

TESIS

***REINFORCEMENT DESIGN KONSTRUKSI TAKEUP
TOWER BERDASARKAN ANALISA TEGANGAN***



PRAJA DILLA ATOS

NIM. 03032622226002

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

TESIS

***REINFORCEMENT DESIGN KONSTRUKSI TAKEUP
TOWER BERDASARKAN ANALISA TEGANGAN***

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Mendapatkan Gelar Magister Teknik Mesin Pada
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**OLEH
PRAJA DILLA ATOS
NIM. 03032622226002**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

REINFORCEMENT DESIGN KONSTRUKSI TAKEUP TOWER BERDASARKAN ANALISA TEGANGAN

TESIS

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Magister Teknik Mesin
Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

PRAJA DILLA ATOS
NIM. 0303262226002

Palembang, Juli 2024

Menyetujui,
Pembimbing



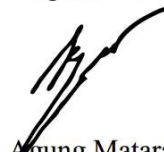
Prof. Dipl. Ing. Ir. Amrifan Saladin Mohruni, Ph. D.
NIP. 196409111999031002

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya



Prof. Dr. Eng Ir. H. Joni Arliansyah., M.T.
NIP. 196706151995121002

Koordinator Program Studi
Magister Teknik Mesin



Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197901052003121002

HALAMAN PERSETUJUAN

Tesis dengan judul “*Reinforcement Design Konstruksi Takeup Tower Berdasarkan Analisa Tegangan*” telah diseminarkan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 13 Juli 2024 dan dinyatakan sah.

Palembang, 13 Juli 2024
Pembimbing

1. Prof. Dipl.-Ing. Ir. Amrifan Saladin Mohruni, Ph. D.

NIP 196409111999031002

()

Tim Penguji

1. Irsyadi Yani, S.T., M.Eng, Ph.D.

NIP 197112251997021001

()

2. Dr. Ir. M. Yanis, M.T.

NIP 197002281994121001

()

Mengetahui,

Koordinator Program Studi
Magister Teknik Mesin



Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197901052003121002

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. :
Diterima Tanggal :
Paraf :

TESIS

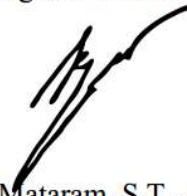
NAMA : PRAJA DILLA ATOS
NIM : 03032622226002
JURUSAN : TEKNIK MESIN
BIDANG STUDI : MATERIAL DAN MANUFAKTUR
JUDUL : *REINFORCEMENT DESIGN* KONSTRUKSI
TAKEUP TOWER BERDASARKAN ANALISA
TEGANGAN
DIBUAT TANGGAL : 16 OKTOBER 2023
SELESAI TANGGAL : 13 JULI 2024

Menyetujui,
Pembimbing



Prof. Dipl. Ing. Ir. Amrifan Saladin Mohrni, Ph. D.
NIP. 196409111999031002

Mengetahui,
Koordinator Program Studi
Magister Teknik Mesin



Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197901052003121002

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Praja Dilla Atos

NIM : 03032622226002

Judul Tesis : *Reinforcement Design* Konstruksi *Takeup Tower*

Berdasarkan Analisa Tegangan

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Corresponding author*).

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, 13 Juli 2024




Praja Dilla Atos

NIM. 03032622226002

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Praja Dilla Atos
NIM : 03032622226002
Judul Tesis : *Reinforcement Design* Konstruksi *Takeup Tower*
Berdasarkan Analisa Tegangan

Menyatakan bahwa Tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi Pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, 13 Juli 2024



Praja Dilla Atos

NIM. 03032622226002

RINGKASAN

REINFORCEMENT DESIGN KONSTRUKSI TAKEUP TOWER

BERDASARKAN ANALISA TEGANGAN

Karya tulis ilmiah berupa tesis oleh Praja Dilla Atos.

Dibimbing oleh Prof. Dipl.-Ing. Ir. Amrifan Saladin Mohruni, Ph. D.

Kegiatan penambangan dengan *conveyor system* menghadapi masalah pada bagian pengencang (*takeup system*) yang mengalami deformasi pada beam konstruksi *takeup tower*. Untuk memperbaiki masalah ini, dilakukan analisis tegangan secara detail pada *beam* dan konstruksi secara keseluruhan. Penelitian ini fokus pada distribusi tegangan akibat pergerakan *counter weight* serta membandingkan pemodelan menggunakan *software Autodesk Inventor* dengan metode elemen hingga. Hasil simulasi menunjukkan perpindahan signifikan pada *beam* bagian tengah sebesar 30,9 mm, dengan tegangan maksimum mencapai 3538 MPa pada sambungan antara *beam* konstruksi tengah dan *beam cantilever*. Berbagai model perkuatan diuji, di antaranya model 1 dengan penambahan *stiffness plate* menghasilkan perpindahan 2,41 mm, model 2 dengan *intermediate column* mengurangi perpindahan menjadi 0,71 mm dan tegangan maksimum 0,9 MPa, serta model 3 yang optimal dengan perpindahan hanya 0,0851 mm dan tegangan maksimum 0,7 MPa. Model 3 terbukti paling efektif dan efisien untuk meningkatkan kinerja *takeup tower*, mempertimbangkan tegangan maksimum sebelumnya yang dipengaruhi oleh gaya dari *counter weight*.

Kata Kunci : Tegangan Maksimum, *reinforcement*, *takeup tower*, *Autodesk Inventor*, perpindahan, deformasi, *beam*, *counter weight*.

SUMMARY

REINFORCEMENT DESIGN OF TAKEUP TOWER CONSTRUCTION BASED ON STRESS ANALYSIS.

Scientific paper in the form of a thesis by Praja Dilla Atos.

Supervised by Prof. Dipl.-Ing. Ir. Amrifan Saladin Mohruni, Ph. D.

Mining activities with conveyor systems face problems in the fastening part (takeup system) which deforms the takeup tower construction beam. To fix this problem, a detailed stress analysis was conducted on the beam and the construction as a whole. This research focuses on stress distribution due to counter weight movement and compares modeling using Autodesk Inventor software with finite element method. The simulation results showed a significant displacement at the center beam of 30.9 mm, with the maximum stress reaching 3538 MPa at the connection between the center construction beam and the cantilever beam. Various reinforcement models were tested, including model 1 with the addition of a stiffness plate resulting in a displacement of 2.41 mm, model 2 with an intermediate column reducing the displacement to 0.71 mm and a maximum stress of 0.9 MPa, and the optimal model 3 with a displacement of only 0.0851 mm and a maximum stress of 0.7 MPa. Model 3 proved to be the most effective and efficient to improve the takeup tower performance, considering the previous maximum stress influenced by the force from the counter weight.

Keywords: Maximum Stress, reinforcement, takeup tower, Autodesk Inventor, displacement, deformation, beam, counter weight

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Allah SWT tak henti-hentinya diucapkan, karena atas rahmat dan hidayah-Nya tesis ini dapat selesai dengan baik. Tentunya banyak hambatan dan rintangan yang terjadi selama penyusunan tesis ini. Walaupun demikian semua merupakan rintangan yang harus dihadapi. Tesis yang berjudul *Reinforcement Design Konstruksi Takeup Tower Berdasarkan Analisa Tegangan* dibuat sebagai salah satu syarat untuk mendapat gelar Magister Teknik Mesin di Universitas Sriwijaya. Meskipun penyusunan tesis ini telah selesai, penulis menyadari bahwasanya penyusunan tesis ini jauh dari kata sempurna, baik dari segi penyajian maupun materi yang disampaikan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun untuk keberlanjutan penyempurnaan tesis ini.

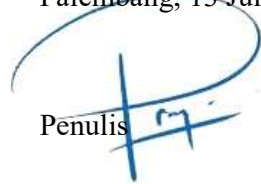
Akhir kata, perkenankanlah penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih sedalam-dalamnya kepada pihak-pihak yang telah membantu didalam penyusunan tesis ini, baik secara langsung maupun tidak langsung. Khususnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Taufiq Marwa, S.E., M.Si., selaku rektor Universitas Sriwijaya
2. Bapak Prof. Dr.Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
3. Bapak Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya
4. Bapak Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D selaku Koordinator Program Studi Magister Teknik Mesin Universitas Sriwijaya
5. Bapak Prof. Dipl.-Ing. Ir. Amrifan Saladin Mohruni, Ph. D. selaku Dosen Pembimbing
6. Seluruh Staff Dosen dilingkungan Prodi Magister Teknik Mesin Universitas Sriwijaya yang tidak bisa disebut satu persatu

7. Ibuku, Istri tercinta dan Anak-anakku RHS yang selalu memberi dukungan, doa dan semangat.

Akhir kata dengan kerendahan hati, semoga proposal tesis ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan bagi para pembaca dan semua pihak yang berkepentingan.

Palembang, 13 Juli 2024


Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	v
HALAMAN PERSETUJUAN.....	vii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	ix
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	xi
RINGKASAN	xiii
SUMMARY	xv
KATA PENGANTAR.....	xvii
DAFTAR ISI.....	xix
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR TABEL	xxiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Belt Conveyor.....	5
2.2 Prinsip Kerja dan Bagian-bagian <i>Belt Conveyor</i>	6
2.2.1 Prinsip Kerja <i>Takeup Conveyor</i> (Sistem Pengencang <i>Conveyor</i>)	7
2.3 Teori Kegagalan Struktur.....	10
2.3.1 Teori Tegangan Geser Maksimum (<i>Maximum Shear Stress Theory</i>)	10
2.3.2 Teori Tegangan Distorsi Energi (<i>Von Mises Stress</i>).....	12
2.3.3 Teori Tegangan Normal Maksimum.....	12
2.4 Faktor Keamanan.....	13
2.5 Beban Statis.....	15
2.6 Defleksi	16
2.7 Metode Elemen Hingga	17
2.8 Geometri Elemen.....	19

2.9	Meshing	20
2.10	Finite Element Analysis Menggunakan Autodesk Inventor Nastran 2023	22
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		25
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	25
3.2	Diagram Alir Penelitian.....	25
3.3	Metode Penelitian.....	26
3.3.1	Studi Lapangan.....	26
3.3.2	Studi Literatur.....	27
3.4	Alat dan Bahan.....	27
3.5	Prosedur Penelitian.....	28
3.6	Data Spesifikasi Konstruksi <i>Takeup Tower</i>	29
3.7	Data Konstruksi Saat ini	30
3.8	Geometri dan Permodelan Elemen Hingga	33
3.8.1	Permodelan Struktur Konstruksi <i>Takeup Tower</i>	33
3.8.2	Permodelan Elemen Hingga Struktur	34
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		37
4.1	Permodelan Kondisi Batas (<i>Boundary Condition</i>).....	37
4.2	Hasil Simulasi Elemen Hingga	40
4.3	Analisis Perkuatan (<i>Reinforcement</i>) Konstruksi	42
4.3.1	Analisis Perkuatan Model 1	43
4.3.2	Analisis Perkuatan Model 2	47
4.3.3	Analisis Perkuatan Model 3	52
4.4	Solusi Optimum Perkuatan Desain Struktur	57
BAB 5 KESIMPULAN.....		61
5.1	Kesimpulan	61
DAFTAR RUJUKAN		63
LAMPIRAN 1 <i>Stress Analysis Report</i> Konstruksi <i>Takeup Tower</i>		65
LAMPIRAN 2 <i>Stress Analysis Report</i> Perkuatan Model 1		103
LAMPIRAN 3 <i>Stress Analysis Report</i> Perkuatan Model 2		129
LAMPIRAN 4 <i>Stress Analysis Report</i> Perkuatan Model 3		159

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Belt Conveyor (Conveyor Equipment Manufacture Association, 2002).....	6
Gambar 2.2	Drawing 2D Konstruksi Takeup Tower.....	8
Gambar 2.3	Drawing Tampak Atas Konstruksi Takeup Tower.....	9
Gambar 2.4	Diagram Sistem Pengencang Belt Conveyor.....	9
Gambar 2.5	Lingkaran <i>Mohr</i> untuk tegangan tiga dimensi (Budynas and Nisbett, 2008)	11
Gambar 2.6	Masalah Struktural (Shigley's, 2008)	18
Gambar 2.7	Mesh otomatis pada model plat tipis. (a) batas model. (b) automesh 294 elemen dan 344 titik. (c) terjadi cacat (skala tinggi) dengan kontur tegangan. (d) automesh dengan 1008 elemen dan 1096 titik. (e) terjadi cacat (skala tinggi) dengan kontur tegangan (Budynas and Nisbett, 2008).	21
Gambar 3.1	Flowchart Penelitian Secara Umum.....	26
Gambar 3.2	Kondisi takeup tower saat ini	27
Gambar 3.3	Diagram Alir Analisis dengan Software.	28
Gambar 3.4	Bagian-bagian Utama Konstruksi Takeup Tower	30
Gambar 3.5	Kerusakan Pada Cantilever Atas Penahan Frame Pengarah.....	31
Gambar 3.6	Kerusakan Pada Konstruksi Tengah Tower	31
Gambar 3.7	Kerusakan Pada Cantilever Tengah	32
Gambar 3.8	Kerusakan Pada Beam Dudukan Rope Sheave Atas	32
Gambar 3.9	Tampilan panel <i>Constraints</i>	35
Gambar 3.10	Tampilan panel <i>Loads</i>	35
Gambar 4.1	Kondisi Batas Pembebanan Takeup Tower.....	38
Gambar 4.2	Area Pembebanan dan Fixed Contrait.....	39
Gambar 4.3	Meshing	39
Gambar 4.4	Displacement pada beam konstruksi bagian tengah	40
Gambar 4.5	Pengukuran Perpindahan Aktual Lapangan	41
Gambar 4.6	Nilai Tegangan Maksimum atau 1 st Principal Stress	41
Gambar 4.7	Area Pembebanan dan Fixed Contrait Pada Model 1	43
Gambar 4.8	Penambahan Stifnees Plate bagian luar beam	44
Gambar 4.9	Meshing Model 1	45
Gambar 4.10	Displacement pada beam konstruksi bagian tengah Model 1 .	46
Gambar 4.11	Nilai Tegangan Maksimum atau 1 st Principal Stress Model 1	47
Gambar 4.12	Area Pembebanan dan Fixed Contrait Pada Model 2.....	47
Gambar 4.13	Meshing Model 2.....	49
Gambar 4.14	Displacement pada beam konstruksi bagian tengah Model 2 .	51
Gambar 4.15	Nilai Tegangan Maksimum atau 1 st Principal Stress Model 2	52
Gambar 4.16	Area Pembebanan dan Fixed Contrait Pada Model 3.....	55
Gambar 4.17	Meshing Model 3.....	55
Gambar 4.18	Displacement pada beam konstruksi bagian tengah Model 3 .	56
Gambar 4.19	Nilai Tegangan Maksimum atau 1 st Principal Stress Model 3	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Rekomendasi umum untuk faktor keamanan (Oberg <i>et al.</i> , 2000).	14
Tabel 2.2	Tipe Elemen Hingga (Shigley's, 2008)	19
Tabel 3.1	Alat dan bahan yang dibutuhkan	27
Tabel 3.2	Spesifikasi Konstruksi Takeup Tower.....	29
Tabel 4.1	Spesifikasi Konstruksi Beam Bagian Tengah	40
Tabel 4.2	Rekapitulasi Hasil Simulasi	42
Tabel 4.3	Spesifikasi Stifness Plate	44
Tabel 4.4	Rekapitulasi Hasil Simulasi Model 1	45
Tabel 4.5	Spesifikasi Stifness Plate dan Intermediate Column	49
Tabel 4.6	Rekapitulasi Hasil Simulasi Model 2	50
Tabel 4.7	Spesifikasi Stifness Plate dan Intermediate Column Model 3	53
Tabel 4.8	Rekapitulasi Hasil Simulasi Model 3	53
Tabel 4.9	Perbandingan Usulan Perkuatan Konstruksi Baja Takeup Tower .	58

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT Bukit Asam Tbk (PTBA) merupakan perusahaan tambang batubara milik negara yang berupaya untuk terus meningkatkan target pengiriman batubara sehingga dapat digunakan oleh kebutuhan perindustrian yang ada di Indonesia maupun luar negeri. Dalam aktifitas penambangan batubara itu sendiri didukung oleh peralatan angkat dan angkut yang dimiliki oleh PTBA, salah satunya yaitu alat *conveyor system* yang berfungsi untuk memindahkan batubara dari suatu tempat ke tempat lain. *Conveyor system* dalam menjalankan fungsinya terdiri dari beberapa bagian utama, secara umum antara lain terdiri dari bagian komponen penggerak (*drive unit dan pulley*), bagian pembawa material (*belt dan idler roll*), bagian pengencang (*takeup system*), bagian pengumpan (*hopper dan feeder*), bagian pencurah (*chute*) dan bagian pembersih *belt (belt cleaning)* (Toha, 2002).

Salah satu peralatan *conveyor system* yang ada di PT Bukit Asam Tbk (PTBA) mengalami kerusakan pada bagian pengencang (*takeup system*) dimana terjadi deformasi pada bagian *beam* konstruksi *takeup tower*. Konstruksi *takeup tower* merupakan bagian dari *takeup system* yang memiliki peran penting secara konstruktif untuk mendukung fungsi *takeup system* dapat optimal. Saat ini konstruksi *takeup tower* masih dapat dioperasikan namun dalam perhatian khusus karena dikhawatirkan dapat terjadi penambahan deformasi pada *beam* konstruksi setiap saat sehingga untuk langkah pencegahan dilakukan pengecekan rutin setiap awal *shift* dan secara parallel dilakukan perencanaan untuk langkah perbaikan konstruksi yang mengalami deformasi dan mengidentifikasi penyebab deformasi tersebut.

Dalam perencanaan perbaikan konstruksi, ada beberapa hal yang harus diperhatikan seperti distribusi beban dan arah gaya yang diterima oleh masing-

masing beam, tegangan resultan yang dihasilkan dari pergerakan pemberat (*counter weight*) terhadap konstruksi, hubungan antara pembebanan dengan tegangan resultan. Analisis tegangan yang terjadi pada masing-masing beam maupun terhadap konstruksi secara keseluruhan sangat membantu kita mengetahui letak daerah kritis dan membantu kita dalam menentukan langkah perkuatan (*reinforcement design*) pada konstruksi *takeup tower*. Untuk hasil yang tepat dan memuaskan, analisis tegangan yang terjadi pada konstruksi *takeup tower* disamping dilakukan dengan metode konservatif, juga dapat dilakukan dengan bantuan *software autodesk* yang berbasis metode elemen hingga.

Analisis tegangan yang baik berdasarkan standar yang telah ditentukan serta pendekatan secara analitis diharapkan mampu memberikan analisis tegangan yang mendekati tegangan yang sesuai dengan penyebab terjadinya kerusakan atau deformasi. Atas dasar itu penulis termotivasi untuk melakukan penelitian tentang perkuatan konstruksi *takeup tower* berbasis analisis tegangan yang bekerja dengan mengacu kepada kondisi konstruksi dan beban yang terjadi saat ini (*existing*).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana distribusi tegangan yang terjadi pada konstruksi *takeup tower* yang diakibatkan oleh pergerakan naik dan turunnya *counter weight*.
2. Bagaimana analisis tegangan dilakukan dengan mengkomparasi permodelannya dengan menggunakan *software autodesk inventor* dengan metode elemen hingga sehingga mampu menghitung besarnya tegangan dan mengetahui daerah kritis pada konstruksi *takeup tower*.

1.3 Batasan Masalah

Karena luasnya permasalahan dan keterbatasan waktu, maka penulis membatasi penelitian ini pada:

1. Analisis distribusi tegangan yang terjadi pada konstruksi *takeup tower* baik secara lokal *beam* maupun secara *global* atau *member beam*.
2. Analisis yang dilakukan adalah analisis tegangan yang diakibatkan oleh tekanan kerja.
3. Analisis diasumsikan mengabaikan faktor lingkungan dan faktor korosi pada konstruksi.
4. Efisiensi *joint* las sambungan diasumsikan 100%.
5. Analisis tegangan menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan *software autodesk inventor* untuk permodelan dan analisis.
6. Beban yang diterima pada *beam cantilever* diasumsikan beban statis tanpa memperhitungkan bebas geser dan vibrasi yang diakibatkan oleh kinerja *counter weight*.
7. Tiang konstruksi utama diasumsikan tidak terjadi perubahan akibat gaya yang terjadi, sehingga tumpuan beam tengah diasumsikan *fix constraint*.
8. Nilai Tegangan Maksimum menjadi variabel dalam perhitungan karena nilai tegangan yang dihasilkan masih dibawah tegangan *tensile*.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk menganalisis tegangan maksimum dan perpindahan maksimum yang terjadi pada *beam* yang mengalami kerusakan.
2. Untuk menganalisis perkuatan konstruksi yang masih dalam batas aman dan minim perpindahan yang terjadi untuk operasi jangka panjang.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini yaitu:

1. Dapat menganalisis distribusi tegangan yang terjadi pada pada konstruksi *takeup tower* sehingga didapatkan rekomendasi perbaikan yang lebih aman untuk operasional dimasa mendatang.
2. Dihasilkan sebuah rancangan perkuatan konstruksi *takeup tower* yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah, selanjutnya dapat dilakukan eksperimental lebih lanjut.
3. Penelitian ini nantinya diharapkan dapat memberikan kontribusi positif terhadap beberapa pihak diantaranya untuk lingkungan akademik, perusahaan dan masyarakat luas serta mampu memberikan tambahan pengetahuan tentang ilmu analisis tegangan konstruksi dengan memanfaatkan teknologi *software engineering* yang luas pada era saat ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Budynas, R. G. and Nisbett, J. K. (2008) *Shigley's Mechanical Engineering Design*.
- Conveyor Equipment Manufacture Association (2002) *Belt Conveyors for Bulk Materials Published by the Conveyor Equipment Manufacturers Association*.
- Dieter, G. E. (1961) *Metallurgy and Metallurgical Engineering Series*. USA: McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Gross, D. *et al.* (2016) *Statics - Formulas and problems: Engineering mechanics 1, Statics - Formulas and Problems: Engineering Mechanics 1*. doi: 10.1007/978-3-662-53854-8.
- Kaveh, A. (2014) *Computational structural analysis and finite element methods, Computational Structural Analysis and Finite Element Methods*. doi: 10.1007/978-3-319-02964-1.
- Keipour, S. *et al.* (2020) 'Investigation of Take-up Structure Design Under Steady and Non-steady Conditions', (December). Available at: <https://www.researchgate.net/publication/349078487>.
- Nurisa, T. M. A. (2019) 'Analisa Pembebanan Dinamik Pada Bodi Pesawat Terbang Dengan Simulasi Ansys 18.1', *Journal of Renewable Energy & Mechanics (REM)*, 2(01), pp. 43–50. doi: 10.25299/rem.2019.vol1(01).2402.
- Oberg, E. *et al.* (2000) *Machinery's Handbook*. 26th edn. New York: Industrial Press, Inc.
- Timoshenko, S. (1941) *Strength of materials*. 2nd edn. D. Van Nostrand Company, Inc. doi: 10.1016/s0016-0032(41)90378-2.
- Toha, J. (2002) *Perancangan, Pemasangan dan Perawatan Konveyor Sabuk dan Peralatan Pendukung*. 1st edn. Bandung: PT. JUNTO Engineering.