ANALISA *FATIGUE* PADA RANGKA SEPEDA MINIVELO DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE SOLIDWORKS*

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia

Oleh:

ADVEN TIMOTIUS BARUS

2051057011

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
JAKARTA

2022

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Adven Timotius Barus
NIM	2051057011
Program Studi	: Teknik Mesin
Fakultas	: Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis tugas akhir yang ber judul "Analisa *Fatigue* pada Rangka Sepeda Minivelo dengan Menggunakan *Software Solidworks*" adalah:

1. Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan hasil kuliah, tinjauan lapangan, buku–buku dan jurnal acuan yang tertera di dalam referensi pada karya tugas akhir saya.
2. Bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di universitas lain, kecuali pada bagian-bagian sumber informasi yang dicantumkan dengan cara referensi yang semestinya.
3. Bukan merupakan karya terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera di dalam referensi pada tugas.

Kalau terbukti saya tidak memenuhi apa yang dinyatakan di atas, maka karya tugas akhir ini dianggap batal.

Jakarta, 28 Januari 2022

(Adven Timotius Barus)

SURAT TUGAS AKHIR

UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Nomor .
..../pts/jtm/ft.uki/….

Tanda Tangan :

SURAT TUGAS AKHIR

1. Dengan persetujuan Ketua Program Studi Teknik Mesin maka :

   Nama : Adven Timotius Barus

   NIM 2051057011

   Berjanji akan menyelesaikan tugas ini dalam waktu yang ditentukan dengan kesungguhan, kreatifitas dan penuh tanggung jawab sesuai dengan kepribadian seorang Sarjana Teknik yang diharapkan daripadanya.

2. **Topik Tugas Akhir** : *Analisa Fatigue pada Rangka Sepeda Minivelo dengan Menggunakan Software SolidWorks*

   Diberikan pada tanggal : Oktober 2021
   Selesai pada tanggal : 28 Januari 2022
   Dosen Pembimbing : 1. Ir. Kimar Turnip M.Si
   2. Dikky Antonius S.T., MSc

3. Pembayaran uang tugas tanggal : 27 Januari 2022

4. Tugas selesai dan diterima pada tanggal :

Dikky Antonius S.T., MSc
Kaprodi

Adven Timotius Barus
Mahasiswa ybs.

Ir. Kimar Turnip M.Si
Dosen Pembimbing I

Dikky Antonius S.T., MSc
Dosen Pembimbing II

Bagian Keuangan

PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR

ANALISA *FATIGUE* PADA RANGKA SEPEDA MINIVELO DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE SOLIDWORKS*

Oleh:

Nama	: Adven Timotius Barus
NIM	2051057011
Program Studi	: Teknik Mesin
Peminatan	: -

telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan dan dipertahankan dalam Sidang Tugas Akhir guna mencapai gelar Sarjana Strata Satu pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia,

Jakarta, 28 Januari 2022

Menyetujui:

Pembimbing I	Pembimbing II
(Ir. Kimar Turnip, M.Si.)	**(Dikky Antonius, ST., M.Sc.)**

Ketua Program Studi Teknik Mesin	Dekan
(Dikky Antonius, ST., M.Sc.)	**(Ir. Galuh Widati, M.Sc.)**

PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Pada 28 Januari 2022 telah diselenggarakan Sidang Tugas Akhir untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana Strata Satu pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia, atas nama:

Nama : Adven Timotius Barus
NIM 2051057011
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

termasuk ujian Tugas Akhir yang berjudul "Analisa Fatigue pada Rangka Sepeda Minivelo dengan Menggunakan Software Solidworks" oleh tim penguji yang terdiri dari:

Nama Penguji	**Jabatan**	**Tanda Tangan**
1. Dikky Antonius, ST., M.Sc.,	Sebagai Ketua	(……...)
2. Ir. Kimar Turnip, M.Si.,	Sebagai Anggota	(……...)
3. Ir. Priyono Atmadi, DEA.	Sebagai Anggota	(……..……)
4. Ir. Rahmad Samosir, M.T.,	Sebagai Anggota	(……...)

Jakarta, 28 Januari 2022

PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Adven Timotius Barus
NIM	: 2051057011
Fakultas	: Fakultas Teknik
Program Studi	: Teknik Mesin
Jenis Tugas Akhir	: Skripsi
Judul	: "Analisa *Fatigue* pada Rangka Sepeda Minivelo dengan Menggunakan *Software Solidwork*"

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir tersebut adalah benar karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar akademik di perguruan tinggi manapun;
2. Tugas akhir tersebut bukan merupakan plagiat dari hasil karya pihak lain, dan apabila saya/kami mengutip dari karya orang lain maka akan dicantumkan sebagai referensi sesuai dengan ketentuan yang berlaku;
3. Saya memberikan Hak Noneksklusif Tanpa Royalti kepada Universitas Kristen Indonesia yang berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugak akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilih hak cipta.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran Hak Cipta dan Kekayaan Intelektual atau Peraturan Perundangan-undangan Republik Indonesia lainnya dan integritas akademik dalam karya saya tersebut, maka saya bersedia menanggung secara pribadi segala bentuk tuntutan hukum dan sanksi akademis yang timbul serta membebaskan Universitas Kristen Indonesia dari segala tuntutan hukum yang berlaku.

Dibuat di Jakarta
Pada Tanggal 28 Januari 2022
Yang menyatakan

Adven Timotius Barus

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan Syukur kepada Tuhan, sumber segala ilmu pengetahuan dan sumber segala berkat yang telah membimbing dan melancarkan penulisan Tugas Akhir ini sehingga dapat terselesaikan tepat pada waktunya. Tugas Akhir dengan judul Analisa *Fatigue* pada Rangka Sepeda Minivelo dengan Menggunakan *Software Solidworks* dibuat sebagai syarat menyelesaikan studi sarjana Strata Satu (S-1) pada program studi Teknik Mesin Universitas Kristen Indonesia, Jakarta.

Aktivitas penelitian dan penulisan laporan ini penulis sadari masih jauh dari kata kesempurnaan, kiranya pembaca laporan ini dapat memberi masukan dan saran terhadap laporan ini dan dapat mengambil ilmu dari penelitian yang telah penulis tuangkan dalam laporan ini. Besar harapan penulis semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi orang lain dan bagi perkembangan ilmu pengetahuan kedepanya.

Tugas Akhir ini dapat terselesaikan tepat waktu berkat bantuan dan dukungan dari segala pihak baik secara moral, moril, dan material, maka dari itu penulis mengucapkan terima kasih yang tulus dari lubuk hati kepada :

1. Tuhan yang Maha Esa atas berkatNya sehingga penulisan ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Bapak Dikky Antonius S.T., M.Sc., selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Indonesia, Jakarta dan selaku pembimbing II yang telah memberikan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
3. Bapak Ir. Kimar Turnip, M.Si. selaku pembimbing I yang telah berbesar hati untuk membimbing penulis untuk melakukan tugas akhir dan pemecahan setiap masalahnya.

4. Kedua orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan moral dan spiritual sehingga penulis dapat menyelesaikan tugasnya.
5. Seluruh dosen dan tenaga pengajar Universitas Kristen Indonesia yang telah memberikan banyak ilmu dan masukan untuk penyusunan tugas akhir.
6. Seluruh Tenaga Kependidikan Program Studi Teknik Mesin, yang telah membantu jalannya proses Pendidikan.
7. Orang-orang terkasih penulis yang telah memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis.
8. Semua teman-teman Teknik Mesin UKI angkatan 2020, dan seluruh teman-teman penulis yang selalu mendukung penulis untuk menyelesaikan tugas akhir.
9. Semua pihak terkait yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan banyak saran, ide, masukan, gambaran dan wawasan, sehingga penulis dapat menyusun tugas akhir.

Akhir kata penulis ucapkan terima kasih atas bantuannya kepada semua pihak yang terkait atas penyusunan tugas akhir ini, semoga Tuhan Yang Maha Pengasih membalas bantuan sodara semua dengan berkat yang melimpah.

Jakarta, 28 Januari 2022

(Adven Timotius Barus)

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN ii
HALAMAN SURAT TUGAS AKHIR iii
HALAMAN PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING iv
HALAMAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI v
HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI vi
KATA PENGANTAR..... vii
DAFTAR ISI.....ix
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR TABEL.....xiv
ABSTRAK.....xv
ABSTRACT.....xvi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang.....1
1.2. Tujuan Penulisan 3
1.3. Jadwal 3
1.4. Batasan Masalah.....3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1. Sepeda *Road Bike* 6
2.1.1. Bagian – Bagian Sepeda.....6
2.1.2. Rangka Sepeda (*Frame*).....7
2.1.3. Gaya yang Bekerja saat Bersepeda 8
2.2. *Material Fatigue*.....10
2.2.1. Stress Siklik.....10
2.2.2. Konsep S-N (*Stress* – Siklus) 12
2.3. Teori Kegagalan 13
2.4. Metode Elemen Hingga.....13
2.5. Faktor Keamanan.....14
BAB III METODOLOGI.....15
3.1. Studi Pustaka 15
3.2. Tempat Penelitian.....15
3.3. Peralatan dan Bahan 15
3.3.1. Bahan.....15

3.3.2. Peralatan 16
3.4. Diagram Alir Penelitian 17
3.5. Tahapan Penelitian 18
3.5.1. Pemodelan Rangka 18
3.5.2. Pemodelan Alat Bantu Simulasi 19
3.5.3. Simulasi Pembebanan Statis 21
3.5.4. Simulasi Pembebanan *Fatigue* 21
3.5.5. Analisa Hasil 28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 29
4.1. Hasil Simulasi Pembebanan Pedal 29
4.2. Hasil Simulasi Pembebanan *Horizontal* 34
4.3. Hasil Simulasi Pembebanan *Vertical* 40
4.4. Perbandingan Hasil Simulasi 45
4.5. Improvement Hasil Simulasi 48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 49
5.1. Kesimpulan 49
5.2. Saran 49
DAFTAR PUSTAKA 50
LAMPIRAN 52

UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
JAKARTA 1953
MELAYANI, BUKAN DILAYANI

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Sepeda Minivelo Polimetal 4

Gambar 1.2 Dimensi Rangka Sepeda Minivelo 4

Gambar 2.1 Bagian-bagian Sepeda 6

Gambar 2.2 Bagian-bagian rangka sepeda minivelo 7

Gambar 2.3 Posisi gaya pada pesepeda 8

Gambar 2.4 Kurva Reversed Stress 10

Gambar 2.5 Kurva Repeated Stress 11

Gambar 2.6 Kurva Irregular Stress 11

Gambar 2.7 Kurva SN Material AISI 4130 13

Gambar 2.8 (a) Mesh Metode (b) Elemen Segitiga (c) Elemen Segi Empat 14

Gambar 3.1 Perangkat Komputer 16

Gambar 3.2 Lembar Kerja Software SolidWorks 16

Gambar 3.3 Digital Caliper Mitutoyo 0-150 17

Gambar 3.4 Diagram alir kegiatan penelitian 17

Gambar 3.5 Model rangka sepeda minivelo 18

Gambar 3.6 Alat bantu simulasi pembebanan pedal 19

Gambar 3.7 Alat bantu simulasi pembebanan horizontal 20

Gambar 3.8 Alat bantu simulasi pembebanan vertical 21

Gambar 3.9 Pengujian fatigue pada pembebanan pedal 22

Gambar 3.10 Penempatan tumpuan dan beban simulasi pedal 23

Gambar 3.11 Pengujian fatigue pada pembebanan horizontal 24

Gambar 3.12 Penempatan tumpuan dan beban simulasi horizontal 25

Gambar 3.13 Pengujian fatigue pada pembebanan vertical 26

Gambar 3.14 Penempatan tumpuan dan beban simulasi vertical 27

Gambar 4.1 Hasil VonMises Stress Simulasi Pembebanan Pedal.....29

Gambar 4.2 Detail VonMises Stress Simulasi Pembebanan Pedal 30

Gambar 4.3 Hasil Displacement Simulasi Pembebanan Pedal.....31

Gambar 4.4 Detail Displacement Simulasi Pembebanan Pedal 31

Gambar 4.5 Hasil Safety Factor Simulasi Pembebanan Pedal 32

Gambar 4.6 Detail Safety Factor Simulasi Pembebanan Pedal.....32

Gambar 4.7 Hasil Fatigue Life Simulasi Pembebanan Pedal.....33

Gambar 4.8 Detail Fatigue Life Simulasi Pembebanan Pedal.....34

Gambar 4.9 Hasil Von Mises Stress Simulasi Pembebanan Horizontal.....35

Gambar 4.10 Detail Von Mises Stress Simulasi Pembebanan Horizontal 35

Gambar 4.11 Hasil Displacement Simulasi Pembebanan Horizontal 36

Gambar 4.12 Detail Displacement Simulasi Pembebanan Pedal 37

Gambar 4.13 Hasil Safety Factor Simulasi Pembebanan Horizontal 37

Gambar 4.14 Detail Safety Factor Simulasi Pembebanan Horizontal.....38

Gambar 4.15 Hasil Fatigue Life Simulasi Pembebanan Horizontal.....39

Gambar 4.16 Kurva SN Material AISI 4130 pada software SolidWorks.....39

Gambar 4.17 Hasil VonMises Stress Simulasi Pembebanan Vertical.....40

Gambar 4.18 Detail VonMises Stress Simulasi Pembebanan Vertical 41

Gambar 4.19 Hasil Displacement Simulasi Pembebanan Vertical.....42

Gambar 4.20 Detail Displacement Simulasi Pembebanan Vertical 42

Gambar 4.21 Hasil Safety Factor Simulasi Pembebanan Vertical 43

Gambar 4.22 Detail Safety Factor Simulasi Pembebanan Vertical 43

Gambar 4.23 Hasil Fatigue Life Simulasi Pembebanan Vertical 44

Gambar 4.24 Detail Fatigue Life Simulasi Pembebanan Vertical.....45

UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
JAKARTA 1953
MELAYANI, BUKAN DILAYANI

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Material Properties ASTM 4130 5

Tabel 3.1 Tabel komposisi kimia material AISI 4130. 15

Tabel 3.2 Dimensi pipa sepeda minivelo. 18

Tabel 3.3 Meshing simulasi pembebanan pedal 23

Tabel 3.4 Meshing simulasi pembebanan horizontal.....25

Tabel 3.5 Meshing simulasi pembebanan vertical.....28

Tabel 4.1 Perbandingan hasil simulasi beban statis.....46

Tabel 4.2 Von Mises Stress setiap bagian rangka 46

Tabel 4.3 Perbandingan hasil simulasi fatigue 47

UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
JAKARTA 1953
MELAYANI, BUKAN DILAYANI

ABSTRAK

Sepeda minivelo merupakan salah satu jenis sepeda perkotaan atau *city and tracking bicycle* yang mulai banyak digunakan di Indonesia. Dalam upaya menjamin keselamatan pengendara sepeda minivelo diperlukan berbagai penelitian pada sepeda dalam hal kekuatan dan ketahanan khususnya pada rangka yang merupakan bagian terpenting sepeda yang menerima beban tarik, geser, tekan, *fatigue*, dll. Kegagalan *fatigue* yang merupakan penunjang 90% dari kegagalan pada logam akan dilakukan penelitiannya terhadap konstruksi rangka sepeda minivelo. Analisa *fatigue* dilakukan dengan menggunakan *software SolidWorks* dengan simulasi pembebanan menurut ISO 4210-6:2014 yang dibagi menjadi 3 simulasi yaitu: simulasi pembebaban pedal, *horizontal*, dan *vertical*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa simulasi pembebanan pedal merupakan penyumbang kerusakan tercepat dengan hasil simulasi statis besarnya tegangan *VonMises Stress* 133 MPa, dan *safety factor* 3,46. *Fatigue life* rangka sepeda minivelo adalah sebesar 126.150 *cycle* pada pembebanan pedal dengan jumlah siklus minimal yang ditetapkan adalah 100.000 *cycle*. Umur pakai rangka sepeda jika digunakan aktivitas harian adalah sekitar 11,52 tahun. Kesimpulan dari hasil penelitian menunjukan rangka sepeda minivelo aman untuk digunakan.

Kata kunci: Analisa Kelelahan, Rangka, Sepeda Minivelo, *SolidWorks*, *VonMises Stress*

ABSTRACT

Minivelo bicycle is one type of city and tracking bicycle that is starting to be widely used in Indonesia. To ensure the safety of minivelo cyclists, various studies are needed on bicycles in terms of strength and durability, especially on the frame which is the most important part of a bicycle that receives tensile, shear, compressive, fatigue, etc. loads. Fatigue failure which is the supporter of 90% of failures in metal will be researched on the minivelo bicycle frame construction. Fatigue analysis is carried out using SolidWorks software with loading simulations according to ISO 4210-6:2014 which is divided into 3 simulations, namely: pedal loading simulation, horizontal, and vertical. The results showed that the simulation of pedal loading was the fastest contributor to damage with static simulation results of the magnitude of the VonMises Stress being 133 MPa and a safety factor of 3.46. The fatigue life of the minivelo bicycle frame is 126,150 cycles on pedal loading with the specified minimum number of cycles being 100,000 cycles. Lifespan of the bicycle frame when used for daily activities is around 11.52 years. The conclusion of the research shows that the minivelo bicycle frame is safe to use.

Keywords: Fatigue Analysis, Frame, Minivelo Bicycle, SolidWorks, Von Mises Stress