

**DESAIN DAN PEMBUATAN PRODUK KREATIF AKSESORIS
TUTUP RADIATOR UNIVERSAL MENGGUNAKAN MESIN
CNC SUPERMILL**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Daffa Kurniawan

No. Mahasiswa : 19525153

NIRM : 1907220055

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2024

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

DESAIN DAN PEMBUATAN PRODUK KREATIF AKSESORIS
TUTUP RADIATOR *UNIVERSAL* MENGGUNAKAN MESIN
CNC SUPERMILL

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Daffa Kurniawan

No. Mahasiswa : 19525153

NIRM : 1907220055

Yogyakarta, 15 Februari 2024

Pembimbing I,



Ir. Arif Budi Wicaksono, S.T.,

M.Eng. IPP.,

Pembimbing II,



Ir. Santo Ajie Dhewanto,

S.T., M.M. IPP.,

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

DESAIN DAN PEMBUATAN PRODUK KREATIF AKSESORIS
TUTUP RADIATOR UNIVERSAL MENGGUNAKAN MESIN
CNC SUPERMILL

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Daffa Kurniawan
No. Mahasiswa : 19525153
NIRM : 1907220055

Tim Penguji

Ir. Arif Budi Wicaksono, S.T., M.Eng. IPP.,

Ketua



Tanggal: 07/03/2024

Irfan Aditya Dharma, S.T., M.Eng., Ph.D.

Anggota I



Tanggal: 04/03/2024

Donny Suryawan, Ir., S.T., M.Eng., IPP

Anggota II



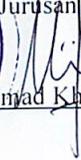
Tanggal: 07/03/2024

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP



LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Daffa Kurniawan

NIM : 19525153

Menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul “Desain dan Pembuatan Produk Keratif Aksesoris Tutup Radiator Universal Menggunakan Mesin CNC Supermill” adalah hasil penelitian, pemikiran, dan tulisan saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang saya cantumkan sumbernya sebagai referensi. Apabila kemudian hari terbukti tidak benar, saya siap menerima sanksi/hukuman sesuai hukum yang berlaku di Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 07 Maret 2024



Muhammad Daffa Kurniawan

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur dan dengan diselesaikannya laporan tugas akhir ini penulis mempersembahkan kepada:

1. Keluarga penulis, yang selalu mendoakan penulis untuk dapat menyelesaikan kuliah di waktu yang tepat.
2. Dosen pembimbing satu dan dua penulis, yang selalu sabar dalam membimbing penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
3. Teman-teman Teknik Mesin UII, yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan perkuliahan sejak awal kuliah hingga sekarang

Besar harapan penulis semoga Tugas Akhir ini dapat berguna serta bermanfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan khususnya pada bidang yang sesuai dengan topik penulis pada masa yang akan mendatang kelak.

HALAMAN MOTTO

Change is the only constant

(Heraclitus)

KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis akhirnya dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul “Desain dan Pembuatan Produk Kreatif Aksesoris Tutup Radiator Universitas Menggunakan Mesin CNC Supermill”. Tugas Akhir ini dijalankan untuk mendapatkan gelar sarjana Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari dalam kegiatan tugas akhir ini tidak akan terealisasi tanpa adanya bantuan dan dorongan dari semua pihak. Dengan segala hormat dan kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang mendalam kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan, baik secara moral maupun materiil selama Tugas akhir hingga penyusunan Laporan ini. Ucapan terima kasih ini disampaikan kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan ridhonya kepada hambanya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Keluarga penulis yang selalu mendoakan memberikan dukungan baik moral maupun materi sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo M.T. selaku dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Ir. Arif Budi Wicaksono, S.T., M.Eng. IPP., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, nasihat serta arahan sebelum maupun hingga Tugas akhir ini selesai dengan baik.
6. Bapak Ir. Santo Ajie Dhewanto, S.T., M.M. IPP., selaku dosen pembimbing 2 yang memberikan arahan sehingga penulis dapat mendapatkan banyak ilmu dalam pengerjaan tugas akhir ini.
7. Staff laboratorium yang selalu membantu penulis dalam pelaksanaan Tugas Akhir maupun dalam proses penyusunan laporan.

8. Rekan-rekan Teknik Mesin angkatan 2019, penulis sangat bersyukur mengenal kalian.

Penulis menyadari bahwa dalam perjalanan dan pengerjaan laporan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, sangat jauh dari kata sempurna. Hal tersebut karena penulis masih dalam tahap belajar. Saran yang membangun sangat diharapkan untuk proses belajar penulis. Atas perhatiannya penulis ucapkan terima kasih.

Yogyakarta, 15 Februari 2024

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Daffa Kurniawan', written in a cursive style.

Muhammad Daffa Kurniawan

ABSTRAK

Di antara beberapa opsi modifikasi skuter matik yang ada, penambahan aksesoris tutup radiator adalah salah satu cara sederhana dalam bereksperimen dengan aksesoris-aksesoris yang tersedia di pasaran. Penelitian ini memfokuskan pada perancangan dan manufaktur aksesoris tutup radiator *universal* dengan menggunakan teknologi mesin CNC Supermill MK 2.0. Tujuannya adalah menciptakan produk yang kreatif dan dapat diterapkan pada berbagai jenis sepeda motor. Proses desain melibatkan penggunaan teknologi CAD dengan perangkat lunak Autodesk Fusion 360, diikuti oleh strategi pemesinan dengan CAM dan implementasi pada mesin CNC Supermill MK 2.0 yang memungkinkan untuk menghasilkan produk dengan presisi tinggi dan konsistensi dalam produksi. Hasil yang didapatkan dalam satu kali produksi berupa dua buah tutup radiator yang pada akhirnya akan dilengkapi lagi dengan pelabelan *laser marking* yang menghasilkan penampilan yang lebih spesial. Produk ini dirancang agar dapat dengan mudah disesuaikan dengan berbagai produk sepeda motor, memberikan fleksibilitas kepada konsumen untuk mempersonalisasi kendaraan mereka. Penelitian ini memiliki potensi untuk meningkatkan kualitas dan keragaman produk dalam industri aksesoris sepeda motor.

Kata kunci: skuter matik, aksesoris tutup radiator, mesin CNC Supermill MK 2 0, Autodesk Fusion 360.

ABSTRACT

Among the few options for modifying the motor-scooter available, the addition of radiator cover accessories is one simple way of experimenting with accessories available on the market. The research focuses on the design and manufacture of accessories for universal radiator lids using CNC machine technology Supermill MK 2.0. The aim is to create creative products that can be applied to a wide range of motorcycles. The design process involves the use of CAD technology with Autodesk Fusion 360 software, followed by machining strategies with CAM and implementation on the Supermill MK 2.0 CNC machine that makes it possible to produce products with high precision and consistency in production. The result is in a single production of two radiator covers that will eventually be re-equipped with laser marking labeling that produces a more special appearance. These products are designed to be easily adapted to a variety of motorcycle products, giving consumers the flexibility to personalize their vehicles. This research has the potential to improve the quality and diversity of products in the motorcycle accessory industry.

Keywords:*motor-scooter, radiator cover accessories, CNC machine Supermill MK 2 0, Autodesk Fusion 360*

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iii
Halaman Persembahan	iv
Halaman Motto	v
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih	vi
Abstrak	viii
Daftar Isi	x
Daftar Tabel	xiii
Daftar Gambar	xiv
Daftar Notasi	xvi
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan	3
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
Bab 2 Tinjauan Pustaka	5
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Dasar Teori 1	6
2.2.1 CAD	6
2.2.2 CNC	7
2.2.3 Tapping/Threading	8
2.2.4 <i>Laser marking</i>	Error! Bookmark not defined.
2.2.5 Judul Gambar dan Tabel	9
2.3 Persamaan Matematika	9
Bab 3 Metode Penelitian	10
3.1 Diagram Alur Penelitian	10
3.2 Peralatan dan Bahan	11

3.3	Kriteria Desain	12
3.4	Perancangan Perangkat Keras	12
3.4.1	Observasi Lapangan	13
3.4.2	Desain	14
Bab 4	Hasil dan Pembahasan	16
4.1	Prototipe 3D Print	16
4.2	Analisis dan Pembahasan.....	17
4.2.1	Simulasi Proses <i>Jig</i>	17
4.2.2	Simulasi Proses Bagian Bawah	19
4.2.3	Simulasi Proses Produk Bagian Atas	23
4.3	Proses Persiapan dan Hasil Material Prototipe	25
4.3.1	Persiapan Material	26
4.3.2	Pengaturan <i>Origin</i>	26
4.3.3	Proses Pemesinan <i>Jig</i>	27
4.3.4	Proses Pemesinan Produk Bagian Bawah	28
4.3.5	Proses Pembuatan Pengunci	29
4.3.6	Proses Pemesinan Bagian Atas.....	30
4.3.7	Hasil Pengujian Prototipe Resin	31
4.4	Proses Persiapan dan Hasil Material Aluminium	32
4.4.1	Persiapan Material	32
4.4.2	Pengaturan <i>Origin</i>	32
4.4.3	Pemesinan <i>Jig</i>	33
4.4.4	Pemesinan Bagian Bawah Produk.....	34
4.4.5	Proses Pembuatan Pengunci	35
4.4.6	Pemesinan Bagian Atas	36
4.4.7	Hasil Pemasangan Produk	38
4.5	<i>Laser marking</i>	Error! Bookmark not defined.
4.6	Hasil Akhir Produk	40
4.7	Perhitungan Biaya Produksi.....	40
4.8	Survey Pasar	43
Bab 5	Penutup	46
5.1	Kesimpulan	46

5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya.....	46
	Daftar Pustaka	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2- 1 Referensi Kecepatan Potong	6
Tabel 3- 1 Alat	11
Tabel 4- 1 Parameter <i>jig</i>	18
Tabel 4- 2 Estimasi waktu pemesinan pada <i>jig</i>	18
Tabel 4- 3 Parameter produk bagian bawah	20
Tabel 4- 4 Estimasi waktu pemesinan pada bagian bawah	20
Tabel 4- 5 Parameter Produk Bagian Atas	23
Tabel 4- 6 Estimasi waktu pemesinan pada bagian atas.....	23
Tabel 4- 7 Estimasi Waktu Pemesinan <i>Jig</i>	34
Tabel 4- 8 Estimasi Waktu Pemesinan Produk Bagian Bawah.....	35
Tabel 4- 9 Estimasi Waktu Pemesinan Bor dan Tap.....	35
Tabel 4- 10 Estimasi Waktu Pemesinan Produk Bagian Atas.....	37
Tabel 4- 11 Estimasi Waktu Pemesinan Produk	37
Tabel 4- 12 Parameter <i>Laser marking</i>	39
Tabel 4- 13 Asumsi untuk perhitungan Harga Pokok Produksi	40
Tabel 4- 14 Biaya Riset dan Pengembangan (R&D Cost)	42
Tabel 4- 15 Overhead Cost.....	42
Tabel 4- 16 Production Cost.....	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2- 1 Fungsi-fungsi Fusion 360.....	7
Gambar 3- 1 Flowchart Diagram.....	10
Gambar 4- 1 Prototipe 3D print produk.....	16
Gambar 4- 2 Prototipe 3D print produk terpasang	16
Gambar 4- 3 Desain <i>jig</i>	17
Gambar 4- 4 Urutan pemesinan.....	17
Gambar 4- 5 Simulasi <i>stock jig</i>	17
Gambar 4- 6 <i>Facing jig</i>	18
Gambar 4- 7 2D <i>Adaptive jig</i>	19
Gambar 4- 8 <i>Facing</i> produk bagian bawah	21
Gambar 4- 9 2D <i>Adaptive</i> produk bagian bawah	21
Gambar 4- 10 2D <i>Adaptive</i> kedua produk bagian bawah.....	21
Gambar 4- 11 2D <i>Contour</i> produk bagian bawah	22
Gambar 4- 12 2D <i>Adaptive</i> ketiga produk bagian bawah.....	22
Gambar 4- 13 2D <i>Contour</i> kedua produk bagian bawah.....	22
Gambar 4- 14 <i>Facing</i> Produk Bagian Atas	24
Gambar 4- 15 2D <i>Adaptive</i> Produk Bagian Atas.....	24
Gambar 4- 16 2D <i>Adaptive</i> Kedua Produk Bagian Atas	24
Gambar 4- 17 <i>Trace</i> Produk Bagian Atas	25
Gambar 4- 18 <i>Trace</i> Kedua Produk Bagian Atas	25
Gambar 4- 19 Cetakan Resin.....	26
Gambar 4- 20 Proses Pemakanan Resin	26
Gambar 4- 21 Pengaturan <i>Origin</i> untuk Prototipe.....	27
Gambar 4- 22 Percobaan Pertama <i>Jig</i>	27
Gambar 4- 23 Revisi desain <i>jig</i>	28
Gambar 4- 24 Pemesinan Bagian Bawah Prototipe	28
Gambar 4- 25 Hasil Revisi Pemakanan Bagian Bawah Prototipe.....	29
Gambar 4- 26 <i>Stock</i> Produk yang sudah terkunci pada <i>Jig</i>	29
Gambar 4- 27 <i>Tap</i>	30
Gambar 4- 28 Pemesinan Produk Bagian Atas	30

Gambar 4- 29 Hasil Pemesinan Produk Bagian Atas	31
Gambar 4- 30 Prototipe Produk.....	31
Gambar 4- 31 Prototipe Produk Terpasang	32
Gambar 4- 32 Pengaturan <i>Origin Stock</i>	33
Gambar 4- 33 Hasil <i>Jig</i>	33
Gambar 4- 34 Hasil Produk Bagian Bawah.....	34
Gambar 4- 35 Proses Bor	35
Gambar 4- 36 Proses <i>Tap</i>	36
Gambar 4- 37 Hasil Produk Bagian Atas	36
Gambar 4- 38 Hasil Pemasangan Produk.....	38
Gambar 4- 39 Proses <i>Laser marking</i>	38
Gambar 4- 40 Desain <i>Laser marking</i>	39
Gambar 4- 41 Produk Akhir Terpasang	40
Gambar 4- 42 Grafik Pertanyaan Pertama.....	44
Gambar 4- 43 Grafik Pertanyaan Kedua	44
Gambar 4- 44 Grafik Pertanyaan Ketiga	45

DAFTAR NOTASI

3D	= <i>Three-dimension</i>
CAD	= <i>Computer Aided Design</i>
CAM	= <i>Computer Aided Manufacturing</i>
CNC	= <i>Computer Numerical Control</i>
HPP	= Harga Pokok Produksi
HSS	= <i>High-speed Steel</i>
ml	= Mililiter
mm	= Milimeter
mm/min	= <i>Milimeter per Minute</i>
NC	= <i>Numerical Control</i>
Rp	= Rupiah
rpm	= <i>Revolution per Minute</i>

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di tengah masyarakat perkotaan, kendaraan bermotor tidak hanya merupakan kebutuhan praktis, melainkan juga mencerminkan gaya hidup atau pola hidup dalam lingkup kota. Evolusi fungsi kendaraan yang melibatkan unsur gaya hidup mendorong individu-individu tersebut untuk mencerminkan ekspresi identitas dan menginginkan sentuhan personal pada kendaraannya (Iqbal,2018). Dalam beberapa tahun terakhir, lanskap kustomisasi sepeda motor terus berkembang, memberikan penggemar kesempatan ekspresi pribadi yang beragam. Salah satu modifikasi yang sangat berdampak di dalam ranah ini adalah integrasi aksesoris penutup radiator (Kurniawan, 2007). Penelitian ini berfokus pada desain yang cermat dan manufaktur yang presisi dari aksesoris tutup radiator universal, dengan memanfaatkan fitur canggih dari Autodesk Fusion 360 dan mesin Supermill CNC. Tujuan utamanya adalah tidak hanya untuk menyumbangkan referensi edukatif ke dalam bidang ini, tetapi juga untuk memperkenalkan variasi inovatif yang dapat memperkaya penawaran pasar saat ini.

Dalam ranah desain produk, Autodesk Fusion 360 telah muncul sebagai alat yang sangat penting, menawarkan kemampuan canggih untuk membuat desain yang rumit dan dapat diadaptasi (Song, 2018). Penelitian ini bertujuan untuk berfungsi sebagai referensi edukatif, membongkar rumitnya proses dalam merancang aksesoris tutup radiator universal. Dengan memanfaatkan fitur yang tangguh dari Autodesk Fusion 360, studi ini menavigasi tantangan yang terkait dengan menciptakan desain yang tidak hanya memiliki daya tarik estetika, tetapi juga menunjukkan adaptabilitas universal pada berbagai produk sepeda motor.

Dengan pasar yang jenuh dengan berbagai pilihan Tutup Radiator, kebutuhan untuk variasi inovatif menjadi jelas. Penelitian ini berusaha untuk memperkenalkan adaptasi kreatif bagi Tutup Radiator, mengambil inspirasi dari desain yang sudah ada sambil memasukkan unsur-unsur baru. Melalui hal ini,

proyek ini berupaya untuk memberikan kontribusi pada diskursus yang sedang berlangsung mengenai inovasi aksesoris sepeda motor, menyediakan perspektif dari segi baru yang berpotensi meningkatkan penawaran saat ini di pasar.

Pada bab-bab berikutnya, laporan ini akan mengeksplorasi rumitnya proses desain dan simulasi permesinan melalui Autodesk Fusion 360, proses manufaktur menggunakan CNC Supermill 3 Axis yang terdapat pada Laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia, proses tapping manual, penambahan merek dengan *laser marking*, serta menyelidiki dampak potensial dari Aksesoris Tutup Radiator Universal yang dihasilkan terhadap industri aksesoris sepeda motor dari nilai ekonomis. Melalui analisis komprehensif dari aspek desain dan produksi, penelitian ini bertujuan untuk menerangi dimensi edukatif dan inovatif dalam menciptakan aksesoris yang dapat menciptakan resonansi dengan para penggemar sepeda motor, memenuhi tuntutan evolusi dalam kustomisasi.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian atau perancangan tugas ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara membuat produk aksesoris Tutup Radiator Universal menggunakan CNC Supermill MK2.0
2. Berapa harga pokok produksi yang dibutuhkan dalam pembuatan produk aksesoris Tutup Radiator Universal menggunakan CNC Supermill
3. Bagaimana penilaian calon konsumen terhadap hasil produk tutup radiator universal dengan CNC Supermill MK2.0

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian atau perancangan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Proses desain dari Produk Tutup Radiator dan *Jig* Tutup Radiator dirancang menggunakan aplikasi perangkat lunak Autodesk Fusion 360.
2. Proses manufaktur dari Produk Tutup Radiator dan *Jig* Tutup Radiator dirancang menggunakan aplikasi perangkat lunak Autodesk Fusion 360.

3. Alat yang digunakan untuk menghasilkan produk adalah CNC Supermill MK2.0 yang berada pada Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Produk hasil berupa 1 *Jig* Tutup Radiator dan 2 Tutup Radiator dalam 1 kali produksi.
5. Material yang digunakan untuk produk adalah Aluminium 5052

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Tujuan dari penelitian atau perancangan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan melakukan proses manufaktur untuk menghasilkan produk tutup radiator universal dengan CNC Supermill MK2.0.
2. Menghitung harga pokok produksi aksesoris tutup radiator universal dengan CNC Supermill MK2.0
3. Melakukan survei ke calon konsumen untuk memberikan penilaian terhadap hasil produk tutup radiator universal dengan CNC Supermill MK2.0

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

Manfaat dari penelitian atau perancangan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dapat menjadi salah satu referensi pembelajaran dalam merancang dan merealisasikan produk aksesoris Tutup Radiator menggunakan Autodesk Fusion 360 dan CNC Supermill
2. Penelitian ini dapat menjadi variasi baru dalam bentuk kreasi pada Tutup Radiator yang sudah ada dipasaran.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bab 1 Pendahuluan: Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian atau perancangan, manfaat penelitian atau perancangan, dan sistematika penulisan.
2. Bab 2 Tinjauan Pustaka: Bab ini berisi kajian pustaka dan menjelaskan dasar teori yang digunakan dalam penelitian yang dilakukan.
3. Bab 3 Metode Penelitian: Bab ini menjelaskan langkah-langkah apa saja dan metode apa yang digunakan dalam penelitian.
4. Bab 4 Hasil Dan Pembahasan: Bab ini berisi hasil dan juga pembahasan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan.
5. Bab 5 Penutup: Bab ini merupakan bab akhir dari laporan yang berisi kesimpulan serta saran dari hasil pembahasan dan untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Di antara beberapa opsi modifikasi skuter matik yang ada, penambahan aksesoris tutup radiator adalah salah satu cara sederhana dalam bereksperimen dengan aksesoris-aksesori yang tersedia di pasaran. Penelitian ini memfokuskan pada perancangan dan manufaktur aksesoris tutup radiator *universal* dengan menggunakan teknologi CNC *milling*. Kajian pustaka ini akan membahas tentang kajian-kajian mengenai proses perancangan melalui CNC *milling* yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya.

Penelitian yang dilakukan oleh Harjono (2022), menjelaskan bahwa untuk memproduksi kebutuhan spare-part yang berkualitas, diperlukan dukungan dari proses manufaktur yang efisien dan handal. Integrasi perangkat lunak Autodesk Fusion 360 dalam proses perancangan dapat mengoptimalkan proses manufaktur dengan mengintegrasikan fungsi CAD (*Computer-Aided Design*) dan *Manufacturing* (CAM) ke dalam satu platform. Integrasi ini memungkinkan desainer dan produsen untuk bekerja pada produk yang sama, memfasilitasi transisi yang lancar dari desain ke manufaktur.

Penelitian yang sama juga menjelaskan mengenai keunggulan dalam menggunakan mesin CNC *Milling 3 Axis*, yaitu setiap komponen diproduksi sesuai dengan spesifikasi yang tepat, menunjukkan presisi dan akurasi yang konsisten.

Menurut Widarto (2008), Sebelum menentukan proses pekerjaan pemesinan, Ada beberapa informasi yang perlu diketahui seperti jenis bahan yang akan dikerjakan serta jenis *end mill* yang akan digunakan. Hal ini dapat mendukung dalam menentukan kecepatan potong yang akan digunakan selama pengerjaan. Kecepatan potong dari beberapa penelitian untuk beberapa jenis bahan telah distandarkan dalam tabel.

Tabel 2-1 Referensi Kecepatan Potong

MATERIAL	CUTTING SPEED (sfpm) ^{1, 2}			
	PLAIN MILLING CUTTERS		END MILLING CUTTERS	
	Roughing	Finishing	Roughing	Finishing
Aluminum.....	400 to 1,000	400 to 1,000	400 to 1,000	400 to 1,000
Brass, composition.....	125 to 200	90 to 200	90 to 150	90 to 150
Brass, yellow.....	150 to 200	100 to 250	100 to 200	100 to 200
Bronze, phosphor and manganese.....	30 to 80	25 to 100	30 to 80	30 to 80
Cast iron (hard).....	25 to 40	10 to 30	25 to 40	20 to 45
Cast iron (soft and medium).....	40 to 75	25 to 80	35 to 65	30 to 80
Monel metal.....	50 to 75	50 to 75	40 to 60	40 to 60
Steel, hard.....	25 to 50	25 to 70	25 to 50	25 to 70
Steel, soft.....	60 to 120	45 to 110	50 to 85	45 to 100

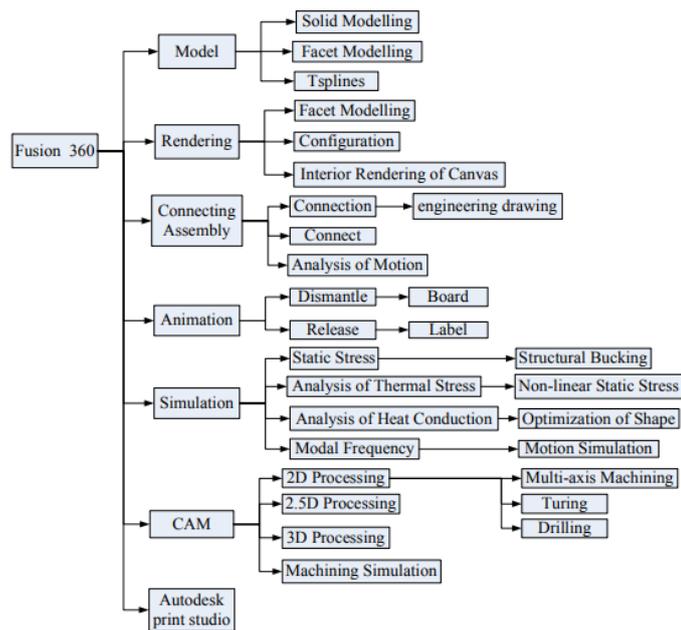
Tabel diatas menunjukkan kecepatan potong yang dianjurkan pada proses pemesinan *milling* dalam memotong material dengan menggunakan beberapa jenis bahan pahat HSS untuk proses frais.

2.2 Dasar Teori 1

Pada dasar teori dibahas beberapa teori yang digunakan dalam penelitian ini.

2.2.1 CAD

Teknologi revolusioner yang dikenal sebagai *Computer Aided Design* (CAD) telah mengubah cara desain dan drafting tradisional yang umumnya dilakukan. CAD menggunakan perangkat lunak khusus untuk menghasilkan representasi digital terperinci (Ostrowsky, 2019). Salah satu fitur utamanya adalah peproduksi parametrik. Dengan fitur ini, perubahan dapat dilakukan dengan lancar karena penyesuaian untuk satu akan otomatis memperbarui produk secara keseluruhan.



Gambar 2-1 Fungsi-fungsi Fusion 360

Selain itu, peproduksi 3D sering didukung oleh sistem CAD, memberikan desainer kemampuan untuk melakukan simulasi dan analisis serta menentukan strategi pemesin pada CAM atau *Computer-Aided Manufacturing*. Teknologi yang mengotomatisasi proses manufaktur dengan menghasilkan strategi pemesinan dengan kode kontrol numerik (NC) untuk mesin CNC. Proses ini secara mulus menerjemahkan desain digital dari CAD menjadi komponen fisik, mengoptimalkan efisiensi, memungkinkan pengerjaan multi-aksis, dan memastikan presisi. Terintegrasi dengan CAD, CAM menyederhanakan transisi dari desain ke manufaktur otomatis di berbagai industri. Secara keseluruhan, CAM berkontribusi pada produksi komponen dan produk dengan presisi, efisiensi, dan otomatisasi yang tinggi (P P Song et al 2018).

2.2.2 CNC

Dengan penggunaan data numerik dan pemrograman komputer, *Computer Numerical Control* (CNC) adalah teknologi revolusioner yang mengotomatisasi pengendalian mesin *milling*. Mesin CNC menggunakan pemrograman numerik, biasanya dalam bentuk G-code, untuk dengan tepat mengarahkan kedalaman, kecepatan, jalur alat, dan gerakan. Teknologi ini menjamin presisi tinggi dan

repetitif, yang sangat penting untuk menciptakan bagian yang kompleks dan dapat diandalkan. Komponen krusial yang meningkatkan produktivitas dengan mengurangi pengendalian manual adalah otomatisasi. Pada dasarnya, CNC telah mengubah industri manufaktur dengan membuat produksi komponen yang rumit dengan presisi yang tak tertandingi menjadi mungkin (Mamadjanov et al 2021)

2.2.3 Tapping/Threading

Threading, proses menciptakan ulir eksternal atau internal pada material, adalah aspek penting dari proses pemesinan dalam penelitian ini, dan penerapannya pada *aluminium alloy* menyajikan tantangan dan pertimbangan spesifik. Dalam sebuah studi oleh Carou & Davim (2018), para penulis menyinggung tentang keuntungan proses *threading* dalam aluminium alloy, seperti sifatnya yang ringan, kemampuan pemesinan yang tinggi, dan ketahanan terhadap korosi.

Demikian pula, pekerjaan Bratan, Novikov, & Roshchupkin (2016) mengeksplorasi *threading*, menekankan pentingnya tren global pengembangan industri, termasuk rekayasa, bertujuan untuk produksi bagian-bagian dan elemen struktural yang terbuat dari bahan dengan sifat anti-korosi tinggi, yang dapat dengan mudah diputar, dibentuk, dipompa, diproses dengan alat-alat tepi, dan dengan ditandai dengan kekuatan yang relatif tinggi dan berat yang rendah. Di antara bahan-bahan ini adalah paduan aluminium, yang tiga kali lebih ringan dari besi dan baja, memiliki konduktivitas listrik yang tinggi, dapat dengan mudah dibakar dan diproses pemesinan.

2.2.4 Laser marking

Laser marking pada aluminium alloy adalah metode yang disukai di seluruh industri karena presisi, daya tahan, dan versatilitas yang baik. Proses non-kontak memastikan finishing yang bersih, dan hasil produk menunjukkan ketahanan tinggi terhadap kelelahan dan faktor lingkungan. Teknik yang cepat dan efisien ini dapat disesuaikan dengan berbagai desain dan material, menghilangkan kebutuhan untuk bahan bakar dan berkontribusi pada penghematan biaya. Sifat non-kontak pada proses *laser marking*, menjadikannya

cocok untuk berbagai aplikasi, terkhusus pada pembuatan penanda pada *aluminium alloy* (Deng et al., 2021).

2.2.5 Judul Gambar dan Tabel

Aluminium alloy 5052 menonjol sebagai pilihan ideal untuk mesin CNC karena sifatnya yang ringan dan ketahanan terhadap korosi (Davis, 2000). Dikenal untuk kemampuannya dalam menghadapi proses pengolahan yang efisien dan akurat, membuat material ini menjadi pilihan dalam aksesoris kendaraan motor.

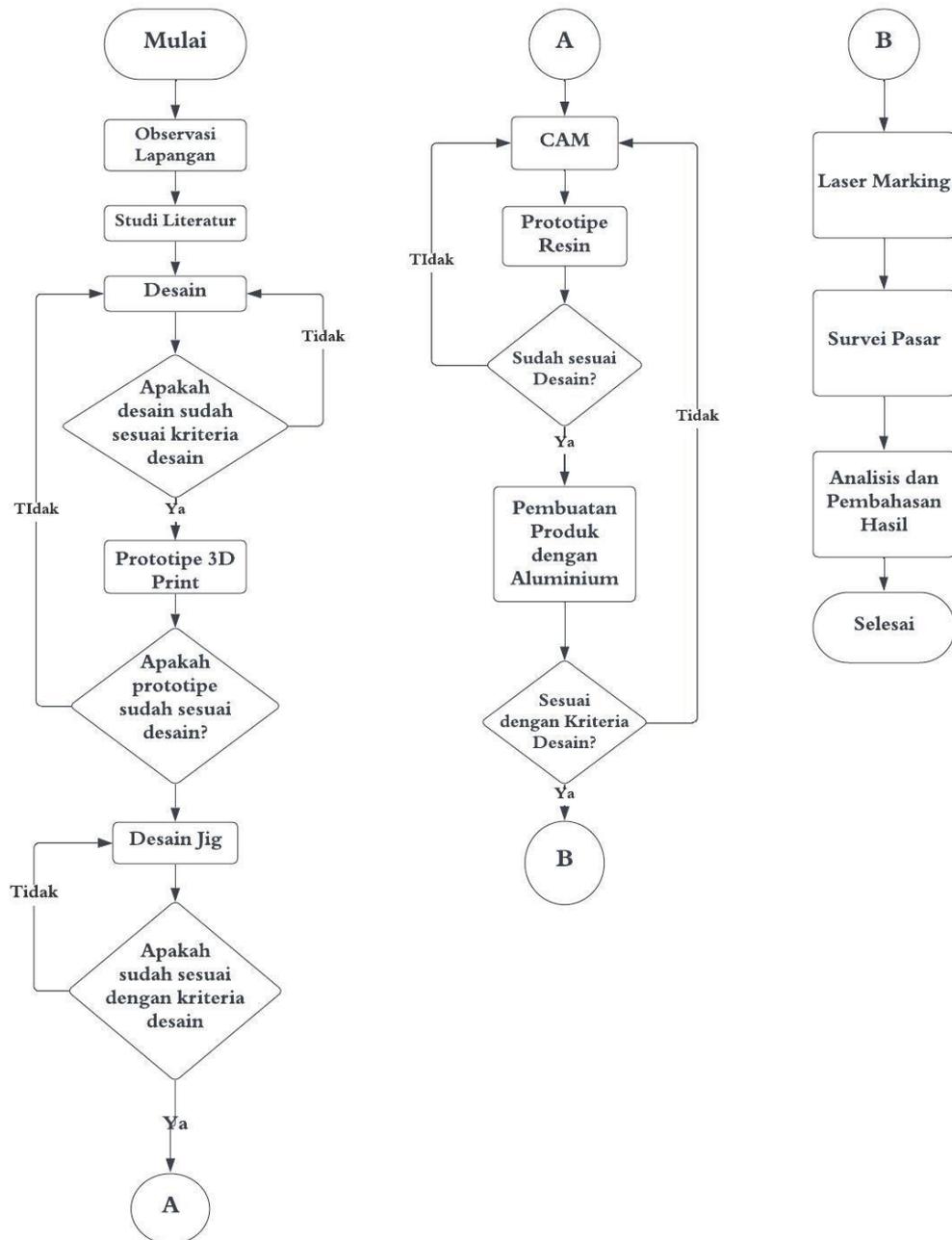
2.3 Persamaan Matematika

Harga pokok produksi melibatkan estimasi biaya untuk bahan baku, biaya tenaga kerja, dan biaya *overhead* lainnya yang terkait dengan proses produksi. Menganalisis biaya produksi adalah hal yang penting untuk menjaga kelayakan ekonomis dan daya saing. Dengan mengevaluasi semua pengeluaran, perusahaan dapat menentukan biaya produksi yang tepat untuk menutupi pengeluaran dan memastikan profitabilitas yang diinginkan. (Purwanto, E. 2020).

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3- 1 *Flowchart Diagram*

3.2 Peralatan dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengerjaan penelitian ini beserta fungsinya sebagai berikut.

Tabel 3- 1 Alat

No	Alat	Fungsi
1.	Laptop	Untuk melakukan komputasi
2.	Autodesk Fusion 360	CAD dan CAM
3.	CNC Supermill MK2.0	Pemesinan CNC
4.	3D Printer	Mencetak prototipe desain
5.	<i>End Mill</i> HSS 12 mm	Pemakanan dengan profil >12mm
6.	<i>End Mill</i> HSS 6 mm	Pemakanan dengan profil >6mm
7.	<i>Engrave</i> HSS 6 mm	Pemakanan dengan bentuk <i>chamfer</i>
8.	Baut <i>Headless</i> 4 mm	Pengunci produk dan produk
9.	Kunci L	Pengunci baut pada produk
10.	Mesin Bor Manual	Melakukan pengeboran pada produk
11.	Alat Tap Manual	Mendapatkan ulir baut pada produk
12.	Mata Bor 3 mm	Pembuatan lubang pada produk
13.	Cetakan Kaca	Mencetak resin
14.	Mistar	Mengukur dengan ketelitian 1 mm
15.	Jangka Sorong	Mengukur dengan ketelitian 0.1mm

Tabel 3- 2 Bahan

No	Bahan	Fungsi
1.	Filament PLA	Prototipe 3D Printing
2.	Resin SHCP	Prototipe Benda Kerja
3.	Plastisin	Mencetak resin
4.	Aluminium 5052	Benda kerja final

3.3 Kriteria Desain

1. Bersifat sebagai aksesoris dan tidak mengganggu fungsi utama radiator
2. Ukuran produk tidak lebih dari 70 mm x 70 mm dengan diameter bagian dalam 40 mm dan 46 mm
3. Mempunyai ketebalan maksimal 13 mm
4. Produk akhir tutup radiator tidak longgar dan dilengkapi dengan pengunci
5. Menggunakan baut headless 4mm pada sisi produk sebagai pengunci

3.4 Perancangan Perangkat Keras

Dalam proses perancangan produk ini meliputi observasi lapangan mengenai produk yang ada dipasaran. Pemilihan aksesoris tutup radiator menawarkan cara yang sederhana namun efektif untuk memodifikasi sepeda motor, menjadikannya fokus yang ideal untuk penelitian ini. Pemasangannya yang sederhana dan persyaratan perubahan minimal membuatnya dapat diakses oleh pemula dalam komunitas modifikasi sepeda motor.

Produk akhir diharapkan dapat menunjukkan keunikan karena dapat diterapkan pada dua jenis penutup radiator yang berbeda yang tersedia di pasar yaitu dengan diameter 40mm dan 46mm seperti pada Gambar 4-1. Fitur-fiturnya yang dapat disesuaikan untuk memenuhi persyaratan spesifik dari kedua varian penutup radiator.



Gambar 3- 2 Jenis Tutup Radiator

Keanekaragaman ini tidak hanya meningkatkan daya tarik pasar produk, tetapi juga melayani basis konsumen yang lebih luas, menyediakan solusi yang mengintegrasikan dengan lancar dengan berbagai ukuran aksesoris tutup radiator. Kompatibilitas desain dengan berbagai produk penutup radiator mencerminkan pendekatan strategis dan berpusat pada konsumen, menjadikannya pilihan praktis dan menarik bagi individu yang mencari solusi aksesoris yang dapat disesuaikan untuk sepeda motor mereka.

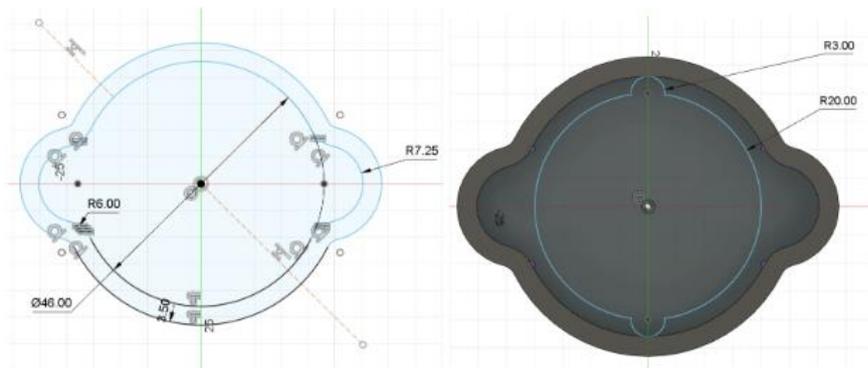
3.4.1 Observasi Lapangan



Gambar 3- 3 Tutup Radiator ARM

Dalam bagian observasi produk dapat diketahui bahwa dimensi bagian dalam produk dibagi menjadi 2 bagian yang berfungsi untuk menyesuaikan dengan 2 jenis tutup radiator yang ada di pasaran, ukuran ini menjadi referensi

dalam menentukan ukuran desain yang akan digunakan selanjutnya. Pada proses ini dimensi menggunakan referensi aksesoris tutup radiator ARM yang terpasang pada Yamaha Aerox 155 menggunakan Jangka Sorong.

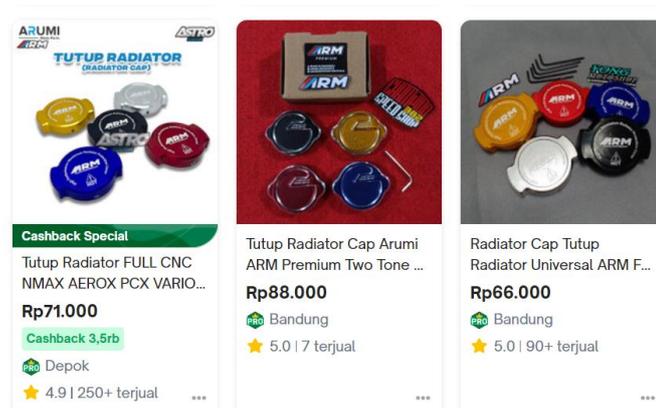


Gambar 3- 4 Ukuran dimensi bagian dalam

Dimensi yang sudah didapatkan adalah bagian akan dilanjutkan dalam proses desain digital pada Autodesk Fusion 360. Dari Gambar 3-4 dapat dilihat ada dua lingkaran dengan diameter 46 mm dan 20 mm untuk menyesuaikan dengan tutup radiator yang ada dipasaran, sehingga aksesoris ini dapat menempel secara sempurna di atas tutup radiator tersebut.

3.4.2 Desain

Setelah diketahui ukuran yang dibutuhkan, tahapan berikutnya adalah menentukan desain yang akan digunakan dalam perancangan ini, langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan riset terhadap desain yang sudah ada dipasaran sebagai arahan desain yang akan digunakan nantinya.

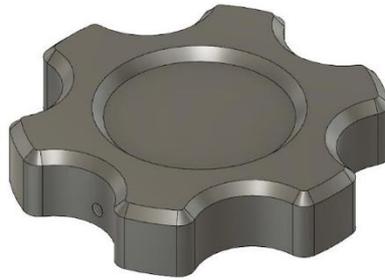


Gambar 3- 5 Perbandingan desain di internet

Berdasarkan desain yang ada di pasaran, dibuatlah beberapa desain yang akan menjadi desain akhir terhadap rancangan ini. Desain pertama menggabungkan elemen-elemen yang digemari di pasaran, dan desain kedua terinspirasi dari bentuk gear atau roda gigi hal ini dipilih karena mempunyai hubungan yang erat dengan Teknik Mesin.



Gambar 3- 6 Desain pertama



Gambar 3- 7 Desain kedua

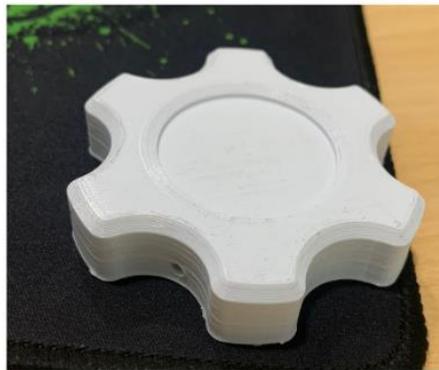
Setelah mempertimbangkan beberapa faktor pendukung untuk pemilihan desain akhir, yaitu strategi pemesinan yang lebih lama karena desain memerlukan 2 mata pahat chamfer untuk bagian lengkung pada desain sehingga menyebabkan waktu pengerjaan yang lebih lama. Alasan lain adalah karena identitas dari desain kedua lebih melekat pada Teknik Mesin, dipilihlah desain kedua sebagai desain yang akan digunakan pada rancangan kali ini.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Prototipe 3D Print

Setelah ditentukan desain yang akan digunakan, desain produk tersebut lalu dicetak menggunakan 3D Printer dengan material Filament PLA+ dengan dimensi dan ukuran yang sesuai dengan desain. Hal ini untuk memastikan ukuran dimensi produk pada desain dapat diaplikasikan pada sepeda motor nantinya.

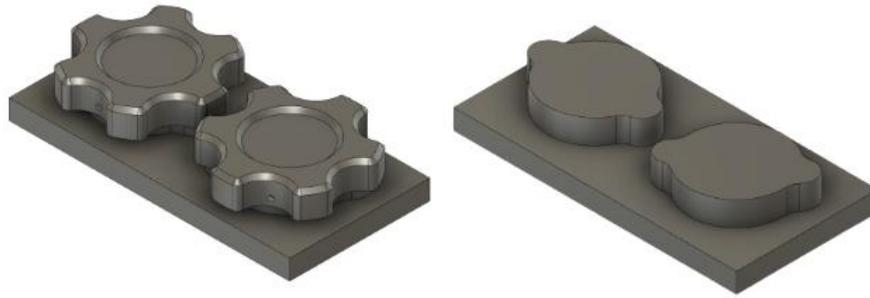


Gambar 4- 1 Prototipe 3D print produk



Gambar 4- 2 Prototipe 3D print produk terpasang

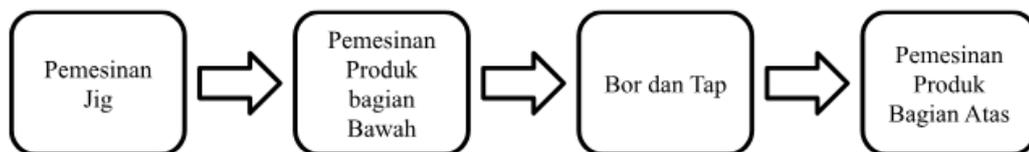
Gambar 4-1 merupakan hasil dari 3D Print yang dilakukan. Hasil prototipe tersebut lalu diaplikasikan pada Tutup Radiator Yamaha Aerox 155. Berdasarkan gambar dibawah dapat disimpulkan bahwa dimensi desain prototipe sudah memenuhi kriteria desain, sehingga bisa dilanjutkan ke tahapan berikutnya yaitu pembuatan desain *jig* untuk proses pemesinan dengan mesin CNC.



Gambar 4- 3 Desain *jig*

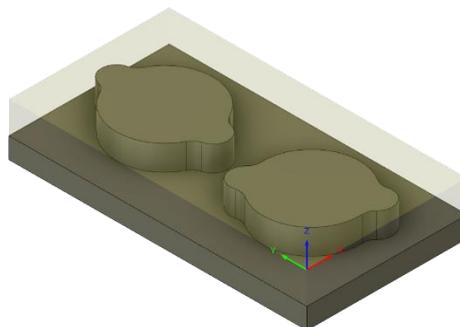
4.2 Analisis dan Pembahasan

Setelah didapatkan desain produk dan *jig* beserta dimensinya, proses selanjutnya adalah proses pemesinan yang dilakukan melalui perangkat lunak Autodesk Fusion 360. Strategi pemesinan sendiri terbagi menjadi 3 bagian yaitu strategi pemesinan *jig* pemesinan produk bagian bawah, dan pemesinan produk atas. Adapun urutan pemesinan yang akan dilakukan dapat dilihat pada gambar dibawah



Gambar 4- 4 Urutan pemesinan

4.2.1 Simulasi Proses *Jig*



Gambar 4- 5 Simulasi *stock jig*

Proses pemesinan *jig* dibagi menjadi 2 proses/setup yang terdiri dari; *Facing* dan *2D Adaptive* yang seragam menggunakan mata pahat *end mill* dengan diameter 12mm. Gambar 4-12 diatas memperlihatkan *stock* yang akan digunakan sebagai benda kerja. Estimasi semua proses tersebut memakan waktu selama 38 menit 10 detik. Parameter yang digunakan pada pemesinan *jig* dapat dilihat pada Tabel 4- dibawah.

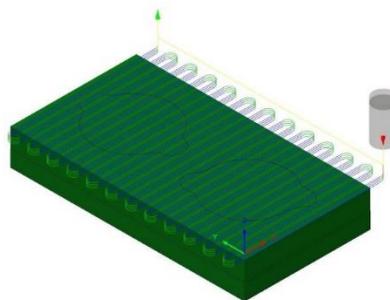
Tabel 4- 1 Parameter *jig*

No	Strategi	Mata Pahat	<i>Step over</i> (mm)	<i>Stepd own</i> (mm)	<i>Feed rate</i> (mm/min)	<i>Spindle speed</i> (rpm)
1	<i>Facing</i>	<i>End mill</i> 12 mm	6	0,5	1500	5570
2	<i>2D Adaptive</i>	<i>End mill</i> 12 mm	6	1	1500	5570

Tabel 4- 2 Estimasi waktu pemesinan pada *jig*

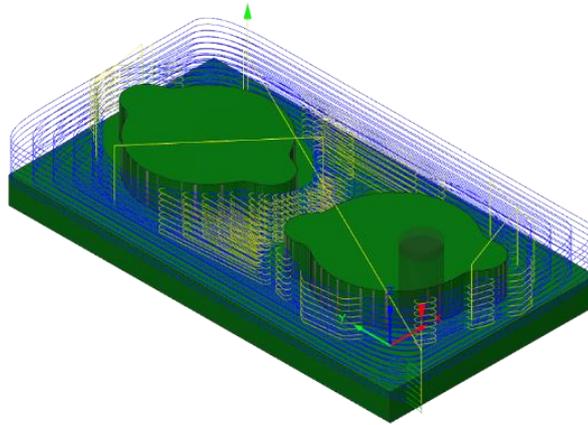
No	Strategi	Waktu
1	<i>Facing</i>	6 menit 18 detik
2	<i>2D Adaptive</i>	31 menit 52 detik
Total Waktu		38 menit 10 detik

Gambar 4-6 dibawah memperlihatkan simulasi strategi *facing* pada rancangan ini. Proses *facing* berguna untuk memakan bagian atas *stock* untuk meningkatkan kualitas permukaan dan mempersiapkan permukaan sebelum proses lanjutan. Pada proses ini menggunakan *stepdown* 0,5mm dengan *feedrate* 1000 mm/min yang memakan waktu 6 menit 18 detik.



Gambar 4- 6 *Facing jig*

Selanjutnya adalah proses *2D Adaptive* untuk pemakanan yang mengikuti kontur produk dengan presisi yang lebih tinggi. Pada proses ini menggunakan *stepdown* 12mm dengan *feedrate* 1500 mm/min serta *multiple depth* 1 mm yang memakan waktu 31 menit 52 detik.



Gambar 4- 7 2D Adaptive jig

4.2.2 Simulasi Proses Bagian Bawah

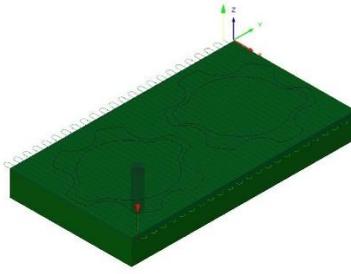
Proses pemesinan produk bagian bawah dibagi menjadi 6 proses/setup yang terdiri dari; *Facing*, 2 kali *2D Adaptive*, *2D Contour*, *2D Adaptive*, dan *2D Contour* yang seragam menggunakan mata pahat *end mill* dengan diameter 6mm. Estimasi semua proses tersebut memakan waktu selama 1 jam 16 menit 21 detik. Tabel 4-3 dibawah memperlihatkan parameter yang digunakan untuk pemesinan produk bagian bawah.

Tabel 4- 3 Parameter produk bagian bawah

No	Strategi	Mata Pahat	Step over (mm)	Stepdown (mm)	Feedrate (mm/min)	Spindle speed (rpm)
1	<i>Facing</i>	<i>End mill 6 mm</i>	3	0.5	1500	5570
2	<i>2D Adaptive</i>	<i>End mill 6 mm</i>	3	0.5	1000	5570
3	<i>2D Adaptive</i>	<i>End mill 6 mm</i>	3	0.5	1000	5570
4	<i>2D Contour</i>	<i>End mill 6 mm</i>	3	0.5	1000	5570
5	<i>2D Adaptive</i>	<i>End mill 6 mm</i>	3	0.5	1500	5570
6	<i>2D Contour</i>	<i>End mill 6 mm</i>	3	0.5	1500	5570

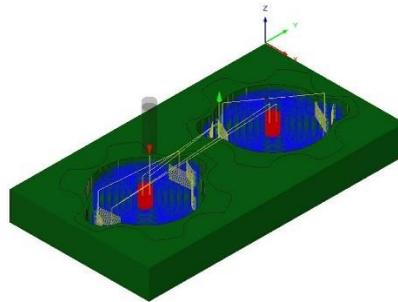
Tabel 4- 4 Estimasi waktu pemesinan pada bagian bawah

No	Strategi	Waktu
1	<i>Facing</i>	2 menit 44 detik
2	<i>2D Adaptive</i>	20 menit 44 detik
3	<i>2D Adaptive</i>	12 menit 14 detik
4	<i>2D Contour</i>	19 detik
5	<i>2D Adaptive</i>	39 menit 53 detik
6	<i>2D Contour</i>	24 detik
Total Waktu		1 jam 16 menit 18 detik



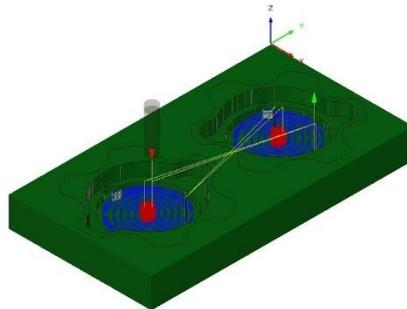
Gambar 4- 8 *Facing* produk bagian bawah

Proses *facing* yang dapat dilihat pada gambar 4-8 diatas, menggunakan *stepdown* 0.5mm dengan *feedrate* 1000 mm/min. Proses ini memakan waktu 2 menit 44 detik.



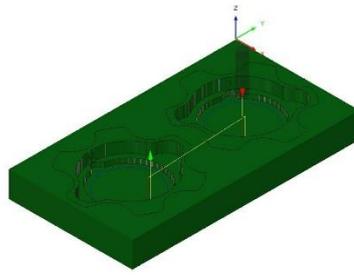
Gambar 4- 9 2D *Adaptive* produk bagian bawah

Proses 2D *Adaptive* pertama berguna untuk memakan bagian dalam produk dengan *stepdown* 7mm dengan *feedrate* 1000 mm/min serta *stepdown* 0.5mm. Proses ini memakan waktu 20 menit 44 detik.



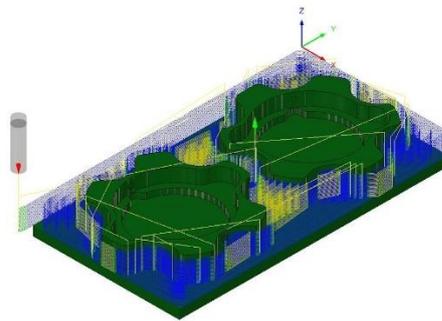
Gambar 4- 10 2D *Adaptive* kedua produk bagian bawah

Proses 2D *Adaptive* kedua berguna untuk memakan bagian dalam produk dengan *stepdown* 10mm dengan *feedrate* 1000 mm/min serta *stepdown* 0.5mm. Proses ini memakan waktu 12 menit 14 detik.



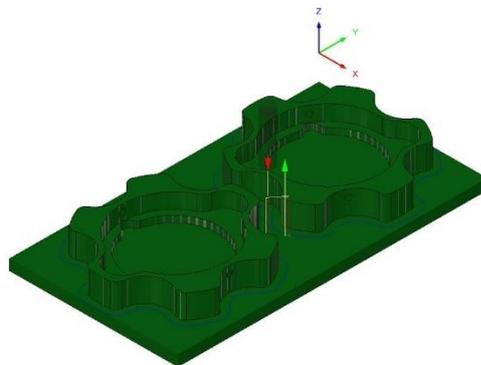
Gambar 4- 11 2D *Contour* produk bagian bawah

Proses 2D *Contour* pertama ini berguna untuk pembentukan kontur pada bagian paling dalam produk dengan *stepdown* 10mm untuk memastikan akurasi kontur, dengan *feedrate* 1000 mm/min serta *stepdown* 0.5 mm. Proses ini memakan waktu 19 detik.



Gambar 4- 12 2D *Adaptive* ketiga produk bagian bawah

Proses 2D *Adaptive* ketiga berguna untuk memakan bagian luar dari produk tersebut dengan *stepdown* 0.5 mm dengan *feedrate* 1500 mm/min. Proses ini memakan waktu 39 menit 53 detik.



Gambar 4- 13 2D *Contour* kedua produk bagian bawah

Proses terakhir adalah 2D *Contour* pada bagian luar produk dengan *stepdown* 0.5 mm dan *feedrate* 1500 yang memakan waktu 24 detik.

4.2.3 Simulasi Proses Produk Bagian Atas

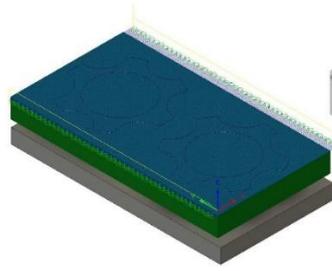
Proses pemesinan produk bagian atas dibagi menjadi 5 proses/setup yang terdiri dari; *facing*, 2 kali *2D adaptive*, dan 2 kali *trace*. Pada proses ini menggunakan 2 mata pahat yaitu *end mill* 6mm dan *chamfer* 6mm dengan kemiringan 45 derajat. Estimasi semua proses tersebut memakan waktu selama 31 menit 36 detik. Tabel 4-5 dibawah memperlihatkan parameter yang digunakan untuk pemesinan produk bagian atas.

Tabel 4- 5 Parameter Produk Bagian Atas

No	Strategi	Mata Pahat	<i>Step over</i> (mm)	<i>Stepd own</i> (mm)	<i>Feedrate</i> (mm/min)	<i>Spindle speed</i> (rpm)
1	<i>Facing</i>	<i>End mill</i> 6 mm	3	0.5	1500	5570
2	<i>2D Adaptive</i>	<i>End mill</i> 6 mm	3	0.5	1000	5570
3	<i>2D Adaptive</i>	<i>End mill</i> 6 mm	3	0.5	1000	5570
4	<i>Trace</i>	<i>Chamfer</i> 6 mm	0	2	500	5570
5	<i>Trace</i>	<i>Chamfer</i> 6 mm	0	2	500	5570

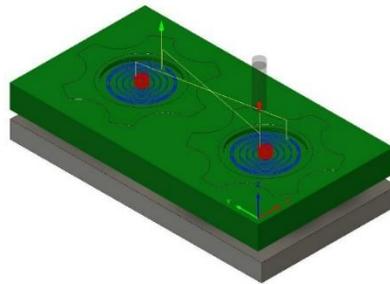
Tabel 4- 6 Estimasi waktu pemesinan pada bagian atas

No	Strategi	Waktu
1	<i>Facing</i>	12 menit 11 detik
2	<i>2D Adaptive</i>	5 menit
3	<i>2D Adaptive</i>	10 menit 20 detik
4	<i>Trace</i>	1 menit 12 detik
5	<i>Trace</i>	1 menit 2 detik
Total Waktu		29 menit 45 detik



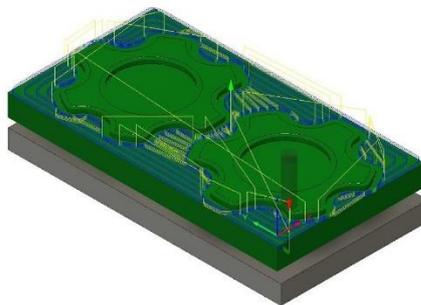
Gambar 4- 14 *Facing* Produk Bagian Atas

Proses *facing* menggunakan *stepdown* 0.5mm dengan *feedrate* 1500 mm/min . Proses ini memakan waktu 12 menit 11 detik.



Gambar 4- 15 *2D Adaptive* Produk Bagian Atas

Proses *2D Adaptive* pertama berguna untuk memakan bagian dalam produk dengan *stepdown* 2mm dengan *feedrate* 1500 mm/min. Proses ini memakan waktu 5 menit.



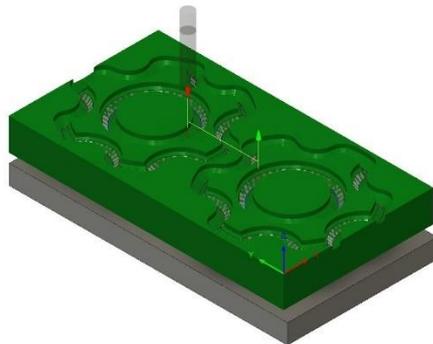
Gambar 4- 16 *2D Adaptive* Kedua Produk Bagian Atas

Proses *2D Adaptive* kedua berguna untuk memakan bagian dalam produk dengan *stepdown* 2mm. Proses ini memakan waktu 10 menit 20 detik.



Gambar 4- 17 *Trace* Produk Bagian Atas

Proses *trace* pertama ini berguna untuk pembentukan kontur dengan kemiringan bagian dalam produk dengan *stepdown* 2mm dan *feedrate* 500 mm/min. Proses ini memakan waktu 1 menit 12 detik.



Gambar 4- 18 *Trace* Kedua Produk Bagian Atas

Proses *trace* kedua berguna untuk memakan bagian luar dari produk tersebut dengan *stepdown* 2mm dengan *feedrate* 500 mm/min. Proses ini memakan waktu 1 menit 2 detik.

4.3 Proses Persiapan dan Hasil Material Prototipe

Sebelum dilakukan pemesinan menggunakan material akhir yaitu aluminium, dilakukan percobaan pemesinan menggunakan material prototipe resin pada mesin CNC Supermill. Keputusan ini berguna untuk mengevaluasi strategi pemesinan, fitur, dimensi produk, dan mengantisipasi kesalahan dalam proses pemesinan menggunakan aluminium nantinya.

4.3.1 Persiapan Material



Gambar 4- 19 Cetakan Resin

Langkah pertama dalam persiapan material adalah melakukan pencetakan resin pada cetakan kaca yang sudah dipersiapkan. Pada rancangan kali ini ukuran kaca dapat dimodifikasi untuk memenuhi ukuran desain yang berbeda.



Gambar 4- 20 Proses Pemakanan Resin

Resin yang sudah kering dikeluarkan dari cetakan dan dilakukan proses *facing* manual menggunakan CNC Supermill dengan mata pahat end mill 12mm . Proses ini berguna untuk memakan material berlebih dan menciptakan permukaan yang datar dan seragam.

4.3.2 Pengaturan *Origin*

Pengaturan *origin* atau biasa disebut *zero point* pada CNC *Milling* adalah langkah penting dalam menentukan titik awal atau referensi pada proses pemotongan. Hal ini memastikan bahwa setiap program CNC yang dijalankan sesuai dengan koordinat yang sudah ditentukan sehingga proses pengerjaan konsisten dari satu pekerjaan ke pekerjaan lainnya.



Gambar 4- 21 Pengaturan *Origin* untuk Prototipe

Proses ini terdiri dari pengaturan *origin* titik x , y , dan z . Proses ini dilakukan secara manual untuk memastikan titik koordinat sudah sesuai dengan produk. Pada tahapan ini dibantu dengan selembar kertas untuk memastikan mata pahat sudah menyentuh rapat dengan produk. Dengan melakukan pengaturan *origin* ini dapat ditentukan nilai offset pada parameter untuk melanjutkan pengerjaan CNC tersebut.

4.3.3 Proses Pemesinan *Jig*



Gambar 4- 22 Percobaan Pertama *Jig*

Pada rancangan awal *Jig*, target awal adalah membuat produk sebanyak mungkin dalam satu kali produksi. Sehingga pada percobaan pemesinan prototipe resin ini menyesuaikan jumlah awal yaitu 4 buah produk dalam satu kali produksi. Namun kesalahan pada desain ini adalah, tidak memungkinkan untuk dilakukan pengeboran untuk lubang yang berguna sebagai pengunci pada

samping produk. Sehingga perlu dilakukan revisi terhadap desain yang baru diketahui setelah proses pemesinan bagian bawah produk.

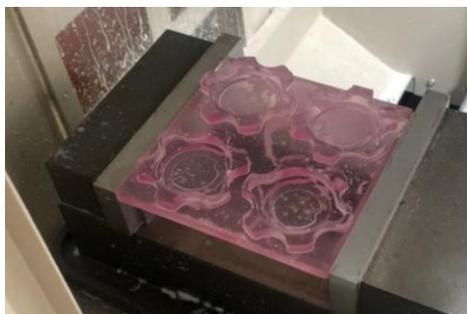


Gambar 4- 23 Revisi desain *jig*

Revisi pada desain dilakukan sehingga ukuran *jig* yang digunakan selanjutnya menyesuaikan untuk mencakup 2 buah produk akhir. Hal ini mengeliminasi kendala sebelumnya yang mempermudah pada proses pengeboran dan *tapping* pada bagian samping produk.

4.3.4 Proses Pemesinan Produk Bagian Bawah

Pada proses pemesinan produk sendiri terbagi menjadi 2 proses, yaitu bagian atas dan bagian bawah, hal ini memungkinkan untuk membuat lubang pengunci pada bagian samping produk yang tidak hanya berguna untuk mengunci produk pada tutup radiator, juga mengunci produk pada *jig* saat proses pemakanan bagian atas produk.



Gambar 4- 24 Pemesinan Bagian Bawah Prototipe

Setelah proses pemakanan bagian bawah, diketahui bahwa desain yang sudah ditentukan tidak bisa dilanjutkan ke tahapan *tapping* karena ukuran mata bor tidak mencukupi, sehingga dilakukan revisi desain dan pemotongan produk menjadi 2 bagian seperti yang sudah dijelaskan pada 4.3.3.



Gambar 4- 25 Hasil Revisi Pemakanan Bagian Bawah Prototipe

Hal ini menghasilkan bentuk produk sementara yang bisa dilanjutkan ke proses bor dan *tapping*.

4.3.5 Proses Pembuatan Pengunci

Proses pembuatan pengunci sendiri terbagi menjadi 2 bagian, yaitu proses bor manual menggunakan mesin bor duduk dan *tapping* manual.



Gambar 4- 26 *Stock* Produk yang sudah terkunci pada *Jig*

A. Proses Bor

Karena pengunci nantinya menggunakan baut headless 4mm, dilakukan pengeboran manual dengan ukuran 3mm, hal ini menyediakan lubang yang cukup untuk dilanjutkan pada proses *tapping* 4mm. Pengeboran dilakukan pada 2 sisi samping produk, sehingga menciptakan pengunci yang dapat mencekram kuat *jig* dan tutup radiator nantinya.

B. Proses *Tapping*

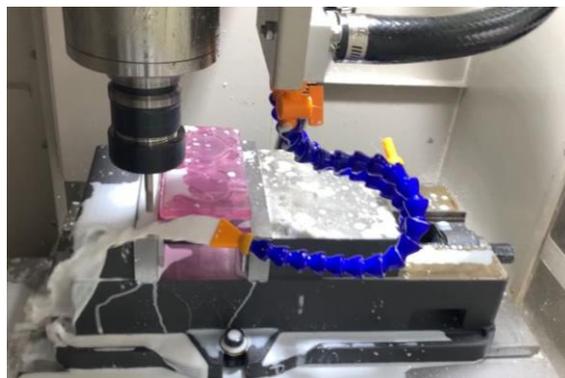


Gambar 4- 27 Tap

Produk sementara yang sudah dibor, lalu akan melalui proses *tapping* atau *threading*. Ukuran alat *tap* adalah 4mm dan dilakukan secara manual. Proses ini menghasilkan 2 lubang pada tiap produk yang memungkinkan untuk dilakukan penguncian dengan baut headless 4mm pada *jig* dan juga tutup radiator nantinya.

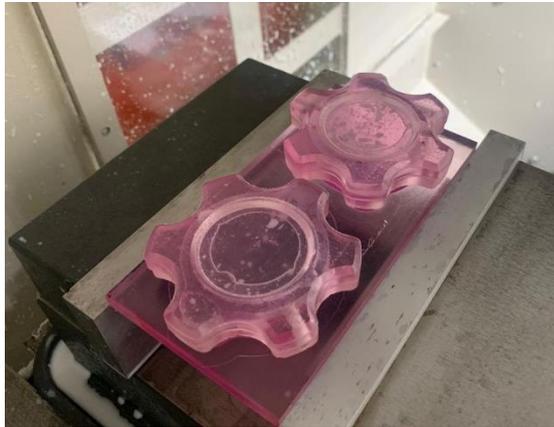
4.3.6 Proses Pemesinan Bagian Atas

Pada proses pemakanan bagian atas produk, terjadi kesalahan berupa ukuran *stock* resin tidak sesuai dengan ukuran yang sudah ditentukan pada proses CAM, sehingga terdapat kemiringan sebanyak ± 2 mm dari ukuran seharusnya. Namun kesalahan ini hanya berdampak pada bagian luar dari produk, sehingga untuk pengujian pemasangan masih bisa dilaksanakan.



Gambar 4- 28 Pemesinan Produk Bagian Atas

Sebelum dilakukan pemesinan bagian atas produk, dilakukan pemasangan produk pada *jig* yang dikunci menggunakan baut headless 4mm. Hal ini berguna untuk mengurangi resiko perubahan posisi produk yang tidak diinginkan pada saat proses pemakanan. Hasil dari proses ini adalah 2 buah tutup radiator.



Gambar 4- 29 Hasil Pemesinan Produk Bagian Atas

4.3.7 Hasil Pengujian Prototipe Resin



Gambar 4- 30 Prototipe Produk

Setelah melalui tahapan tahapan diatas. dapat dianalisa bahwa terdapat kesalahan dalam pengukuran *stock* yang mengakibatkan kemiringan antara bagian atas dan bagian bawah produk. Hal ini dapat diantisipasi dengan memastikan ukuran *stock* yang digunakan sesuai dengan yang sudah ditentukan pada CAM.



Gambar 4- 31 Prototipe Produk Terpasang

Tahapan berikutnya adalah pengaplikasian hasil prototipe resin pada tutup radiator. Pada percobaan kali ini menggunakan Yamaha Aerox 155. Seperti yang bisa dianalisa pada gambar diatas, Produk berhasil menempel sempurna pada tutup radiator dan mekanisme pengunci juga dapat mencengkram tutup radiator dengan baik.

4.4 Proses Persiapan dan Hasil Material Aluminium

Seperti proses pemesinan dengan resin, proses pemesinan material aluminium sebagai produk dimulai dengan persiapan material terlebih dahulu.

4.4.1 Persiapan Material

Persiapan material dimulai dengan melakukan *facing* pada bagian samping produk untuk menciptakan permukaan yang rata dan seragam. Tahapan ini dilakukan dengan bantuan mesin frais.

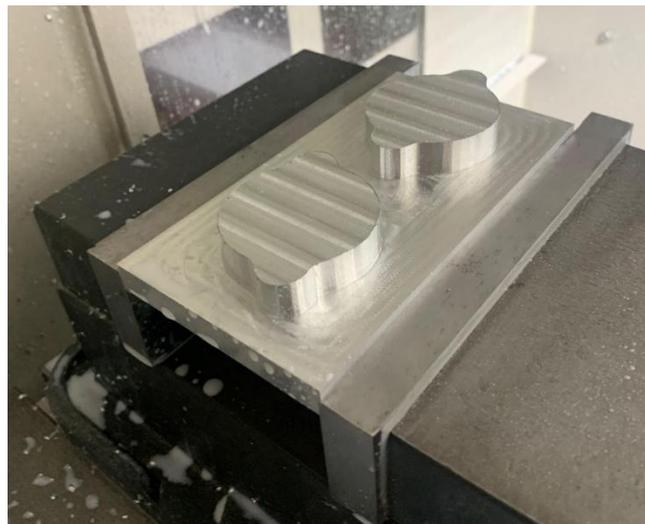
4.4.2 Pengaturan *Origin*



Gambar 4- 32 Pengaturan *Origin Stock*

Seperti pada pengaturan *origin* sebelumnya, pada tahapan ini dilakukan menentukan titik awal atau referensi pada titik x, y, dan z untuk proses pemotongan. Proses ini juga menyesuaikan antara ukuran *stock* dengan ukuran yang sudah ditentukan pada tahapan CAM sebelumnya.

4.4.3 Pemesinan *Jig*



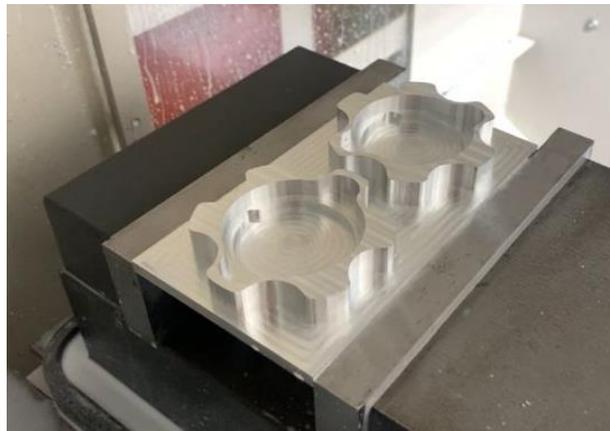
Gambar 4- 33 Hasil *Jig*

Proses pemesinan *jig* mengikuti setup yang sudah dirancang pada proses CAM sebelumnya. Proses ini menghasilkan 1 buah *jig* yang dapat menahan 2 buah produk akhir. Detail pengaturan strategi pemesinan dan waktu pengerjaan dirinci sebagai berikut;

Tabel 4- 7 Estimasi Waktu Pemesinan *Jig*

No.	Proses	Waktu
1.	Pemasangan stock pada ragum dan pengaturan origin	23 menit 32 detik
2.	Facing	8 menit 20 detik
3.	2D Adaptive	37 menit 13 detik
Total Waktu Pemesinan		1 jam 9 menit 5 detik

4.4.4 Pemesinan Bagian Bawah Produk



Gambar 4- 34 Hasil Produk Bagian Bawah

Proses pemesinan bagian bawah produk juga mengikuti setup yang sudah dirancang pada proses CAM sebelumnya. Proses pemesinan ini berhasil dikerjakan dan menghasilkan produk sementara yang dapat dilanjutkan dengan proses bor dan tap.

Tabel 4- 8 Estimasi Waktu Pemesinan Produk Bagian Bawah

No	Proses		Waktu
1	Bagian Bawah	Pemasangan <i>stock</i> pada ragum dan pengaturan origin	20 menit 15 detik
		<i>Facing</i>	5 menit 40 detik
		<i>Adaptive</i> dan <i>contour</i> bagian dalam	47 menit 35 detik
		<i>Adaptive</i> dan <i>contour</i> bagian luar	50 menit 32 detik
Total Time			2 jam 20 menit 42 detik

4.4.5 Proses Pembuatan Pengunci

Proses pembuatan pengunci sendiri terbagi menjadi 2 bagian, yaitu proses bor manual menggunakan mesin bor duduk dan tapping manual total pengerjaan memakan waktu 10 menit dengan detail seperti pada tabel berikut;

Tabel 4- 9 Estimasi Waktu Pemesinan Bor dan Tap

No	Proses		Waktu
2	Bor dan Tap	Bor	5 menit
		Tap	5 menit
Total Time			10 menit

A. Proses Bor



Gambar 4- 35 Proses Bor

Seperti yang telah dijelaskan pada poin 4.3.5.1, proses bor dilakukan dengan mesin bor duduk dengan mata pahat 3mm yang menghasilkan 2 buah lubang pada bagian samping produk.

B. Proses Tap



Gambar 4- 36 Proses Tap

Bahan kerja yang sudah melalui proses bor, akan melalui proses tap manual untuk membuat ulir pada lubang yang nantinya akan digunakan untuk memasang baut pada produk. Hal ini memberikan koneksi yang aman dan stabil antara baut dan produk nantinya.

4.4.6 Pemesinan Bagian Atas



Gambar 4- 37 Hasil Produk Bagian Atas

Sebelum dilakukan pemesinan bagian atas produk, dilakukan pemasangan produk pada *jig* yang dikunci menggunakan baut headless 4mm. Hal ini berguna untuk mengurangi resiko perubahan posisi produk yang tidak diinginkan pada saat proses pemakanan. Hasil dari proses ini adalah 2 buah tutup radiator. Tabel 4-5 dibawah menjelaskan estimasi waktu pemesinan produk bagian atas

Tabel 4- 10 Estimasi Waktu Pemesinan Produk Bagian Atas

No	Proses		Waktu
3	Bagian Atas	Pemasangan baut pada <i>jig</i> dan produk	5 menit
		Pemasangan <i>stock</i> pada ragum dan pengaturan origin	23 menit 50 detik
		<i>Facing</i> dan <i>adaptive</i>	37 menit 01 detik
		Penggantian mata pahat <i>End Mill</i> 6 mm ke <i>Chamfer</i> 6 mm	45 detik
		<i>Trace</i>	4 menit 30 detik
Total Time			1 jam 27 menit 46 detik

Jika dapat dijumlahkan, total estimasi waktu pemakanan untuk produk adalah 3 jam 25 menit 58 detik dengan penjelasan seperti pada tabel berikut;

Tabel 4- 11 Estimasi Waktu Pemesinan Produk

No	Proses	Waktu
1	Bagian Bawah	2 jam 20 menit 42 detik
2	Bor dan Tap	10 menit
3	Bagian Atas	1 jam 27 menit 46 detik
Total Time		3 jam 25 menit 58 detik

4.4.7 Hasil Pemasangan Produk



Gambar 4- 38 Hasil Pemasangan Produk

Tahapan berikutnya adalah pemasangan aksesoris Tutup Radiator *Universal* pada sepeda motor, pada rancangan kali ini pemasangan dilakukan pada Yamaha Aerox 155. Seperti yang bisa dilihat pada gambar diatas, produk dapat terpasang dengan baik pada tutup radiator dan fitur pengunci bisa mencengkram secara baik.

4.5 *Laser marking*



Gambar 4- 39 Proses *Laser marking*

Setelah melalui proses pemesinan *CNC Milling*, tahapan terakhir dalam rancangan ini *Laser marking*, yaitu proses pemberian tanda pada produk menggunakan sinar laser. Metode ini memberikan presisi tinggi pada desain yang sudah ditentukan dengan cepat dan efisien. Hasil akhir berupa 2 buah produk

produk dengan logo yang dapat diidentifikasi dan tahan lama. Desain yang digunakan pada rancangan kali ini adalah sebagai berikut;



Gambar 4- 40 Desain *Laser marking*

Kendala yang dihadapi pada proses ini adalah, pada salah satu dari 2 produk yang diuji, hasil akhir dari *laser marking* tidak sesuai dengan fitur *preview* yang menampilkan simulasi hasil dari produk tersebut seperti yang bisa dilihat pada percobaan pertama di Tabel 4-6 . Sehingga menghasilkan tanda yang tidak sesuai dengan yang diinginkan.

Tabel 4- 12 Parameter *Laser marking*

100	80	 <p data-bbox="876 1514 1099 1541">Warna kurang terlihat</p>
100	100	

4.6 Hasil Akhir Produk

Pengujian terhadap pemasangan produk akhir dilakukan pada Yamaha Aerox 155



Gambar 4- 41 Produk Akhir Terpasang

4.7 Perhitungan Biaya Produksi

Pada tahapan ini dilakukan identifikasi dan perhitungan semua biaya yang terlibat dalam produksi Tutup Radiator *Universal*. Perhitungan ini terdiri dari asumsi untuk perhitungan harga pokok produksi, biaya riset dan pengembangan (*R&D Cost*) yang tertera pada Tabel 4-14 , overhead cost yang tertera pada Tabel 4-15 dan *Production Cost* yang tertera pada Tabel 4-16 . Hal ini berguna dalam menentukan harga pokok produksi per piece.

Tabel 4- 13 Asumsi untuk perhitungan Harga Pokok Produksi

No.	Item	Asumsi
1	<i>Shift</i>	1 shift = 8 jam. Dalam satu hari hanya ada 1 shift.
2	Hari kerja	Dalam 1 minggu terdapat 5 hari kerja dan dalam

		1 bulan terdapat 22 hari kerja.
3	Mesin CNC	Mesin CNC dapat digunakan sampai 10 tahun jam kerja (87660 jam). Paket pembelian sudah termasuk kompresor serta arbor dan collet set.
4	<i>End mill 12 mm dan 6 mm</i>	Mata pahat dapat dipakai hingga 1 minggu jam kerja (5 shift).
5	<i>Chamfer mill 4 mm</i>	Mata pahat dapat dipakai hingga 2 minggu jam kerja (10 shift).
6	<i>Mata Bor 3 mm</i>	Mata pahat dapat dipakai hingga 1 bulan jam kerja (22 shift).
7	Aluminium <i>jig</i> , baut headless 4 mm, kunci 1, dan spidol.	Dapat dipakai hingga 3 bulan jam kerja (66 shift).
8	Oli	Pemakaian oli tiap shift adalah 75 ml, sehingga 1 liter oli dapat dipakai hingga 13 shift,
9	Air	1 galon air bisa dipakai untuk 5 shift.
10	<i>Coolant</i>	<i>Coolant diganti setelah 22 shift. setiap penggantian membutuhkan 4 liter.</i>
11	Listrik pembuatan <i>jig</i>	Listrik pembuatan <i>jig</i> selama 1 jam 30 menit dan <i>jig</i> dapat dipakai hingga 66 shift.
12	Listrik pembuatan produk	Listrik pemakaian station CNC dalam 1 shift (8 jam).
13	Biaya riset dan pengembangan (<i>R&D Cost</i>)	R&D dilakukan menggunakan alat-alat yang sama dengan <i>overhead</i> dan dilakukan kembali setelah 1 tahun (264 shift)

Berdasarkan setiap produk yang dihasilkan, dibutuhkan 1.14% dari Harga Pokok Produksi untuk biaya riset dan pengembangan (*R&D Cost*). Penjelasan mengenai biaya riset dan pengembangan dapat dilihat pada Tabel 4-14.

Tabel 4- 14 Biaya Riset dan Pengembangan (R&D Cost)

Biaya Riset dan Pengembangan (R&D Cost)					
No.	Barang	Jumlah	Satuan	Harga satuan	Harga total
1	Resin	1	kg	Rp36.200,00	Rp36.200,00
2	Cetakan Resin	1	Pcs	Rp30.000,00	Rp30.000,00
3	Plastisin	1	Plastik	Rp2.000,00	Rp2.000,00
4	3D Print	1	pcs	Rp30.000,00	Rp30.000,00
Total					Rp98.200,00

R&D Cost lalu ditambahkan pada perhitungan *overhead* cost serta biaya lainnya untuk mendapatkan biaya *overhead* dalam satu kali shift (8 jam). Rincian biaya tersebut dapat diperhatikan pada tabel 4-15 *Overhead Cost*

Tabel 4- 15 Overhead Cost

Overhead Cost							
No.	Item	Jumlah	Satuan	Harga Satuan	Harga Total	Sesi Pakai	Harga per Shift (Asumsi 8 Jam)
1	R & D Cost	1	Kali	Rp98.200,00	Rp98.200,00	64	Rp1.534,38
2	Mesin CNC	1	Pcs	Rp330.000.000,00	Rp330.000.000,00	10957	Rp30.117,73
3	End Mill 12 mm	1	Pcs	Rp60.000,00	Rp60.000,00	5	Rp12.000,00
4	End Mill 6 mm	1	Pcs	Rp25.000,00	Rp25.000,00	5	Rp5.000,00
5	Chamfer Mill 6mm	1	Pcs	Rp65.000,00	Rp65.000,00	10	Rp6.500,00
6	Aluminium Jig	1	Pcs	Rp225.000,00	Rp225.000,00	66	Rp3.409,09
7	Baut Headless 4mm	6	pcs	Rp500,00	Rp3.000,00	66	Rp45,45
8	Kunci L 3mm	1	pcs	Rp800,00	Rp800,00	66	Rp12,12
9	Mata Bor 3mm	1	pcs	Rp2.300,00	Rp2.300,00	22	Rp104,55
10	Spidol	1	Pcs	Rp10.000,00	Rp10.000,00	66	Rp151,52
11	Listrik Pembuatan Model	6,6	Jam	Rp8.803,68	Rp58.104,29	1	Rp58.104,29
12	Listrik Pembuatan Jig	1,5	Jam	Rp8.803,68	Rp13.205,52	66	Rp200,08
13	Oil	1	Liter	Rp50.000,00	Rp50.000,00	13	Rp3.846,15
14	Air	1	Galon	Rp20.000,00	Rp20.000,00	20	Rp1.000,00
15	Coolant	20	Liter	Rp67.500,00	Rp1.350.000,00	110	Rp12.272,73
Total					Rp331.980.609,81	Harga per Shift	Rp134.298,09

Dari biaya *overhead* cost tersebut, dapat dilakukan perhitungan untuk menentukan biaya produksi (*production cost*) yang dapat dilihat pada tabel 4-16 *Production Cost*

Tabel 4- 16 Production Cost

Production Cost					
No.	Item	Jumlah	Satuan	Harga Satuan	Harga Total
1	Overhead Cost Per Shift	1	Shift	Rp134.298,088	Rp134.298,09
2	Aluminium Block Model	2	pcs	Rp70.500,000	Rp141.000,00
5	Manpower	1	Sesi	Rp37.500,00	Rp37.500,00
Harga Pokok Produk					Rp312.798,09
Harga Pokok Produk per Piece					Rp78.199,52

Berdasarkan perhitungan *Production Cost*, didapatkan Harga Pokok Produksi sebesar Rp 219.756,94 dimana dalam satu shift dapat menghasilkan dua kali produksi yang menghasilkan empat buah produk, dengan harga pokok produk per piece adalah Rp 78.199,52.

4.8 Survey Pasar

Untuk mengidentifikasi peluang pasar, dilakukan survey pasar yang berisi dari 3 pertanyaan penting mengenai kepuasan calon pelanggan terhadap produk yang sudah dirancang. Pada survey yang telah dilakukan terdapat 32 responden dengan latar belakang mahasiswa dengan ketertarikan dalam dunia otomotif 18 orang yang mencakup 56.25% persen, 14 orang dengan latar belakang pekerja dengan ketertarikan dalam dunia otomotif yang mencakup 43.75% dari seluruh jumlah responden.3 Pertanyaan ini terdiri dari;

1. Menurut anda, seberapa menarik desain aksesoris tutup radiator tersebut?
2. Menurut anda, seberapa menarik tampilan produk tersebut ketika terpasang pada sepeda motor?
3. Menurut anda, berapa harga jual yang cocok untuk produk tersebut?

Pada pertanyaan pertama dan kedua dinilai dari skala 1 - 5 dengan penjabaran seperti berikut;

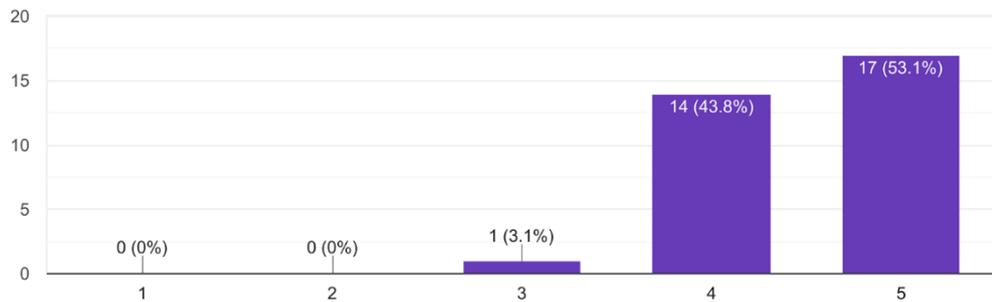
1. Sangat tidak menarik
2. Tidak menarik
3. Netral
4. Menarik
5. Sangat menarik

Pada pertanyaan ketiga, responden diminta memilih harga yang tepat untuk produk. Pilihan harga dibagi menjadi 3 opsi yaitu:

1. Rp 60.000 - Rp 70.000
2. Rp 70.000 - Rp 80.000
3. Rp 80.000 - Rp 90.000

Menurut anda, seberapa menarik desain aksesoris tutup radiator tersebut?

32 responses

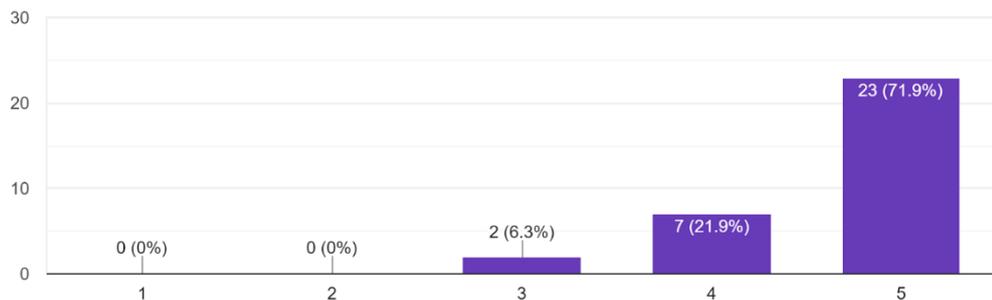


Gambar 4- 42 Grafik Pertanyaan Pertama

Seperti yang bisa diperhatikan pada gambar diatas, berdasarkan pertanyaan pertama terdapat 1 responden atau 3.1% dari seluruh responden yang netral terhadap desain produk. Kemudian terdapat 14 responden atau 43.8% dari seluruh responden yang tertarik terdapat desain produk tersebut, dan 17 orang responden atau 53.1% dari seluruh responden yang sangat tertarik terhadap desain produk tersebut.

Menurut anda, seberapa menarik tampilan produk tersebut ketika terpasang pada sepeda motor?

32 responses



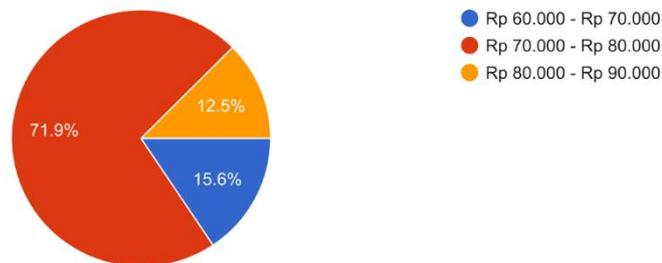
Gambar 4- 43 Grafik Pertanyaan Kedua

Untuk pertanyaan kedua seperti bisa dilihat pada diagram diatas, terdapat 2 responden atau 6.3% dari seluruh responden yang netral terhadap tampilan produk yang terpasang pada sepeda motor. Kemudian terdapat 7 responden atau 21.9% dari seluruh responden yang tertarik tampilan produk yang terpasang pada

sepeda motor, dan 23 orang responden atau 71.9% dari seluruh responden yang sangat tertarik terhadap tampilan produk yang terpasang pada sepeda motor.

Menurut anda, berapa harga jual yang cocok untuk produk tersebut?

32 responses



Gambar 4- 44 Grafik Pertanyaan Ketiga

Bisa dilihat pada diagram diatas, pada pertanyaan ketiga mengenai harga jual yang cocok untuk produk, terdapat 5 orang responden atau 15.6% dari seluruh responden yang menilai produk tersebut dapat dijual dengan rentang harga Rp 60.000 - Rp 70.000, sebanyak 23 orang responden atau 71.9% dari seluruh responden yang menilai produk tersebut dapat dijual dengan rentang harga Rp 70.000 - Rp 80.000, dan terdapat 4 orang responden atau 12.5% dari seluruh responden yang menilai produk tersebut dapat dijual dengan rentang harga Rp 80.000 - Rp 90.000.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari pembuatan tugas akhir Desain dan pembuatan produk kreatif aksesoris Tutup Radiator *Universal* menggunakan mesin CNC Supermill adalah sebagai berikut.

1. Telah dirancang dan dilakukan proses manufaktur menggunakan dengan CNC Supermill MK2.0. dengan hasil akhir produk tutup radiator universal dengan estimasi waktu pengerjaan 3 jam 25 menit dan *jig* produk dengan estimasi waktu pengerjaan 1 jam, 9 menit, dan 5 detik.
2. Telah didapatkan hasil perhitungan harga pokok produksi aksesoris tutup radiator universal dengan CNC Supermill MK2.0 yaitu Rp 78.199,52./pcs
3. Telah dilakukan survey pasar kepada calon konsumen untuk memberikan penilaian terhadap hasil produk tutup radiator universal dengan CNC Supermill MK2.0 dengan respon positif.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Meneliti cara untuk mengefisienkan waktu dan biaya produksi sehingga produk dapat bersaing secara harga di pasaran
2. Melakukan optimasi parameter pemesinan agar proses pemesinan lebih efisien.
3. Menambahkan proses finishing dengan pewarnaan pada produk serta variasi desain agar produk lebih menarik minat konsumen

DAFTAR PUSTAKA

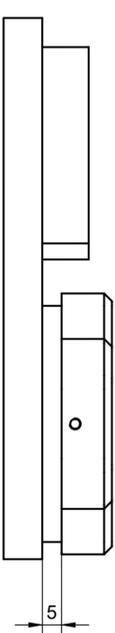
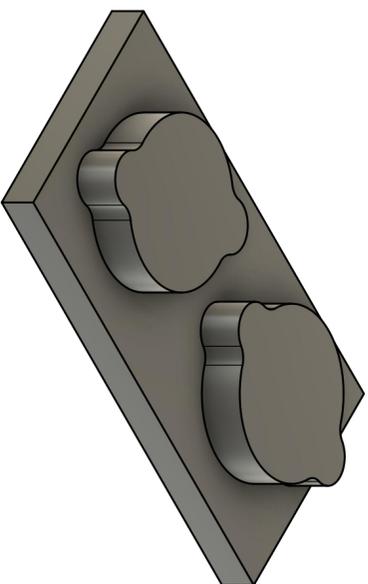
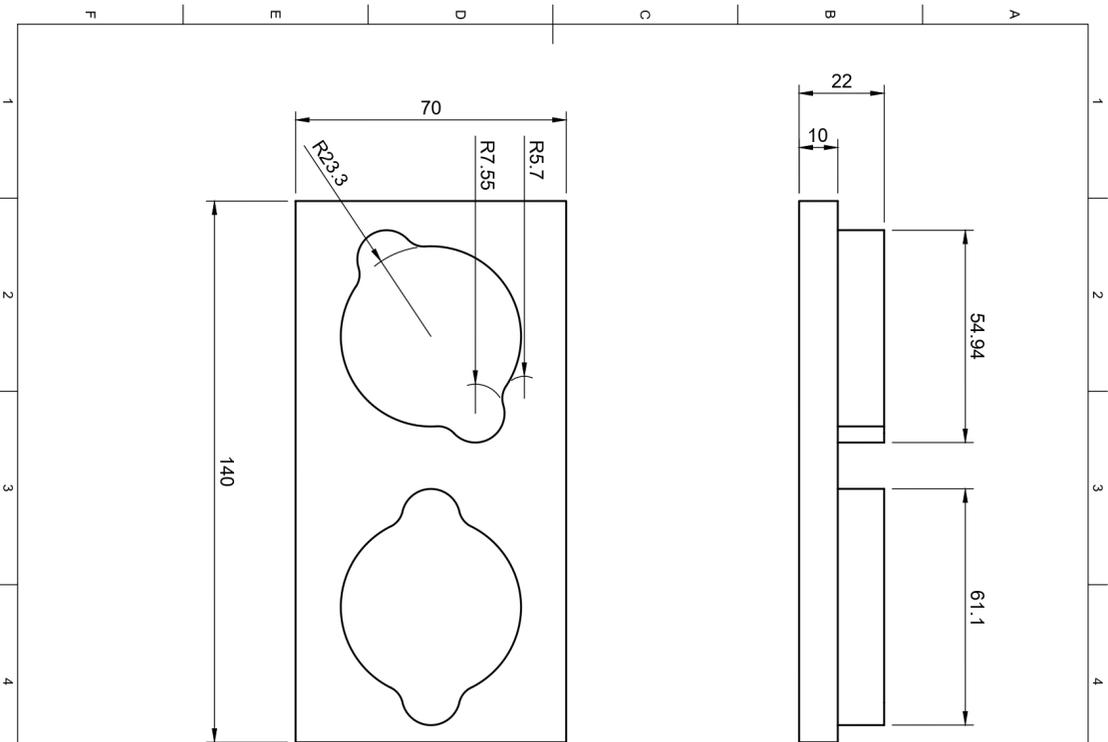
- Bratan, S., Novikov, P., & Roshchupkin, S. (2016). Application of Combined Taps for Increasing the Shaping Accuracy of the Internal Threads in Aluminium Alloys. In *Procedia Engineering* (Vol. 150, pp. 802–808). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.115>
- Carou, D., & Davim, J. P. (2018). *Machining of Light Alloys: Aluminum, titanium, and magnesium*. CRC Press.
- Davis, J. R. (2000). *Corrosion of aluminum and aluminum alloys*. ASM International.
- Deng, F., Li, R., Klan, S., & Volk, W. (2021). Comparative evaluation of marking methods on cast parts of al–si alloy with image processing. *International Journal of Metalcasting*, 16(3), 1122–1139. <https://doi.org/10.1007/s40962-021-00661-0>
- Harjono, A. S. (2022). PROSES MANUFACTURE SPARE PART VARIASI SEPEDA MOTOR DENGAN PROGRAM AUTODESK FUSION 360 PADA MESIN CNC MILLING 3 AXIS. *Inisiasi*, 9–14.
- Iqbal, M. (2018). ISENG-ISENG THAILOOK ZONE SURABAYA (Studi Deskriptif Fungsi Komunitas Penggemar Modifikasi Motor Iseng-iseng Thailook Surabaya bagi Anggotanya)
- Jia, Z.-y., Ma, J.-w., Song, D.-n., Wang, F.-j., & Liu, W. (2018). A review of *contouring-error* reduction methods in multi-axis CNC machining. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 125, 34–54. <https://doi.org/10.1016/j.ijmactools.2017.10.008>
- Kurniawan, F. (2007). PUSAT MODIFIKASI SEPEDA MOTOR DI JOGJAKARTA JOGJAKARTA MOTORCYCLE MODIFICATION CENTER: Eksplorasi konsep modifikasi sepeda motor sebagai pembentuk ekspresi arsitektural.
- Mamadjanov, A. M., Yusupov, S. M., & Sadirov, S. (2021). Advantages and the future of cnc machines. *Scientific progress*, 2(1), 1638–1647.
- Ostrowsky, O. (2013). *Engineering drawing: With CAD Applications*. Routledge Taylor & Francis Group.
- Purwanto, E. (2020). Analisis Harga Pokok Produksi Menggunakan Metode Full Costing Dalam Penetapan Harga Jual. *Journal of Applied Managerial Accounting*, 4(2), 248–253.
- Song, P. P., Qi, Y. M., & Cai, D. C. (2018). Research and Application of Autodesk Fusion360 in Industrial Design. In *IOP Conference Series: Materials Science and*

Engineering (Vol. 359, p. 012037). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/359/1/012037>

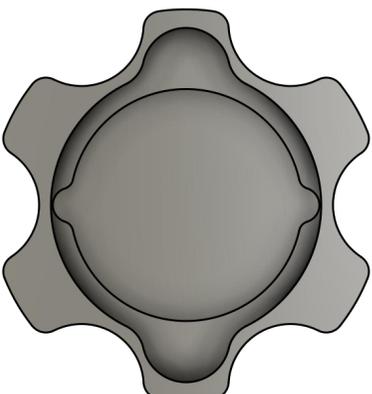
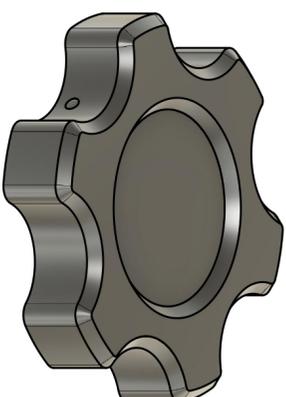
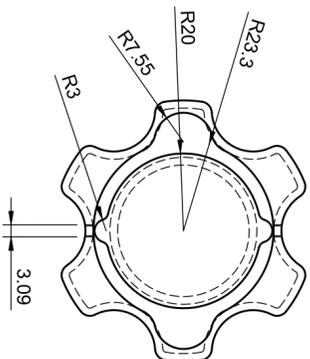
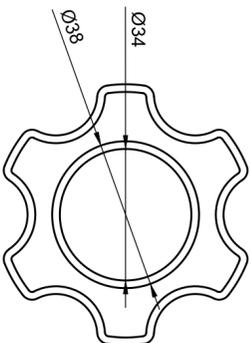
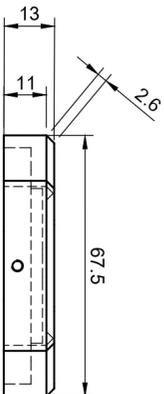
LAMPIRAN 1

Nama	Pekerjaan	Q1	Q2	Q4	Saran
M***** F*****	Mahasiswa	3	3	Rp 60.000 - Rp 70.000	dengan sentuhan finishing seperti pemberian warna yang menarik mungkin bisa dapat meningkatkan ketertarikan konsumen untuk membeli produk tersebut
A***** P****	Mahasiswa	5	5	Rp 70.000 - Rp 80.000	Mungkin untuk pengembangan kedepannya di adakan variasi warna saja untuk bentuk objek keseluruhan sudah sangat baik.
R****	Mahasiswa	4	5	Rp 70.000 - Rp 80.000	Menyesuaikan untuk berbagai motor
M***	Penulis	5	5	Rp 70.000 - Rp 80.000	Mungkin lebih banyak variasi warna
N*****	Project Manager	5	5	Rp 70.000 - Rp 80.000	Designnya bagus, semoga bisa di pasarkan ☺
M***** R*** A*****	Belum bekerja/S1	4	4	Rp 70.000 - Rp 80.000	
B*****	Pelajar	4	5	Rp 70.000 - Rp 80.000	Diberi variasi warna dan finishing seperti glossy, matte, atau doff
K**** R*****	Mahasiswa	4	4	Rp 70.000 - Rp 80.000	dibikin lebih shiny
v****	Artis	4	5	Rp 70.000 - Rp 80.000	mau dibikin warna warni biar lebih menarik
J***** M*****	Mahasiswa	5	5	Rp 70.000 - Rp 80.000	Sudah sangat bagus dan menjadi sebuah aksesoris yang simple namun menjadikan tampilan motor lebih gagah dan elegan.
A**** B*****	Mahasiswa	5	5	Rp 80.000 - Rp 90.000	lebih detail lagi dalam pengembangannya
I*** F*****	Mahasiswa	3	3	Rp 60.000 - Rp 70.000	Tutup radiator yg menarik menurut saya lebih kecil dri desain yg dibuat, jadi terkesan rapi dan tidak terlalu nampak
A****	Mahasiswa	5	5	Rp 70.000 - Rp 80.000	focus on the sustainability
r****	mahasiswa	5	5	Rp 70.000 - Rp 80.000	udah bagus si buat vespa kayanya
H***	Wedding Consultant	4	5	Rp 70.000 - Rp 80.000	semoga ga mogok pas ganti gigi
p*** w***** u***	pelajar	5	5	Rp 70.000 - Rp 80.000	produk lebih variatif
d**** u***	guru	4	4	Rp 60.000 - Rp 70.000	harga lebih murah
b****	mahasiswa	4	4	Rp 70.000 - Rp 80.000	

Z***	Mahasiswa	5	5	Rp 70.000 - Rp 80.000	Kualitas yang digunakan premium namun harga terjangkau
N****	Mahasiswa	4	5	Rp 60.000 - Rp 70.000	perhatikan Harga barang yang murah kualitas bagus
m***** z****	pns	5	5	Rp 80.000 - Rp 90.000	sudah baik
p****	pekerja swasta	4	4	Rp 70.000 - Rp 80.000	untuk ukuran mungkin lebih di minimalisir kembali tapi sudah bagus untuk bentuk/designnya
j*** f*** f*****	wiraswasta	5	4	Rp 70.000 - Rp 80.000	produk diperbanyak
H***	belum ada	5	5	Rp 80.000 - Rp 90.000	warna di bulat tengahnya coba yg lain
A***** S*****	Wirausaha	5	5	Rp 60.000 - Rp 70.000	Bisa custom bentuk nya
P****	mahasiswa	5	5	Rp 70.000 - Rp 80.000	
M****	Dokter	5	5	Rp 80.000 - Rp 90.000	Variasi warna neon
S***** L*****	Mahasiswi	5	5	Rp 60.000 - Rp 70.000	kayanya perlu warna yg lebih feminim buat cewe tp kalo ngga memungkinkan juga gapapa
D**** W*****	Mahasiswa	5	5	Rp 60.000 - Rp 70.000	Mungkin diberi warna akan lebih menarik, dan laser sangat bagus
D**** A****	Pegawai	4	5	Rp 70.000 - Rp 80.000	Penggunaan bahan dasar/material daur ulang dirasa akan mengurangi jejak karbon dari produksi produk. Dengan demikian juga bisa menarik minat pembeli yang memprioritaskan dampak lingkungan dalam keputusan pembelian konsumen walaupun keknya ga gede kali tapi mayan lah.. berharap bisa impactfull buat lingkungan. Oh iya jgn pake bahan dasar yg mudah berkarat!
F**	Mahasiswi	4	5	Rp 60.000 - Rp 70.000	
H***	Mahasiswa	4	4	Rp 70.000 - Rp 80.000	
a**	mahasiswi	5	5	Rp 70.000 - Rp 80.000	design sedikit bulky, namun jika diberi warna mungkin bisa menambah estetika 😊👍
B****	Mahasiswa	5	5	Rp 70.000 - Rp 80.000	Produk tersedia dengan beberapa pilihan warna
R****	Mahasiswa	5	5	Rp 70.000 - Rp 80.000	
N*****	Karyawan swasta	4	3	Rp 70.000 - Rp 80.000	



Dept	Technical reference	Created by	Approved by
		Muhammad Dafiq kurniawan 20/02/2024	
	Document type	Document status	
	Title	DWG No	
	Sheet Design - Ig12 Cap Tumpu Bendera Red Size 7th Design		
	Rev	Date of issue	Sheet
			1/1



Dept	Technical reference	Created by	Approved by
		Muhammad Daffa Kurniawan 15/11/2023	
	Document type	Title	Document status
		Cap Tulup Radiator Real Size 7th Design	
		DWG No.	Date of issue
		Rev.	Sheet
			1/1