

**ANALISA KEGAGALAN *ROUND STEEL LINK CHAINS* PADA  
*UNDERTOW SYSTEM* PT. HINDOLI MILL SUNGAI LILIN**

**LAPORAN SKRIPSI**



**Diajukan untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan  
Pendidikan Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan**

**Oleh:**

**Teguh Setiawan  
061940211924**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA  
PALEMBANG  
2023**

***FAILURE ANALYSIS OF ROUND STEEL LINK CHAINS IN  
THE UNDERTOW SYSTEM OF PT. HINDOLI MILL SUNGAI  
LILIN***

**THESIS SKRIPSI**



**Submitted to Comply with Terms of Completion Education  
Study Program of Mechanical Production and Maintenance Engineering**

**Oleh:**

**Teguh Setiawan  
061940211924**

**STATE POLYTECHNIC OF SRIWIJAYA  
PALEMBANG  
2023**

**ANALISA KEGAGALAN *ROUND STEEL LINK CHAINS* PADA  
*UNDERTOW SYSTEM* PT. HINDOLI MILL SUNGAI LILIN**



**LAPORAN SKRIPSI**

**Disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi  
Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan**

**Pembimbing Utama,**

**H. Karmin, S.T., M.T.  
NIP. 19590712 198503 1 006**

**Pembimbing Pendamping**

**Fenoria Putri, S.T., M.T.  
NIP. 19720220 199802 2 001**

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin,**

**Ir. Sairul Effendi, M.T.  
NIP. 19630912 198903 1 005**


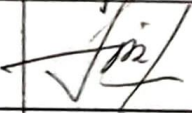

## HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Teguh Setiawan  
NIM : 061940211924  
Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan  
Rencana Judul : **ANALISA KEGAGALAN ROUND STEEL LINK CHAINS  
PADA UNDERTOW SYSTEM PT. HINDOLI MILL SUNGAI  
LILIN**

Telah selesai diuji dalam Sidang Sarjana Terapan  
dihadapan Tim Penguji pada tanggal agustus 2023 dan diterima sebagai bagian  
persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada  
Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan  
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya

### TIM PENGUJI

No	Nama	Posisi Penguji	Tanda/Tangan	Tanggal
1.	Fenoria Putri, S.T., M.T.	Ketua Penguji		28/08/2023
2.	Ir. H. Sailon, M. T.	Anggota		28/08/2023
3.	Mardiana, S.T., M.T.	Anggota		28/08/2023

Palembang, Agustus 2023  
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Ir. Sairul Effendi., M.T.  
NIP. 19630912 198903 1 005

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Teguh Setiawan  
NIM : 061940211924  
Progam Studi : Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan  
Rencana Judul : **ANALISA KEGAGALAN ROUND STEEL LINK CHAINS  
PADA UNDERTOW SYSTEM PT. HINDOLI MILL SUNGAI  
LILIN**

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri dan didampingi oleh tim dosen pembimbing dan **bukan hasil penjiplakan/plagiat**. Apabila dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/ plagiat dalam Skripsi yang saya buat, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Politeknik Negeri Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.



Palembang, Agustus 2023



Teguh Setiawan  
NPM. 061940211924

## **HALAMAN MOTTO**

Jika engkau tidak sanggup menahan lelahnya belajar, maka bersiaplah untuk menahan pehitanya kebodohan.

## PRAKATA

Alhamdulillahirobbil'alamin, penulis panjatkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan ini tepat pada waktunya.

Adapun terwujudnya Laporan Skripsi ini adalah berkat bimbingan dan bantuan serta petunjuk dari berbagai pihak yang tak ternilai harganya. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menghanturkan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak yang telah membantu penulis dalam membuat laporan ini yaitu kepada:

1. Ayah dan Ibu tercinta yang selalu memberikan Doa dan dukungan kepada Anaknya tercinta
2. Bapak Ir. Sairul Effendi, M.T. dan seluruh Staf Jurusan/Prodi D4 TMPP Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya
3. Bapak Karmin S.T., M.T. sebagai Pembimbing Pertama Laporan Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan dan membantu penulis
4. Ibu Fenoria Putri S.T., M.T. sebagai Pembimbing Kedua Laporan Tugas akhir yang telah membimbing dan membantu penulis
5. Bapak Hartoyo sebagai Manajer PT. Hindoli Mill Sungai Lilin yang telah memberikan kesempatan dan mendukung dalam melakukan penelitian ini.
6. Bapak Gultom sebagai Engineer Mechanical PT. Hindoli Mill Sungai Lilin yang telah memberikan kesempatan dalam penelitian ini.
7. Bapak Gustri sebagai Supervisor Planner PT. Hindoli Mill Sungai Lilin yang telah membimbing dalam penelitian ini.
8. Bapak-bapak *Maintenance Team* dan *Operator Produksi* yang turut membantu baik dari segi tenaga maupun informasi dalam penelitian ini.
9. Sahabat-sahabatku dan teman-teman semua yang telah banyak berbagi keceriaan, kebersamaan dan kesulitan yang pernah kita alami bersama. Buat teman-teman terbaikku kelas 8PPB yang telah berjuang bersama-sama selama 4 tahun
10. Semua pihak terkait yang tidak mungkin disebutkan oleh penulis satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dalam tulisan laporan tugas akhir ini. Penulis menerima segala kritik dan saran dari pembaca agar penulis dapat membuat tulisan yang lebih baik.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan yang telah diberikan oleh semua pihak, semoga kebaikan menjadi amal ibadah yang mendapat Ridho dari Allah SWT, Amin Amin.

Palembang, Agustus 2023

Penulis

## ABSTRAK

### ANALISA KEGAGALAN ROUND STEEL LINK CHAINS PADA UNDERTOW SYSTEM PT. HINDOLI MILL SUNGAI LILIN

TEGUH SETIAWAN

xvi + 78 halaman, 20 tabel, 6 lampiran

Penggunaan *capstan* pada stasiun lori pabrik kelapa sawit seiring waktu digantikan dengan peralatan *engineering* yang lebih efektif dan efisien. Salah satunya *undertow system*, dimana dalam pengoperasiannya mengandalkan *round link chain* yang telah menggantikan tali tambang pada *capstan*. *Round link chain* dinilai lebih efisien dan *safety*, karena dalam penggunaannya beroperasi bawah lori yang dikaitkan dengan dua sproket. Operator dapat mengoperasikan melalui sistem kontrol yang telah ditempatkan. Namun terjadinya kegagalan pada *round chain* berupa putus menjadikan peralatan ini kehilangan nilai safety-nya. Karena dalam kasus kegagalan, *round link chain* dapat menimbulkan lontaran kejut sangat kuat dan tidak berarah sehingga dapat membahayakan keselamatan pekerja disekitar. Penggunaan operasional secara SOP, lori dioperasikan dengan beban maksimal 6 gerbong yang menghasilkan tegangan *stress* sebesar 175,6 Mpa. Pembebanan dinilai aman karena tidak menimbulkan *overload*, dimana *proof stress* pada *chain* yaitu  $650 \text{ N/mm}^2$ . Pembebanan ini menjadikan *chain* memiliki *life time* selama 7,1 tahun. Namun fakta dilapangan pada umur kelima, *chain* telah mengalami kegagalan. Maka dari itu dilakukan peninjauan kembali kelapangan untuk mengetahui faktor kegagalan diluar perhitungan. Ditemukan lori dengan kondisi abnormal berupa tidak berputarnya roda. Hal ini menyebabkan tegangan *stress* meningkat menjadi 1.689,9 Mpa dan menimbulkan *overload*. Dimana nilai *proof stress* lebih kecil dari pada pembebanan abnormal. Selain itu penggunaan operasional pembebanan diatas kapasitas SOP juga memicu penyebab kegagalan dengan *life time* yang singkat.

**Kata Kunci:** Analisa Kegagalan, Round Chain, Chain Steel



## **ABSTRACT**

### **FAILURE ANALYSIS OF ROUND STEEL LINK CHAINS IN UNDERTOW SYSTEM PT. HINDOLI MILL SUNGAI LILIN**

**TEGUH SETIAWAN**

*xvi + 78 pages, 20 tables, 6 appendices*

*The use of capstans at the lorry stations of palm oil mills has been replaced over time with more effective and efficient engineering equipment. One of them is the undertow system, which in operation relies on a round link chain which has replaced the rope on the capstan. The round link chain is considered more efficient and safe, because in use it operates under a truck which is linked to two sprockets. Operators can operate through the control system that has been placed. However, the failure of the round chain in the form of a break causes this equipment to lose its safety value. Because in case of failure, the round link chain can cause a very strong and directional shock that can endanger the safety of nearby workers. Operational use according to SOP, the lorry is operated with a maximum load of 6 carriages which generates a stress stress of 175.6 MPa. The loading is considered safe because it does not cause an overload, where the proof stress on the chain is 650 N/mm<sup>2</sup>. This loading makes the chain have a life time of 7.1 years. But the facts on the ground at the age of five, the chain has failed. Therefore, a field review was carried out to find out the failure factors outside the calculation. Found a lorry with an abnormal condition in the form of non-rotating wheels. This causes the stress stress to increase to 1,689.9 MPa and causes an overload. Where the proof stress value is smaller than the abnormal loading. In addition, the use of operational loading above SOP capacity also triggers causes of failure with a short life time.*

*Keywords: Failure Analysis, Round Chain, Steel Chain*

## DAFTAR ISI

<b>JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>TITLE</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>viii</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 <i>Area Sterilizer Station</i> .....	5
2.2 <i>Undertow System</i> .....	7
2.2.1 <i>Drive System</i> .....	9
2.2.2 <i>Driven System</i> .....	9
2.2.3 <i>Rail Track System</i> .....	10
2.3 Mekanisme <i>Chain Undertow System</i> .....	12
2.4 Baja .....	14
2.5 Baja Paduan .....	14
2.6 Analisa Kegagalan .....	16
2.6.1 Jenis Kegagalan.....	17
2.6.2 Penyebab-penyebab Kegagalan.....	21

2.6.3	Prosedur Dalam Anallisa Kegagalan .....	21
2.7	Kegagalan Pada Struktur .....	22
2.7.1	Kurva Tegangan-Regangan.....	23
2.7.2	Cara Struktur Mengalami Kegagalan .....	25
2.7.3	Mekanisme Pembentukan Patah .....	27
<b>BAB III</b>	<b>METODELOGI PENELITIAN .....</b>	<b>32</b>
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	32
3.2	Medotologi Penelitian.....	33
3.3	Material.....	33
3.3.1	Material Patahan .....	33
3.3.2	Spesimen .....	34
3.4	Peralatan .....	35
3.5	Tahapan Penelitian .....	36
3.5.1	Data Perusahaan Terkait Alat.....	36
3.5.2	Preparasi Spesimen.....	36
3.5.3	Uji Komposisi.....	36
3.5.4	Pengamatan Makroskopik.....	37
3.5.5	Pengamatan Mikroskopik .....	37
3.5.6	Analisa Tiktik Krisis (FEM).....	37
<b>BAB IV</b>	<b>ANALISA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>40</b>
4.1	Analisa Data Kegagalan Material.....	40
4.1.1	<i>Mechanical Properties Round Chain</i> .....	40
4.1.2	<i>Record Undertow System Mill Sungai Lilin</i> .....	42
4.1.3	Pengumpulan Sampel Patahan .....	45
4.2	Hasil Pengamatan Makro .....	46
4.3	Hasil Pengamatan Mikro .....	48
4.4	Hasil Pengujian Komposisi Kimia .....	50
4.5	Analisa Titik Krisis.....	50
4.5.1	Perhitungan Aktual .....	51
4.5.2	<i>Engineering Data</i> .....	53
4.5.3	Simulasi Titik Tegangan .....	55
4.5.4	Umur Tegangan Lelah.....	56

4.6 Tinjauan Kembali .....	57
4.7 Pembahasan .....	62
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>67</b>
5.1 Kesimpulan .....	67
5.2 Saran .....	68
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>69</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>71</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 <i>Flow Process</i> PT. Hindoli MSL.....	2
Gambar 2.1 <i>Sterilizer Horizontal</i> .....	5
Gambar 2.2 <i>Layout Sterillizer Station</i> .....	6
Gambar 2.3 Diagram Alir Proses Stasiun <i>Sterillizer</i> .....	7
Gambar 2.4 Gambar Teknik <i>Undertow System</i> .....	8
Gambar 2.5 Skema 3 Dimensi <i>Undertow System</i> .....	9
Gambar 2.6 Gambar Teknik <i>Round Chain</i> .....	12
Gambar 2.7 Skema Gaya Teraplikasikan.....	13
Gambar 2.8 Tenggelamnya Platform Alexander L Killand.....	18
Gambar 2.9 <i>Wear Bucket Excavator</i> .....	19
Gambar 2.10 Jembatan Kereta Api Berkarat.....	20
Gambar 2.11 Kegagalan Struktur akibat <i>Overload</i> .....	21
Gambar 2.12 Perbedaan Kegagalan antara <i>Yielding-Dominant</i> dan <i>Fracture-Dominan</i> .....	23
Gambar 2.13 Perbedaan Kurva Tegangan-Regangan pada Bahan Ulet, Getas dan Getas Sempurna.....	24
Gambar 2.14 Skema Spesimen Uji Tarik (a)Benda Getas (b)Benda Ulet & Getas (c)Benda Ulet .....	25
Gambar 2.15 Patah Akibat Tegangan Maksimum.....	25
Gambar 2.16 Patah Fatik.....	26
Gambar 2.17 Patah Deformasi Plastis .....	27
Gambar 2.18 Skematis Permukaan Lelah pada Penampang Bulat .....	28
Gambar 2.19 Fase-fase Kegagalan Lelah ( <i>fatigue</i> ).....	29
Gambar 2.20 Mekanisme Pengintian Retak.....	29
Gambar 2.21 Mekanisme Perambatan Retak.....	30
Gambar 2.22 <i>Final Fracture</i> Logam .....	31

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	32
Gambar 3.2 Sampel <i>Round Chain</i> .....	34
Gambar 3.3 (a) Potongan <i>Round Chain</i> Pada Bagian yang Patah, (b) Daerah untuk Pengujian Strukur Mikro dan Komposisi Kimia.....	35
Gambar 3.4 Kamera DSLR.....	35
Gambar 3.5 <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	37
Gambar 3.6 <i>Desain 3D Round Link Chains</i> .....	38
Gambar 4.1 <i>Mechanical Drawing Round Chain</i> .....	40
Gambar 4.2 <i>Desain Undertow System</i> .....	42
Gambar 4.3 Grafik Frekuensi <i>Downtime Round Chain</i> .....	44
Gambar 4.4 Grafik Frekuensi Kegagalan <i>Chain Original</i> .....	44
Gambar 4.5 <i>Fracture Round Chains Sample</i> .....	45
Gambar 4.6 Kegagalan pada <i>Round Chain</i> .....	46
Gambar 4.7 Foto Kedua Permukaan A dan B yang Mengalami Kegagalan.....	47
Gambar 4.8 Bagian Struktur <i>Initial Crack</i> yang Hilang (a) Tampak Samping, (b) Tampak Bawah.....	48
Gambar 4.9 Struktur Mikro Perbesaran 1000x, 2600x dan 5000x.....	49
Gambar 4.10 <i>Import Geometry</i> .....	53
Gambar 4.11 <i>Input Engineering Data</i> .....	54
Gambar 4.12 <i>Meshing Round Chain</i> .....	54
Gambar 4.13 (a) <i>Input Force</i> , (b) Pengaplikasian <i>Force</i> dan <i>Fixed</i> .....	55
Gambar 4.14 <i>Equivalent (Von-Misses) Stress</i> .....	56
Gambar 4.15 <i>Life Time Stress Round Chain</i> .....	57
Gambar 4.16 Keausan pada Roda Lori.....	58
Gambar 4.17 <i>Stress Simulation 1 Shaft Roda Abnormal</i> .....	60
Gambar 4.18 <i>Stress Simulation 14 Gerbong Lori</i> .....	61
Gambar 4.19 <i>Life Simulation 14 Gerbong Lori</i> .....	62
Gambar 4.20 Deformasi Pada <i>Round Chain</i> .....	65
Gambar 4.21 <i>Wearing</i> pada <i>Round Chain</i> .....	65
Gambar 4.22 <i>Crack</i> pada <i>Round Chain</i> .....	66

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Step Process Sterilizer</i> .....	6
Tabel 2.2 <i>Drive Assembly Specification</i> .....	9
Tabel 2.3 <i>Take-up Assembly Specification</i> .....	10
Tabel 2.4 <i>Dolly Specification</i> .....	10
Tabel 2.5 <i>Chain Specification</i> .....	10
Tabel 2.6 <i>Downtime History Report Chains</i> .....	11
Tabel 2.7 <i>Ukuran Geometri Round Chain</i> .....	12
Tabel 2.8 <i>Jenis Kegagalan</i> .....	17
Tabel 2.9 <i>Fenomena Kegagalan Fatigue</i> .....	17
Tabel 2.10 <i>Fenomena Kegagalan Wear</i> .....	18
Tabel 2.11 <i>Fenomena Kegagalan Corrosion</i> .....	19
Tabel 2.12 <i>Perbedaan Yielding-Dominant dan Fracture-Dominan</i> .....	22
Tabel 4.1 <i>Spesifikasi Round Chain</i> .....	41
Tabel 4.2 <i>Chemical Composition Round Chain</i> .....	41
Tabel 4.3 <i>Data Sheet 2022 Gangguan pada Undertow System</i> .....	43
Tabel 4.4 <i>Downtime Round Chain</i> .....	43
Tabel 4.5 <i>Frekuensi Kegagalan Chain Original</i> .....	44
Tabel 4.6 <i>Hasil Komposisi Kimia</i> .....	50
Tabel 4.7 <i>Komposisi Kimia Standar</i> .....	50
Tabel 4.8 <i>Spesifikasi Undertow System</i> .....	51

## DAFTAR LAMPIRAN

### Lampiran

1. Surat Rekomendasi Laporan Skripsi
2. Surat Kesepakatan Bimbingan Laporan Skripsi
3. Lembar Bimbingan Skripsi
4. Pelaksanaan Revisi Skripsi
5. *Sterilizer Stasion Layout*
6. *Layout Undertow System*
7. *Downtime History Report Undertow System 2022*
8. Dokumentasi Foto