



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**ANALISA TEGANGAN KONTAK PADA RODA GIGI YANG  
MENGALAMI PROSES HEAT TREATMENT MENGGUNAKAN  
METODE ELEMEN HINGGA**

**TUGAS AKHIR**

**OKKY NUGRAHA PUTRA**

**L2E 007 069**

**FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN**

**SEMARANG  
AGUSTUS 2012**

## TUGAS AKHIR

Diberikan kepada : Nama : Okky Nugraha Putra  
NIM : L2E007069

Dosen Pembimbing : Ir. Sugiyanto, DEA

Jangka Waktu : 12 (dua belas) bulan

Judul : **ANALISA TEGANGAN KONTAK PADA RODA GIGI  
YANG MENGALAMI PROSES HEAT TREATMENT  
MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA**

Isi Tugas :

1. Simulasi kontak roda gigi pada transmisi traktor tangan.
2. Pengaruh ketebalan layer terhadap kontak pada roda gigi transmisi traktor tangan.

Semarang, 7 Agustus 2012

Dosen Pembimbing,



Ir. Sugiyanto, DEA

NIP. 196001251987031001

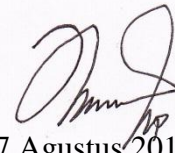
## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Okky Nugraha Putra

NIM : L2E 007 069

Tanda Tangan :



Tanggal : 7 Agustus 2012

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Okky Nugraha Putra

NIM : L2E 007 069

Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Analisa Tegangan Kontak Pada Roda Gigi yang Mengalami Proses Heat Treatment Menggunakan Metode Elemen Hingga.

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan/Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.**

### TIM PENGUJI

Pembimbing : Ir. Sugiyanto, DEA

(  )

Penguji : Ir. Sudargana, MT

(  )

Penguji : Ir. DB. Wibowo, MS

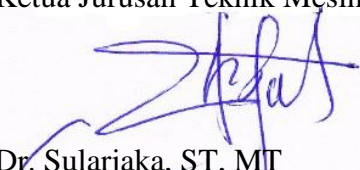
(  )

Penguji : Khoiri Rozi, ST, MT

(  )

Semarang, 7 Agustus 2012

Ketua Jurusan Teknik Mesin

  
Dr. Sularjaka, ST, MT

NIP. 197104201998021001

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

---

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, kami yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : OKKY NUGRAHA PUTRA  
NIM : L2E 007 069  
Pembimbing : IR. SUGIYANTO, DEA  
NIP : 196001251987031001  
Jurusan/Fakultas : TEKNIK MESIN/FAKULTAS TEKNIK  
Jenis Karya : SKRIPSI

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya dan pembimbing yang berjudul :

### **ANALISA TEGANGAN KONTAK PADA RODA GIGI YANG MENGALAMI PROSES HEAT TREATMENT MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA**

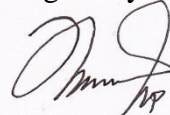
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya dan pembimbing sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang

Pada Tanggal : 7 Agustus 2012

Yang Menyatakan



Okky Nugraha Putra

NIM. L2E007069

## **HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO**

*“Lakukanlah yang terbaik dan buatlah menjadi menyenangkan”*

### **PERSEMBAHAN**

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:

- ☆ Almarhum ayah saya Aslichan Asnawie yang selalu membagi ilmu, nasehat, kasih sayang serta senantiasa menjadi panutan dan inspirasi hingga saya bisa menjadi seperti sekarang ini.
- ☆ Ibu saya Eti Liswati yang selalu memberikan do'a, nasehat, kasih sayang serta dukungan baik moral maupun material.
- ☆ Adik saya Marissa Kusumah Putri yang selalu mendukung saya.
- ☆ Rizka Amalia, M. Nur Irvansyah, Indra prasetyo, Fanni Fattah dan Syarief Afif yang telah banyak memberikan motivasi dan masukan kepada saya.
- ☆ Seluruh keluarga dan teman-teman yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu..

## ABSTRAK

Pada traktor tangan PT Nefa Global Industry sering terjadi kerusakan pada *gear box* transmisi yang diakibatkan patahnya bagian *tooth steering gear*. Kerusakan ini diakibatkan kesalahan pada proses *surface treatment* yang kurang tepat yaitu menggunakan *carburizing* dan *tempering* sehingga bagian gigi pada *steering gear* menjadi terlalu keras dan tidak tahan terhadap gaya *impact* yang besar

Untuk menyelesaikan permasalahan ini digunakan proses *heat treatment* yang berbeda yaitu menggunakan *induction hardening* dengan acuan dari roda gigi Quick dan juga mencari ketebalan *layer* karbon yang tepat pada permukaan *steering gear* agar bisa didapatkan efisiensi yang paling baik dalam proses pembuatannya. Ketebalan *layer* karbon didapat dengan cara menghitung von Mises *stress* maksimum yang sanggup diterima menggunakan simulasi *Finite Element Methode (FEM)* pada software *Ansys Workbench 12* dan memvariasikan ketebalan *layer* yang berbeda pada *steering gear* dan *gear 46T*. Untuk ukuran ketebalan *layer* yang digunakan adalah 0 mm, 0,5 mm, 1mm, 1,5mm dan 2 mm. *Steering gear* dan *gear 46T* menggunakan *raw material AISI 1050* dengan spesifikasi daya 8,5 hp, putaran 2200 rpm dan *torsi* 105,416 Nm.

Setelah dilakukan simulasi *FEM* diketahui nilai von Mises maksimum dari *steering gear* yaitu 270,29 MPa, 268,67 MPa, 242,72 MPa, 215,48 MPa dan 208,34Mpa sedangkan untuk *gear 46T* sebesar 421,05MPa, 232,34MPa, 192,46MPa, 180,28MPa dan 176,74MPa pada ketebalan *layer* karbon antara 0mm-2mm. Setelah itu dicari nilai *safety factor* dengan acuan nilai von Mises dan tegangan luluh material didapatkan bahwa *steering gear* dengan ketebalan *layer* 1 mm adalah yang paling efisien dengan nilai *safety factornya* sebesar 2,636 dan untuk *gear 46T layer* karbon yang paling optimal ada;ah yang 0,5mm karena *safety factornya* sudah diatas nilai batas aman yaitu sebesar 2,76.

Kata kunci: *steering gear*, *induction hardening*, *layer* karbon, von Mises *stress*, *safety factor*.

## **ABSTRACT**

*Hand tractors manufactured by PT NEFA Global Industry has high frequent damage on gear box transmission which caused by the fracture of the tooth steering gear. This damage caused by wrong mechanism in the process of surface treatment which use carburizing and tempering. Therefore, the tooth on the steering gear becomes too hard and not resistant to impact from large force.*

*Another heat treatment process might be used to solve this problem such as induction hardening with a Quick gear reference, and also look for the effective thickness of the carbon layer on the surface of the steering gear in order to obtain the best efficiency in the manufacturing process. Carbon layer thickness obtained by calculating the maximum von Misses stress that can be obtained using the Finite Element Method simulations (FEM) in the software Ansys Workbench 12 and varying the thickness of different layers in the steering gear and the gear 46T. The thickness of the layer used was 0 mm, 0.5 mm, 1mm, 1.5 mm and 2 mm. Steering gear and gear 46T use a raw material specification AISI 1050 with power 8.5 hp, spin 2200 rpm and torque 105.416 Nm.*

*After FEM simulation is concluded that the value of the maximum von Misses steering gear is 270,29 MPa, 268,67 MPa, 242,72 MPa, 215,48 MPa and 208,34 MPa, while for gear 46T at 421,05 MPa, 232,34 MPa, 192,46 MPa, 180,28 MPa and 176,74 MPa at the carbon layer thickness of between 0 mm - 2 mm. Furthermore, the value of safety factor is investigated with reference value of von Misses yield stress of material and found that the steering gear with a layer thickness of 1 mm is the most efficient with a value of safety factor 2,636 and the optimal layer carbon for gear 46T is 0,5mm because the safety factor has already above the limit (2,76).*

*Keywords: steering gear, induction hardening, layer karbon, von Mises stress, safety factor.*



## KATA PENGANTAR

Rasa Syukur dan terima kasih kepada Allah SWT, Tuhan semesta alam. Berkat, rahmat dan karunia-Nya, yang telah memberikan kekuatan dan kemampuan bagi Penulis untuk dapat melewati masa studi dan menyelesaikan Tugas Akhir berjudul “Analisa Tegangan Kontak Pada Roda Gigi Yang Mengalami Proses Heat Treatment Menggunakan Metode Elemem Hingga” yang merupakan tahap akhir dari proses untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin di Universitas Diponegoro.

Keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan orang-orang yang dengan segenap hati memberikan bantuan, bimbingan dan dukungan, baik moral maupun material. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Ir. Sugiyanto, DEA dan Bapak Dr. Jamari, ST, MT selaku dosen pembimbing Tugas Sarjana yang telah begitu banyak memberikan pengarahan, masukan, nasihat, kesempatan dan berbagai nilai-nilai positif kepada Penulis.
2. Bapak Rifky Ismail dan Bapak M. Tauviquirrahman terima kasih banyak atas bimbingan dan bantuannya.
3. Teman-teman seperjuangan Lab. EDT (*Laboratory for Engineering Design and Tribology*) yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang juga banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir penulis.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangannya, sehingga segala kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan. Semoga hasil-hasil yang dituangkan dalam laporan ini bermanfaat bagi siapa saja yang memerlukan. Akhirnya Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberi manfaat bagi kita semua. Amin.

Semarang, 7 Agustus 2012

Penulis

## DAFTAR ISI

JUDUL .....	i
TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	v
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	vi
ABSTRAK .....	vii
<i>ABSTRACT</i> .....	viii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xviii
NOMENKLATUR.....	xix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan penulisan .....	3
1.4. Batasan masalah .....	3
1.5. Metode penelitian .....	4
1.6. Sistematika penulisan .....	5
BAB II DASAR TEORI.....	6
2.1. Tinjauan umum tentang roda gigi.....	6
2.2. Macam-macam roda gigi.....	6
2.3. Tahap-tahap dalam perancangan roda gigi.....	7
2.4. Pertimbangan yang dipakai dalam perancangan .....	9

2.5.	Faktor keamanan .....	10
2.6.	Kode dan standar .....	10
2.7.	Penelitian-penelitian mengenai perlakuan panas dan roda gigi .....	11
2.8.	Material roda gigi .....	12
2.9.	<i>Heat treatment</i> pada roda gigi .....	14
2.10.	<i>Carburizing</i> .....	16
2.11.	Pengerasan permukaan dengan pemanas induksi .....	17
	2.11.1. Prinsip pemanasan induksi .....	18
	2.11.2. Aplikasi pemanas induksi pada roda gigi .....	26
	2.11.3. Penggunaan pemanas induksi .....	27
2.12.	Meode Elemen Hingga .....	28
	2.12.1. Definisi .....	28
	2.12.2. Geometri Elemen .....	31
2.13.	Konsep Tegangan .....	33
	2.13.1. Pendahuluan .....	33
	2.13.2. Tegangan Normal dan Geser .....	34
	2.13.3. Kegagalan Struktur .....	37
BAB III PERMODELAN DAN ANALISA .....		41
3.1.	Metodologi Penelitian .....	41
3.2.	Metode Perancangan .....	42
3.3.	Konsep Perancangan .....	42
3.4.	Studi Perbandingan <i>Steering Gear</i> “Nefa” dan “Quick” .....	44
3.5.	Skema Analisa Roda Gigi .....	53
3.6.	Keputusan .....	54
3.7.	Pendeskripsian Model .....	55
	3.7.1. Penentuan Geometri <i>Steering Gear</i> dan <i>Gear 46T</i> .....	56
	3.7.2. Penentuan Material Model .....	58
3.8.	Permodelan 3D <i>Steering Gear</i> dan <i>Gear 46T</i> .....	59
	3.8.1. Permodelan <i>Steering Gear</i> .....	60

3.8.2.	Permodelan <i>Gear 46T</i> .....	67
3.8.3.	Penambahan Profil <i>Layer Steering Gear</i> dan <i>Gear 46T</i> .....	70
3.9.	Simulasi Pemutaran Roda Gigi .....	77
3.9.1.	Import Model <i>CAD</i> pada Software Analisa .....	77
3.9.2.	Pendefinisian Material .....	80
3.9.3.	<i>Preprocessing</i> .....	83
3.9.4.	<i>Solution</i> .....	84
3.9.5.	<i>Post Processing</i> .....	86
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN .....		87
4.1	Pengantar .....	87
4.2	Hasil Analisa .....	87
4.2.1	Tegangan <i>von Misses</i> Maksimum .....	88
4.2.2	Distribusi <i>von Mises Stress</i> pada Sisi Gigi .....	94
4.2.3	Distribusi <i>von Mises Stress</i> ke Dalam Gigi .....	97
4.2.4	<i>Safety Factor</i> .....	100
BAB V PENUTUP.....		104
5.1	Kesimpulan.....	104
5.2	Saran .....	107
DAFTAR PUSTAKA .....		106
LAMPIRAN A GAMBAR TEKNIK STEERING GEAR DAN GEAR 46T .....		108
LAMPIRAN B HASIL PENGUJIAN RAW MATERIAL .....		111

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Tata nama roda gigi .....	1
Gambar 1.2	Roda gigi transmisi traktor tangan “Nefa” .....	2
Gambar 1.3	<i>Flowchart</i> Penelitian .....	4
Gambar 2.1	Tahapan perancangan.....	7
Gambar 2.2	Diagram kesetimbangan Fe-Fe <sub>3</sub> C.....	15
Gambar 2.3	Diagram kesetimbangan Fe-Fe <sub>3</sub> C untuk baja.....	15
Gambar 2.4	Hubungan antara kekerasan, kadar karbon, dan jumlah <i>martensite</i> .....	16
Gambar 2.5	Fluksi AC menginduksi tegangan E1.....	19
Gambar 2.6	Arus <i>Eddy</i> yang diinduksikan pada piringan metal.....	19
Gambar 2.7	Arus <i>Eddy</i> pada permukaan bahan.....	20
Gambar 2.8	Intensitas fluks (B) dan inensitas medan magnet (H) pada benda kerja.....	22
Gambar 2.9	<i>Residual induction and coercive force</i> .....	22
Gambar 2.10	<i>Hysteresis loop</i> .....	23
Gambar 2.11	Distribusi arus pada sebuah konduktor tunggal jika dialiri arus DC.....	24
Gambar 2.12	Distribusi arus pada sebuah konduktor tunggal jika dialiri arus AC.....	25
Gambar 2.13	Pengaruh frekuensi pada pemanasan induksi .....	26
Gambar 2.14	Profil pemanasan dengan frekuensi rendah dan tinggi.....	27
Gambar 2.15	Konsep <i>induction hardening</i> untuk roda gigi.....	27
Gambar 2.16	Masalah struktur a) model struktur; b) permodelan elemen hingga.....	30
Gambar 2.17	Metode irisan sebuah benda .....	34
Gambar 2.18	Tegangan normal pada beban axial .....	35
Gambar 2.19	Tegangan pada pembebanan elemen .....	36
Gambar 2.20	Tegangan yang bekerja pada sebuah bidang elemen.....	36
Gambar 2.21	Teori tegangan normal maksimum (MNS) dan garis beban .....	38

Gambar 2.22	Perbandingan teori tegangan geser maksimum dengan distorsi energi .....	39
Gambar 3.1	Metode penelitian .....	41
Gambar 3.2	Roda gigi transmisi “Nefa” .....	43
Gambar 3.3	Roda gigi transmisi “Quick” .....	43
Gambar 3.4	Roda gigi transmisi 3D.....	43
Gambar 3.5	Traktor tangan “Nefa” .....	44
Gambar 3.6	Rangkaian roda gigi 3D.....	44
Gambar 3.7	Diagram time-temperatur untuk proses <i>carburizing</i> dan <i>tempering</i> ....	45
Gambar 3.8	Foto makro specimen ST-60/AISI 1050.....	46
Gambar 3.9	Foto makro specimen roda gigi “Nefa” .....	47
Gambar 3.10	Foto makro specimen roda gigi “Quick” .....	47
Gambar 3.11	Foto makro specimen .....	49
Gambar 3.12	Grafik perbandingan kekerasan roda gigi “Nefa” dengan “Quick” .....	49
Gambar 3.13	Variasi kekerasan dari baja sebagai fungsi kadar karbon dengan variasi transformasi fasa .....	52
Gambar 3.14	Perbandingan langkah pengerasan <i>carburizing</i> dengan <i>induction hardening</i> .....	53
Gambar 3.15	Diagram skema pengujian .....	54
Gambar 3.16	Roda gigi lurus .....	55
Gambar 3.17	Gambar teknik <i>steering gear</i> .....	57
Gambar 3.18	Gambar teknik <i>gear 46T</i> .....	57
Gambar 3.19	Pengaturan satuan <i>solidworks 2010</i> .....	60
Gambar 3.20	<i>Sketch</i> awal .....	61
Gambar 3.21	<i>Ekstrude</i> dua lingkaran dasar.....	61
Gambar 3.22	<i>Sketch spline involute</i> .....	62
Gambar 3.23	<i>Ekstrude cut involute</i> .....	62
Gambar 3.24	<i>Fillet</i> profil atas .....	63
Gambar 3.25	<i>Ekstrude</i> profil atas.....	63

Gambar 3.26	<i>Ekstrude</i> profil bawah 1.....	64
Gambar 3.27	<i>Ekstrude</i> profil bawah 2.....	64
Gambar 3.28	<i>Ekstrude</i> profil bawah 3.....	65
Gambar 3.29	<i>Chamfer</i> .....	65
Gambar 3.30	<i>Sketch</i> 2 lingkaran dasar .....	66
Gambar 3.31	<i>Ekstrude</i> lingkaran dasar .....	66
Gambar 3.32	<i>Sketch involute</i> .....	67
Gambar 3.33	<i>Ekstrude involute</i> .....	67
Gambar 3.34	Membuat profil lubang 1 .....	68
Gambar 3.35	Membuat profil lubang 2.....	68
Gambar 3.36	<i>Chamfer</i> 1 .....	69
Gambar 3.37	<i>Chamfer</i> 2 .....	69
Gambar 3.38	<i>Chamfer</i> 3 .....	70
Gambar 3.39	Menu <i>Assembling</i> .....	71
Gambar 3.40	<i>Input part</i> .....	71
Gambar 3.41	<i>Input part</i> 2.....	72
Gambar 3.42	<i>Mate</i> .....	72
Gambar 3.43	<i>Assembling</i> selesai.....	73
Gambar 3.44	<i>Assembling SG layer</i> 0.5 mm .....	73
Gambar 3.45	<i>Assembling SG layer</i> 1mm .....	74
Gambar 3.46	<i>Assembling SG layer</i> 1,5mm .....	74
Gambar 3.47	<i>Assembling SG layer</i> 2mm .....	75
Gambar 3.48	<i>Assembling G46T layer</i> 0,5mm.....	75
Gambar 3.49	<i>Assembling G46T layer</i> 1mm.....	76
Gambar 3.50	<i>Assembling G46T layer</i> 1,5mm.....	76
Gambar 3.51	<i>Assembling G46T layer</i> 2mm.....	77
Gambar 3.52	<i>Import part</i> 1.....	78
Gambar 3.53	<i>Import part</i> 2.....	79
Gambar 3.54	<i>Assembling di Ansys 12 Workbench</i> .....	79

Gambar 3.55	Penentuan sifat material part .....	80
Gambar 3.56	Penulisan nama dan jenis material .....	80
Gambar 3.57	Proses input nilai sifat material .....	81
Gambar 3.58	Hasil input nilai sifat material AISI 1050.....	82
Gambar 3.59	Penginputan sifat material ke dalam part .....	83
Gambar 3.60	<i>Meshing</i> .....	84
Gambar 3.61	<i>Input moment</i> .....	85
Gambar 3.62	<i>Input cylindrical support</i> .....	85
Gambar 3.63	Hasil akhir di <i>Ansys 12 Workbench</i> .....	86
Gambar 4.1	<i>Von Misses</i> maksimum di <i>steering gear</i> tanpa <i>layer</i> .....	88
Gambar 4.2	<i>Von Misses</i> maksimum di <i>steering gear layer</i> 0.5mm .....	88
Gambar 4.3	<i>Von Misses</i> maksimum di <i>steering gear layer</i> 1mm .....	88
Gambar 4.4	<i>Von Misses</i> maksimum di <i>steering gear layer</i> 1.5mm .....	89
Gambar 4.5	<i>Von Misses</i> maksimum di <i>steering gear layer</i> 2mm .....	89
Gambar 4.6	<i>Von Misses</i> maksimum di <i>gear 46T</i> tanpa <i>layer</i> .....	89
Gambar 4.7	<i>Von Misses</i> maksimum di <i>gear 46 T layer</i> 0.5mm.....	90
Gambar 4.8	<i>Von Misses</i> maksimum di <i>gear 46 T layer</i> 1mm.....	90
Gambar 4.9	<i>Von Misses</i> maksimum di <i>gear 46 T layer</i> 1.5mm.....	90
Gambar 4.10	<i>Von Misses</i> maksimum di <i>gear 46 T layer</i> 2mm.....	91
Gambar 4.11	Grafik <i>von Mises stress</i> maksimum di <i>steering gear</i> dan <i>gear 46T</i> .....	92
Gambar 4.13	Distribusi <i>von Mises stress</i> pada sisi <i>steering gear</i> .....	94
Gambar 4.14	Distribusi <i>von Mises stress</i> pada sisi <i>gear 46T</i> .....	95
Gambar 4.15	Grafik distribusi <i>von Mises stress</i> pada <i>steering gear</i> .....	96
Gambar 4.16	Grafik distribusi <i>von Mises stress</i> pada <i>gear 46T</i> .....	96
Gambar 4.17	Distribusi <i>von Mises stress</i> ke dalam gigi pada <i>steering gear</i> tanpa <i>layer</i> .....	97
Gambar 4.18	Distribusi <i>von Mises stress</i> ke dalam gigi pada <i>steering gear layer</i> .....	98
Gambar 4.19.	Penyebaran <i>von Mises stress</i> yang terpusat pada <i>layer</i> .....	98
Gambar 4.20	Grafik perbandingan <i>von Misses</i> ke dalam gigi pada variasi <i>layer</i> .....	99



Gambar 4.21 Grafik perbandingan *safety factor* pada tiap layer di *steering gear*  
dan gear 46T..... 102

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tipe elemen hingga pada masalah struktur .....	31
Tabel 3.1	Perbandingan kekerasan roda gigi “Nefa” dan “Quick” .....	49
Tabel 3.2	Rekomendasi kedalaman layer pada pitch line .....	50
Tabel 3.3	Rekomendasi nilai kekerasan pada permukaan dan kedalaman pitch line..	51
Tabel 3.4	Rekomendasi kedalaman layer pada gigi .....	51
Tabel 3.5	Komposisi unsur pada specimen ST-60 .....	58
Tabel 4.1	Nilai <i>von Mises stress</i> maksimum pada tiap <i>layer steering gear</i> .....	91
Tabel 4.2	Nilai <i>von Mises stress</i> maksimum pada tiap <i>layer gear 46T</i> .....	92
Tabel 4.3	Nilai <i>safety factor</i> pada tiap <i>layer steering gear</i> .....	101
Tabel 4.4	Nilai <i>safety factor</i> pada tiap <i>layer gear 46T</i> .....	101

## NOMENKLATUR

Simbol	Keterangan	Satuan
$E$	Tegangan induksi	[Volt]
$d\phi$	Perubahan fluks	[Wb/s]
$dt$	Perubahan waktu	[Wb/s]
$N$	Jumlah lilitan	[-]
$P$	Energi yang ditransfer	[Watt]
$i$	Arus	[Ampere]
$\rho_0$	Resistifitas pada suhu lingkungan $T_0$	[ $\Omega \cdot m$ ]
$\rho[T]$	Resistifitas pada suhu lingkungan $T$	[ $\Omega \cdot m$ ]
$\alpha$	Koefisien suhu dari resistifitas bahan	[-]
$R$	Tahanan dalam bahan	[Ohm]
$R_{ac}$	Tahanan AC	[Ohm]
$R_{dc}$	Tahanan DC	[Ohm]
$R_{sc}$	Tahanan skin efek	[Ohm]
$F_{se}$	Faktor skin efek	[-]
$d$	Diameter konduktor	[mm]
$\delta$	Kedalaman kulit	[mm]
$\mu$	Permeabilitas	[H/m]
$\sigma$	Konduktifitas	[Ohm/m]
$\rho$	Resistifitas	[Ohm/m]
$d$	Rata-rata diagonal setelah penetrasi	[ $\mu m$ ]
$A$	Luas permukaan	[m <sup>2</sup> ]
$F$	Gaya	[N]
$F_a$	Beban setengah puncak maksimum( beban aman)	[J]

$S_t$	Kekuatan mengalah terhadap gaya tarik	$[\text{N/m}^2]$
$S_c$	Kekuatan mengalah terhadap gaya tekan	$[\text{N/m}^2]$
$S_{Sy}$	Kekuatan geser luluh	$[\text{N/m}^2]$
$S_{ut}$	Kekuatan mengalah akhir terhadap gaya tarik	$[\text{N/m}^2]$
$S_{uc}$	Kekuatan mengalah akhir terhadap gaya tekan	$[\text{N/m}^2]$
$S_y$	Kekuatan luluh	$[\text{N/m}^2]$
$\sigma$	Tegangan normal	$[\text{N/m}^2]$
$\sigma'$	Tegangan equivalen (von misses)	$[\text{N/m}^2]$
$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$	Tiga tegangan utama	$[\text{N/m}^2]$
$\sigma_A$	Tegangan pada garis beban A	$[\text{N/m}^2]$
$\sigma_B$	Tegangan pada garis beban B	$[\text{N/m}^2]$
$\sigma_{max}$	Tegangan maksimum	$[\text{N/m}^2]$
$\sigma_{min}$	Tegangan minimum	$[\text{N/m}^2]$
$\sigma_r$	Daerah batas tegangan	$[\text{N/m}^2]$
$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$	Tegangan pada sumbu $x$ , $y$ , dan $z$	$[\text{N/m}^2]$
$\sigma_{x'}$	Tegangan bidang utama	$[\text{N/m}^2]$
$\tau$	Tegangan geser	$[\text{N/m}^2]$
$\tau_{xy}, \tau_{yx}$	Tegangan geser pada bidang $x$ - $y$	$[\text{N/m}^2]$
$\tau_{zy}, \tau_{yz}$	Tegangan geser pada bidang $y$ - $z$	$[\text{N/m}^2]$
$\tau_{xz}, \tau_{zx}$	Tegangan geser pada bidang $x$ - $z$	$[\text{N/m}^2]$
$\tau_{max}$	Tegangan geser maksimum	$[\text{N/m}^2]$
$\tau_{min}$	Tegangan geser minimum	$[\text{N/m}^2]$