

SKRIPSI

PERANCANGAN DAN ANALISIS KEKUATAN *FRAME* SEPEDA LIPAT MENGUNAKAN *SOFTWARE* AUTODESK INVENTOR

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar
Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

GHOZI ADIB NUGRAHA

20130130058

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
2018**

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi ini adalah asli hasil karya saya dan di dalamnya tidak terdapat karya (tulisan) yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi lain sebelumnya. Selain itu, karya tulis ilmiah ini juga tidak berisi pendapat atau hasil penelitian yang sudah dipublikasikan oleh orang lain selain referensi yang ditulis dengan menyebutkan sumbernya di dalam naskah dan daftar pustaka.

Yogyakarta, 6 Desember 2018



Ghozi Adib Nugraha

HALAMAN MOTTO

- Semakin tinggi kecepatan, semakin kecil tekanan. Tekanan yang lebih kecil bisa menghisap. Itu menarik.
- Semakin besar gaya, semakin besar tekanan. Kecuali banyak tempat bersandar.
- Jika orang aneh dipaksa bersikap normal, jadinya malah aneh.
- Jika kopi sudah tidak panas, tambahkan es.
- Manusia bukan mesin. Walaupun teknik mesin.
- Kau tidak bisa mengakhiri apa yang bahkan belum dimulai.
- Di benteng Jepang, rumputnya rumput Jepang.
- Tugas walaupun sering dikerjain, tugas gak bakal ngambek.
- Akhir tahun itu hanya akhir bulan yang dilebih-lebihkan.
- Awali hari dengan senyuman, karena di akhir hari nanti mungkin mustahil untuk tersenyum.
- Di antara sabun cair dan sabun batang, ada sabun colek.
- Jangan berpikir dua kali kalau mau pergi, nanti gak jadi.

LEMBAR PERSEMBAHAN

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini penyusun telah banyak mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.M., M.Eng.Sc, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dan Pembimbing I Tugas Akhir. Terima kasih atas bimbingan, masukan-masukan dan motivasinya.
2. Bapak Sunardi, S.T., M.T. selaku Pembimbing II Tugas Akhir. Terima kasih atas waktu bimbingan, masukan ide serta penjelasannya.
3. Bapak Tri Wahyono, M.Pd., selaku Dosen Bahasa Indonesia. Terima kasih atas bimbingan Tata Bahasanya.
4. Bapak Wahyudi, S.T., M.T. selaku dosen penguji. Terimakasih atas masukan-masukannya untuk membuat naskah tugas akhir ini lebih baik.
5. Segenap Dosen dan Laboran Teknik Mesin, terima kasih atas bimbingan dan pelajaran yang telah diberikan selama ini.
6. Seluruh Staf dan Karyawan UMY atas segala pelayanan akademiknya.
7. Ayah dan Ibu serta Kakak dan keluarga besar, terima kasih atas segala dukungan baik moril maupun materil.
8. Teman-teman dari UMY, khususnya Mesin UMY angkatan 2013, terimakasih atas kebersamaan selama menjalani pendidikan di UMY.
9. Semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan dan penyusunan tugas akhir ini.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatu.

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT dan tak lupa juga kita haturkan shalawat beserta salam kepada nabi besar Muhammad SAW. Alhamdulillah penyusun dapat menyelesaikan ***Tugas Akhir: Perancangan dan Analisis Kekuatan Frame Sepeda Lipat Menggunakan Software Autodesk Inventor*** ini dengan lancar. Tugas akhir ini dibuat baik untuk melanjutkan Proposal Tugas Akhir maupun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Tugas Akhir ini berisi tentang bab-bab yang akan menjelaskan proses merancang dan menganalisis kekuatan desain *frame* sepeda lipat yang dilakukan menggunakan Autodesk Inventor Professional 2018. Perancangan diharapkan akan menghasilkan desain baru yang lebih efisien dalam ukuran, bobot, dan biaya.

Penyusun sadari Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, maka dari itu penyusun menerima kritik atau saran dari pembaca apabila ada kesalahan. *Akhirul kalam, Wassalamu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatu.*

Penyusun

Ghozi Adib Nugraha

DAFTAR ISI

SKRIPSI	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
INTISARI	x
ABSTRACT	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB 2 DASAR TEORI	4
2.1. Tinjauan Pustaka	4
2.2. Dasar Teori.....	5
2.2.1. Sepeda.....	5
2.2.2. Sepeda Lipat	6
2.2.3. Sepeda Lipat di Pasaran.....	7
2.2.4. Material Aluminium Alloy 6061 (Al6061)	11
2.2.5. Tegangan (<i>Stress</i>)	12
2.2.6. Regangan (<i>Strain</i>).....	13
2.2.7. Hukum Hooke.....	14
2.2.8. Hukum Hooke untuk Tegangan dan Regangan Geser.....	15
2.2.9. Diagram Gaya Normal.....	17
2.2.10. Diagram Gaya Geser.....	17
2.2.11. Diagram Momen Bending	18
2.2.12. Modulus Elastisitas.....	19

2.2.13. Modulus Geser.....	19
2.2.14. Poisson <i>Ratio</i>	19
2.2.15. Hukum Hooke Secara Umum.....	20
2.2.16. Konsentrasi Tegangan	22
2.2.17. Transformasi Tegangan	25
2.2.18. Kekuatan Ultimat (<i>Ultimate Strength</i>).....	28
2.2.19. Kekuatan Luluh (<i>Yield Strength</i>).....	28
2.2.20. Tegangan Ijin (<i>Allowable Stress</i>).....	28
2.2.21. Faktor Keamanan (<i>Safety Factor</i>)	28
2.2.22. Momen Puntir (<i>Torque</i>).....	29
2.2.23. Momen Bending	30
2.2.24. Beban Kombinasi antara Momen Bending dan Momen Puntir.....	31
2.2.25. Buckling.....	32
2.2.26. Teori Tegangan Geser Maksimum (Tresca).....	34
2.2.27. Teori Distorsi Energi Maksimum (Von Mises).....	35
2.2.28. Metode Elemen Hingga (<i>Finite Element Methode</i>).....	37
2.2.29. Autodesk Inventor	38
BAB 3 METODOLOGI PERANCANGAN.....	39
3.1. Tahapan Perancangan.....	39
3.1.1. Studi Literatur.....	40
3.1.2. Pembuatan Sketsa Manual.....	40
3.1.3. Pembuatan Model 3D dengan <i>Software AIP2015</i>	41
3.1.4. Proses <i>Assembly</i> dengan <i>Software AIP2015</i>	43
3.1.5. Pemilihan Material.....	44
3.1.6. Analisis Tegangan Desain dengan <i>Software AIP2015</i>	44
3.2. Alat Perancangan	45
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1. Desain Sepeda Lipat.....	46
4.1.1. <i>Frame</i> Depan	48
4.1.2. <i>Frame</i> Belakang.....	49
4.1.3. Engsel (<i>Hinge</i>).....	50
4.1.4. <i>Seat</i>	51
4.1.5. Stang	52
4.1.6. <i>Fork</i>	54
4.1.7. <i>Bearing</i>	55
4.1.8. Rantai.....	56
4.1.9. <i>Crank Set</i>	57

4.1.10. Pedal	57
4.1.11. <i>Freewheel</i>	58
4.1.12. Roda.....	58
4.2. Analisis Tegangan.....	59
4.2.0. Pemberian Beban	59
4.2.1. Perhitungan	59
4.2.2. <i>Meshing</i>	62
4.2.3. Von Mises Stress	62
4.2.4. <i>Displacement</i>	63
4.2.5. <i>Safety Factor</i>	64
4.3. Hasil Analisis Tiap Komponen	65
4.3.1. <i>Frame</i> Depan	65
4.3.2. <i>Frame</i> Belakang.....	66
4.3.3. <i>Hinge</i> (Engsel).....	67
4.3.4. <i>Fork</i>	68
4.3.5. Stang	69
4.3.6. <i>Seat Bar</i>	70
4.4. Perbandingan dengan Sepeda Lipat di Pasaran.....	71
4.4.1. Perbandingan Bobot.....	71
4.4.2. Jumlah Tahapan Pelipatan	71
4.4.3. Dimensi Sepeda Saat Terlipat.....	72
4.5. Estimasi Biaya.....	73
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	74
5.1. Kesimpulan	74
5.2. Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA	76
Lampiran	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sepeda lipat Phoenix	7
Gambar 2.2 Sepeda lipat Polygon Urbando	8
Gambar 2.3 Sepeda Strida LT dalam (a) posisi terbuka dan (b) posisi terlipat.....	9
Gambar 2.4 Sepeda lipat Hummingbird dalam (a) posisi terbuka dan (b) posisi terlipat	10
Gambar 2.5 Sepeda Brompton dalam (a) posisi terbuka dan (b) posisi tertutup....	10
Gambar 2.6 Diagram tegangan-regangan untuk baja lunak	15
Gambar 2.7 Diagram tegangan-regangan untuk material getas	15
Gambar 2.8 Suatu elemen yang mengalami geseran murni, (a). Tegangan geser dalam 3D, (b). Tegangan geser dalam 2D, (c). Efek akibat tegangan geser.....	16
Gambar 2. 9 Distorsi akibat geseran murni	17
Gambar 2. 10. <i>Normal forces diagram</i> (NFD)	17
Gambar 2. 11 Konsep SFD pada struktur.....	18
Gambar 2.12 <i>Shear Forces Diagram</i> (SFD)	18
Gambar 2.13 <i>Bending Forces Diagram</i> (BFD).....	19
Gambar 2.14 Efek poisson; (a) Penyusutan lateral, (b) Pemuaian lateral	20
Gambar 2.15 Benda yang mengalami tegangan normal berdasarkan arah sumbu koordinat, (a). Tegangan ke segala arah, (b). Tegangan arah sumbu x, (c). Tegangan arah sumbu y, (d). Tegangan arah sumbu z.....	21
Gambar 2.16 Distribusi tegangan disekitar gaya terpusat	23
Gambar 2.17 Faktor konsentrasi tegangan dengan pembebanan tarik	24
Gambar 2.18 Faktor konsentrasi tegangan K dalam bentuk perbandingan tegangan	24
Gambar 2.19 Irisan benda yang diberi gaya	25
Gambar 2.20 Koordinat cartesian gaya	25
Gambar 2.21 <i>General state of stress</i>	26
Gambar 2.22 <i>State of stress 2D</i>	26
Gambar 2.23 Pergeseran xy menuju x'y'	27

Gambar 2.24 Variasi tegangan akibat torsi pada silinder pejal	29
Gambar 2.25 Sudut geser akibat momen puntir	30
Gambar 2.26 Momen bending	31
Gambar 2.27 <i>Buckling</i> pada kolom	33
Gambar 2.28 Nilai L dan nilai K pada berbagai jenis ujung kolom	33
Gambar 2.29 Kriteria luluh berdasarkan tegangan geser maksimum.....	35
Gambar 2.30 Kriteria luluh berdasarkan energi distorsi maksimum.....	36
Gambar 2.31 Permukaan luluh untuk status tegangan tiga dimensi.....	37
Gambar 2.32 <i>Meshing</i> pada <i>plate</i>	38
Gambar 3.1 Diagram alir perancangan sepeda lipat.....	39
Gambar 3.2 Diagram alir perancangan sepeda lipat.....	40
Gambar 3.3 Desain sepeda lipat baru yang diusulkan untuk perancangan, desain 1 (a), desain 2 (b), desain 3 (c), desain 4 (d), dan desain 5 (e)	41
Gambar 3.4 Contoh sketsa 2D sepeda lipat pada <i>software</i> AIP2015	42
Gambar 3.5 Contoh model 3D bagian belakang sepeda lipat pada <i>software</i> AIP2015	42
Gambar 3.6 Contoh <i>frame</i> sepeda lipat hasil perancangan saat terbuka	43
Gambar 3.7 Contoh <i>frame</i> sepeda lipat hasil perancangan saat terlipat.....	43
Gambar 3.8 Contoh tampilan pemilihan material masing-masing komponen desain.....	44
Gambar 3.9 Desain setelah melalui analisis tegangan.....	45
Gambar 4.1 Sepeda lipat hasil perancangan	46
Gambar 4.2 Dimensi sepeda pada kondisi terbuka.....	47
Gambar 4.3 Dimensi sepeda pada kondisi terlipat	47
Gambar 4.4 <i>Frame</i> depan	48
Gambar 4.5 Dimensi <i>frame</i> depan.....	48
Gambar 4.6 <i>Frame</i> belakang.....	49
Gambar 4.7 Dimensi <i>frame</i> belakang.....	49
Gambar 4.8 <i>Hinge</i> (engsel) lipatan sepeda.....	50
Gambar 4.9 <i>Hinge</i> (engsel) bagian depan	50
Gambar 4.10 <i>Hinge</i> (engsel) bagian belakang.....	51

Gambar 4.11 (a) <i>Seat bar</i> dan (b) sadel.....	51
Gambar 4.12 Stang <i>custom</i>	52
Gambar 4.13 Dimensi <i>handlebar</i>	53
Gambar 4.14 Dimensi dudukan <i>handlebar</i>	53
Gambar 4.15 Dimensi stang bawah.....	53
Gambar 4.16 Dimensi dudukan stang	54
Gambar 4.17 Dimensi stang atas	54
Gambar 4.18 <i>Fork</i>	55
Gambar 4.19 Dimensi <i>fork</i>	55
Gambar 4.20 <i>Bearing</i> BB30	56
Gambar 4.21 Rantai sepeda <i>single speed</i> United R-101	56
Gambar 4.22 <i>Crank set single speed</i> 36T.....	57
Gambar 4.23 Pedal lipat	57
Gambar 4.24 <i>Freewheel</i>	58
Gambar 4.25 Roda sepeda ukuran 20 inci.....	58
Gambar 4.26 Beban pada analisis desain sepeda lipat	59
Gambar 4.27 Gaya yang bekerja pada <i>seat bar</i>	60
Gambar 4.28 Hasil <i>meshing</i> desain sepeda lipat	62
Gambar 4.29 Hasil analisis <i>von mises stress</i> desain sepeda lipat.....	63
Gambar 4.30 Hasil analisis <i>displacement</i> desain sepeda lipat	64
Gambar 4.31 Hasil analisis <i>safety factor</i> desain sepeda lipat.....	64
Gambar 4.32 Hasil analisis <i>von mises stress</i> pada <i>frame</i> depan.....	65
Gambar 4.33 Hasil analisis <i>safety factor</i> pada <i>frame</i> depan.....	65
Gambar 4.34 Hasil analisis <i>von mises stress</i> pada <i>frame</i> belakang.....	66
Gambar 4.35 Hasil analisis <i>safety factor</i> pada <i>frame</i> belakang.....	66
Gambar 4.36 Hasil analisis <i>von mises stress</i> pada engsel	67
Gambar 4.37 Hasil analisis <i>safety factor</i> pada engsel	67
Gambar 4.38 Hasil analisis <i>von mises stress</i> pada <i>fork</i>	68
Gambar 4.39 Hasil analisis <i>safety factor</i> pada <i>fork</i>	68
Gambar 4.40 Hasil analisis <i>von mises stress</i> pada stang	69
Gambar 4.41 Hasil analisis <i>safety factor</i> pada stang	69

Gambar 4.42 Hasil analisis <i>von mises stress</i> pada <i>seat bar</i>	70
Gambar 4.43 Hasil analisis <i>safety factor</i> pada <i>seat bar</i>	70

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan sepeda lipat di pasaran pada tahun 2017	11
Tabel 2.2 Kekuatan material Aluminium 6061-T6	11
Tabel 3.1 Spesifikasi laptop yang digunakan dalam perancangan.....	45
Tabel 4.1 Perbandingan bobot sepeda lipat.....	71
Tabel 4.2 Perbandingan jumlah tahapan pelipatan sepeda lipat.....	72
Tabel 4.3 Perbandingan dimensi sepeda saat terlipat.....	72
Tabel 4.4 Estimasi biaya pembuatan 1 unit purwa-rupa desain	73

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Gambar utuh sepeda lipat hasil perancangan
- Lampiran 2. Gambar teknik sepeda terbuka
- Lampiran 3. Gambar teknik sepeda terlipat
- Lampiran 4. Gambar teknik *frame belakang*
- Lampiran 5. Gambar teknik engsel
- Lampiran 6. Gambar teknik engsel depan
- Lampiran 7. Gambar teknik engsel belakang
- Lampiran 8. Gambar teknik pin engsel
- Lampiran 9. Gambar teknik *seat bar*
- Lampiran 10. Gambar teknik sadel
- Lampiran 11. Gambar teknik stang
- Lampiran 12. Gambar teknik *handle bar*
- Lampiran 13. Gambar teknik dudukan *handle bar*
- Lampiran 14. Gambar teknik stang bawah
- Lampiran 15. Gambar teknik dudukan stang
- Lampiran 16. Gambar teknik stang atas
- Lampiran 17. Gambar teknik *fork*