OPTIMASI RANCANGAN DAN ANALISIS KEKUATAN RANGKA *CARGO BIKE*

SKRIPSI

MUHAMMAD RAIHAN FADILLAH

1810311022

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

2022

OPTIMASI RANCANGAN DAN ANALISIS KEKUATAN RANGKA *CARGO BIKE*

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

MUHAMMAD RAIHAN FADILLAH

1810311022

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

2022

PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi diajukan oleh :

Nama : Muhammad Raihan Fadillah

NPM : 1810311022

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Optimasi Rancangan dan Analisis Kekuatan Rangka *Cargo Bike*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Ir. Sugeng Prayitno, M.T
Penguji Utama

Armansyah, S.T., M.Sc., M.Sc., Ph.D
Penguji Lembaga

Muhammad Arifudin Lukmana, M.T
Pembimbing I

Dr. Ir. Reda Rizal, B.Sc.M.Si. IPU
Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri Syas, M.T., IPM., P.Eng., ASEAN.Eng
Ka. Program Studi

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 28 Juni 2022

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi diajukan oleh :

Nama	: Muhammad Raihan Fadillah
NIM	: 1810311022
Program Studi	: Teknik Mesin
Judul Skripsi	: Optimasi Rancangan dan Analisis Kekuatan Rangka *Cargo Bike*

Telah dikoreksi atau diperbaiki oleh penulis sesuai arahan oleh dosen pembimbing dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Muhammad Arifudin Lukmana, M.T	Budhi Martana, S.T., M.M.
Pembimbing I	Pembimbing II

Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri Syas, M.T., IPM., P.Eng., ASEAN.Eng

Ka. Program Studi Teknik Mesin

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 28 Juni 2022

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Proposal skripsi ini adalah hasil karya sendiri dan semua sumber yang dikutip maupun dirujuk pada proposal skripsi ini telah saya nyatakan dengan benar.

Judul : Optimasi Rancangan dan Analisis Kekuatan Rangka *Cargo Bike*

Nama : Muhammad Raihan Fadillah

NIM : 1810311022

Fakultas : Teknik

Program Studi : S-1 Teknik Mesin

Tanggal : 8 Juli 2022

Bilama dikemudian hari ditemukan ketidaksesuain dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 8 Juli 2022

Penulis,

(Muhammad Raihan Fadillah)

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai Sebagai civitas akademi Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Raihan Fadillah

NIM : 1810311022

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Mesin

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-Exclusive Royalti Free)* atas karya ilmiah saya yang berjudul:

OPTIMASI RANCANGAN DAN ANALISIS KEKUATAN RANGKA *CARGO BIKE*

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencamtumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada Tanggal : 8 Juli 2022

Yang menyatakan,

(Muhammad Raihan Fadillah)

OPTIMASI RANCANGAN DAN ANALISIS KEKUATAN RANGKA *CARGO BIKE*

Muhammad Raihan Fadillah

ABSTRAK

Beberapa perusahaan industri tidak mengizinkan kendaraan bermotor melewati suatu area pabrik. Hal tersebut mengakibatkan pendistribusian barang terganggu. Dari permasalahan tersebut dilakukan perancangan sepeda kargo yang memudahkan untuk membawa barang. Perancangan sepeda kargo dilakukan untuk mengangkat barang dengan variasi pembebanan barang dari 60 sampai 80 kg dan dianalisis kekuatan rangka untuk mengetahui nilai tegangan, deformasi dan *safety factor*. Material rangka yang terpilih dari penelitian adalah *Alumunium Alloy 6061*. Terdapat dua konsep rancangan *Cargo Bike,* Dari kedua konsep akan dipilih dan diseleksi sesuai dengan syarat dan harapan kebutuhan perancangan. Hasil simulasi menunjukkan pada ketebalan 3 mm dan dilakukan pembebanan maksimal 80 kg, menunjukkan hasil tegangan maksimum 94,1 MPa, *displacement* 0,153 mm dan *safety factor* 2,92. Setelah dilakukan simulasi nilai *safety factor* yang terjadi masih tergolong besar. Nilai *Safety factor* tersebut masih bisa diturunkan dan dilakukan proses optimasi Setelah dilakukan optimasi dengan ketebalan 2 mm dan berat maksimal sebesar 80 kg. Menunjukkan hasil nilai tegangan maksimum 130 MPa, *displacement* 0,206 mm dan angka *safety factor* 2,11. Hasil tersebut menunjukkan rangka masih memenuhi standar dan aman untuk digunakan.

Kata kunci : Rangka, Sepeda Kargo, Analisis Kekuatan Rangka, Optimasi

DESIGN OPTIMIZATION AND STRENGTH ANALYSIS OF CARGO BIKE FRAME

Muhammad Raihan Fadillah

ABSTRACT

Some industrial companies do not allow motorized vehicles to pass through a factory area. This causes the distribution of goods to be disrupted. From these problems, a cargo bike was designed that made it easier to carry goods. The design of the cargo bike is carried out so that it can lift goods with variations in loading goods ranging from 60 to 80 kg, and the frame strength is analyzed to determine the value of stress, deformation, and safety factor. The frame material chosen from the research is Aluminum Alloy 6061. There are two design concepts. From the two concepts, the concepts will be selected and selected according to the requirements and expectations with design needs. The simulation results at a thickness of 3 mm and a maximum load of 80 kg showed the results of a maximum stress of 94,1 MPa, a displacement of 0,153 mm, and a safety factor of 2,92. After the simulation, the value of the safety factor that occurs is still relatively large. The value of the safety factor can still be lowered if an optimization process is carried out. after optimization with a thickness of 2 mm and a maximum weight of 80 kg. This shows the results of the maximum stress value of 130 MPa, displacement of 0,206 mm, and the safety factor of 2,11. These results indicate that the frame still meets the standards and is safe to use.

Keywords : *Frame, Cargo Bike, Frame Strength Analysis, Optimization*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Optimasi Rancangan dan Analisis Kekuatan Rangka *Cargo Bike"*

Selama penulisan laporan ini, penulis banyak menerima bantuan dan dukungan sehingga dapat menyelesaikan laporan ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih sebesar- besarnyakepada :

1. Allah SWT atas rahmat, karunia, dan kemudahan yang telah diberikan kepada penulis.
2. Orang tua dan adik yang selalu memberikan doa dan dukungan.
3. Bapak Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri, S.T.,M.T.,IPM.,ASEAN.Eng selaku Kepala Program Studi Jurusan Teknik Mesin Universitas Pembangan Nasional Veteran Jakarta.
4. Bapak Muhammad Arifudin Lukmana ST, MT dan Bapak Budhi Marthana, ST.MM. dosen pembimbing penelitian yang telah membantu penulis dalam pengembangan dan penyusunan skripsi.
5. Keluarga besar yang selalu menanyakan kelulusan penulis dan memberikan motivasi selama proses penulisan.
6. Sakinah, saudara peneliti yang selalu menanyakan perkembangan skripsi penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian.
7. Nita Fitriyanti yang telah memberikan dukungan moril, semangat, dan kiriman makanan serta minuman selama proses penulisan.
8. Muhammad Fadhlan Mursyidan dan Muhammad Iqbal Pritanto selaku sahabat yang selalu memberikan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Teman-teman Reang dan Kontrakan yang selalu mensupport dan menemani penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

10. Teknik Mesin Angkatan 2018 selaku teman teman yang sudah memberikan dukungan dalam penulisan.
11. Tidak lupa untuk berterima kasih kepada diri saya sendiri karena sudah berusaha semaksimal mungkin untuk menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan penelitian ini. Akhir kata penulis mengharapkan semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Jakarta, 12 Juni 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **i**
PENGESAHAN PENGUJI ..... **ii**
PENGESAHAN PEMBIMBING ..... **iii**
PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI ..... **iv**
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS ..... **v**
ABSTRAK ..... **vi**
ABSTRACT ..... **vii**
KATA PENGANTAR ..... **viii**
DAFTAR ISI ..... **x**
DAFTAR GAMBAR ..... **xiii**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xvi**
BAB 1 PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan Penelitian 2
1.5 Sistematika Penulisan 3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA **4**
2.1 Rangka (*Frame)* Sepeda 4
2.2 Sepeda Kargo *(Cargo Bike)* 6
2.3 Kekuatan Material 6
2.3.1 Konsep Tegangan Statis 7
2.3.2 Hukum Hooke 8
2.3.3 Kombinasi Tegangan 8
2.4 Syarat Konstruksi Rangka 9
2.4.1 Perancangan Konstruksi Rangka 9
2.5 Dasar Pemilihan Material 9
2.5.1 *Alumunium Alloy 6061* 9
2.6 *Finite Element Method* 11
2.6.1 Langkah-Langkah Dasar 11
2.7 Pembebanan Pada Struktur 12

2.8 *Safety Factor* 12
2.9 Perangkat Lunak Analisis *Finite Element Method* 13
2.9.1 *Solidworks* 13
BAB 3 METODE PENELITIAN 14
3.1 Diagram Alir 14
3.2 Identifikasi Masalah 15
3.2.1 Identifikasi Kebutuhan 15
3.3 Studi Literatur 15
3.4 Pengembangan dan Pemilihan Konsep Rancangan 16
3.5 Model Rancangan 16
3.5.1 Konsep Referensi 17
3.5.2 Konsep A 17
3.5.3 Konsep B 18
3.5.4 Properti Material 19
3.6 Geometri Rangka 19
3.6.1 Dimensi Rangka Sepeda *Cargo Bike* 19
3.6.2 Lokasi Pembebanan 20
3.6.3 Tinggi dan Berat Pengemudi 20
3.6.4 Dimensi Pipa *Hollow* Pada Rangka 21
3.7 Proses Simulasi Menggunakan *Software* 21
3.7.1 Input *Material Properties* 21
3.7.2 *Assembly* 22
3.7.3 *Load* 22
3.7.4 Meshing 25
3.7.5 *Start Job* 25
3.8 Hasil Perancangan 25
3.9 Memenuhi *Safety Factor* Rangka 26
3.10 Kesimpulan 26
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 27
4.1 Pemilihan Konsep Rangka (Penilaian dan/atau Skor) 27
4.2 Konsep terpilih 28
4.3 Analisa Teknik dengan Manual 29
4.3.1 Gaya-Gaya yang Bekerja Pada Rangka 29
4.3.3 Geometri Tabung 33

4.4 Proses dan Hasil Simulasi 33
4.4.1 Simulasi *Von Mises, Displacement* dan *Safety Factor* 34
4.4.2 *Displacement* 36
4.4.3 Faktor Keamanan *(Safety Factor)* 38
4.4.4 Optimasi 38
4.4.5 Proses Optimasi 39
4.5 Rekapitulasi Hasil Simulasi dan Perhitungan 44
4.5.1 Rekapitulasi Simulasi dan Perhitungan Ketebalan 3 mm 44
4.5.2 Rekapitulasi Simulasi dan Perhitungan Ketebalan 2 mm 45
4.6 Rancangan Proses Pembuatan 47
4.7 Rancangan Proses Perakitan 48
4.7.1 Perakitan Bagian Rangka 48
4.7.2 Perakitan Rancangan Sepeda 50
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 51
5.1 Kesimpulan 51
5.2 Saran 51
DAFTAR PUSTAKA
RIWAYAT HIDUP
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bagian-Bagian pada *Frame* 5
Gambar 2.2 *Cargo Bike* 6
Gambar 2.3 Kekuatan Tarik dan Kekuatan Luluh *Alumunium 6061* 10
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian 14
Gambar 3.2 Desain Rangka Konsep Referensi 17
Gambar 3.3 Desain Rangka Konsep A 17
Gambar 3.4 Desain Rangka Konsep B 18
Gambar 3.5 Material Properties yang di Input saat Analisis Kekuatatan 21
Gambar 3.6 Parts dalam Assembly 22
Gambar 3.7 Titik-Titik Fix Geometri pada Konsep Terpilih 22
Gambar 3.8 Titik Pembebanan Rangka 23
Gambar 3.9 Titik Pembebanan Dudukan *Sadle* Pengemudi Pada Bagian *Seat Post* 23
Gambar 3.10 Titik Pembebanan Pedal Pada Kaki Pengendara pada Bagian *Bottom Bracket* 24
Gambar 3.11 Titik Pembebanan Tangan pada *Handle Bars* pada Bagian *Head Tube* 24
Gambar 3.12 Pembuatan Mesh 25
Gambar 4.1 Konsep Sepeda Cargo yang Terpilih 29
Gambar 4.2 Sketsa Desain Sepeda Cargo dalam 2 Dimensi 29
Gambar 4.3 Analisa Teknik dengan Manual 30
Gambar 4.4 Detail *Chain Stay* dan *Seat Tube* 31
Gambar 4.5 Geometri Tabung 33
Gambar 4.6 Simulasi A, B dan C *Von Mises* 35
Gambar 4.7 Simulasi A, B dan C *Displacement* 37
Gambar 4.8 Proses Optimasi A, B dan C *Von Mises* 41
Gambar 4.9 Simulasi A, B dan C pada Optimasi *Displacement* 43
Gambar 4.10 Grafik Hasil Simulasi *Von Mises* 45
Gambar 4.11 Grafik Hasil Simulasi *Displacement* 46
Gambar 4.12 Grafik Hasil Simulasi *Safety Factor* 47

Gambar 4.13 Bagian Perakitan Rangka Belakang 49
Gambar 4.14 Diagram Perakitan Rangka Depan 49
Gambar 4.15 Diagram Perakitan Rangka Belakang 50
Gambar 4.16 Ilustrasi Sepeda Kargo yang Dirakit 50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Kimia *Alumunium Alloy 6061* 10
Tabel 2.2 *Safety Factor* 13
Tabel 3.1 Daftar Persyaratan yang harus dipenuhi 16
Tabel 3.2 *Mechanical Properties* dari *AL 6061* 19
Tabel 3.3 Spesifikasi *Cargo Bike* 19
Tabel 3.4 Lokasi Pembebanan 20
Tabel 3.5 Dimensi Pipa *Hollow* 21
Tabel 4.1 Pemilihan Konsep Rangka 27
Tabel 4.2 Tegangan Maksimal (*Von Mises*) 35
Tabel 4.3 Hasil Simulasi *Displacement* 37
Tabel 4.4 Hasil *maximal stress* dan *yield strength* pada ketebalan 3 mm 38
Tabel 4.5 Hasil *Safety factor* 38
Tabel 4.6 *Objective function* 39
Tabel 4.7 Desain Variabel 39
Tabel 4.8 Proses Optimasi *Von Mises* 41
Tabel 4.9 Hasil *Displacement* dengan ketebalan 2 mm 43
Tabel 4.10 Hasil *stress* dan *yield strength* pada ketebalan 2 mm 44
Tabel 4.11 Hasil *Safety factor* 44
Tabel 4.12 Rekapitulasi dengan Ketebalan 3 mm 44
Tabel 4.13 Rekapitulasi dengan ketebalan 2 mm 45
Tabel 4.14 Proses Pembuatan Bagian Rangka Sepeda Kargo 48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Layout Konsep A

Lampiran 2 Layout Konsep Referensi

Lampiran 3 Layout Konsep B

Lampiran 4 Gambar Penjelas Konsep Referensi, Konsep A dan Konsep B

Lampiran 5 Tabel *Mechanical Properties* dan *Chemical Composition*