

ANALISA KEGAGALAN DAN REDESAIN ROLLER TEMBAGA STUDI KASUS PT. SMELTING

- 1,2) Dosen Teknik Mesin,
Universitas 17 Agustus
1945, Surabaya, Indonesia
3) Mahasiswa Teknik Mesin,
Universitas 17 Agustus
1945, Surabaya, Indonesia

Corresponding email ¹⁾ :
ekamarliana@untag-sby.ac.id

Received: 04-09-2021

Accepted: 02-10-2021

Published: 28-12-2021

©2021 Politala Press.
All Rights Reserved.

Eka Marliana ¹⁾, Gatut Prijo Utomo ²⁾, Saiful Fuad ³⁾

Abstrak. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menganalisa kegagalan pada alat roll tembaga yang sudah ada saat ini. Kegagalan sering terjadi pada komponen pen roll nomor 2. Selanjutnya analisa tersebut akan digunakan untuk melakukan redesign pada bagian pen roll nomor 2 dari alat pengeroll tembaga agar memiliki life cycle yang lebih tinggi. Proses redesign akan diawali dengan membuat sketsa alat roll tembaga berdasarkan dimensi contoh barang yang diberikan, dari hasil sketsa tersebut akan dibuat 2D dan 3D CAD modelling dengan menggunakan software Autodesk Inventor untuk menyesuaikan dimensi alat ketika dirakit. Setelah hasilnya sesuai, proses berikutnya adalah menganalisa desain alat yang sudah ada sekarang menggunakan Finite Element Method dan teori kegagalan Goodman. Analisa dilakukan dengan menggunakan software Ansys. Dalam penelitian ini dilakukan redesign dengan 5 material yang berbeda. Berdasarkan analisa statis yang dilakukan, didapatkan bahwa life cycle minimum paling tinggi adalah dengan material AISI 4130.

Kata Kunci: Pen roll, FEM, kegagalan, redesign, Ansys

Abstract. This research was conducted to analyze the failure of the copper roller machine. Failure occurs in the pen roll component number 2. Thus, the analysis will be used to redesign the pen roll number 2 part of the copper roller so that it has a higher life cycle. This process will begin by sketching the copper roller machine based on the dimensions of the sample items provided. From the results of the sketch, 2D and 3D CAD modelling will be made using Autodesk Inventor to adjust the dimensions of the machine when assembled. The following process is to analyze the design of the existing component using the Finite Element Method and Goodman's theory of failure. The analysis was carried out using the Ansys software. In this study, a redesign was carried out with five different materials. Based on the static research conducted, it was found that the highest minimum life cycle was with AISI 4130 material.

Keywords: Pen roll, FEM, failure, redesign, Ansys

To cite this article: <https://doi.org/10.34128/je.v8i2.170>

1. Pendahuluan

Dewasa ini Indonesia bukan lagi negara agraris seperti yang kita kenal dahulu di pelajaran sekolah dasar. Melainkan merupakan negara industri karena banyak terjadinya perubahan fungsi lahan pertanian menjadi bangunan, hal ini juga dibuktikan dari sumber pendapatan negara Indonesia terbesar adalah dari sektor industri. Dalam masa pandemi seperti sekarang industri harus tetap berjalan meskipun terdapat banyak kendala, perusahaan dituntut untuk cepat beradaptasi jika ingin tetap bertahan.

Keadaan ini membuat proses impor barang atau jasa menjadi terlambat, hal ini disebabkan proses produksi di luar negeri yang juga terhambat dengan adanya pandemi. Oleh karena itu perusahaan nasional mencari alternatif dengan menggandeng perusahaan lokal di Indonesia untuk memenuhi kebutuhannya, salah satunya adalah pabrik smelter tembaga yang berada di Gresik yaitu PT. SMELTING. Tembaga menjadi komoditas logam industri yang tengah berada dalam kinerja positif, seiring membaiknya ekonomi China yang terlebih dahulu menghadapi pandemi sebelum Indonesia. Seperti yang diketahui jika China adalah importir tembaga terbesar [1].



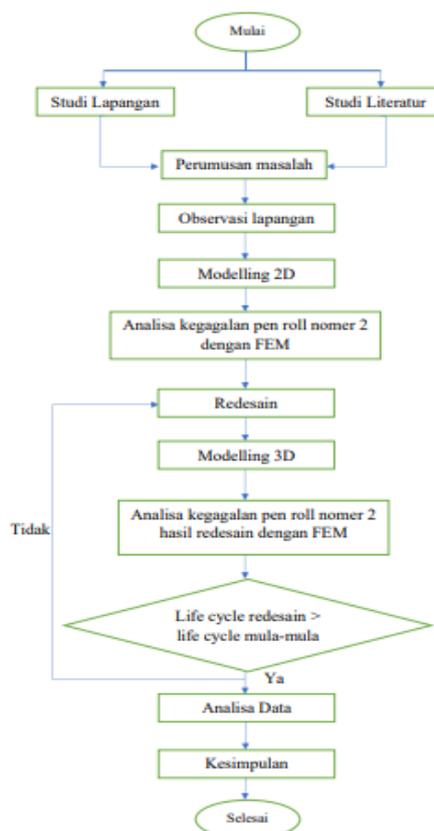
Gambar 1. Roller Tembaga

Dalam proses pengolahannya, proses pemindahan tembaga salah satunya menggunakan mesin roll untuk mempermudah pekerjaan. Mesin ini tersusun dari beberapa bagian seperti 3 buah roll, 3 pasang pen, *bushing*, dan *frame*. Ketika mesin beroperasi, penerima beban utama adalah roll bagian tengah. Sedangkan roll yang lain digunakan untuk menggelindingkan material tembaga yang sudah jatuh diterima roll bagian tengah. Mesin ini beroperasi sebanyak 5 lot tiap minggu dan setiap selesai 1 lot mesin dimatikan untuk perawatan. Lot adalah satuan yang digunakan di PT Smelting, nilai tiap lot adalah kerja selama 4-5jam [2].

Dengan kondisi tembaga yang panas dan sistem kerja seperti itu, pen roll akan mengalami kerusakan berupa terjadinya defleksi atau deformasi plastis. Akibat dari terjadinya defleksi pada pen roll ini, roll tidak akan bisa berputar dan mesin roll tidak bisa beroperasi. Sehingga pekerjaan akan terpaksa berhenti untuk proses maintenance. Berdasarkan dari uraian dan hasil pengamatan di lapangan diatas, penulis bermaksud melakukan analisa kegagalan yang terjadi pada bagian pen alat roll tembaga ini dengan menggunakan metode elemen hingga (*Finite Element Method*) [3]–[5]. Selanjutnya akan dilakukan redesign dengan memanfaatkan software berbasis Finite Element Metode agar didapatkan hasil design baru yang memiliki *life cycle* yang lebih tinggi

2. Metodologi

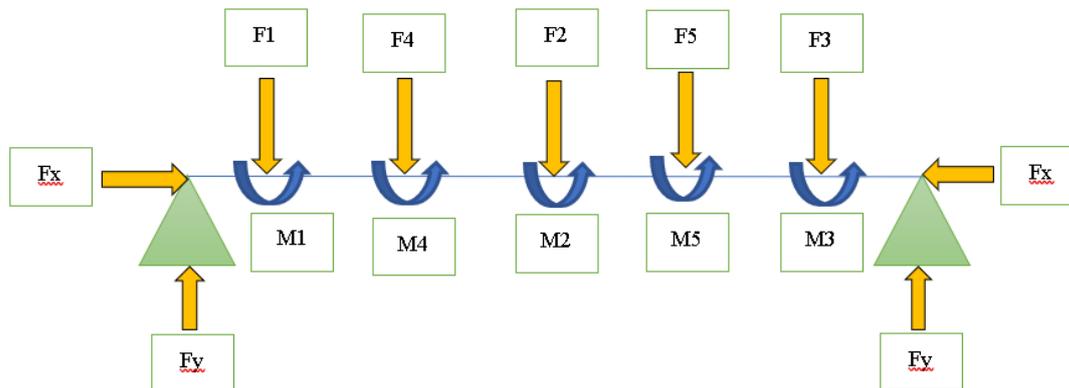
Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Flowchart Penelitian

Perhitungan Beban

Analisa gaya-gaya yang diterima oleh pen roll digambarkan dengan pemodelan statis, dengan dilakukan pemodelan ini juga akan terlihat gaya reaksinya.



Gambar 3. Analisa Statika

Gambar 3 menunjukkan jenis tumpuan yang digunakan adalah tumpuan engsel, yang berarti pen roll tidak bisa bergerak baik ke arah sumbu X maupun sumbu Y. Gaya F_1 dan F_3 adalah gaya yang timbul dari massa pen roll, gaya ini juga mengakibatkan munculnya M_1 dan M_3 . Gaya (F) dan momen (M) didapatkan dengan persamaan (1) dan (2) berikut [6].

$$F = m \cdot g \quad (1)$$

$$M = F \cdot d \quad (2)$$

Keterangan:

F = Gaya (*Force*)

m = Massa (*Mass*)

g = Percepatan gravitasi (*Gravity*)

M = Momen (*Moment*)

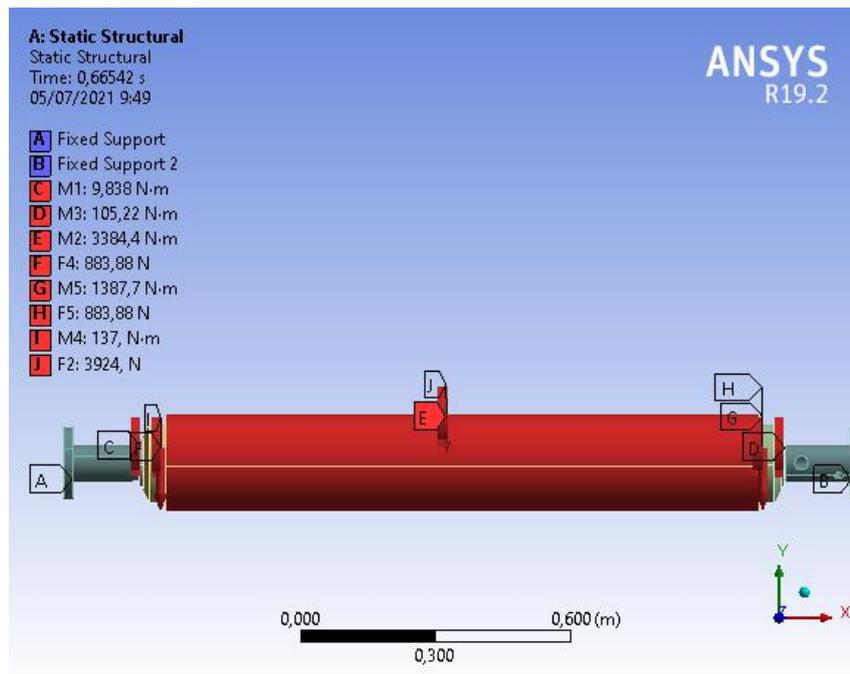
d = Lengan gaya (*Distance*)

Gaya F_2 merupakan gaya yang timbul dari beban berupa tembaga dengan massa 400kg, gaya ini juga mengakibatkan munculnya M_3 . Massa roll 2 menyebabkan timbulnya gaya yang ditumpu oleh pen roll di kedua sisi frame, yaitu F_4 dan F_5 . Besarnya nilai gaya didapat dari perkalian massa dengan percepatan gravitasi, gaya ini juga mengakibatkan munculnya M_4 dan M_5 .

3. Hasil dan Pembahasan

Model Analisa Statis

Dalam menganalisa menggunakan metode elemen hingga (FEM), *software* yang digunakan adalah Ansys R18.2. Dengan menggunakan *software* ini dapat dilakukan analisa pada alat roll tembaga, khususnya pada model pen roll [7]–[10]. Material yang digunakan dalam pembebanan ini adalah AISI 4140, yaitu material yang sesuai dengan contoh mula-mula. Sedangkan gaya-gaya yang bekerja akan memiliki nilai dan posisi yang sama dengan hasil perhitungan beban pada pemodelan statis.



Gambar 4. Pembebanan pada Roll dan Pen Roll

Gambar 4 menunjukkan gambar roll nomor 2 yang telah diberikan gaya-gaya yang terjadi, bagian-bagian lain dari alat roll tembaga seperti *frame*, roll nomor 1, roll nomor 2, *bushing*, dan komponen lain sengaja tidak ditampilkan untuk mempermudah pengaplikasian gaya dan memperjelas gambar.

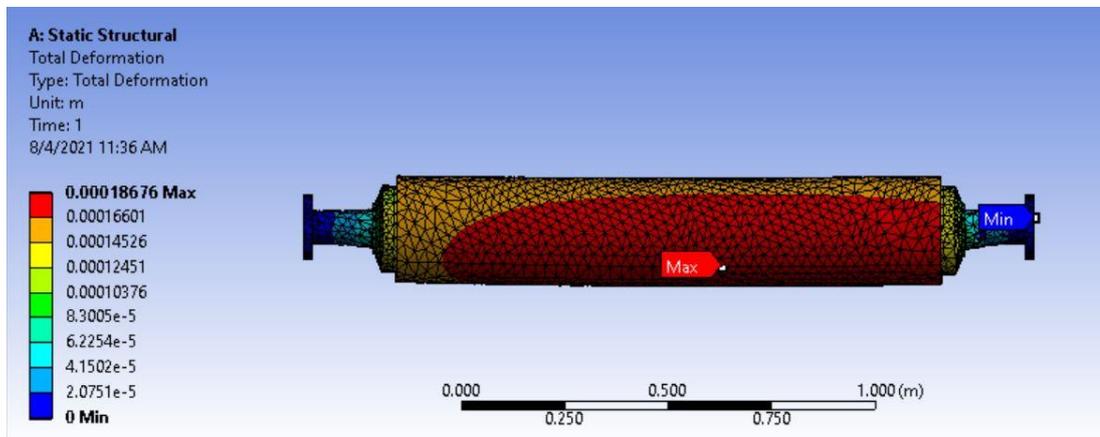
AISI 4140

Desain awal mesin *roller* tembaga yang digunakan di PT. Smelting Gresik menggunakan material AISI 4140 untuk bagian pen roll nya. PT. Smelting biasanya melakukan proses fabrikasi mesin *roller* tembaga ini melalui PT. Artoda Bersaudara yang berlokasi di Surabaya, Jawa Timur. Sebagai langkah awal proses redesain, selain melakukan modelling 3D untuk mesin *roller* tembaga dan setiap komponen penyusunnya, maka perlu juga dilakukan analisa kekuatan material. Pada desain awal ini, kegagalan selalu terjadi pada komponen pen roll, khususnya pen roll nomor 2, seperti pada gambar 5. Tujuan utama dari penelitian ini adalah melakukan redesain untuk pen roll agar *life cycle* nya lebih panjang, sehingga biaya yang dikeluarkan untuk proses fabrikasi dan pembuatan mesin *roller* tembaga bisa lebih ekonomis. Analisa yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan metode elemen hingga dengan perangkat lunak Ansys R18.2.

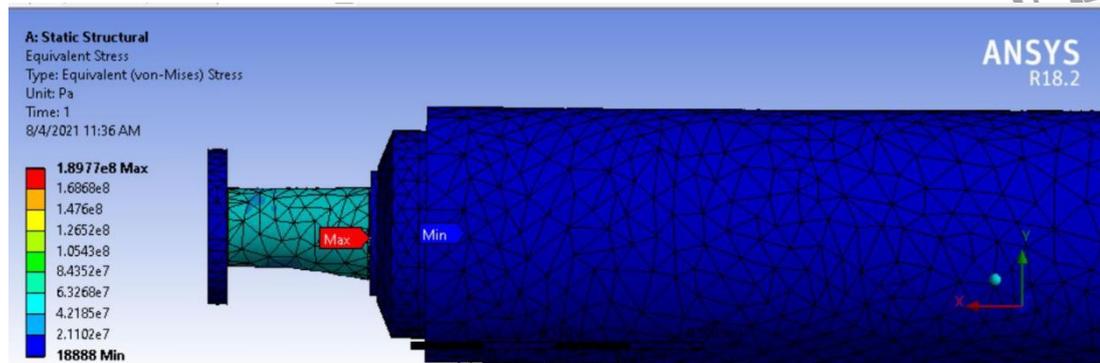


Gambar 5. Pen roll yang mengalami kegagalan [2]

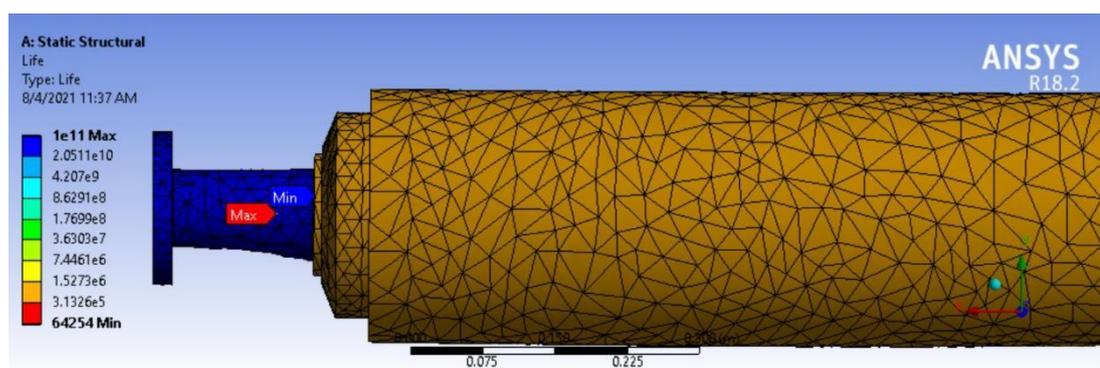
Berdasarkan analisa statis yang telah dilakukan, diketahui bahwa deformasi total yang terjadi pada *roller* tersebut adalah sebesar 0.00018676 m, sedangkan deformasi minimum yang terjadi adalah 0. Lokasi deformasi terbesar terjadi pada bagian tengah *roller*. Lokasi deformasi terkecil terjadi pada ujung-ujung mesin *roller* atau dibagian tumpuan. Detail deformasi yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 6. Analisa tegangan dilakukan berdasarkan tegangan ekuivalen (Von-Mises), nilai tegangan maksimum yang terjadi adalah 189.77 MPa. Lokasi mtegangan maksium terjadi pada bagian ujung pin roll. Tegangan minimal yang terjadi afalah 0,018888 MPa, terjadi pada tumpuan dan *roller*. Detail distribusi tegangan ekuivalen sesuai dengan Gambar 7. Sedangkan untuk hasil analisa *life cycle* yang telah dilakukan, didapatkan nilai *life cycle* maksimum nya adalah 100000000000 *cycle*, nilai *life* rata-rata nya adalah 61100000000 *cycle*, nilai *life* minimum adalah 64254 *cycle*. Detail distribusi *life cycle* yang terjadi sesuai dengan Gambar 8.



Gambar 6. Deformasi maksimum dengan material pen roll AISI 4140



Gambar 7. Tegangan ekuivalen maksimum dengan material pen roll AISI 4140



Gambar 8. *Life cycle* dengan material pen roll AISI 4140

AISI 4340

Berdasarkan analisa statis yang telah dilakukan, diketahui bahwa deformasi total yang terjadi pada *roller* tersebut adalah sebesar 0.00018676 m, sedangkan deformasi minimum yang terjadi adalah 0. Lokasi deformasi terbesar terjadi pada bagian tengah *roller*. Lokasi deformasi terkecil terjadi pada ujung-ujung mesin *roller* atau dibagian tumpuan. Analisa tegangan dilakukan berdasarkan tegangan ekuivalen (Von- Mises), nilai tegangan maksimum yang terjadi adalah 189.77 MPa. Lokasi tegangan maksimum terjadi pada bagian ujung pin roll. Tegangan minimal yang terjadi adalah 0,018887 MPa, terjadi pada tumpuan dan *roller*. Sedangkan untuk hasil analisa *life cycle* yang telah dilakukan, didapatkan nilai *life cycle* maksimum nya adalah 1000000000 *cycle*, nilai *life* rata-rata nya adalah 612000000 *cycle*, nilai *life* minimum adalah 64254 *cycle*.

AISI 4130

Berdasarkan analisa statis yang telah dilakukan, diketahui bahwa deformasi total yang terjadi pada *roller* tersebut adalah sebesar 0.00018372 m, sedangkan deformasi minimum yang terjadi adalah 0. Lokasi deformasi terbesar terjadi pada bagian tengah *roller*. Lokasi deformasi terkecil terjadi pada ujung-ujung mesin *roller* atau dibagian tumpuan. Analisa tegangan dilakukan berdasarkan tegangan ekuivalen (Von- Mises), nilai tegangan maksimum yang terjadi adalah 190.27 MPa. Lokasi tegangan maksimum terjadi pada bagian ujung pin roll. Tegangan minimal yang terjadi adalah 0,01499 MPa, terjadi pada tumpuan dan *roller*. Sedangkan untuk hasil analisa *life cycle* yang telah dilakukan, didapatkan nilai *life cycle* maksimum nya adalah 10000000 *cycle*, nilai *life* rata-rata nya adalah 6500000 *cycle*, nilai *life* minimum adalah 67463 *cycle*.

AISI 4620 Q&T

Berdasarkan analisa statis yang telah dilakukan, diketahui bahwa deformasi total yang terjadi pada *roller* tersebut adalah sebesar 0.00018676 m, sedangkan deformasi minimum yang terjadi adalah 0. Lokasi deformasi terbesar terjadi pada bagian tengah *roller*. Lokasi deformasi terkecil terjadi pada ujung-ujung mesin *roller* atau dibagian tumpuan. Analisa tegangan dilakukan berdasarkan tegangan ekuivalen (Von- Mises), nilai tegangan maksimum yang terjadi adalah 189.77 MPa. Lokasi tegangan maksimum terjadi pada bagian ujung pin roll. Tegangan minimal yang terjadi adalah 0,01499 MPa, terjadi pada tumpuan dan *roller*. Sedangkan untuk hasil analisa *life cycle* yang telah dilakukan, didapatkan nilai *life cycle* maksimum nya adalah 100000000 *cycle*, nilai *life* rata-rata nya adalah 61500000 *cycle*, nilai *life* minimum adalah 64524 *cycle*.

Structural Steel

Berdasarkan analisa statis yang telah dilakukan, diketahui bahwa deformasi total yang terjadi pada *roller* tersebut adalah sebesar 0.00019447 m, sedangkan deformasi minimum yang terjadi adalah 0. Lokasi deformasi terbesar terjadi pada bagian tengah *roller*. Lokasi deformasi terkecil terjadi pada ujung-ujung mesin *roller* atau dibagian tumpuan. Analisa tegangan dilakukan berdasarkan tegangan ekuivalen (Von- Mises), nilai tegangan maksimum yang terjadi adalah 188.07 MPa. Lokasi tegangan maksimum terjadi pada bagian ujung pin roll. Tegangan minimal yang terjadi adalah 0.016673 MPa, terjadi pada tumpuan dan *roller*. Sedangkan untuk hasil analisa *life cycle* yang telah dilakukan, didapatkan nilai *life cycle* maksimum nya adalah 1000000 *cycle*, nilai *life* rata-rata nya adalah 997000 *cycle*, nilai *life* minimum adalah 32121 *cycle*.

Perbandingan

Tabel 1. Perbandingan Hasil Analisa Statis pada Pen Roll

	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	SATUAN
PARAMETER	MULA-MULA	REDESIGN N I	REDESIGN N II	REDESIGN N III	REDESIGN IV	
	4140	4340	4130	4620 Q&T	Structural Steel	
UTS	655	745	560	510	460	MPa
YTS	415	470	460	370	250	MPa

Total Deformation	0.00018676	0.00018676	0.00018372	0.00018676	0.00019447	m
Max Eq Stress	189.77	189.77	190.27	189.77	188.07	MPa
Life Min	64254	64524	67463	64524	32121	Cycle
Life Average	6.11E+10	6.12E+08	6.50E+06	6.15E+07	9.97E+05	Cycle
Life Max	1.00E+11	1.00E+09	1.00E+07	1.00E+08	1.00E+06	Cycle
Safety Factor Min	0.555368	0.55368	0.56109	0.55368	0.45833	
Force	3924	3924	3924	3924	3924	N
Moment	3384,45	3384,45	3384,45	3384,45	3384,45	Nm

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan untuk 5 jenis material yang berbeda, didapatkan hasil sesuai dengan Tabel 1. Parameter yang dibandingkan adalah deformasi total maksimum, tegangan ekuivalen maksimum, *life* minimum, *life* rata-rata, *life* maksimum dan safety factor maksimum. Karena beban yang bekerja pada mesin *roller* tidak mengalami perubahan, maka dalam semua analisa digunakan nilai gaya dan momen yang sama. Perhitungan momen dan gaya telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Berdasarkan data tersebut, diketahui bahwa nilai deformasi paling kecil adalah 0.00018372 m, untuk material AISI 4130. Tegangan ekuivalen maksimum yang terjadi adalah 190.27 MPa, untuk material AISI 4130. Nilai *life* minimum yang yang paling besar adalah 67463, untuk material AISI 4130. Nilai *life* minimum yang dicapai *roller* untuk desain mula-mula (AISI 4140) adalah 64254 *cycle*, sehingga dapat disimpulkan bahwa desain baru dengan material AISI 4130 memiliki *life* minimum yang lebih besar, jadi masa pakainya juga akan lebih panjang.

4. Kesimpulan

Berdasarkan data tersebut, diketahui bahwa nilai deformasi paling kecil adalah 0.00018372 m, untuk material AISI 4130. Tegangan ekuivalen maksimum yang terjadi adalah 190.27 MPa, untuk material AISI 4130. Nilai *life* minimum yang yang paling besar adalah 67463, untuk material AISI 4130. Nilai *life* minimum yang dicapai *roller* untuk desain mula-mula (AISI 4140) adalah 64254 *cycle*, sehingga dapat disimpulkan bahwa desain baru dengan material AISI 4130 memiliki *life* minimum yang lebih besar, jadi masa pakainya juga akan lebih panjang.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya atas bantuan dan dana penelitian yang telah diberikan melalui program Hibah PT 2021.

Daftar Pustaka

- [1] Kontan, "Investasi" *investasi.kontan.co.id*, 2020.
- [2] Priatma Oktiawan, "Proses Produksi PT. Smelting," Gresik, 2020.
- [3] A. H. Ertas, V. Alkan, and A. F. Yilmaz, "Finite element simulation of a mercantile vessel shipboard under working conditions," *Procedia Eng.*, vol. 69, pp. 1001–1007, 2014, doi: 10.1016/j.proeng.2014.03.082.
- [4] L. Frizziero and L. Piancastelli, "Accelerated FEM analysis for critical engine components," *Walailak J. Sci. Technol.*, vol. 12, no. 2, pp. 151–165, 2015, doi: 10.14456/vol12iss1pp.
- [5] M. Bai, S. Ren, and H. Zheng, "FEM analysis and design of sprocket connecting shaft on sintering machine," *Proc. - 2010 WASE Int. Conf. Inf. Eng. ICIE 2010*, vol. 3, pp. 144–147, 2010, doi: 10.1109/ICIE.2010.212.
- [6] K. Gupta, "Machine design," *Handb. Mach. Dyn.*, no. I, pp. 11–28, 2000, doi: 10.1038/042171a0.
- [7] E. A. Al-Bahkali and A. T. Abbas, "Failure analysis of vise jaw holders for hacksaw machine," *J. King*

- [8] *Saud Univ. - Eng. Sci.*, vol. 30, no. 1, pp. 68–77, 2018, doi: 10.1016/j.jksues.2015.12.007.
- [8] G. Van Zyl and A. Al-Sahli, “Failure analysis of conveyor pulley shaft,” *Case Stud. Eng. Fail. Anal.*, vol. 1, no. 2, pp. 144–155, 2013, doi: 10.1016/j.csefa.2013.04.011.
- [9] S. O. Afolabi, B. I. Oladapo, C. O. Ijagbemi, A. O. M. Adeoye, and J. F. Kayode, “Design and finite element analysis of a fatigue life prediction for safe and economical machine shaft,” *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 8, no. 1, pp. 105–111, 2019, doi: 10.1016/j.jmrt.2017.10.007.
- [10] I. A. Pahlawan, A. A. Arifin, E. Marliana, and H. Irawan, “Effect of welding electrode variation on dissimilar metal weld of 316l stainless steel and steel ST41,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1010, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1010/1/012001.

