

PENGEMBANGAN KOMPONEN *MID BRACKET* DAN *SIDE BRACKET L/R* PADA *TROLLEY CITY* BERBAHAN *NYLON 12* *CARBON FIBER* MENGGUNAKAN *3D PRINTING*

Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh

Hasfi Jaya Prawira

219421012



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA PERANCANGAN
MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK PERANCANGAN MANUFAKTUR
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

2023

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

**PENGEMBANGAN KOMPONEN *MID BRACKET* DAN *SIDE BRACKET*
L/R PADA TROLLEY CITY BERBAHAN NYLON 12 CARBON FIBER
MENGGUNAKAN *3D PRINTING***

Oleh:

Hasfi Jaya Prawira

219421012

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program
pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)
Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 22 Agustus 2023

Disetujui,

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Ismet P. Ilyas, BS.MET., M.Eng.Sc., Ph.D.
NIP. 196006031992011001

Hanif Azis Budiarto, S.Tr., M.T.
NRP. 220402002

Disahkan,

Penguji I,

Penguji II,

Penguji III,

Meri Rahmi, S.T., M.T.
NIP. 198502072019032013

Ayunisa Fitriani Jilan, S.T., M.T.
NRP. 221406007

Haris Setiawan, S.S.T., M.T.
NIP. 197512042001121001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	:	Hasfi Jaya Prawira
NIM	:	219421012
Jurusan	:	Teknik Perancangan Manufaktur
Program Studi	:	Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur
Jenjang Studi	:	Diploma 4
Jenis Karya	:	Tugas Akhir
Judul Karya	:	Pengembangan Komponen <i>Mid Bracket</i> dan <i>Side Bracket L/R</i> Pada <i>Trolley City</i> Berbahan <i>Nylon 12 Carbon Fiber</i> Menggunakan <i>3D Printing</i>

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 22 – 08 – 2023
Yang Menyatakan,

(Hasfi Jaya Prawira)
NIM 219421012

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Hasfi Jaya Prawira
NIM : 219421012
Jurusan : Teknik Perancangan Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Pengembangan Komponen *Mid Bracket* dan *Side Bracket L/R* Pada *Trolley City* Berbahan *Nylon 12 Carbon Fiber* Menggunakan *3D Printing*

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 22 – 08 – 2023
Yang Menyatakan,

(Hasfi Jaya Prawira)
NIM 219421012

MOTO PRIBADI

“Jangan takut berjalan lambat, takutlah jika hanya berdiam diri”

“Jangan bergantung pada siapa pun, bekerjalah lebih keras”

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya tercinta, kakak dan adik saya, teman-teman saya dan semua pihak yang telah membantu saya menyelesaikan tugas akhir ini. Jazakallahu Khairan Khatsiran

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang hanya kepada-Nya kami memuji, memohon pertolongan, dan mohon keampunan. Kami berlindung kepada-Nya dari kekejian diri dan kejahatan amalan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah maka tidak ada yang dapat menyesatkan, dan barang siapa yang tersesat dari jalanNya maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Dan aku bersaksi bahwa tiada sembahyan yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tiada sekutu bagiNya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hambaNya dan RasulNya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: “Pengembangan Komponen *Mid Bracket* dan *Side Bracket L/R* Pada *Trolley City* Berbahan *Nylon 12 Carbon Fiber* Menggunakan *3D Printing*”.

Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesaikannya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Kedua orang tua tercinta Eva Nita dan Yuhaprizon yang senantiasa mendoakan, memberikan motivasi, nasihat dan sebagai orang yang telah berjuang dan mendedikasikan hidupnya demi kebaikan, keberhasilan, mimpi-mimpi penulis.
2. Para Pembimbing tugas akhir Bapak Ismet P. Ilyas, BS. MET., M.Eng. Sc., Ph.D. dan Bapak Hanif Azis Budiarto, S. Tr., M.T. yang selalu meluangkan waktu untuk membantu dan membimbing penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
3. Ketua Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur, Bapak Bustami Ibrahim, S.S.T., M.T.

4. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur, Ibu Dinny Indrian S.Tr., M.T.
5. Seluruh Dosen dan Staff di Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur yang telah banyak memberikan ilmu yang insha Allah penulis manfaatkan untuk kepentingan umat.
6. Seluruh Panitia Tugas Akhir yang sudah membuat, mengatur, dan menyelenggarakan kegiatan Tugas Akhir.
7. Seluruh rekan kelas DEC 2019, yang telah berjuang bersama penulis melewati suka dan duka selama ini.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Aamiiiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, Agustus 2023

Penulis

ABSTRAK

Dalam tugas akhir ini, penelitian difokuskan pada pengembangan komponen *bracket trolley city* menggunakan bahan *nylon 12 carbon fiber* dan teknologi *3D printing* sebagai pengganti material *existing* yang menggunakan bahan ST-37. Penggunaan *carbon fiber* sebagai bahan utama dalam pembuatan komponen sepeda memiliki beberapa keuntungan yang menjadikannya sebagai pilihan yang lebih baik. Akan tetapi dalam *3D printing* dibutuhkan sebuah parameter dan aturan perancangan yang tepat untuk menghasilkan hasil cetakan yang optimal. Metodologi dalam penelitian ini melibatkan karakterisasi material, *3D scanning*, perancangan produk dengan prinsip VDI 2222, *3D printing*, dan pengujian *bracket* pada sepeda, metodologi ini difokuskan untuk menghasilkan produk yang inovatif dan berkualitas. Terdapat beberapa tahapan penting seperti pemahaman sifat material, perolehan model digital, perancangan produk, pencetakan 3D, dan pengujian kinerja produk. Proses ini memungkinkan pengembangan produk yang akurat dan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Hasil analisis geometri menunjukkan bahwa nilai deviasi hasil *printing* yang terjadi pada keseluruhan area menghasilkan nilai rata-rata deviasi sebesar 0,1179/-0,1528 mm dan nilai deviasi tersebut masih dalam keakuratan dimensi yang dapat ditoleransi oleh mesin yaitu sebesar $\pm 0,2$ mm, dan kombinasi *build orientation* dengan *raster angle* paling kuat adalah tepi dengan sudut 90° . Hasil optimasi *bracket* yang mengubah *bracket existing* material ST-37 menjadi *Nylon 12 carbon fiber* dilakukan dengan penambahan ketebalan produk dari 3 mm menjadi 15 mm dan penambahan fitur *fillet* dan *rib* pada *bracket* tengah sedangkan pada *bracket* samping ditambahkan fitur *fillet* dan ketebalan dinding. Hasil optimasi tersebut memiliki kekuatan yang lebih baik dibandingkan *existing* berdasarkan hasil simulasi. Akan tetapi saat pengujian pada sepeda hasil optimasi tersebut terjadi patah pada *bracket* kanan, hal tersebut terjadi karena hasil *printing* yang kurang baik. Oleh karena itu untuk mencegah terjadinya patah pada *bracket*, pastikan hasil *printing* memiliki kualitas yang baik karena dapat memengaruhi kekuatan produk atau dapat ditambahkan ketebalan pada bagian-bagian dekat lubang baut yang masih tipis.

Kata kunci: *Bracket, 3D Printing, Nylon 12 Carbon Fiber, Geometri, Orientasi.*

ABSTRACT

In this final project, research is focused on the development of city trolley bracket components using nylon 12 carbon fiber and 3D printing technology as a substitute for the existing ST-37 material. The use of carbon fiber as the main material in the manufacture of bicycle components has several advantages that make it a better choice. However, 3D printing requires the right parameters and design rules to produce optimal print results. The methodology in this research involved material characterization, 3D scanning, product design with VDI 2222 principles, 3D printing, and bracket testing on bicycles, this methodology was refined to produce innovative and quality products. There are several important stages such as understanding material properties, displaying digital models, product design, 3D printing, and product performance testing. This process allows the development of products that are accurate and in accordance with the desired specifications. The results of the geometry analysis show that the deviation value of the printing results that occur in the entire area produces an average deviation value of 0,1179/-0,1528 mm and the deviation value is still within the dimensions of accuracy that can be tolerated by the machine, namely $\pm 0,2$ mm, and the combination of build orientation with the strongest raster angles are edges with a 90° angle. The results of bracket optimization which changed the existing ST-37 bracket material to Nylon 12 carbon fiber were carried out by adding product thickness from 3 mm to 15 mm and adding fillet and rib features on the middle bracket while on the side brackets added fillet features and wall thickness. The optimization results have better strength than those based on the simulation results. However, when testing the results of the optimization of the bicycle, the right bracket broke, this happened because the printing results were not good. Therefore, to prevent breaking of the bracket, make sure the printing results are of good quality because it can affect the strength of the product or can add thickness to the parts near the bolt holes which are still thin.

Keywords: Bracket, 3D Printing, Nylon 12 Carbon Fiber, Geometry, Orientation.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)	iii
MOTO PRIBADI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xx
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xxi
I BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Rumusan Masalah	I-5
I.3 Batasan Masalah.....	I-5
I.4 Tujuan dan Manfaat.....	I-6
I.5 Hipotesis	I-6
I.6 Sistematika Penulisan.....	I-7
II BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 Tinjauan Teori	II-1
II.1.1 Sepeda Trolley City	II-1
II.1.2 3D Printing	II-2
II.1.3 Fused Deposition Modelling (FDM).....	II-2
II.1.4 Slicing.....	II-2

II.1.5	3D <i>Printing</i> Parameter Proses	II-3
II.1.6	<i>Design for 3D Printing</i>	II-7
II.1.7	Metode VDI 2222	II-14
II.2	Tinjauan Alat	II-17
II.2.1	Makerbot Method X	II-17
II.2.2	<i>Extruder</i>	II-19
II.2.3	ATOS GOM	II-20
II.3	Tinjauan Material	II-21
II.3.1	ST-37	II-21
II.3.2	<i>Nylon 12 Carbon fiber</i>	II-21
II.3.3	SR-30	II-22
II.3.4	Ecoworks™ <i>Cleaning Agent</i>	II-22
II.4	Studi Penelitian Terdahulu	II-23
III	BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH	III-1
III.1	Karakterisasi Material	III-2
III.1.1	Identifikasi Material	III-3
III.1.2	Perbandingan antara Material <i>Nylon 12 Carbon Fiber</i> dengan ST-37	III-3
III.1.3	Pengujian Geometri 3D <i>Printing</i>	III-4
III.1.4	Pengujian Tarik dengan Variasi <i>Build Orientation</i> dan <i>Raster Angle</i>	III-7
III.2	3D <i>Scanning</i>	III-12
III.2.1	Perencanaan	III-13
III.2.2	Pemilihan Metode	III-13
III.2.3	Persiapan Objek	III-14
III.2.4	Pemindaian	III-15

III.2.5	Pemrosesan Data	III-15
III.2.6	Analisis.....	III-16
III.3	Perancangan Produk	III-17
III.3.1	Merencana	III-18
III.3.2	Mengonsep	III-19
III.3.3	Merancang.....	III-41
III.3.4	Penyelesaian.....	III-42
III.4	3D <i>Printing</i>	III-42
III.4.1	Pengaturan Letak dan Posisi Objek	III-43
III.4.2	Penentuan Parameter	III-44
III.4.3	Proses 3D <i>Printing</i>	III-45
III.5	Pengujian pada Sepeda	III-48
III.5.1	Proses <i>Assembly</i>	III-49
III.5.2	Skenario Pengujian.....	III-50
IV	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
IV.1	Pengujian Geometri 3D <i>Printing</i>	IV-1
IV.1.1	Hasil dan Analisis Geometri 3D <i>Printing</i>	IV-1
IV.1.2	Hasil dan Analisis Dimensi 3D <i>Printing</i>	IV-3
IV.2	Pengujian Tarik Terhadap Variasi <i>Build Orientation</i> dan <i>Raster Angle</i>	IV-16
IV.3	Analisis Statis pada <i>Bracket</i> Optimasi.....	IV-19
IV.4	Analisis Visual <i>Bracket</i> Optimasi pada Sepeda.....	IV-26
IV.5	Perbandingan Berat dan Harga <i>Bracket Existing</i> dengan Optimasi.....	IV-27
IV.6	Hasil dan Analisis Pengujian <i>Bracket</i> pada Sepeda.....	IV-27
V	BAB V PENUTUP	V-1

V.1	Kesimpulan.....	V-1
V.2	Saran.....	V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Parameter proses 3D <i>printing</i>	II-6
Tabel II. 2 Hal yang diperhatikan dalam mendesain model 3D <i>printing</i> [22]	II-7
Tabel II. 3 Spesifikasi 3D <i>printer</i> Makerbot Method X.....	II-18
Tabel II. 4 Jenis <i>extruder</i> dan kegunaannya.....	II-20
Tabel II. 5 Penelitian terdahulu	II-23
Tabel III. 1 Perbandingan Material <i>nylon 12 carbon fiber</i> dengan ST-37 [26, 28, 29].	III-4
Tabel III. 2 Bentuk dan ukuran dalam spesimen uji geometri	III-5
Tabel III. 3 Parameter <i>printing</i> spesimen geometri	III-6
Tabel III. 4 Keterangan variasi kombinasi pada <i>layout printing</i>	III-8
Tabel III. 5 Kecepatan pengujian tarik [30]	III-10
Tabel III. 6 Parameter <i>printing</i> spesimen uji tarik	III-11
Tabel III. 7 Daftar tuntutan	III-19
Tabel III. 8 Tabel rumus analisis kestabilan	III-21
Tabel III. 9 Data sepeda yang digunakan.....	III-22
Tabel III. 10 Hasil perhitungan	III-23
Tabel III. 11 Hasil simulasi statis pada <i>bracket existing</i>	III-25
Tabel III. 12 Hasil analisa statis pada <i>bracket existing</i> apabila menggunakan material <i>nylon 12 carbon fiber</i>	III-27
Tabel III. 13 Simulasi <i>design study</i> alternatif <i>fillet</i> pada <i>bracket</i> tengah.....	III-30
Tabel III. 14 Perbandingan alternatif <i>fillet</i> optimal pada <i>bracket</i> tengah	III-31
Tabel III. 15 Simulasi <i>design study</i> alternatif <i>rib</i> pada <i>bracket</i> tengah	III-32
Tabel III. 16 Alternatif <i>rib</i> optimal pada <i>bracket</i> tengah	III-32
Tabel III. 17 Alternatif geometri <i>bracket</i> tengah	III-33
Tabel III. 18 Simulasi <i>design study</i> alternatif <i>fillet</i> pada <i>bracket</i> samping.....	III-35
Tabel III. 19 Perbandingan alternatif <i>fillet</i> optimal pada <i>bracket</i> samping.....	III-36
Tabel III. 20 Simulasi <i>design study</i> alternatif dinding samping pada <i>bracket</i> samping	III-36
Tabel III. 21 Alternatif dinding samping optimal pada <i>bracket</i> samping.....	III-37
Tabel III. 22 Alternatif geometri <i>bracket</i> samping	III-38
Tabel III. 23 Hasil simulasi statis alternatif <i>bracket</i> tengah.....	III-39

Tabel III. 24 Hasil simulasi statis alternatif <i>bracket</i> samping.....	III-40
Tabel III. 25 Konsep <i>bracket</i> terpilih.....	III-40
Tabel III. 26 Perbandingan hasil simulasi statis pada <i>bracket</i> sebelum dan sesudah optimasi.....	III-41
Tabel III. 27 Parameter <i>printing</i> produk	III-44
Tabel IV. 1 Hasil analisis berbagai bentukan spesimen geometri	IV-2
Tabel IV. 2 Deviasi perbandingan hasil 3D <i>printing</i> dengan Model CAD sebelum <i>annealing</i>	IV-4
Tabel IV. 3 Deviasi perbandingan Hasil 3D <i>printing</i> dengan model CAD setelah <i>annealing</i>	IV-5
Tabel IV. 4 Rata-rata deviasi yang terjadi pada setiap bentukan	IV-15
Tabel IV. 5 Hasil pengujian tarik pada spesimen uji	IV-18
Tabel IV. 6 Hasil simulasi <i>bracket</i> tengah optimasi	IV-19
Tabel IV. 7 Perbandingan <i>bracket</i> tengah <i>existing</i> dengan <i>bracket</i> optimasi..	IV-21
Tabel IV. 8 Hasil simulasi <i>bracket</i> kiri optimasi	IV-21
Tabel IV. 9 Perbandingan <i>bracket</i> kiri <i>existing</i> dengan <i>bracket</i> optimasi	IV-22
Tabel IV. 10 Hasil simulasi <i>bracket</i> kanan optimasi	IV-23
Tabel IV. 11 Perbandingan <i>bracket</i> kanan <i>existing</i> dengan <i>bracket</i> optimasi .	IV-24
Tabel IV. 12 Rekapitulasi hasil simulasi <i>bracket</i> optimasi <i>nylon 12 carbon fiber</i>	IV-25
Tabel IV. 13 Perbandingan berat dan harga <i>bracket</i> <i>existing</i> dengan optimasi	IV-27
Tabel IV. 14 Hasil pengujian <i>bracket</i> optimasi dengan beban orang 60 kg	IV-29
Tabel IV. 15 Hasil pengujian <i>bracket</i> optimasi dan <i>existing</i> dengan beban orang 60 kg.....	IV-31
Tabel IV. 16 Hasil pengujian <i>bracket</i> optimasi dan <i>existing</i> dengan beban orang 80 kg.....	IV-31
Tabel IV. 17 Hasil pengujian <i>bracket</i> optimasi dan <i>existing</i> dengan beban orang 86 kg.....	IV-32
Tabel IV. 18 Hasil pengujian <i>bracket</i> optimasi dan <i>existing</i> dengan beban orang 60 kg kondisi basah.....	IV-32

Tabel IV. 19 Hasil pengujian <i>bracket</i> optimasi dan <i>existing</i> dengan beban orang 86 kg kondisi basah.....	IV-33
Tabel V. 1 Keterpenuhan daftar tuntutan.....	V-2

DAFTAR GAMBAR

Gambar I. 1 Perbandingan proses produksi manual dan 3D <i>printing</i> [3]	I-2
Gambar I. 2 (a) <i>Side bracket</i> (b) <i>mid bracket</i> (c) <i>bracket assembly</i>	I-4
Gambar II. 1 (a) Sepeda <i>trolley city</i> (b) <i>system steering</i> roda depan (c) Sepeda <i>trolley city</i> saat dilipat	II-1
Gambar II. 2 <i>Build orientation</i> [21]	II-3
Gambar II. 3 <i>Layer height</i> [21]	II-4
Gambar II. 4 <i>Raster angle</i> [21]	II-4
Gambar II. 5 <i>Air gap</i> [21]	II-5
Gambar II. 6 <i>Raster width</i> [21]	II-6
Gambar II. 7 Metode VDI 2222	II-15
Gambar II. 8 3D <i>printer</i> Makerbot Method X	II-18
Gambar II. 9 (a) <i>Support 2XA extruder</i> (b) <i>Composite extruder</i>	II-20
Gambar II. 10 3D <i>Scanning</i> ATOS GOM.....	II-21
Gambar II. 11 Filamen <i>nylon 12 carbon fiber</i>	II-22
Gambar II. 12 Filamen SR-30	II-22
Gambar II. 13 Material <i>cleaning</i> ecoworks.....	II-23
Gambar III. 1 Diagram metodologi penyelesaian	III-1
Gambar III. 2 Diagram tahapan karakterisasi material	III-3
Gambar III. 3 (a) Model CAD spesimen uji geometri (b) Ukuran model CAD	III-5
Gambar III. 4 <i>Build orientation</i> dan <i>raster angle</i>	III-7
Gambar III. 5 <i>Layout</i> 3D <i>printing</i> dengan variasi kombinasi <i>build orientation</i> dengan <i>raster angle</i>	III-8
Gambar III. 6 Variasi <i>Build orientation</i> (a) datar (b) tepi (c) berdiri.....	III-8
Gambar III. 7 Model CAD spesimen uji tarik [30].....	III-9
Gambar III. 8 Mesin Uji Tarik UTM INSTRON 5985.....	III-10
Gambar III. 9 Diagram tahapan 3D <i>scanning</i>	III-12
Gambar III. 10 Spesimen geometri	III-13
Gambar III. 11 3D <i>scanning photogrammetry</i>	III-14
Gambar III. 12 (a) Peralatan persiapan 3D <i>scanning</i> (b) Spesimen persiapan (c) Peletakan spesimen	III-15

Gambar III. 13 (a) Proses pemindaian spesimen (b) Hasil Pemindaian	III-15
Gambar III. 14 Proses pemrosesan data hasil 3D <i>scanning</i>	III-16
Gambar III. 15 Tahapan membandingkan model CAD dengan hasil 3D <i>scanning</i>	III-16
Gambar III. 16 Metode perancangan VDI 2222 yang disesuaikan dengan penelitian	III-17
Gambar III. 17 Produk <i>Existing Bracket</i>	III-18
Gambar III. 18 Struktur Fungsi Utama	III-20
Gambar III. 19 (a) <i>Bracket</i> kanan saat belok (b) <i>Bracket</i> tengah saat belok (c) <i>Bracket</i> kiri saat belok.....	III-20
Gambar III. 20 Model matematis kendaraan roda tiga	III-21
Gambar III. 21 (a) Model optimasi <i>bracket</i> tengah (b) Model optimasi <i>bracket</i> samping	III-41
Gambar III. 22 Diagram tahapan 3D <i>printing</i>	III-43
Gambar III. 23 Pengaturan letak dan posisi objek	III-44
Gambar III. 24 Simulasi 3D <i>Printing</i>	III-44
Gambar III. 25 Proses Kalibrasi 3D <i>Printer</i>	III-46
Gambar III. 26 Proses 3D <i>Printing</i>	III-46
Gambar III. 27 Proses <i>Removal</i> Produk.....	III-47
Gambar III. 28 (a) Alat bantu untuk menghilangkan <i>support</i> (b) Suhu yang digunakan pada alat bantu.....	III-47
Gambar III. 29 (a) Saran untuk melakukan <i>annealing</i> pada <i>printer</i> (b) Fungsi <i>annealing</i> pada mesin.....	III-48
Gambar III. 30 Diagram tahapan pengujian <i>bracket</i> pada sepeda	III-49
Gambar III. 31 (a) <i>Assembly bracket</i> tengah optimasi (b) <i>Assembly bracket</i> samping optimasi (c) <i>Bracket</i> optimasi yang telah di <i>assembly</i>	III-50
Gambar III. 32 Jalur pengujian sepeda	III-50
Gambar IV. 1 Bentuk hasil <i>printing</i> spesimen geometri.....	IV-1
Gambar IV. 2 (a) Ketebalan dinding 1 mm (b) Kemiringan sudut 5° (c) Ujung radius luar.....	IV-3
Gambar IV. 3 Hasil perbandingan hasil 3D <i>printing</i> dengan Model CAD sebelum <i>annealing</i>	IV-4

Gambar IV. 4 Hasil perbandingan hasil 3D <i>printing</i> dengan model CAD sesudah <i>annealing</i>	IV-5
Gambar IV. 5 Deviasi silinder berstep dalam sebelum <i>annealing</i>	IV-6
Gambar IV. 6 Deviasi silinder berstep dalam setelah <i>annealing</i>	IV-7
Gambar IV. 7 Deviasi silinder berstep luar sebelum <i>annealing</i>	IV-7
Gambar IV. 8 Deviasi silinder berstep luar setelah <i>annealing</i>	IV-8
Gambar IV. 9 Deviasi ketebalan dinding sebelum <i>annealing</i>	IV-8
Gambar IV. 10 Deviasi ketebalan dinding setelah <i>annealing</i>	IV-9
Gambar IV. 11 Deviasi persegi berstep dalam sebelum <i>annealing</i>	IV-9
Gambar IV. 12 Deviasi persegi berstep dalam setelah <i>annealing</i>	IV-10
Gambar IV. 13 Deviasi persegi berstep luar sebelum <i>annealing</i>	IV-10
Gambar IV. 14 Deviasi persegi berstep dalam setelah <i>annealing</i>	IV-11
Gambar IV. 15 Deviasi setengah bulat sebelum <i>annealing</i>	IV-12
Gambar IV. 16 Deviasi setengah bulat setelah <i>annealing</i>	IV-12
Gambar IV. 17 Deviasi kemiringan sudut sebelum <i>annealing</i>	IV-13
Gambar IV. 18 Deviasi kemiringan sudut setelah <i>annealing</i>	IV-13
Gambar IV. 19 Deviasi radius dalam sebelum <i>annealing</i>	IV-14
Gambar IV. 20 Deviasi radius dalam setelah <i>annealing</i>	IV-14
Gambar IV. 21 Deviasi radius luar sebelum <i>annealing</i>	IV-15
Gambar IV. 22 Deviasi radius luar setelah <i>annealing</i>	IV-15
Gambar IV. 23 (a) Hasil <i>printing</i> spesimen uji tarik (b) Penomoran spesimen uji tarik	IV-17
Gambar IV. 24 Spesimen patah setelah uji tarik.....	IV-17
Gambar IV. 25 Grafik hasil pengujian tarik pada spesimen uji	IV-18
Gambar IV. 26 Grafik pengaruh <i>build orientation</i> terhadap beban maksimal	IV-19
Gambar IV. 27 <i>Assembly bracket</i> pada sepeda (a) <i>Bracket existing</i> (b) <i>Bracket optimasi</i>	IV-26
Gambar IV. 28 (a) Ulir pada <i>frame</i> (b) Komponen <i>long nut</i> pada <i>bracket</i> tengah (c) Komponen <i>long nut</i> pada <i>bracket</i> samping.....	IV-26
Gambar IV. 29 <i>Bracket existing</i> dengan material <i>nylon 12 carbon fiber</i> (a) <i>Bracket</i> tengah patah (b) <i>Bracket</i> samping kiri aman (c) <i>Bracket</i> samping kanan deformasi	IV-28

Gambar IV. 30 pengujian <i>bracket</i> optimasi	IV-28
Gambar IV. 31 Pengujian beban 60 kg (a) Kondisi <i>bracket</i> kanan optimasi patah (b) Kondisi <i>bracket</i> tengah optimasi tetap aman (c) Kondisi <i>bracket</i> kiri optimasi tetap aman	IV-29
Gambar IV. 32 <i>Bracket</i> kanan patah indikasi hasil <i>printing</i> yang kurang baik (a) Tampak samping (b) Tampak depan.....	IV-30
Gambar IV. 33 (a) modifikasi pemasangan <i>bracket</i> optimasi dan <i>existing</i> (b) Proses pengujian dengan modifikasi	IV-30

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** *Curriculum Vitae*
- Lampiran 2** Standar ASTM D638
- Lampiran 3** Hasil Pengujian Tarik
- Lampiran 4** Perhitungan pada *Bracket*
- Lampiran 5** Dokumentasi Teknik

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

AM	=	<i>Additive Manufacturing</i>
3D	=	<i>Three-dimensional</i>
CAD	=	<i>Computer Aided Design</i>
CAM	=	<i>Computer Aided Manufacturing</i>
Displa.	=	<i>Displacement</i>
VM	=	<i>Von Mises</i>
mm	=	<i>Milimeter</i>
kg	=	<i>Kilogram</i>
N	=	<i>Newton</i>
deg	=	<i>Degrees</i>

BAB I

PENDAHULUAN

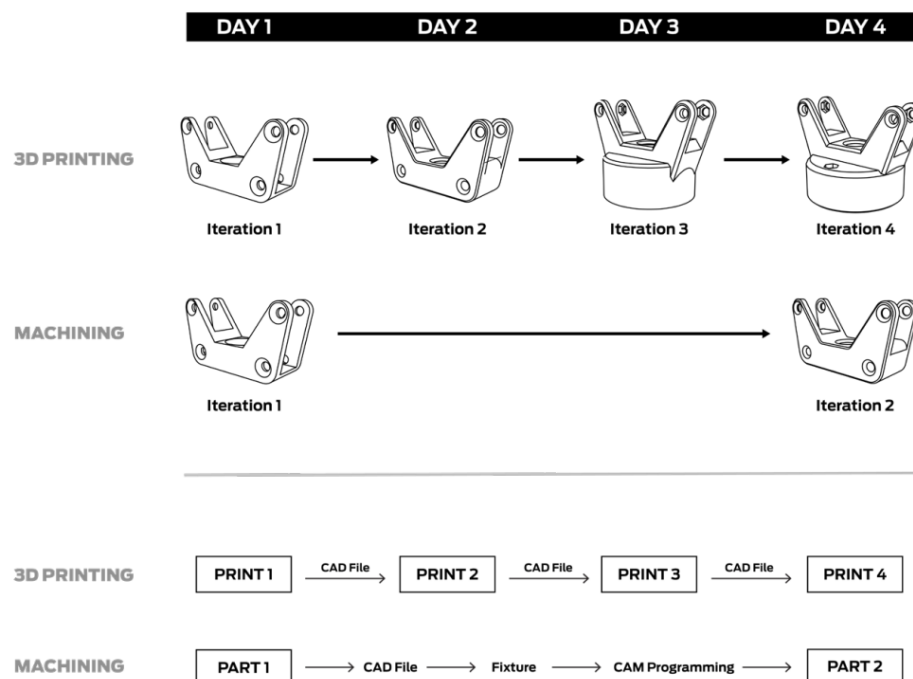
I.1 Latar Belakang

Pada era modern saat ini banyaknya persaingan global di industri, kebutuhan akan produk-produk dengan siklus produksi yang pendek dan variasi produksi yang tinggi semakin meningkat. Konsumen menginginkan produk-produk yang dapat diproduksi dengan cepat, biaya terjangkau, dan memiliki geometri yang sulit tetapi tetap mempertahankan kualitas yang tinggi [1]. Hal ini menandakan industri tidak hanya harus menghadapi kebutuhan untuk mengirimkan produk ke pasar dengan cepat, tetapi juga menghadapi siklus hidup produk yang semakin pendek. Dalam menghadapi tantangan ini, teknologi *3D printing* muncul sebagai solusi yang menjanjikan.

Teknologi *3D printing* telah berkembang menjadi *trend* utama dalam produksi komponen *end product*. Perkembangan teknologi *3D printing* yang awalnya digunakan secara luas untuk produksi *prototype*, telah mengalami transformasi signifikan menjadi salah satu metode utama dalam produksi *end product*. Kemajuan dalam bahan, akurasi, dan penurunan biaya teknologi ini telah memungkinkannya untuk digunakan dalam produksi komponen *end product* di berbagai industri. Kemampuannya untuk menciptakan desain yang kompleks dan personalisasi yang tinggi memberikan produsen keleluasaan untuk menghasilkan produk yang lebih efisien dan sesuai dengan kebutuhan pelanggan. Dengan potensinya yang besar dalam meningkatkan efisiensi, inovasi, dan keberlanjutan, teknologi *3D printing* dipandang sebagai solusi masa depan dalam produksi komponen *end product*.

3D printing adalah teknologi manufaktur *additive manufacturing* menggunakan *printer* khusus yang dapat mencetak objek untuk membuat berbagai struktur dan geometri kompleks dari data model tiga dimensi (3D) dengan proses mencetak lapisan-lapisan bahan secara berurutan yang terbentuk di atas satu sama lain [2]. Keunggulan lainnya dari teknologi ini adalah kemampuannya dalam menghasilkan produk dengan biaya yang terjangkau untuk siklus produksi yang pendek dengan waktu produksi yang singkat [3, 4].

Adapun manfaat utama dari *3D printing* adalah kemudahan penyiapan dibandingkan dengan cetakan injeksi dan pemesinan, hal tersebut memberikan keuntungan waktu yang sangat besar. Dalam proses *3D printing* akan memudahkan pekerjaan, dari model desain 3D yang telah dibuat dapat langsung dicetak tanpa penyiapan tambahan. Hal tersebut menunjukkan bahwa setiap bagian memerlukan waktu pengerjaan yang jauh lebih sedikit. Selain itu dengan *3D printing*, persiapan yang dilakukan hanya memerlukan material *printing* dan file desain 3D. Setelah itu pencetakan dapat dilakukan dan waktu pengerjaan pencetakan tersebut dapat selesai dalam beberapa jam atau memberikan waktu yang singkat. Sebaliknya, proses cetakan injeksi membutuhkan desain dan pembuatan cetakan sebelumnya. Demikian pula dalam pemesinan dimana penyetelan memerlukan perlengkapan yang harus disiapkan, program CAM yang harus dibuat, dan kemungkinan beberapa manipulasi bagian oleh operator selama proses pemesinan seperti yang ditunjukkan pada gambar I.1. Singkatnya, proses *3D printing* hanya memerlukan sedikit pengaturan atau pemantauan selama proses manufaktur yang menjadikannya proses otomatis yang cukup sederhana [3, 5].



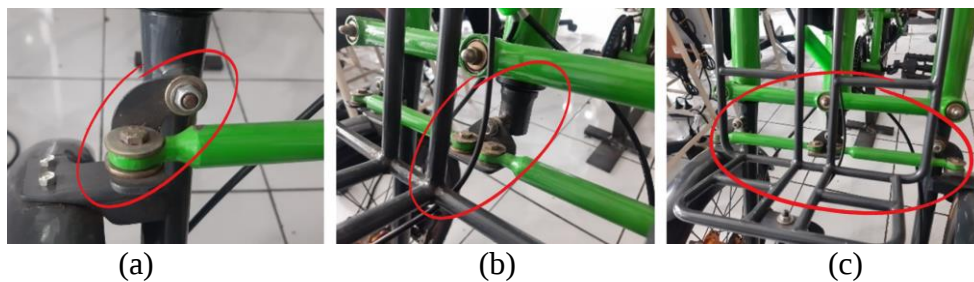
Gambar I. 1 Perbandingan proses produksi manual dan *3D printing* [3]

Carbon fiber sebagai salah satu material yang menjadi perhatian dalam industri manufaktur modern dan banyak digunakan dalam produk-produk yang memerlukan

kekuatan dan kekakuan yang tinggi seperti pesawat terbang, mobil, maritim, peralatan olahraga, dan sepeda [6, 7]. Adapun salah satu jenis *carbon fiber* dalam dunia *3D printing* yang terdapat di POLMAN Bandung adalah *nylon 12 carbon fiber*. *Nylon 12 carbon fiber* merupakan jenis material yang kuat, ringan, dan memiliki kekakuan yang baik [3]. Berdasarkan [8] *nylon 12* yang diperkuat *carbon fiber* 10 wt% dibandingkan dengan *nylon 12* murni dapat menghasilkan peningkatan pada *tensile strength* (102,2%) dan *flexural strength* (251,1%). Kekuatan mekanik yang dimiliki oleh *nylon 12 carbon fiber* dapat membuatnya menjadi pilihan yang tepat karena potensinya dalam pembuatan komponen-komponen yang membutuhkan ketahanan dan daya tahan yang tinggi.

Penggunaan teknologi *3D printing* dengan bahan *nylon 12 carbon fiber* biasanya terbatas pada pembuatan *prototype*. Namun, dengan berkembangnya teknologi, material *nylon 12 carbon fiber* dengan *3D printing* ini memiliki potensi dan kecenderungan untuk digunakan sebagai pembuatan komponen *end product*. Oleh karena itu dalam tugas akhir ini, penelitian difokuskan pada pengembangan komponen *bracket trolley city* menggunakan bahan *nylon 12 carbon fiber* dan teknologi *3D printing* sebagai pengganti material *existing* yang menggunakan bahan ST-37 untuk mengetahui kemampuan *nylon 12 carbon fiber* dengan *3D printing* sebagai *end product*. Komponen *bracket* pada sepeda *trolley city* ini merupakan bagian dari *steering system* yang berfungsi untuk menahan beban yang nantinya akan distabilkan oleh *steering system* pada sepeda sehingga *bracket* ini memegang peranan penting dalam stabilitas dan kinerja sepeda. Keberhasilan dalam menghasilkan *bracket* sepeda dengan teknologi *3D printing* menggunakan *nylon 12* yang diperkuat dengan *carbon fiber* akan membuktikan potensi teknologi ini untuk memproduksi *end product* yang kompleks dan berkinerja tinggi. Adapun sepeda *trolley city* merupakan salah satu inovasi yang dapat mempermudah melakukan perjalanan sekaligus pembelian. Sepeda *trolley city* merupakan kendaraan dengan konsep perpaduan troli belanja dan sepeda listrik roda tiga. Sepeda ini dapat dilipat pada bagian rangka sepeda agar mudah dan lebih ringkas dibawa saat berbelanja [8]. Terdapat tiga *bracket* yang ada pada bagian depan sepeda ini, yaitu *Mid Bracket* (*bracket* tengah), *Side Bracket L* (*bracket* kiri), dan

Side Bracket R (bracket kanan). Bracket pada sepeda trolley city ditunjukkan pada gambar I.2.



Gambar I. 2 (a) *Side bracket* (b) *mid bracket* (c) *bracket assembly*

Teknologi manufaktur konvensional biasanya menggunakan bahan seperti aluminium atau baja untuk membuat komponen sepeda, namun penggunaan *carbon fiber* sebagai bahan utama dalam pembuatan komponen sepeda memiliki beberapa keuntungan yang menjadikannya sebagai pilihan yang lebih baik [9, 10]. *Carbon fiber* memiliki kekuatan yang tinggi, performa redaman yang baik, dan berat yang ringan, sehingga dapat mengurangi berat sepeda, meningkatkan kecepatan, dan manuverabilitas saat berkendara [11]. Selain itu, *carbon fiber* juga memiliki ketahanan yang tinggi terhadap korosi dan kerusakan dari faktor lingkungan, sehingga dapat meningkatkan umur pakai sepeda [10, 12]. Penggunaan material yang kuat dan ringan, serta teknologi manufaktur yang canggih, dapat membantu menciptakan sepeda yang lebih ramah lingkungan, efisien, dan dapat memberikan pengalaman berkendara yang lebih baik [11, 13, 14].

Dalam menggunakan *3D printing* dibutuhkan sebuah parameter dan aturan perancangan yang tepat untuk menghasilkan hasil cetakan yang optimal. Pemilihan parameter dan aturan perancangan yang tepat sangat penting untuk menghasilkan cetakan yang berkualitas tinggi dan menghindari masalah seperti cacat cetakan dan kecacatan geometris. Berdasarkan hal tersebut penelitian ini juga akan mempelajari parameter dan aturan perancangan yang diperlukan dalam proses perancangan komponen menggunakan teknologi *3D printing* dengan material *nylon 12 carbon fiber*.

Dengan adanya pengembangan komponen *bracket trolley city* berbahan *nylon 12 carbon fiber* menggunakan *3D printing*, diharapkan dapat memberikan manfaat dalam meningkatkan efisiensi produksi dan kualitas produk. Selain itu, penelitian

ini juga dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi manufaktur aditif dan pemanfaatan bahan material baru dalam industri manufaktur.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat diuraikan beberapa rumusan masalah, yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik material *nylon 12 carbon fiber*?
2. Bagaimana rancangan produk *bracket* yang telah dioptimasi dengan menggunakan material *nylon 12 carbon fiber*?
3. Bagaimana parameter rancangan dan manufaktur material *nylon 12 carbon fiber* menggunakan mesin *3D printing* yang optimal?
4. Bagaimana kinerja produk *bracket* hasil *3D printing* dengan material *nylon 12 carbon fiber*?
5. Bagaimana gambar kerja produk *bracket* hasil optimasi ?

I.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang didapatkan, agar dapat dibahas lebih spesifik maka dibentuk beberapa batasan masalah sebagai berikut.

1. Optimasi yang dilakukan hanya pada geometri dan material *bracket* dan tidak mengubah sistem *steering*.
2. Mesin *3D printing* yang digunakan adalah Makerbot Method X dengan *extruder support 2XA* dan 1c.
3. Karakterisasi material dilakukan dengan pengujian menggunakan spesimen.
4. Pengujian spesimen hanya dilakukan satu kali.
5. Proses *compare* hasil *3D printing* dengan model CAD menggunakan *software geomagic*.
6. Berat sepeda digunakan berdasarkan pendekatan pada penelitian sebelumnya dan letak titik berat sepeda menggunakan pendekatan model CAD.
7. Biaya pembuatan tidak diperhatikan.
8. Simulasi yang dilakukan secara statis pada produk *existing* maupun optimasi dengan batasan dan pengkondisian yang sama.
9. Simulasi yang dilakukan tanpa memerhatikan arah orientasi *printing*.

I.4 Tujuan dan Manfaat

Dari rumusan masalah yang ada maka tugas akhir ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Menganalisa karakteristik material *nylon 12 carbon fiber*.
2. Merancang produk *bracket* dengan menggunakan material *nylon 12 carbon fiber*
3. Menentukan parameter *3D printing* dengan material *nylon 12 carbon fiber* untuk pembuatan produk.
4. Mengevaluasi kinerja produk hasil *3D printing* dengan material *nylon 12 carbon fiber*.

Adapun manfaat dari pembuatan tugas akhir ini adalah:

1. Mengkarakterisasi material *nylon 12 carbon fiber* dengan proses *3D printing*.
2. Mengetahui kemampuan *printer* makerbot method x dalam pembuatan geometri suatu produk menggunakan material *nylon 12 carbon fiber*.
3. Optimasi komponen pada sepeda *trolley city* dengan *nylon 12 carbon fiber* dapat menggantikan penggunaan logam.

I.5 Hipotesis

Terdapat beberapa hipotesis dalam penggunaan *nylon 12 carbon fiber* sebagai material dalam pembuatan komponen *bracket trolley city* menggunakan teknologi *3D printing*, yaitu sebagai berikut:

1. Penggunaan *nylon 12 carbon fiber* pada *bracket trolley city* akan menghasilkan komponen dengan kekuatan mekanis yang tinggi dan ketahanan yang baik terhadap beban dan tekanan.
2. Proses *3D printing* dengan menggunakan *nylon 12 carbon fiber* akan memungkinkan pembuatan komponen *bracket trolley city* dengan geometri yang kompleks dan presisi yang tinggi.
3. Penggunaan *nylon 12 carbon fiber* dalam *3D printing* pada pembuatan komponen *bracket trolley city* akan memberikan keuntungan berupa penurunan berat komponen, sehingga dapat menghasilkan *bracket trolley city* yang lebih ringan namun tetap memiliki kekuatan yang memadai.

4. Dalam pengembangan komponen *bracket trolley city* berbahan *nylon 12 carbon fiber* menggunakan *3D printing*, parameter desain dan parameter proses *3D printing* akan mempengaruhi kekuatan dan kualitas komponen.

I.6 Sistematika Penulisan

Sistematika proposal Tugas Akhir ini dibahas dengan penjabaran sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN, berisi uraian mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi gambaran umum tentang landasan teori untuk menjelaskan beberapa istilah dan ilmu terkait serta melihat hasil pencapaian penelitian terdahulu dengan kajian yang sama.

BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH, berisi langkah-langkah penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum sistem serta perancangan sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, berisi jawaban permasalahan yang dirumuskan, dan penjelasan mengenai hasil yang telah diperoleh berdasarkan penelitian.

BAB V PENUTUP, berisi kesimpulan penelitian tugas akhir yang telah dilakukan dan saran terhadap tugas akhir yang disusun sebagai perbaikan referensi untuk mahasiswa yang ingin mengembangkan tugas akhir yang sudah dilaksanakan.