

**TESIS**

**ANALISIS SIMULASI TEGANGAN PADA *COPPER*  
*ALLOY* C84400 BERBENTUK RODA GIGI MIRING**



**MUHAMMAD ROBY SUBARKAH**

**03032682125006**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2024**



TESIS

**ANALISIS SIMULASI TEGANGAN PADA *COPPER*  
*ALLOY* C84400 BERBENTUK RODA GIGI MIRING**



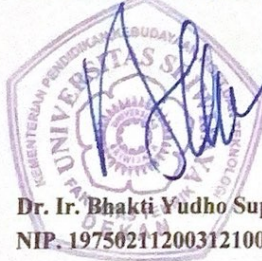
OLEH

**MUHAMMAD ROBY SUBARCAH**

**03032682125006**

**Palembang, Juli 2024**

Mengetahui,  
Dekan Teknik Universitas Sriwijaya



**Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM**  
NIP. 197502112003121002

Diperiksa dan disetujui oleh  
Pembimbing Tesis

**Liyadi Yan, S.T., M.Eng., Ph.D.**  
NIP. 1971122519977021001



**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISIS SIMULASI TEGANGAN PADA *COPPER ALLOY*  
C84400 BERBENTUK RODA GIGI MIRING**

**TESIS**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Magister Teknik  
Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

**OLEH:**

**MUHAMMAD ROBY SUBARCAH**

**03032682125006**

**Palembang, Juli 2024**

**Mengetahui,  
Ketua Program Studi Magister Teknik  
Mesin**

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

**Diperiksa dan disetujui oleh  
Pembimbing Tesis**

**Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP. 1971122519977021001**



**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**Agenda No.** :  
**Diterima Tanggal** :  
**Paraf** :

---

**TESIS**

**Judul Tesis** : **ANALISIS SIMULASI TEGANGAN PADA**  
**COPPER ALLOY C84400 BERBENTUK RODA**  
**GIGI MIRING**

**Nama Mahasiswa** : **Muhammad Roby Subarkah**

**NIM** : **03032682125006**

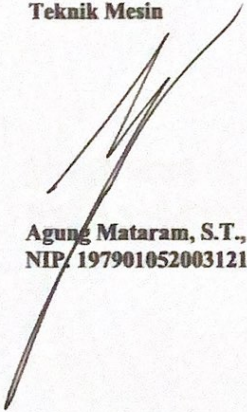
**Program Studi** : **Teknik Mesin**

**Bidang Kajian Utama** : **Teknik Material dan Manufaktur**

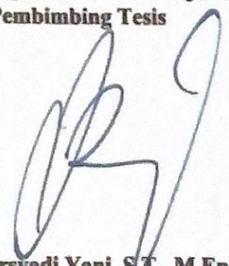
**Fakultas** : **Teknik**

**Menyetujui :**

**Mengetahui,**  
**Ketua Program Studi Magister**  
**Teknik Mesin**

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

**Diperiksa dan disetujui oleh**  
**Pembimbing Tesis**

  
**Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.**  
**NIP. 1971122519977021001**





## HALAMAN PERSETUJUAN

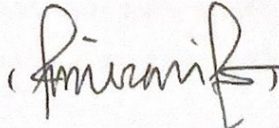
Karya tulis ilmiah berupa Tesis ini dengan judul "Analisis Simulasi Tegangan Pada *Copper Alloy C84400* Berbentuk Roda Gigi Miring" telah dipertahankan di hadapan Panitia sidang tesis berupa tesis Program Studi Magister Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 13 Juli 2024, diperiksa serta disetujui sesuai dengan masukan Panitia Seminar Proposal berupa tesis Program Studi Magister Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Palembang. 13 Juli 2024

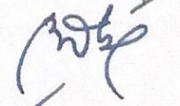
Panitia sidang tesis

Anggota Penguji :

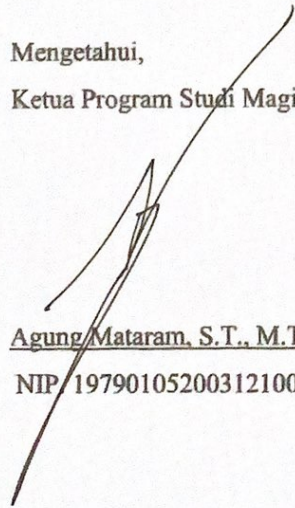
1. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D., IPP.  
NIP 19790927003121004

(  )

2. Barlin, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP 198106302006041001

(  )

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin

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



## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Nama : Muhammad Roby Subarkah  
NIM : 03032682125006  
Judul Tesis : Analisis Simulasi Tegangan Pada  
*Copper Alloy* C84400 Berbentuk  
Roda Gigi Miring

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, Juli 2024



Muhammad Roby Subarkah  
03032682125006



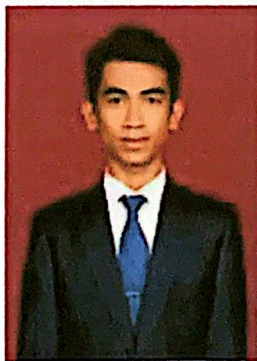
## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Roby Subarkah  
NIM : 03032682125006  
Judul : Analisis Simulasi Tegangan Pada *Copper Alloy* C84400 Berbentuk Roda Gigi Miring

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, Juli 2024



Muhammad Roby Subarkah  
03032682125006



## RINGKASAN

### ANALISIS SIMULASI TEGANGAN PADA COPPER ALLOY C84400 BERBENTUK RODA GIGI MIRING

Karya Tulis Ilmiah berupa Tesis, 13 Juli 2024

Muhhammad Roby Subarkah; Dibimbing oleh Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.

#### RINGKASAN

Paduan Tembaga-Zeng adalah paduan tembaga dan seng dengan proporsi yang dapat divariasikan untuk mencapai berbagai sifat mekanis dan sifat kelistrikan. Dalam sistem mekanis, roda gigi merupakan komponen penting yang digunakan untuk menambah atau mengurangi torsi, mengubah arah gerak dan mentransmisikan daya dari sistem gerak. Alternatif mudah untuk melakukan perhitungan dan membandingkannya dengan kondisi nyata adalah analisis simulasi. Analisis tegangan menggunakan metode elemen hingga dengan *Software Solidworks 2021* untuk menghemat waktu dan biaya. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis tegangan *Von Misses* dengan menggunakan metode elemen hingga dengan *software Solidworks 2021* pada roda gigi miring dengan paduan tembaga *Copper Alloy C84400* hingga memperoleh nilai *Von Misses* dimana nilai *Von Misses* dapat memprediksi kegagalan material. Hasil dari penelitian ini adalah nilai *Von Misses Stress* pada penelitian ini didasarkan pada beban yang berbeda yaitu 10N, 20N, 30N, 40N, dan 50N yang mempunyai nilai *Von Misses Stress* sebesar 0,085 MPa, 0,171 MPa, 0,256 MPa, 0,341 MPa dan 0,427 MPa. Karena Nilai *Von misses* yang terjadi dibawah nilai kekuatan luluh sebesar 105 MPa, roda gigi miring ini hanya mengalami deformasi elastis. Hasil analisa roda gigi miring pada beban 10N, 20N, 30N, 40N, dan 50N menunjukkan nilai faktor keamanan sebesar 1230, 615, 410, 308, dan 246, menunjukkan bahwa kekuatan material > tegangan yang terjadi.

Kata Kunci: Paduan Tembaga, Roda Gigi Miring, *Solidworks*, *Von Misses*





## **SUMMARY**

### ***THE STRESS SIMULATION ANALYSIS OF COPPER ALLOY C84400 IN A HELICAL GEAR***

*Scientific paper in the form of a Thesis, 13 Juli 2024*

*Muhammad Roby Subarkah; Supervised by Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.*

#### **SUMMARY**

*The Copper Alloy-Zeng is an alloy of copper and zinc in proportions that can be varied to achieve various mechanical and electrical properties. In a mechanical system, the gears are an important component used to increase or decrease torque, change the direction of motion and transmit power from a motion system. The easy alternative for carrying out calculations and comparing them with real conditions is simulation analysis. The stress analysis uses the finite element method with Solidworks 2021 software to save time and costs. The aim of this research is to analyze Von Misses stress using the finite element method with Solidworks 2021 software on helical gears made from copper alloy type Copper Alloy C84400 to obtain the Von Misses value where the Von Misses value can predict material failure. The result of this research was the Von Misses Stress values in this study are based on different forces, namely 10 N, 20 N, 30 N, 40 N, and 50 N, which have Von Misses Stress values of 0.085 MPa, 0.171 MPa, 0.256 MPa, 0.341 MPa and 0.427 MPa. Because the Von Misses Stress value that occurs is below the yield strength value of 105 MPa, this helical gear only experiences elastic deformation. The results of the analysis of the helical gear at forces of 10 N, 20 N, 30 N, 40 N, and 50 N showed safety factor values of 1230, 615, 410, 308, and 246, indicating that the strength of the material > the stress that occurs*

**Keywords:** Copper alloy, Helical Gear, Solidworks, Von misses.



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan yang Maha Esa berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Tesis ini yang berjudul “ANALISIS SIMULASI TEGANGAN PADA COPPER ALLOY C84400 BERBENTUK RODA GIGI MIRING”, disusun untuk melengkapi salah satu syarat mendapatkan Gelar Magister Teknik pada Program Studi Magister Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan dalam penyusunan proposal ini kepada:

1. Bapak Tasdi dan Ibu Nurfemi, kedua orang tua penulis yang telah memberikan doa dan dukungan..
2. Istri tercinta Eriska Agustin, M.S.Farm. .
3. Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D. Selaku dosen pembimbing dan pembimbing akademik.
4. Ketua Program Studi, dosen-dosen dan jajaran staf dan karyawan Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya..

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tesis ini masih jauh dari kata sempurna. Penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat dalam hal pembelajaran khususnya bagi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih.

Palembang, Juli 2024

Muhammad Roby Subarkah



## DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL .....	III
HALAMAN PENGESAHAN .....	V
HALAMAN PERSETUJUAN .....	IX
KATA PENGANTAR.....	XIX
DAFTAR ISI .....	XXXI
DAFTAR GAMBAR .....	XXIII
DAFTAR TABEL .....	XXXV
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tembaga .....	5
2.2 Paduan Tembaga.....	6
2.2.1 Tembaga Murni .....	6
2.2.2 Tembaga Paduan.....	6
2.3 Tembaga Paduan Seri C84400 .....	8
2.4 Roda Gigi.....	8
2.4.1 Roda Gigi Miring.....	10
2.5 Teori Elastisitas .....	11
2.5.1 Tegangan dan Regangan.....	12
2.5.2 Elastisitas dan Plastisitas .....	14
2.5.3 Deformasi .....	14
2.5.4 Batas Luluh ( <i>Yield Point</i> ) .....	15
2.6 Teori Kegagalan .....	15
2.6.1 Tegangan Geser Maximum .....	16
2.6.2 Tegangan Von Misses .....	16
2.6.3 Faktor Keamanan.....	16
2.7 Torsi, Daya, dan Putaran .....	18
2.8 Metode Elemen Hingga .....	18
2.9 <i>Solidworks 2021</i> .....	22
BAB 3 METODELOGI PENELITIAN .....	23
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	23
3.2 Studi Literatur.....	24

3.3	Peralatan .....	24
3.4	Prosedur Penelitian .....	24
3.4.1	Permodelan .....	24
3.4.2	Penambahan Material .....	26
3.4.3	Kondisi batas dan pembebanan .....	27
3.4.4	Pembagian elemen ( <i>meshing</i> ) .....	29
3.4.5	<i>Running</i> Simulasi.....	29
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....		31
4.1	Hasil Simulasi.....	31
4.1.1	Von Misses Stress.....	31
4.1.2	Factor of Safety.....	34
4.2	Pembahasan .....	37
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....		39
5.1	Kesimpulan .....	39
5.2	Saran .....	39
DAFTAR RUJUKAN .....		41

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tembaga Paduan Seri C84400.....	10
Gambar 2. 2 Bagian-Bagian Roda Gigi Miring.....	13
Gambar 2. 3 Variabel Dua Dimensi Dari .....	22
Gambar 2. 4 Model Re-Meshing Suatu Pelat Yang Lebih Kecil.....	23
Gambar 2. 5 Diagram Alir Pemodelan Meshing.....	24
Gambar 3. 1 Diagram Alir Disain Dan Analisis.....	27
Gambar 3. 2 Roda Gigi Miring Pada Software Solidworks 2021 .....	30
Gambar 3. 3 Penambahan Material.....	31
Gambar 3. 4 Titik Tumpuan Pengunci.....	31
Gambar 3. 5 Titik Tumpuan Pada Bagian Dalam Roda Gig.....	32
Gambar 3. 6 Daerah Dan Arah Pembebanan.....	32
Gambar 3. 7 Pembagian Elemen Atau Meshing.....	33
Gambar 4. 1 <i>Von Misses Stress</i> Pada Beban 10 N.....	35
Gambar 4. 2 <i>Von Misses Stress</i> Pada Beban 20 N.....	36
Gambar 4. 3 <i>Von Misses Stress</i> Pada Beban 30 N.....	36
Gambar 4. 4 <i>Von Misses Stress</i> Pada Beban 40 N.....	37
Gambar 4. 5 <i>Von Misses Stress</i> Pada Beban 50 N.....	38
Gambar 4. 6 <i>Factor of Safety</i> Pada Beban 10 N.....	39
Gambar 4. 7 <i>Factor of Safety</i> Pada Beban 20 N.....	39
Gambar 4. 8 <i>Factor of Safety</i> Pada Beban 30 N.....	40
Gambar 4. 9 <i>Factor of Safety</i> Pada Beban 40 N.....	40
Gambar 4. 10 <i>Factor of Safety</i> Pada Beban 50 N.....	41





## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Paduan Tembaga Berdasarkan Komposisi Kimia.....	7
Tabel 3. 1 Hasil Pengukuran Spesifikasi Roda Gigi Miring.....	28
Tabel 4. 1 Data Hasil Simulasi <i>Von Misses Stress</i> .....	38
Tabel 4. 2 Data Hasil Simulasi <i>Factor Of Safety</i> .....	41



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam dunia mekanika, roda gigi adalah komponen penting yang digunakan untuk menaikkan dan merendahkan torsi, merubah gerakan arah pada sistem dan menyalurkan daya dari sebuah sistem (Martin dan Suwandi, 2020). Dalam mendisain roda gigi perlu dipertimbangkan bahan yang membentuk keanekaragaman dan sifat, contoh rancangan awal, ketahanan dan kekuatan terhadap benturan,, selain itu dapat pula dipertimbangkan dalam kondisi produksi, persiapan bahan, proses produksi, tampilan, suara yang ditimbulkan dan biaya produksi (Sutanto, 2017). Ada beberapa macam bentuk roda gigi berdasarkan bentuk geometrinya antara lain roda gigi berbentuk cacing, roda gigi berbentuk lurus, roda gigi berbentuk kerucut,roda gigi berbentuk miring, dan lainnya.

Kuningan (*Copper Alloy-Zeng*) adalah campuran tembaga dan seng dalam komposisi yang bervariasi untuk mendapatkan berbagai sifat mekanik dan listrik. Kuningan adalah paduan 70% tembaga dan 30% seng. Namun, proporsi tembaga dan seng dapat bervariasi untuk mendapatkan berbagai kuningan dengan sifat mekanik yang bervariasi.Kuningan memiliki kelenturan yang lebih tinggi dan titik leleh yang rendah (900°C hingga 940°C) tergantung pada komposisinya. Ada beberapa macam paduan tembaga berdasarkan komposisi kimia yang terkandung salah satunya *red and leaded brasses* dengan nomor seri C83300 – C85800 dengan komposisi kimia Cu-Zn-Sn-Pb (75-85% Cu)

Tegangan *Von Mises* adalah kondisi dimana prediksi tentang kegagalan material yang diberi pembebanan statis, dinamis, atau kombinasi Untuk menghindari terjadinya kerusakan pada suatu alat, diperlukan perancangan yang cukup aman maka dilakukan analisis untuk mengetahui nilai dari

tegangan *Von Mises* material. Salah satu cara untuk membandingkan perhitungan dengan kondisi sebenarnya dengan melakukan analisis simulasi yang sudah banyak digunakan di berbagai kegiatan (Walidina, et al., 2022). Untuk menghemat waktu dan biaya, simulasi menggunakan bantuan perangkat lunak sering dipakai pada industri yang terus bergerak cepat dan membutuhkan ketelitian yang lebih. *Solidworks 2021* adalah salah satu dari berbagai perangkat lunak dimana menggunakan metode elemen hingga. Metode elemen hingga adalah metode matematika untuk menghitung berbagai bentuk elemen dengan cara membagi ukuran dari sebuah objek (*mesh*).

Jenis material dalam roda gigi miring salah satunya adalah *Copper Alloy* Seri C84400 yang biasa digunakan pada katup air, pompa, alat kelengkapan pipa, dan aksesoris perpipaan (Copper Development Association Inc.). Pada PT. P, roda gigi miring dengan material *Copper Alloy* C84400 ini adalah salah satu bagian dari pompa torak yang biasa digunakan untuk memompakan larutan kimia. Roda gigi miring ini dalam pemakaiannya sering terjadi kerusakan yang dapat mempengaruhi kinerja produksi. Analisis parameter proses yang tidak tepat seperti persentase berdasarkan volume tembaga dan seng, tekanan dan interaksinya dalam pembuatan paduan tembaga-seng telah menimbulkan tantangan besar dalam pembuatan paduan. (Olodu dan Okagbare, 2021).

Berdasarkan penjelasan latar belakang diatas, tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa tegangan *Von Mises* dan *Factor of Safety* menggunakan metode elemen hingga dengan perangkat lunak *Solidworks 2021* pada roda gigi miring berbahan paduan tembaga jenis *Copper Alloy* C84400 untuk mendapatkan nilai *Von Mises* dimana nilai dari *von mises* dapat memprediksi kegagalan material. Hasil dari analisis tersebut dapat menjadi pertimbangan dalam pemilihan material dan perancangan guna memaksimalkan kegunaan dari sebuah alat agar bisa bekerja dengan optimal.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Jenis material roda gigi miring salah satunya adalah *copper alloy* seri C84400 yang digunakan oleh PT.P pada bagian pompa torak untuk memompakan larutan kimia sering mengalami kerusakan.
2. Analisis parameter proses yang tidak tepat telah menimbulkan tantangan yang besar dalam pembuatan paduan bahan material roda gigi miring.
3. Perlu dilakukannya alternatif perhitungan yang dapat mensimulasikan material dengan nilai beban agar dapat memprediksi kegagalan material

## 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini antara lain :

1. Material yang digunakan adalah *Copper Alloy C84400*.
2. Variabel beban yang diberikan adalah 10 N, 20 N, 30 N, 40 N, dan 50N
3. Simulasi menggunakan *software Solidworks 2021*

## 1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui nilai *von mises* pada material *Copper Alloy C84400* berbentuk roda gigi miring pada setiap beban.
2. Mengetahui nilai *factor of safety* pada material *Copper Alloy C84400* berbentuk roda gigi miring pada setiap beban.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat hasil penelitian ini antara lain :

1. Untuk mendapatkan kriteria nilai *von misses stress* < kekuatan luluh material *Copper Alloy C84400*
2. Penelitian ini diharapkan bisa dijadikan referensi dan acuan untuk penelitian selanjutnya.

## DAFTAR RUJUKAN

- Sutikno, E., Mesin, T. and Brawijaya, U. (2011) 'Analisi Tegangan Akibat Pembebanan Statis Pada Desain Carbody TeC Railbus Dengan Metode Elemen Hingga', 2(1), pp. 65–81
- Abidin, Z. and Rama, B. (2015) 'Analisa Distribusi Tegangan dan Defleksi Connecting Rod Sepeda Motor 100 cc Menggunakan Metode Elemen Hingga', *Jurnal Rekayasa Mesin Universitas Sriwijaya*, 15(1), pp. 30–39.
- Mulyadi, S. (2011) 'Analisa tegangan-regangan produk tongkat lansia dengan menggunakan metode elemen hingga', *Jurnal Rotor*, 4, p. 1.
- Abidin, Z., Panji, D., & Aryadi, J. (2021). Analisis Struktur Sepeda Lipat Izi Arc 16 Dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga (Vol. 21, Issue 1).
- Bagus, R., & Majanasastra, S. (2016). Analisis Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Hasil Proses Hydroforming Pada Material Tembaga (Cu) C84800 Dan Aluminium Al 6063. In *Jurnal Imiah Teknik Mesin* (Vol. 4, Issue 2). <http://ejournal-unisma.net>
- Copper Development Association Inc. (n.d.). *Copper Casting Alloys*.
- Ichlas Imran, A., & Kadir. (2017). Simulasi Tegangan Von Mises Dan Analisa Safety Factor Gantry Crane Kapasitas 3 Ton. 8(2).
- Ismail, R., Kurniawan Ahmad, Z., Priharyoto Bayuseno, A., & Sudharto Kampus UNDIP Tembalang Semarang, J. (2018). *Analisis Displacement dan Tegangan von Mises Terhadap Chassis Mobil Listrik Gentayu* (Vol. 20, Issue 4).
- Kutz, M. (2006). *Mechanical Engineers' Handbook* (3rd ed.).
- Martin, Y., & Suwandi, D. A. (2020). *Stress Analysis Simulation of Gear Wheel for Fishing Deck Machinery Hydraulic Type*.
- Mulyanto, T., & Sapto, A. D. (2017). Analisis Tegangan Von Mises Poros Mesin Pemotong Umbi-Umbian Dengan Software Solidworks (Vol. 18, Issue 2).

- Olodu, D. D., & Okagbare, G. o. (2021). Modelling And Experimental Investigation Of Copper-Zinc Alloy Using Split-Split Plot Design. *International Journal of Engineering and Innovative Research*, 3(3), 175–186. <https://doi.org/10.47933/ijeir.905756>
- Rochman, T. (2017). Pemilihan Rancangan Roda Gigi Berdasarkan Karakteristik Material Dengan Metode Electre (Vol. 16, Issue 1).
- Sadeli, J., & Santoso, M. (2012). analisa tegangan *von mises* pada alat bantu jalan (*walker*).
- Setiawan, H., Pratama, A., Rina, & Diratama, M. Y. (2022). *Model 3D Roda Gigi Heliks Berbasis Script Menggunakan Software Autodesk Fusion 360*. 8–15.
- Shackelford, J. F. (2015). *Introduction to materials science for engineers* (8th ed.).
- Sutanto, H. (2017). Analisis Tegangan Roda Gigi Miring pada Transmisi Kendaraan Roda Empat berdasarkan AGMA dan ANSYS. In *Media Teknika Jurnal Teknologi* (Vol. 12, Issue 1).
- Walidina, M. F., Kardiman, K., & Nugraha Gusniar, I. (2022). Analisis Tegangan Von Mises pada Poros Mesin Penggiling Sekam Padi Menggunakan Software Ansys. *Jurnal Mettek*, 8(1), 35. <https://doi.org/10.24843/mettek.2022.v08.i01.p05>