicle Dynamics: A Computational Approach*. Boca Raton: CRC Press, 2008.
- [23] Y. Sugiyama and S. Hasegawa, "Effect of Rail Profile Wear on Rolling contact Fatigue Initiation in Wheel-Rail Contact," *Wear*, vol. 265, no. 9–10, pp. 1342–1348, 2008. doi: 10.1016/j.wear.2008.02.025.
- [24] S. P. Timoshenko and J. M. Gere, *Theory of Elastic Stability*, 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 1961.
- [25] G. Krauss, *Steels: Processing, Structure, and Performance*, 2nd ed. Materials Park: ASM International, 2015.
- [26] D. A. Porter, K. E. Easterling, and M. Y. Sherif, *Phase Transformations in Metals and Alloys*, 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2009.
- [27] I. M. Hutchings and P. Shipway, *Tribology: Friction and Wear of Engineering Materials*, 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2017.
- [28] J. Bai et al., "Effect of peak temperature in HAZ on impact toughness of high-strength rail steel," *J. Mater. Sci.*, 2023.
- [29] P. Duda, M. Musial, and P. Lezuch, "Welding of dissimilar high-strength steels: a review," *Weld. Int.*, 2020.
- [30] S. Gubenko, A. Vakulenko, and O. Boreyko, "Microstructure evolution in HAZ of rail steel during welding," *Metals*, 2022.
- [31] D. Bajic, M. Medjo, and B. Gligorijevic, "Influence of Preheating on the HAZ Microstructure and Hardness in Welding of High-Strength Rail Steels," *J. Mater. Eng. Perform.*, vol. 29, no. 8, pp. 5214–5223, 2020. doi: 10.1007/s11665-020-05004-4.
- [32] American Welding Society, *AWS D1.1/D1.1M: Structural Welding Code – Steel*. Miami: AWS, 2020.
- [33] W. D. Callister and D. G. Rethwisch, *Materials Science and Engineering: An Introduction*, 10th ed. Hoboken: Wiley, 2018.



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

- [34] N. Kamelia, A. Farid, and R. Hidayat, “Analisis pengaruh *stiffener* terhadap kekakuan dan lendutan struktur baja,” *J. Tek. Sipil*, 2021.
- [35] F. P. Beer, E. R. Johnston, J. T. DeWolf, and D. F. Mazurek, *Mechanics of Materials*, 7th ed. New York: McGraw-Hill, 2015.
- [36] R. Lewis and U. Olofsson, Eds., *Wheel–Rail Interface Handbook*. Cambridge: Woodhead, 2009.
- [37] J. W. Seo, H. K. Jun, S. J. Kwon, and D. H. Lee, “Rolling contact fatigue and wear of rail steel,” *Int. J. Fatigue*, 2022.
- [38] S. M. Soleimani and M. Moavenian, “Wear mechanisms in rail–wheel contact,” *Tribol. Int.*, 2017.
- [39] C. Esvelde, *Modern Railway Track*, 2nd ed. Zaltbommel: MRT-Productions, 2001.
- [40] M. P. Groover, *Fundamentals of Modern Manufacturing*, 4th ed. Hoboken: Wiley, 2010.
- [41] S. Kalpakjian and S. R. Schmid, *Manufacturing Engineering and Technology*, 7th ed. Upper Saddle River: Pearson, 2014.
- [42] O. W. Blodgett, *Design of Welded Structures*. Cleveland: Lincoln Electric, 1966.
- [43] Lincoln Electric, *The Procedure Handbook of Arc Welding*, 15th ed. Cleveland: Lincoln Electric, 2020.
- [44] European Committee for Standardization, *EN 13674-1: Railway Applications – Track – Rail – Part 1: Vignole Railway Rails 46 kg/m and Above*. Brussels: CEN, 2011.
- [45] K. Ishikawa, *Guide to Quality Control*. Tokyo: Asian Productivity Organization, 1982.



© 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

LAMPIRAN

Lampiran 1 Proses Fabrikasi *Stiffner*



Hak Cipta :

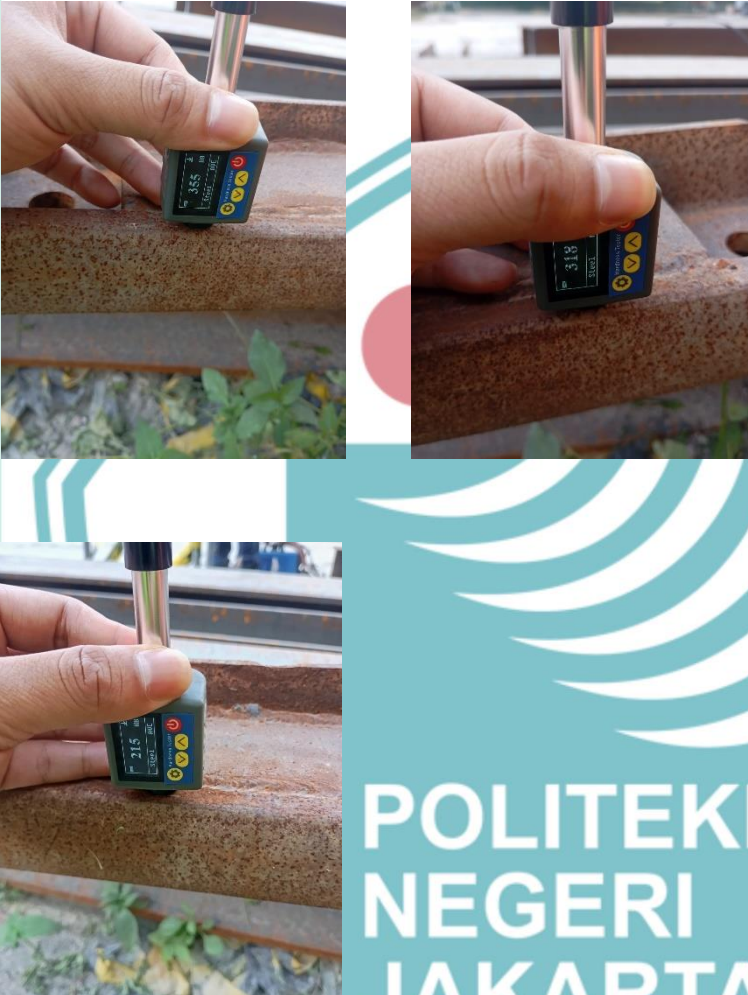
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

Lampiran 2 Pengujian kekerasan pada *weld metal*



POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Lampiran 3 Pengujian kekerasan pada area *HAZ Rail*



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



© 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

Lampiran 4 Pengujian kekerasan pada *base metal stiffner*



POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Lampiran 5 Pengujian kekerasan pada *base metal Rail*



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