

Pembuatan Master Perhiasan Cincin dengan Mesin CNC

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Badan Langgeng Firdaus

No. Mahasiswa : 20525149

NIRM : 2009090116

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

2025

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Badan Langgeng Firdaus
NIM : 20525149
Judul Tugas Akhir : Pembuatan Master Cincin dengan Mesin CNC

Dengan ini saya mengatakan bahwa tugas akhir ini mutlak karya sendiri, serta kutipan yang dilakukan secara tertulis berdasarkan kaidah dalam penulisan karya ilmiah yang berlaku. Sebagaimana penulis tidak melakukan plagiarisme terhadap dari karya ilmiah orang lain, kecuali kutipan dan referensi yang tercantum di dalam penulisan karya ilmiah ini. Apabila pernyataan penulis tidak benar di kemudian hari, serta terdapat melakukan pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya ilmiah ini. Penulis bersedia menanggung konsekuensi atau sanksi akademik yang berlaku. Demikianlah surat pernyataan ini yang saya buat sebagai bentuk pertanggungjawaban, tanpa ada paksaan atau pihak tertentu yang terlibat di dalamnya.

Yogyakarta, 5 September 2025

Ya yataan,

The block contains a handwritten signature in black ink over a red official stamp. The stamp is rectangular and contains the text 'METERAI TEMPEL' and a unique identification number '99F/DAMX350383608'.

M Badan Langgeng Firdaus

(20525149)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

Pembuatan Master Perhiasan Cincin dengan Mesin CNC

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Badan Langgeng Firdaus

No. Mahasiswa : 20525149

NIRM : 2009090116

Yogyakarta, 12 Agustus 2025

Pembimbing ,



Dr.Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

Pembuatan Master Perhiasan Cincin dengan Mesin CNC

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Badan Langgeng Firdaus
No. Mahasiswa : 20525149
NIRM : 2009090116

Tim Penguji

Dr.Ir. Parvana Puspaputra, M.Eng.

Ketua



Tanggal :

Ir. Faisal Arif Nargesang, S.T., M. Sc. IPP

Anggota I



Tanggal : 02/09/2025 .

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

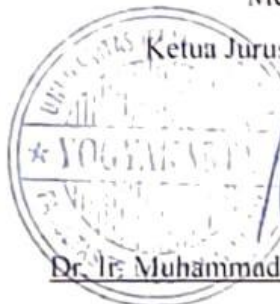
Anggota II



Tanggal : 2 September 2025

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillāhirrahmānirrahīm,

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.
Segala puji bagi Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik, dan inayah-Nya,
sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.

Tugas Akhir ini kupersembahkan dengan penuh cinta dan hormat kepada Bapak
Beni Bunyamin Priatna dan Ibu Reni Hikmah Kurniati yang selalu menyertai
langkah ini dengan doa, kasih sayang, dan pengorbanan yang tiada batas.

HALAMAN MOTTO

"Dan bahwa manusia hanya memperoleh apa yang telah diusahakannya. Dan sesungguhnya usahanya itu kelak akan diperlihatkan (dibalas). Kemudian akan diberi balasan kepadanya dengan balasan yang paling sempurna."

(QS. An-Najm (53): 39–41)

"Do what you can, with what you have, where you are."

- Theodore Roosevelt

"Hidup tidak memberikan buku panduan, tapi tamparan."

- Timoty Ronald

"Live a little"

- Kyrie Laurentius

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, suri teladan umat, yang telah membawa cahaya ilmu dan keimanan kepada seluruh umat manusia. Tugas akhir ini dapat terselesaikan berkat dukungan, doa, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat iman dan Islam kepada penulis dan Nabi Muhammad SAW, juga atas segenap keluarga, para sahabat, serta para pengikutnya hingga akhir zaman.
2. Orang Tua dan Keluarga penulis yang selalu mendoakan dan memberikan motivasi selama menempuh pendidikan.
3. Bapak Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing, mengarahkan, meluangkan waktu, kesabaran, tenaga, dan pikiran dalam membantu penulis menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak Finny Pratama Putera, S.T., M.Eng. Teknik Mesin Selaku Dosen Pembimbing Akademik.
6. Seluruh dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
7. Sahabat YPF sebagai partner terbaik yang selalu membantu serta memberikan nasihat dan arahan kepada penulis.
8. Teman – teman 1.09 yang terus memberikan semangat serta dukungan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
9. Semua pihak terkait yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat menjadi langkah kecil yang berarti dalam menapaki jalan ilmu, dan semoga segala jerih payah yang telah dicurahkan menjadi amal kebaikan yang di ridhai Allah SWT. Penulis dengan rendah hati membuka diri terhadap segala masukan dan kritik yang membangun demi kesempurnaan karya ini di masa mendatang.

Yogyakarta, 8 Agustus 2025

Penyusun

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Muhammad Badan Langgeng Firdaus', written in a cursive style.

Muhammad Badan Langgeng Firdaus

ABSTRAK

Perhiasan merupakan produk bernilai seni tinggi yang menuntut presisi, detail, dan keindahan dalam setiap proses pembuatannya. Salah satu tahap penting dalam produksi perhiasan adalah pembuatan master atau model awal, yang nantinya digunakan sebagai cetakan dasar dalam proses pencetakan massal. Perkembangan teknologi dalam industri perhiasan memungkinkan peningkatan efisiensi dan presisi dalam pembuatan master perhiasan cincin. Salah satu metode yang digunakan adalah pemanfaatan mesin *Computer Numerical Control* (CNC). Penelitian ini membahas proses pembuatan master cincin dengan pendekatan terintegrasi menggunakan berbagai perangkat lunak serta mesin CEDU CNC 3-*Axis* sebagai alat pemrosesan utama. Desain cincin dibuat menggunakan perangkat lunak *3Design*, yang memungkinkan pembuatan model tiga dimensi dengan detail yang kompleks. Selanjutnya, strategi pemesinan dirancang menggunakan ArtCAM untuk menghasilkan jalur pahat yang optimal. Proses pemesinan akhir dilakukan menggunakan PowerMILL, yang mengontrol mesin CEDU CNC 3-*Axis* agar dapat menghasilkan master cincin dengan akurasi tinggi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi dari ketiga perangkat lunak tersebut dengan mesin CEDU CNC 3-*Axis* mampu meningkatkan efisiensi proses produksi, meminimalkan kesalahan manufaktur, serta menghasilkan master cincin dengan tingkat presisi dan detail yang tinggi.

Kata Kunci : Perhiasan, master cincin, *3Design*, mesin CEDU CNC, ArtCAM, PowerMILL

ABSTRACT

Jewelry is a high-value art product that demands precision, detail, and beauty in every manufacturing process. One of the important stages in jewelry production is the creation of a master or initial model, which is later used as a basic mold in the mass molding process. Technological developments in the jewelry industry allow for increased efficiency and precision in making ring jewelry masters. One of the methods used is the utilization of Computer Numerical Control (CNC) machines. This research discusses the process of making ring masters with an integrated approach using various software as well as the CEDU CNC 3- *Axis* machine as the main process tool. The ring design is created using *3Design* software, which allows the creation of three-dimensional models with intricate details. Next, the machining strategy was designed using ArtCAM to generate the optimal toolpath. The final machining process is performed using PowerMILL, which controls the CEDU CNC 3-*Axis* machine to produce a ring master with high accuracy. The results of this study show that the combination of the three software with the CEDU CNC 3-*Axis* machine is able to improve the efficiency of the production process, minimize production errors, and produce ring masters with a high level of precision and detail.

Keywords: Jewelry, ring master, 3D Design, CEDU CNC machine, ArtCAM, PowerMILL

DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	iii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iv
Halaman Persembahan	v
Halaman Motto	vi
Kata Pengantar.....	vii
Abstrak	ix
<i>Abstract</i>	x
Daftar Isi	xi
Daftar Tabel.....	xiv
Daftar Gambar	xv
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Perancangan	3
1.5 Manfaat Perancangan	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
Bab 2 Tinjauan Pustaka	4
2.1 Kajian Pustaka	4
2.2 CAD & CAM	5
2.3 3Design.....	6
2.4 ArtCam JewelSmith.....	6
2.5 Pemesinan.....	7
2.5.1 Mesin CNC (Computer Numerical Control)	7
2.5.2 Mesin CNC 3-Axis.....	8
2.5.3 Two-Sided Machining.....	9
2.5.4 Collet	9
2.5.5 Mata Pahat	10
2.5.6 Mata Pahat End Mill	10

2.5.7	Mata Pahat <i>Conical</i>	11
Bab 3	Metode Penelitian	12
3.1	Alur Penelitian.....	12
3.2	Peralatan dan Bahan	13
3.3	Kriteria Desain.....	14
3.4	Sketsa Desain Garuda.....	14
3.4.1	Desain Garuda Polos	15
3.4.2	Desain Garuda <i>Relief</i>	16
3.5	<i>Bend</i> Desain.....	17
3.5.1	Hasil <i>Bend</i> Desain Garuda Polos.....	17
3.5.2	Hasil <i>Bend</i> Desain Garuda <i>Relief</i>	18
3.6	Simulasi Pemesinan.....	19
3.7	Simulasi Pemesinan Garuda Polos	20
3.7.1	Simulasi Pemesinan Atas	20
3.7.2	Hasil Simulasi Pemesinan Atas	21
3.7.3	Simulasi Pemesinan Bawah.....	21
3.7.4	Hasil Simulasi Pemesinan Bawah	22
3.8	Simulasi Pemesinan Garuda <i>Relief</i>	23
3.8.1	Simulasi Pemesinan Atas	23
3.8.2	Hasil Simulasi Pemesinan Atas	24
3.8.3	Simulasi Pemesinan Bawah.....	25
3.8.4	Hasil Simulasi Pemesinan Bawah	26
Bab 4	Hasil dan Pembahasan	27
4.1	Hasil Desain.....	27
4.1.1	Hasil Desain Garuda Polos	27
4.1.2	Hasil Desain Garuda <i>Relief</i>	27
4.2	Hasil Pemesinan	28
4.2.1	Pemesinan Garuda Polos	28
4.2.2	Pemesinan Pertama Garuda <i>Relief</i>	30
4.2.3	Pemesinan Kedua Garuda <i>Relief</i>	31
4.2.4	Pemesinan Garuda <i>Relief</i> yang Berhasil.....	33
4.2.5	Pemesinan Garuda yang Tidak Berhasil.....	35

Bab 5 Penutup.....	36
5.1 Kesimpulan.....	36
5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya.....	36
Daftar Pustaka	37

DAFTAR TABEL

Tabel 3- 1 Alat.....	13
Tabel 3- 2 Bahan.....	13
Tabel 3- 3 Parameter Awal Pemesinan Atas Garuda Polos	20
Tabel 3- 4 Parameter Awal Pemesinan Bawah Garuda Polos.....	21
Tabel 3- 5 Parameter Awal Pemesinan Atas Garuda <i>Relief</i>	23
Tabel 3- 6 Parameter Awal Pemesinan Garuda <i>Relief</i>	25
Tabel 4- 1 Parameter Pemesinan Garuda Polos.....	28
Tabel 4- 2 Parameter Pemesinan Pertama Garuda <i>Relief</i>	30
Tabel 4- 3 Parameter Pemesinan Kedua Garuda <i>Relief</i>	31
Tabel 4- 4 Parameter Pemesinan Garuda Relief Yang Berhasil.....	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Computer Aided Design	5
Gambar 2. 2 Computer Aided Manufacturing.....	6
Gambar 2. 3 <i>Software 3Design</i>	6
Gambar 2. 4 Software ArtCAM JewelSmith 2011	7
Gambar 2. 5 Mesin CEDU CNC 3-Axis	8
Gambar 2. 6 CNC 3-Axis	8
Gambar 2. 7 <i>Two-Sided Machining</i>	9
Gambar 2. 8 <i>Collet</i>	10
Gambar 2. 9 Pahat End Mill	10
Gambar 2. 10 Pahat <i>Conical</i>	11
 Gambar 3. 1 Alur Penelitian	 13
Gambar 3. 2 Burung Garuda.....	14
Gambar 3. 3 Sketsa Garuda Polos	15
Gambar 3. 4 Desain Garuda Polos	15
Gambar 3. 5 Sketsa Garuda Relief	16
Gambar 3. 6 Desain Garuda Relief.....	16
Gambar 3. 7 Hasil <i>Bend</i> Garuda Polos	18
Gambar 3. 8 Hasil <i>Bend</i> Garuda Polos	18
Gambar 3. 9 Hasil <i>Bend</i> Garuda <i>Relief</i>	19
Gambar 3. 10 Hasil <i>Bend</i> Garuda <i>Relief</i>	19
Gambar 3. 11 Simulasi Pemesinan Atas Garuda Polos	20
Gambar 3. 12 Hasil Simulasi Pemesinan Atas Garuda Polos.....	21
Gambar 3. 13 Simulasi Pemesinan Bawah Garuda Polos	22
Gambar 3. 14 Hasil Simulasi Pemesinan Bawah Garuda Polos.....	23
Gambar 3. 15 Simulasi Pemesinan Atas Garuda <i>Relief</i>	24
Gambar 3. 16 Hasil Simulasi Pemesinan Atas Garuda <i>Relief</i>	24
Gambar 3. 17 Simulasi Pemesinan Bawah Garuda <i>Relief</i>	25
Gambar 3. 18 Hasil Simulasi Pemesinan Bawah Garuda <i>Relief</i>	26

Gambar 4. 1 Hasil Desain Garuda Polos	27
Gambar 4. 2 Hasil Desain Garuda <i>Relief</i>	27
Gambar 4. 3 Hasil Pemesinan Garuda Polos	29
Gambar 4. 4 Hasil Master Cincin Garuda Polos	29
Gambar 4. 5 Hasil Pengukuran Master Cincin Garuda <i>Relief</i>	30
Gambar 4. 6 Hasil Pemesinan Pertama Garuda <i>Relief</i>	31
Gambar 4. 7 Hasil Pemesinan Kedua Garuda <i>Relief</i>	32
Gambar 4. 8 Hasil Pemesinan Garuda <i>Relief</i>	33
Gambar 4. 9 Hasil Master Cincin Garuda <i>Relief</i>	34
Gambar 4. 10 Hasil Pengukuran Master Cincin Garuda <i>Relief</i>	34
Gambar 4. 11 Pemesinan Garuda yang Tidak Berhasil.....	35

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perhiasan merupakan produk bernilai seni tinggi yang menuntut presisi, detail, dan keindahan dalam setiap proses pembuatannya. Perhiasan berkontribusi terhadap struktur ekonomi dan sosial, dengan menyediakan mata pencaharian bagi para pengrajin serta menumbuhkan rasa bangga dan kesinambungan budaya di kalangan masyarakat setempat (Aniendya, 2020). Salah satu tahap penting dalam produksi perhiasan adalah pembuatan master atau model awal, yang nantinya digunakan sebagai cetakan dasar dalam proses pencetakan massal.

Dalam perkembangan pembuatan perhiasan, pembuatan master yang efisien dan akurat sangat penting untuk memastikan kualitas produk akhir, dimana inovasi dalam material dan teknologi pembuatan master menjadi kebutuhan utama untuk meningkatkan kecepatan dan hasil produksi (Puspaputra, 2009).

Dalam praktiknya, master cincin memiliki peran krusial karena akan menentukan bentuk dan kualitas akhir dari produk perhiasan yang dihasilkan. Secara tradisional, pembuatan master dilakukan secara manual oleh pengrajin dengan teknik ukir atau pahat. Keahlian dan seni tinggi yang terlibat dalam pembuatan perhiasan tradisional merupakan kemampuan yang diwariskan turun-temurun (Wijaya, 2021).

Pembuatan perhiasan perak dengan cara masinal dapat memberikan keuntungan lebih efektif dan efisien dibanding dengan secara manual, karena standar deviasi data masinal memiliki nilai yang lebih kecil daripada data manual (Setiawan, 2008). Meskipun metode ini masih digunakan karena nilai artistiknya, prosesnya memakan waktu, bergantung pada keterampilan individu, dan kurang konsisten dari segi ukuran serta bentuk. Oleh karena itu, teknologi *Computer Numerical Control* (CNC) mulai banyak diadopsi untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi proses produksi master perhiasan.

Secara garis besar pengertian mesin CNC adalah suatu mesin yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan bahasa numerik (perintah gerakan

yang menggunakan angka dan huruf). Proses pemesinan CNC diawali dengan mendesain objek menggunakan *software* berbasis *Computer Aided Design* (CAD) kemudian diteruskan ke dalam proses *manufacturing* menggunakan *software* berbasis *Computer Aided Manufacturing* (CAM) yaitu sebuah teknologi aplikasi yang menggunakan perangkat lunak komputer dan mesin untuk memfasilitasi dan mengotomatisasi proses manufaktur (Prianto, 2017).

Dalam kajian ini, digunakan mesin CEDU CNC sebagai media utama dalam proses pemesinan master cincin. Sebelumnya, desain cincin dibuat menggunakan perangkat lunak *3Design* untuk membangun model tiga dimensi secara detail. Strategi pemesinan dirancang menggunakan ArtCAM guna menghasilkan jalur pahat yang efisien.

Melalui pendekatan terintegrasi ini, kajian ini berfokus pada penerapan alur digital dari tahap desain hingga produksi untuk menghasilkan master cincin yang presisi, konsisten, dan siap digunakan dalam proses manufaktur lanjutan. Pendekatan ini juga diharapkan dapat mempercepat produksi dan mengurangi tingkat kesalahan yang umum terjadi pada proses manual.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana proses pembuatan master perhiasan cincin menggunakan mesin CNC 3 dimensi (3-axis).
2. Bagaimana menentukan strategi pemesinan untuk menghasilkan detail desain yang sesuai?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada perancangan ini sebagai berikut :

- 1) Perancangan desain menggunakan *software 3Design*
- 2) Pembuatan simulasi pemesinan menggunakan ArtCam JewelSmith 2011
- 3) Pembuatan master produk menggunakan mesin CEDU CNC
- 4) Produk akhir berupa master perhiasan cincin

1.4 Tujuan Perancangan

Tujuan penelitian atau perancangan ini adalah sebagai berikut :

1. Menghasilkan master perhiasan cincin dengan memanfaatkan mesin CNC 3-*Axis*.
2. Menentukan strategi pemesinan yang sesuai dengan bentuk detail desain.

1.5 Manfaat Perancangan

Manfaat penelitian ini dapat berguna untuk masyarakat dan mahasiswa, yaitu sebagai berikut :

- 1) Dapat dimanfaatkan untuk penelitian selanjutnya mengenai pembuatan master perhiasan cincin menggunakan mesin CNC 3-*Axis*.
- 2) Meningkatkan keterampilan mahasiswa dalam pembuatan desain berbasis CAD/CAM serta pembuatan master perhiasan cincin menggunakan mesin CNC 3-*Axis*.
- 3) Menjadi acuan untuk penelitian selanjutnya terkait tahapan, pemesinan dua arah, dan pengaturan parameter pemesinan.

1.6 Sistematika Penulisan.

Dalam penelitian tugas akhir ini, diuraikan secara berurutan bab demi bab untuk mempermudah dalam pembahasan. Penelitian ini terbagi menjadi lima bab, bab 1 berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan perancangan, manfaat perancangan, dan sistematika penulisan. Bab 2 mengulas kajian pustaka yang berisikan dasar pemecahan masalah. Bab 3 berisikan langkah – langkah penelitian yang dipakai pada tugas akhir. Bab 4 membahas data dan percobaan yang dilakukan pada penelitian serta menjelaskan hasil yang dicapai. Bab 5 berisikan penutup dan kesimpulan dari penelitian yang telah dijalankan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Penelitian ini membahas tentang proses pembuatan perhiasan berupa pembuatan master perhiasan cincin. Dengan pembuatan master perhiasan cincin berbentuk garuda yang membentangkan sayapnya untuk desain awal dan melipatkan sayapnya sebagai bentuk yang menyerupai bentuk cincin sebagai desain akhir dari master perhiasan cincin.

Perhiasan merupakan bentuk wujud kebudayaan fisik yang pemakainya sudah dikenal manusia sejak jaman prasejarah. Hal ini menunjukkan bahwa naluri menghias diri pada manusia tumbuh dan berkembang sejalan dengan perkembangan peradaban manusia itu sendiri (Nugrahadi, 2007).

Secara umum, cincin adalah benda berbentuk melingkar yang dikenakan pada jari, biasanya terbuat dari logam mulia seperti emas, perak, atau platina, dan sering dihiasi dengan batu permata, ukiran, atau ornamen lainnya (Prasetyo, 2020). Penerapan desain cincin dan perhiasan lainnya seperti gelang, anting-anting, dan kalung diharapkan dapat meningkatkan daya jual dari segi ekonomi, desain dan produksi cincin serta perhiasan lainnya dapat mempromosikan kepentingan dan karakteristik dari budaya tertentu (Suselo, 2015).

Proses pembuatan master perhiasan cincin memiliki tahapan pembuatan produk yang diawali dengan pembuatan desain menggunakan metode *Computer Aided Design* (CAD). Dilanjutkan dengan pemilihan strategi pemesinan untuk pembuatan G-Code dengan menggunakan metode *Computer Aided Manufacturing* (CAM). Selanjutnya, pembuatan master berbahan akrilik menggunakan mesin CEDU CNC.

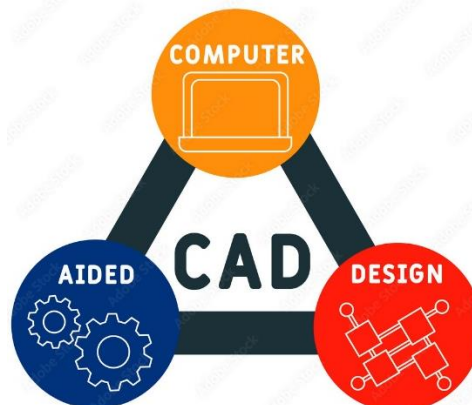
Dalam industri perhiasan, pembuatan model utama (*master model*) adalah salah satu bagian terpenting dalam industri perhiasan, dan kualitasnya sangat menentukan hasil akhir dari produk perhiasan tersebut (Puspaputra, 2017). Penggunaan teknologi CNC telah semakin umum karena mampu merealisasikan

relief yang kompleks dan detail tinggi dengan tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan metode manual tradisional.

Dengan memiliki cincin yang berbentuk melingkar, ada beberapa bagian pemesinan yang harus dipisah atau dibagi menjadi beberapa bagian untuk menjangkau bagian yang tidak bisa dilakukan oleh pemesinan mesin CNC 3-Axis. Hasil akhir dari penelitian ini adalah menggabungkan bagian - bagian produk yang terpisah menjadi sesuai dengan desain yang telah dibuat.

2.2 CAD & CAM

Computer Aided Design (CAD) adalah suatu teknologi yang membantu dalam proses perancangan, pembuatan, modifikasi, dan optimasi desain dengan bantuan perangkat lunak komputer dalam bentuk dua dimensi (2D) maupun tiga dimensi (3D). *Computer Aided Design* (CAD) juga secara ekstensif digunakan dalam perancangan berbagai alat dan perlengkapan yang digunakan di dalam komponen-komponen manufaktur (Ningsih, 2005).



Gambar 2. 1 Computer Aided Design

Computer-Aided Manufacturing (CAM) merupakan suatu teknologi yang memanfaatkan perangkat lunak komputer untuk mengontrol proses produksi, khususnya pada mesin-mesin otomatis seperti CNC (*Computer Numerical Control*), mesin laser *cutting*, dan mesin 3D printing. Pentingnya penggunaan CAM dalam proses CNC adalah memungkinkan otomatisasi dan kontrol yang lebih baik terhadap pergerakan alat dan proses pemotongan (Amaluddin, 2024).



Gambar 2. 2 Computer Aided Manufacturing

2.3 *3Design*

3Design merupakan perangkat lunak desain komputer yang membantu desain (CAD) yang dirancang khusus untuk mendesain perhiasan. Namun, perangkat lunak ini dapat digunakan untuk mendesain jam tangan dan aksesoris lainnya (Prabowo, 2024). Perangkat lunak *3Design* menggunakan teknologi pemodelan tiga dimensi, *3Design* memungkinkan proses perancangan perhiasan dapat dilakukan secara lebih presisi, efisien, dan fleksibel.



Gambar 2. 3 Software *3Design*

2.4 **ArtCam JewelSmith**

ArtCAM adalah perangkat lunak berbasis CAD/CAM yang dirancang khusus untuk keperluan desain dan manufaktur produk-produk dekoratif berbentuk relief, seperti ukiran, ornamen, serta perhiasan. ArtCAM meningkatkan kualitas dan jumlah cetakan yang dihasilkan, serta memastikan hasil akhir sesuai dengan desain yang diinginkan (Wismarini, 2005).



Gambar 2. 4 Software ArtCAM JewelSmith 2011

2.5 Pemesinan

Pemesinan adalah proses dalam industri manufaktur yang melibatkan pemotongan atau pembuangan sebagian material dari benda kerja menggunakan alat potong dengan tujuan membentuk produk sesuai bentuk dan ukuran yang diinginkan (Mudmainah, 2023).

Selain itu, pemesinan sering dihubungkan dengan teknologi manufaktur berbantuan komputer seperti Computer Aided Manufacturing (CAM) dan mesin berbasis Computer Numerical Control (CNC), yang meningkatkan presisi dan efisiensi produksi.

2.5.1 Mesin CNC (Computer Numerical Control)

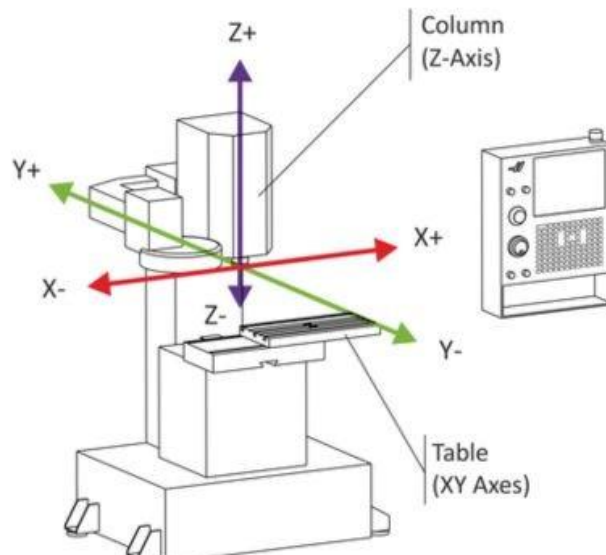
Computer Numerical Control (CNC) adalah sistem otomasi pada mesin produksi yang memanfaatkan komputer untuk mengatur gerakan alat mesin berdasarkan kode G-Code. Proses pemesinan CNC merupakan salah satu metode produksi komponen yang paling penting dan sering dianggap sebagai bagian dari teknologi manufaktur modern (Soori, 2023). Mesin CNC yang digunakan adalah mesin CEDU CNC 3-Axis.



Gambar 2. 5 Mesin CEDU CNC 3-Axis

2.5.2 Mesin CNC 3-Axis

Mesin CNC 3-axis adalah mesin pemotong yang dikendalikan menggunakan program komputer dengan gerakan pada tiga sumbu yang bergerak dalam arah vertikal, horizontal dan melintang yaitu dalam arah sumbu x, sumbu y dan sumbu z (Ramdani, 2024). Ketiga sumbu ini memungkinkan alat potong bergerak secara linier dalam tiga arah, sehingga mesin dapat melakukan pemotongan dan pembentukan benda kerja dengan presisi tinggi, terutama untuk bentuk-bentuk yang relatif sederhana atau datar.

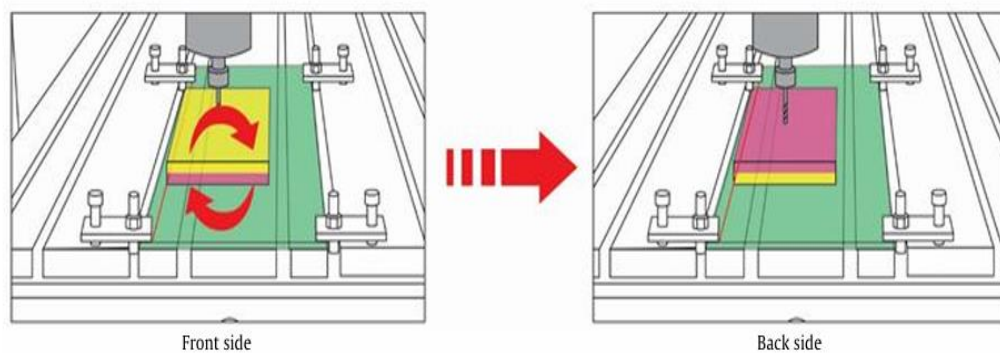


Gambar 2. 6 CNC 3-Axis

Sumber : <https://www.tsinfo.com/wp-content/uploads/2024/07/Figure-3-Axes-of-operations-for-CNC-machining.jpg>

2.5.3 Two-Sided Machining

Two-Sided Machining adalah metode pemesian CNC di mana benda kerja dikerjakan dari dua sisi yang berlawanan. Proses ini biasanya dilakukan dengan membalik benda kerja (rotasi 180°) setelah sisi pertama selesai dikerjakan, sehingga pemotongan dapat menjangkau fitur atau detail yang tidak dapat diakses dari satu sisi. Proses ini biasanya memerlukan penandaan posisi yang tepat dan penyesuaian *offset* untuk mendapatkan hasil yang presisi pada kedua sisi (Febriyana, 2022).



Gambar 2. 7 *Two-Sided Machining*

Sumber : <https://mev.brin.go.id/mev/article/view/530/pdf>

2.5.4 Collet

Collet adalah penjepit logam berbentuk silinder dengan bagian luar tirus dan bagian dalam silinder. Terbuat dari baja pegas dan memiliki celah, *collet* akan mengerut saat dikencangkan, sehingga dapat menjepit mata pahat secara presisi (Ismartaya, 2024). Fungsinya adalah menahan mata pahat agar tetap berada di posisi tengah *spindle* mesin CNC, sehingga menghasilkan potongan yang presisi dan aman.



Gambar 2. 8 Collet

2.5.5 Mata Pahat

Fungsi utama dari mata pahat CNC adalah sebagai alat potong yang menghasilkan bentuk sesuai program CNC, dengan ketelitian dan efisiensi tinggi (Rohman, 2023). Pahat memiliki bentuk dan fungsi yang berbeda – beda. Jenis patah yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

2.5.6 Mata Pahat *End Mill*

Pahat *end mill* adalah jenis alat potong yang sering digunakan dalam proses pemesinan untuk pembuatan lubang atau kantong dengan bentuk geometri kompleks. Pahat *end mill* memiliki desain khusus dengan ujung berbentuk bulat atau setengah lingkaran yang dihiasi dengan gigi-gigi pemotong di sekitarnya (Rohman, 2023).



Gambar 2. 9 Pahat End Mill

2.5.7 Mata Pahat *Conical*

Mata pahat yang biasa digunakan untuk melakukan proses ukir atau dikenal dengan proses *engraving* sebuah produk adalah mata pahat *conical* agar diperoleh hasil ukiran yang baik (Kusuma, 2021). Besar atau kecilnya sudut pada ujung pahat sangat memengaruhi ukuran dan ketajaman hasil ukiran semakin besar sudutnya, maka hasil ukiran akan tampak lebih lebar, dan sebaliknya.

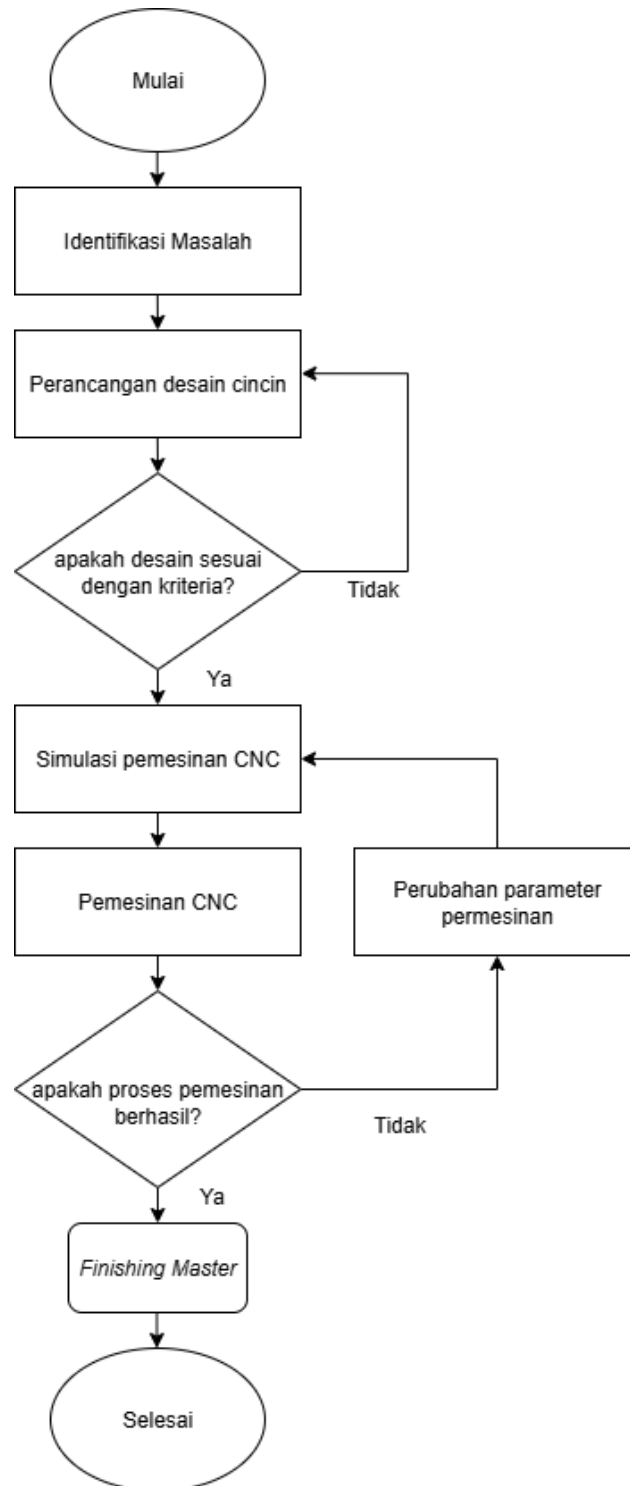


Gambar 2. 10 Pahat *Conical*

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

Pada proses pembuatan master perhiasan cincin dimulai dengan langkah identifikasi masalah, di mana permasalahan dalam pembuatan master perhiasan cincin dianalisis. Selanjutnya membuat desain cincin sesuai kriteria seperti ukuran dan bentuk yang ergonomis. Desain yang sudah sesuai kemudian diuji melalui simulasi pemesinan CNC.

Jika simulasi berjalan dengan baik, proses dilanjutkan dengan pemesinan menggunakan mesin CNC. Bila hasil pemesinan gagal, maka parameter mesin disesuaikan dan diulang kembali. Jika berhasil, dilanjutkan ke tahap finishing untuk menyempurnakan hasil master. Penelitian selesai setelah master cincin berhasil dibuat dengan baik.

3.2 Peralatan dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3-1

Tabel 3- 1 Alat

No	Alat	Fungsi
1	Laptop	Membuat rancangan desain 3D dan simulasi pemesinan
2	Pahat <i>end mill 3mm</i>	Pemakanan pada <i>roughing</i>
3	Pahat <i>conical Flat 0,1 mm 10°</i>	Pemakanan pada <i>finishing</i>
4	<i>Collet</i>	Untuk menjepit mata pahat
5	Mesin CEDU CNC	Membuat master dari akrilik
6	Jangka Sorong	Untuk mengukur ketebalan master
7	Tang Potong	Untuk memotong <i>support</i> master akrilik

Bahan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3-2

Tabel 3- 2 Bahan

No	Bahan	Fungsi
1	Akrilik 10mm	Untuk material utama
2	Amplas 600 CW	Penghalusan permukaan master
3	Lem	Merekatkan master sayap kiri dan kanan

3.3 Kriteria Desain

Beberapa kriteria desain yang menjadi acuan dalam pembuatan desain master perhiasan cincin yaitu :

- 1) Memiliki hasil lengkungan yang menyerupai bentuk lingkaran untuk menyesuaikan bentuk jari agar nyaman dipakai.
- 2) Diameter cincin menggunakan ukuran ring size Asian.
- 3) Memiliki ketebalan yang tidak lebih dari 1.5 mm sesuai dengan standar umum industri perhiasan serta menjaga proporsi desain.

Ukuran tersebut mengacu pada sebuah website perhiasan yang memberikan panduan profil cincin dengan ketebalan 1 – 1,5 mm.

3.4 Sketsa Desain Garuda

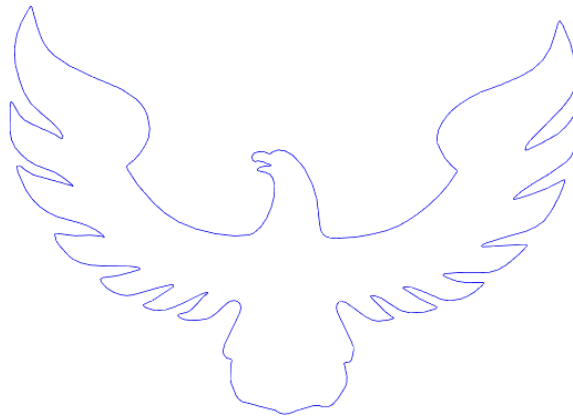
Garuda adalah makhluk mitologis berbentuk burung besar yang dikenal dalam budaya Hindu, Buddha, dan Nusantara. Garuda digambarkan sebagai burung yang gagah, bersayap lebar, dan kuat, melambangkan kekuatan, keberanian, serta pengorbanan (Santiso, 2023). Di Indonesia, garuda dijadikan lambang negara dengan nama Garuda Pancasila, yang mencerminkan persatuan dan nilai-nilai luhur bangsa.



Gambar 3. 2 Burung Garuda

3.4.1 Desain Garuda Polos

Sketsa desain terinspirasi dari burung Garuda Pancasila, Makna burung garuda sendiri dikenal sebagai simbol nasional yang merepresentasikan kekuatan dan kebangsaan Indonesia. Proses desain dilakukan dengan menggunakan software *3Design* yang diawali dengan membuat desain dengan bentuk burung garuda membentangkan sayapnya.



Gambar 3. 3 Sketsa Garuda Polos

Setelah membuat sketsa desain, selanjutnya mengubah hasil sketsa tadi menjadi bentuk 3 Dimensi dengan menggunakan fitur *extrusion* yang terdapat pada *software 3Design*.



Gambar 3. 4 Desain Garuda Polos

3.4.2 Desain Garuda *Relief*

Sketsa desain ini sama halnya dengan desain pertama, adanya sedikit perubahan bentuk dan menambahkan beberapa corak pada bagian sayap dan ekor, sehingga menghasilkan tampilan yang lebih hidup dan menarik secara estetika.



Gambar 3. 5 Sketsa Garuda Relief

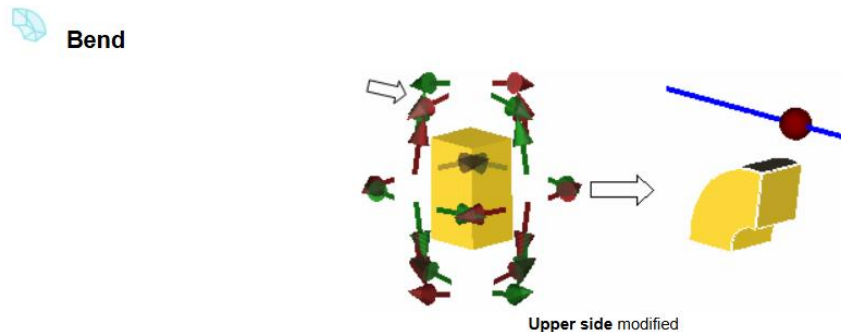
Setelah membuat sketsa desain, selanjutnya dengan menggunakan fitur *extrusion* yang sama dengan cara membuat desain garuda 1 namun, adanya perbedaan dengan menggunakan fitur tambahan yaitu *boolean operations* yang berfungsi untuk menggabungkan beberapa *extrusion* menjadi corak seperti pada gambar 3.6 .



Gambar 3. 6 Desain Garuda Relief

3.5 *Bend* Desain

Setelah itu dilakukannya proses *bend* agar desain garuda yang pada awalnya membentangkan sayapnya menjadi menutup sayapnya dan menyerupai bentuk lingkaran sehingga dapat terlihat seperti perhiasan cincin.



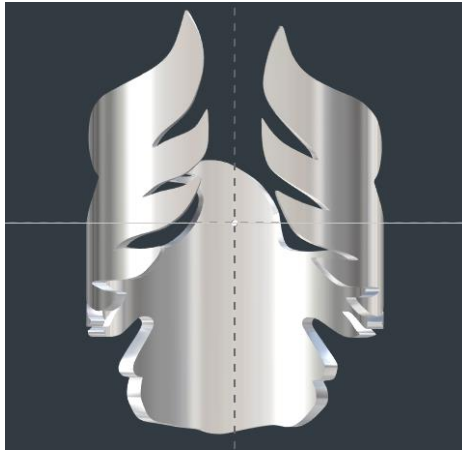
Gambar 3. 7 *Bend Design*

Sumber : 3DESIGNcad_v10/Help/en/ordinateur/Bend.htm

Fitur *Bend* pada *3Design* digunakan untuk membengkokkan (mendeformasi) suatu objek 3D dengan sudut tertentu pada arah atau sisi tertentu, sehingga bentuk awal dapat mengikuti kelengkungan atau bentuk yang diinginkan. Proses ini sangat berguna untuk mengubah model datar menjadi bentuk melengkung, seperti menyesuaikan desain agar berbentuk seperti lingkaran cincin.

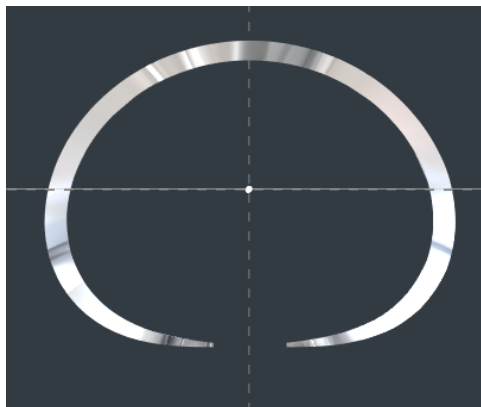
3.5.1 Hasil *Bend* Desain Garuda Polos

Desain ini dibuat untuk memastikan bentuk dasar model terwujud dengan baik sebagai master cincin. Pada tampilan bawah, terlihat bahwa kedua sayap garuda telah menekuk ke dalam dan menggambarkan transisi bentuk dari garuda yang semula membentangkan menjadi menutup sayapnya.



Gambar 3. 8 Hasil *Bend* Garuda Polos

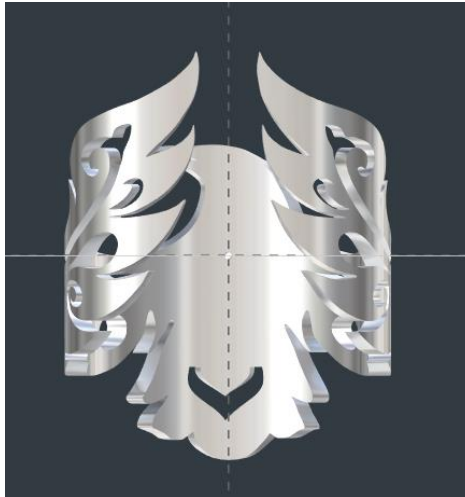
Pada tampilan samping, desain garuda menjadi menyerupai bentuk lingkaran dan mengikuti lengkungan jari, sehingga cocok dijadikan sebagai master perhiasan cincin.



Gambar 3. 9 Hasil *Bend* Garuda Polos

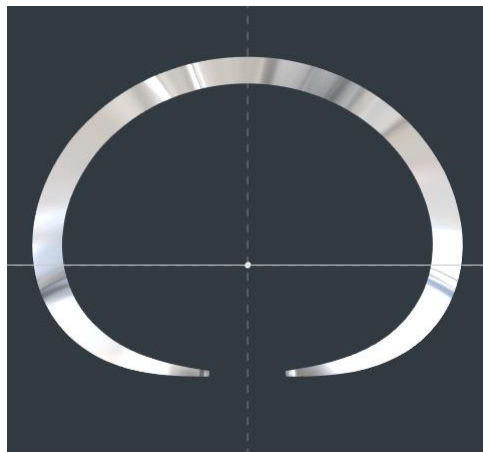
3.5.2 Hasil *Bend* Desain Garuda *Relief*

Pada tampilan bawah, desain garuda yang memiliki corak menampilkan hasil yang sama seperti pada hasil *bend* desain garuda polos, namun menjadikan desain menjadi lebih hidup dan artistik.



Gambar 3. 10 Hasil *Bend Garuda Relief*

Pada tampilan samping, desain garuda menjadi menyerupai bentuk lingkaran dan mengikuti lengkungan jari, sehingga cocok dijadikan sebagai master perhiasan cincin.



Gambar 3. 11 Hasil *Bend Garuda Relief*

3.6 Simulasi Pemesinan

Simulasi pemesinan dilakukan menggunakan *software* ArtCAM 2011 dengan menggunakan parameter yang sudah ditentukan kemudian dari proses tersebut diperoleh G-code. Untuk simulasi pemesinan terdapat proses *roughing* dan proses *finishing*. Masing – masing dari dua proses tersebut menggunakan material setup dan parameter yang berbeda.

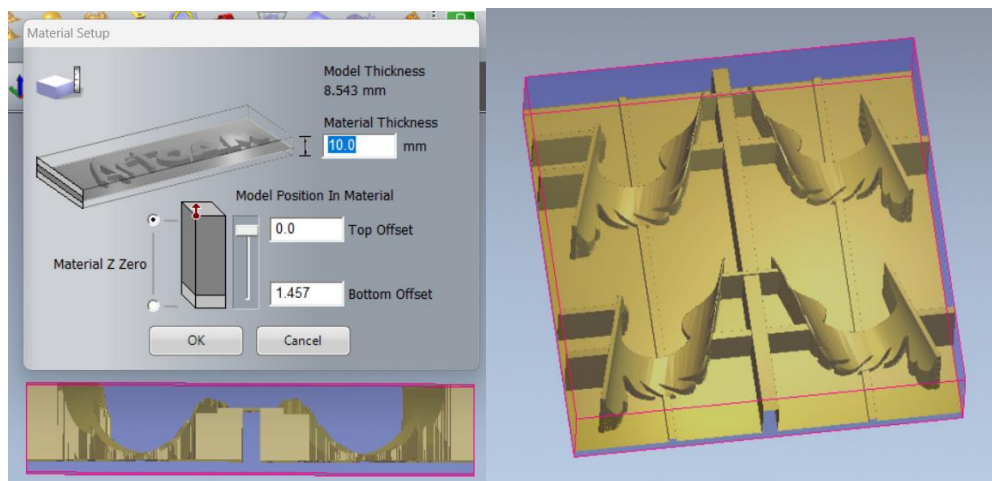
3.7 Simulasi Pemesinan Garuda Polos

3.7.1 Simulasi Pemesinan Atas

Tabel 3- 3 Parameter Awal Pemesinan Atas Garuda Polos

Parameter	Pemesinan Atas	
	<i>Roughing</i>	<i>Finishing</i>
Diameter Pahat	<i>End mill 3mm</i>	<i>Conical 0.125 mm 10°</i>
<i>Strategy</i>	<i>Raster</i>	<i>Raster</i>
<i>Stepover</i>	1.2 mm	0.06 mm
<i>Stepdown</i>	0.8 mm	0.006 mm
<i>Feed rate</i>	10 mm/sec	8 mm/sec
<i>Plunge Rate</i>	4 mm/sec	4 mm/sec
<i>Spindel</i>	24000 rpm	24000 rpm
<i>Material thickness</i>	10 mm	10 mm

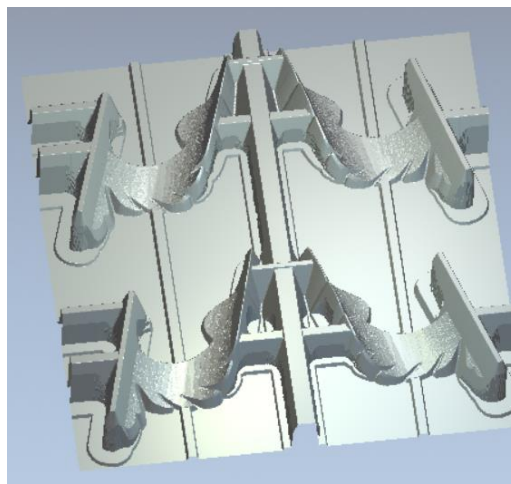
Pada proses simulasi pemesinan bagian atas garuda polos menggunakan strategi dengan memilih opsi dengan *Z zero Top* dan *model position top* pada menu *Material Setup*. Strategi ini memastikan bahwa pemotongan dimulai dari permukaan atas akrilik dengan model yang ditempatkan di bagian atas dengan menyesuaikan kedalaman yang telah ditentukan dalam model desain tanpa melebihi batas material.



Gambar 3. 12 Simulasi Pemesinan Atas Garuda Polos

3.7.2 Hasil Simulasi Pemesinan Atas

Pada proses simulasi pemesinan garuda polos bagian atas, digunakan mata pahat *endmill* berdiameter 3 mm untuk tahap *roughing* dan mata pahat *conical* 0,1 mm untuk tahap finishing. Strategi ini dipilih agar proses pengikisan material berjalan lebih cepat pada tahap awal, kemudian dilanjutkan dengan *finishing* berdiameter kecil untuk memperoleh detail yang halus. Hasil simulasi menunjukkan bentuk dan detail pada garuda polos bagian atas dapat terdefinisi dengan baik.



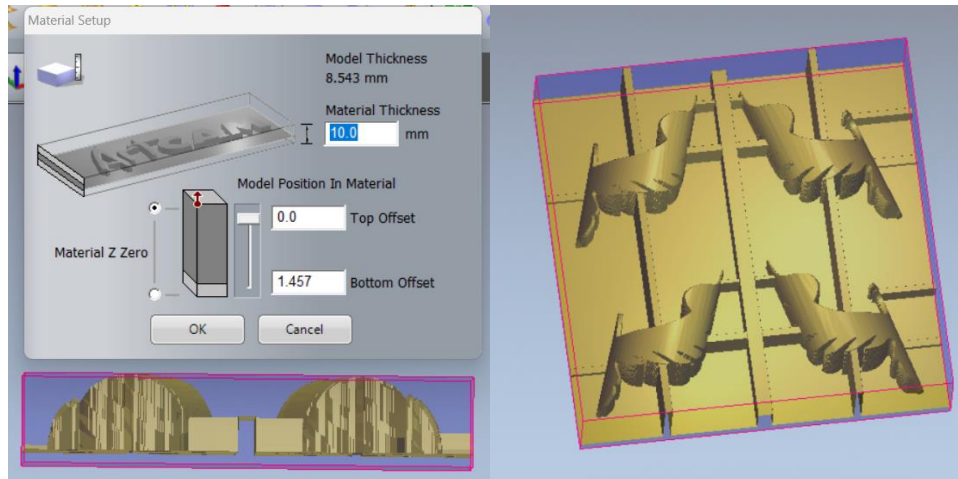
Gambar 3. 13 Hasil Simulasi Pemesinan Atas Garuda Polos

3.7.3 Simulasi Pemesinan Bawah

Tabel 3- 4 Parameter Awal Pemesinan Bawah Garuda Polos

Parameter	Pemesinan Bawah	
	<i>Roughing</i>	<i>Finishing</i>
Diameter Pahat	<i>End mill</i> 3mm	<i>Conical</i> 0.125 mm 10°
<i>Strategy</i>	<i>Raster</i>	<i>Raster</i>
<i>Stepover</i>	1.2 mm	0.06 mm
<i>Stepdown</i>	0.8 mm	0.006 mm
<i>Feed rate</i>	10 mm/sec	7 mm/sec
<i>Plunge Rate</i>	4 mm/sec	4 mm/sec
<i>Spindel</i>	24000 rpm	24000 rpm
<i>Material thickness</i>	10 mm	10 mm

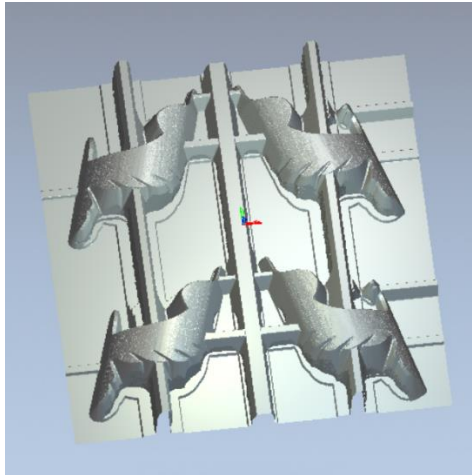
Setelah bagian atas selesai diproses dan material dibalik 180°, dilakukannya proses pemesinan bagian bawah. Pada proses simulasi pemesinan bagian bawah garuda polos menggunakan strategi dengan memilih opsi dengan *Z zero Top* dan *model position* yang sama dengan pemesinan yang dimulai dari bagian atas. Strategi ini bertujuan untuk menjaga kedalaman titik potong tetap konsisten antar kedua sisi.



Gambar 3. 14 Simulasi Pemesinan Bawah Garuda Polos

3.7.4 Hasil Simulasi Pemesinan Bawah

Proses simulasi pemesinan bagian bawah juga menggunakan kombinasi mata pahat yang sama pada tahap *roughing* dan *finishing*. Hasil simulasi memperlihatkan bahwa detail relief pada bagian bawah tetap dapat terbentuk dengan presisi.



Gambar 3. 15 Hasil Simulasi Pemessinan Bawah Garuda Polos

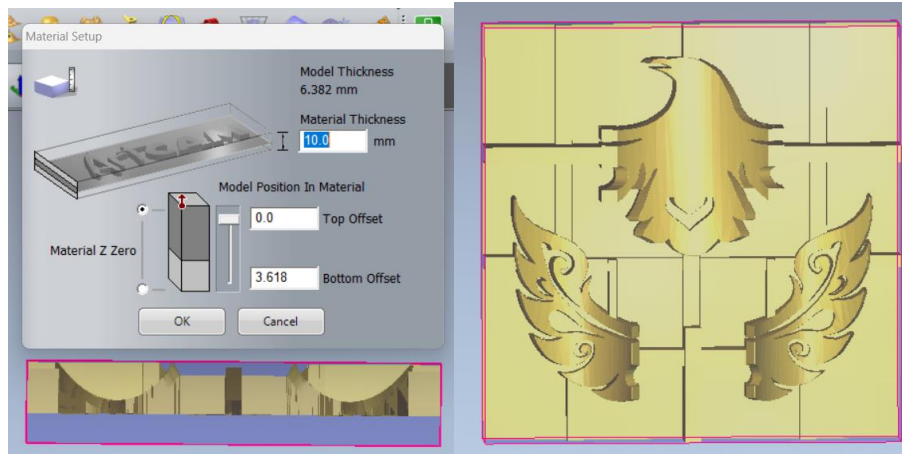
3.8 Simulasi Pemessinan Garuda *Relief*

3.8.1 Simulasi Pemessinan Atas

Tabel 3- 5 Parameter Awal Pemessinan Atas Garuda *Relief*

Parameter	Pemessinan Atas	
	<i>Roughing</i>	<i>Finishing</i>
Diameter Pahat	<i>End mill 3mm</i>	<i>Conical 0.125 mm 10°</i>
<i>Strategy</i>	<i>Raster</i>	<i>Raster</i>
<i>Stepover</i>	1.2 mm	0.06 mm
<i>Stepdown</i>	0.8 mm	0.008 mm
<i>Feed rate</i>	10 mm/sec	6 mm/sec
<i>Plunge Rate</i>	4 mm/sec	4 mm/sec
<i>Spindel</i>	24000 rpm	24000 rpm
<i>Material thickness</i>	10 mm	10 mm

Pada proses simulasi pemessinan bagian atas garuda relief menggunakan strategi dengan memilih opsi dengan *Z zero top* dan *model position top* pada menu *Material Setup*. Strategi ini memastikan bahwa pemotongan dimulai dari permukaan atas akrilik dengan model yang ditempatkan di bagian atas dengan menyesuaikan kedalaman yang telah ditentukan dalam model desain tanpa melebihi batas material.



Gambar 3. 16 Simulasi Pemesinan Atas Garuda *Relief*

3.8.2 Hasil Simulasi Pemesinan Atas

Pada simulasi pemesinan Garuda Relief bagian atas, proses pemotongan awal dilakukan dengan pengaturan z zero dan model *position* pada top, hasil simulasi menunjukkan bentuk relief sayap, kepala, dan ornamen Garuda terbentuk dengan jelas dan halus, sesuai rancangan. Permukaan atas tampak bersih dan transisi antar bagian relief terlihat rapi, menunjukkan strategi pemotongan sudah tepat untuk menghasilkan detail yang maksimal.



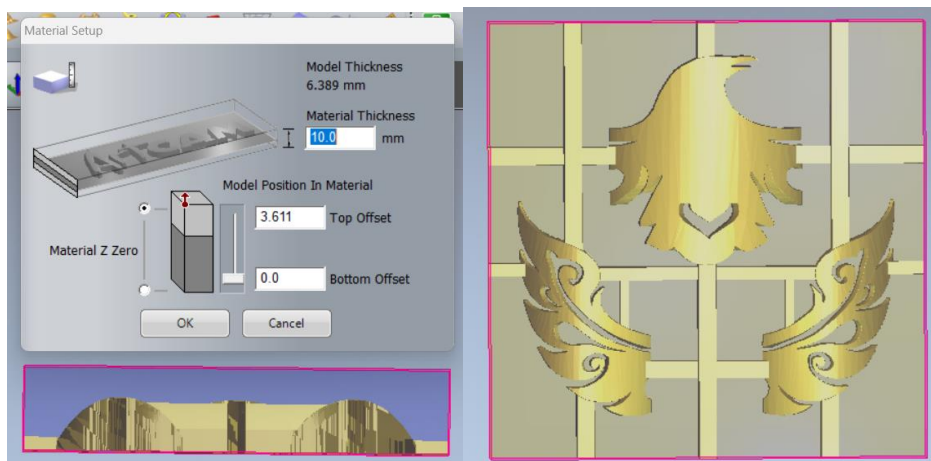
Gambar 3. 17 Hasil Simulasi Pemesinan Atas Garuda *Relief*

3.8.3 Simulasi Pemesinan Bawah

Tabel 3- 6 Parameter Awal Pemesinan Garuda *Relief*

Parameter	Pemesinan Bawah	
	<i>Roughing</i>	<i>Finishing</i>
Diameter Pahat	<i>End mill 3mm</i>	<i>Conical 0.125 mm 10°</i>
<i>Strategy</i>	<i>Raster</i>	<i>Raster</i>
<i>Stepover</i>	1.2 mm	0.06 mm
<i>Stepdown</i>	0.8 mm	0.008 mm
<i>Feed rate</i>	10 mm/sec	6 mm/sec
<i>Plunge Rate</i>	4 mm/sec	4 mm/sec
<i>Spindel</i>	24000 rpm	24000 rpm
<i>Material thickness</i>	10 mm	10 mm

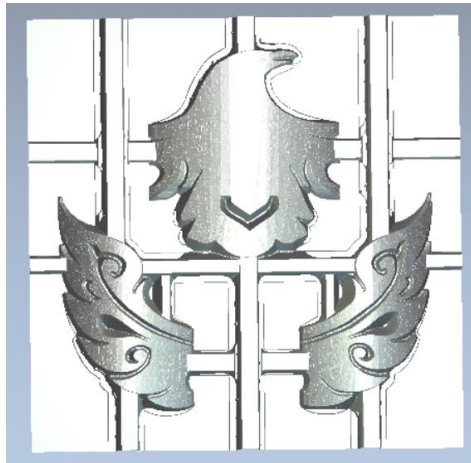
Setelah bagian atas selesai diproses dan material dibalik 180°, dilakukannya proses pemesinan bagian bawah dengan Z zero tetap diletakan di atas permukaan akrilik, tetapi dengan *model position bottom* (berada dibawah material). Strategi ini berguna agar saat pemesinan bagian bawah dilakukan tetap memulainya di bagian atas permukaan dan memastikan hasil pemakanan dari kedua sisi sesuai dengan ukuran desain yang telah dibuat.



Gambar 3. 18 Simulasi Pemesinan Bawah Garuda *Relief*

3.8.4 Hasil Simulasi Pemesinan Bawah

Simulasi pemesinan Garuda Relief bagian bawah menggunakan mata pahat yang sama, perbedaannya terletak pada pengaturan z zero tetap di top, namun model *position* diatur pada *bottom*. Hal ini berfungsi untuk menyempurnakan bentuk relief agar kedua sisi dapat saling terhubung dengan presisi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa detail bagian bawah, terutama pada area ornamen sayap dan tepian model, dapat terbentuk dengan baik.



Gambar 3. 19 Hasil Simulasi Pemesinan Bawah Garuda *Relief*

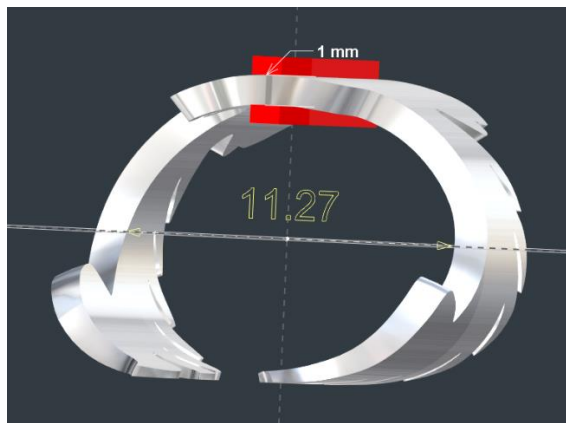
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Desain

4.1.1 Hasil Desain Garuda Polos

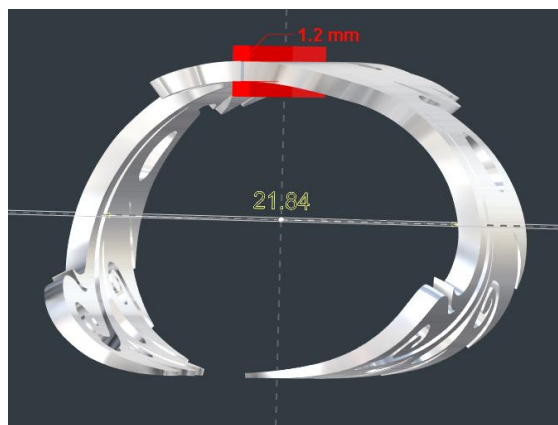
Pada hasil perancangan *Master* cincin garuda polos setelah dilakukan *bend* desain untuk membentuk cincin garuda menggunakan *3Design* memiliki diameter 11,27 mm dengan tebal cincin 1mm.



Gambar 4. 1 Hasil Desain Garuda Polos

4.1.2 Hasil Desain Garuda *Relief*

Pada hasil perancangan master cincin garuda *relief* setelah dilakukan *bend* desain untuk membentuk cincin garuda menggunakan *3Design* memiliki diameter 21,84 mm dengan tebal cincin 1,2 mm.



Gambar 4. 2 Hasil Desain Garuda *Relief*

4.2 Hasil Pemesinan

Pemesinan dilakukan menggunakan mesin CEDU CNC dengan bahan akrilik 10 mm. Proses ` dilakukan pada bagian atas dan bagian bawah master cincin, dimulai dengan *roughing* menggunakan mata pahat *end mill* 3 mm untuk membentuk permukaan dasar. Selanjutnya, proses *finishing* menggunakan mata pahat conical 0,125 mm *flat* 10° digunakan untuk menyelesaikan detail pada desain master cincin, seperti bentuk kepala, sayap, dan ekor garuda.

4.2.1 Pemesinan Garuda Polos

Parameter pemesinan garuda polos dapat dilihat pada tabel 4-1

Tabel 4- 1 Parameter Pemesinan Garuda Polos

Parameter	Pemesinan Atas		Pemesinan Bawah	
	<i>Roughing</i>	<i>Finishing</i>	<i>Roughing</i>	<i>Finishing</i>
Diameter	<i>End mill</i>	<i>Conical</i> 0.125	<i>End mill</i>	<i>Conical</i> 0.125
Pahat	3 mm	mm 10°	3 mm	mm 10°
<i>Strategy</i>	<i>Raster</i>	<i>Raster</i>	<i>Raster</i>	<i>Raster</i>
<i>Stepover</i>	1.2 mm	0.06 mm	1.2 mm	0.06 mm
<i>Stepdown</i>	0.8 mm	0.006 mm	0.8 mm	0.006 mm
<i>Feed rate</i>	10 mm/sec	8 mm/sec	10 mm/sec	7 mm/sec
<i>Pluge rate</i>	4 mm /sec	4 mm/sec	4 mm /sec	4 mm/sec
<i>Spindel</i>	24000 rpm	24000 rpm	24000 rpm	24000 rpm
<i>Matrial thickness</i>	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
<i>Time</i>	44 Menit 53 Detik	2 Jam 6 Menit 56 Detik	38 Menit 22 Detik	3 Jam 40 Menit 4 Detik

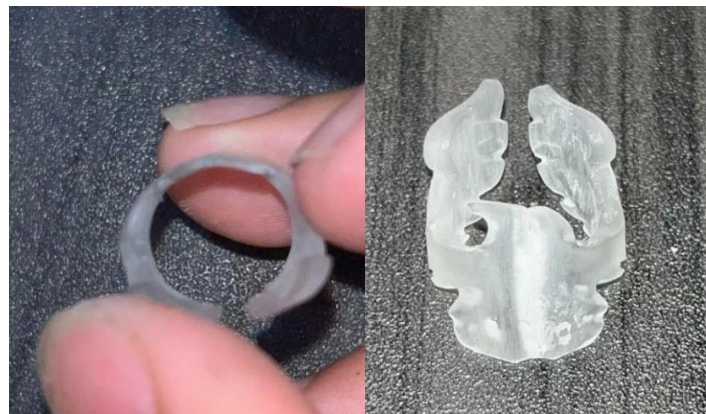
Pada pemesinan desain Garuda polos yang dikerjakan menggunakan mesin CNC dengan pemesinan yang dilakukan dengan strategi pemakanan dua arah, yakni bagian atas dan bagian bawah, menggunakan model position top dan Z zero top pada kedua sisi.

Secara keseluruhan, bentuk dasar garuda berhasil terbentuk dengan cukup baik, namun bentuk garuda menjadi tidak sesuai dengan hasil desain awal. Beberapa detail pada bagian tubuh dan sayap tampak kurang tajam serta tidak terlihat jelas, sehingga menyebabkan kesan bentuk garuda menjadi tidak utuh.



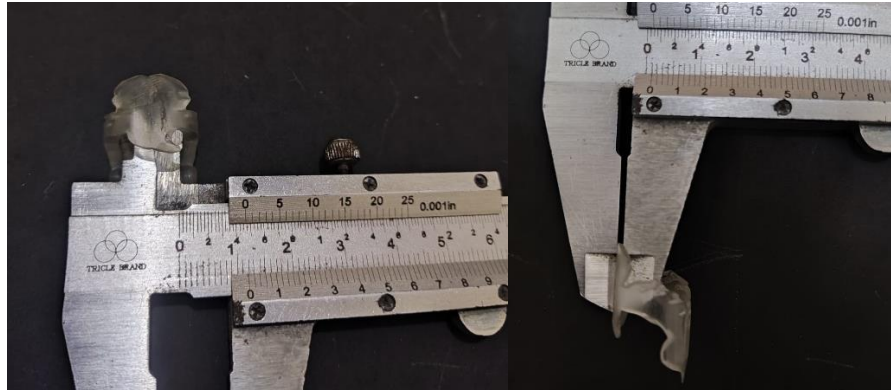
Gambar 4. 3 Hasil Pemesinan Garuda Polos

Kekurangan ini menunjukkan bahwa tingkat kedetailan pada proses pemesinan belum maksimal dan perlu dilakukan penyesuaian baik dari sisi desain, strategi pemakanan, maupun posisi material saat pembalikan agar hasil akhir dapat lebih akurat dan sesuai harapan.



Gambar 4. 4 Hasil Master Cincin Garuda Polos

Setelah proses pemesinan menggunakan mesin CNC selesai, bagian *support* yang menyangga *master* cincin garuda kemudian dipotong menggunakan tang potong untuk memisahkan bagian utama dari sisa *support* penyangga. Selanjutnya, dilakukan proses pengeleman pada kedua bagian garuda agar menyatu sehingga membentuk struktur utuh berbentuk cincin. Tahapan ini bertujuan untuk menyempurnakan bentuk akhir model dan memastikan tampilan garuda sesuai dengan desain yang diinginkan.



Gambar 4. 5 Hasil Pengukuran Master Cincin Garuda *Relief*

Hasil pemesinan desain garuda polos menunjukkan sedikit perbedaan dari ukuran desain awal, yaitu memiliki diameter akhir sebesar 11,88 mm dengan ketebalan 1 mm, sedangkan desain awal memiliki diameter 11,27 mm. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh posisi material yang kurang presisi saat proses penjepitan dan adanya toleransi lebih pada mesin CNC saat proses pemotongan.

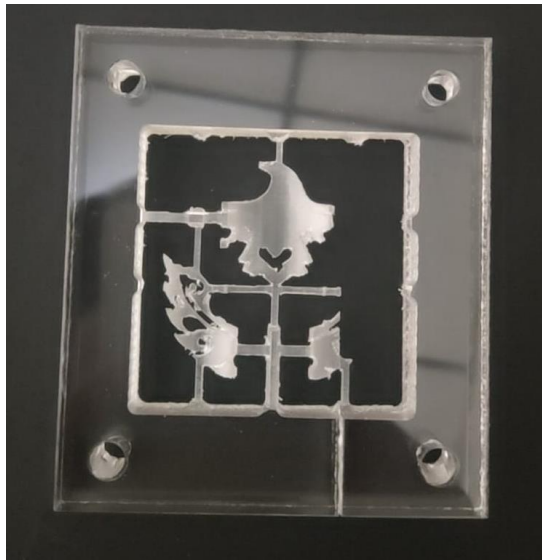
4.2.2 Pemesinan Pertama Garuda *Relief*

Parameter pemesinan pertama garuda *relief* dapat dilihat pada tabel 4- 2

Tabel 4- 2 Parameter Pemesinan Pertama Garuda *Relief*

Parameter	Pemesinan Atas		Pemesinan Bawah	
	<i>Roughing</i>	<i>Finishing</i>	<i>Roughing</i>	<i>Finishing</i>
Diameter	<i>End mill</i>	<i>Conical 0.125</i>	<i>End mill</i>	<i>Conical 0.125</i>
Pahat	3 mm	mm 10°	3 mm	mm 10°
<i>Strategy</i>	<i>Raster</i>	<i>Raster</i>	<i>Raster</i>	<i>Raster</i>
<i>Stepover</i>	1.2 mm	0.06 mm	1.2 mm	0.06 mm
<i>Stepdown</i>	0.8 mm	0.006 mm	0.8 mm	0.006 mm
<i>Feed rate</i>	10 mm/sec	6 mm/sec	10 mm/sec	8 mm/sec
<i>Pluge rate</i>	4 mm /sec	4 mm/sec	4 mm /sec	4 mm/sec
<i>Spindel</i>	24000 rpm	24000 rpm	24000 rpm	24000 rpm
<i>Matrial thickness</i>	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
<i>Time</i>	25 Menit 53 Detik	3 Jam 9 Menit 42 Detik	25 Menit 54 Detik	2 Jam 28 Menit 1 Detik

Pada pemesinan pertama dari desain garuda *relief* yang mengalami kegagalan akibat ketidaksimetrian antara bagian kiri dan kanan desain. Ketidaksimetrian ini disebabkan oleh kesalahan saat proses pembalikan material, kesalahan dalam penentuan titik nol, atau ketidaktepatan pada posisi ragum saat proses pemesinan bagian bawah. Akibatnya, bentuk sayap Garuda menjadi tidak seimbang, sehingga tidak sesuai dengan rancangan awal dan tidak dapat digunakan sebagai master cincin.



Gambar 4. 6 Hasil Pemesinan Pertama Garuda *Relief*

4.2.3 Pemesinan Kedua Garuda *Relief*

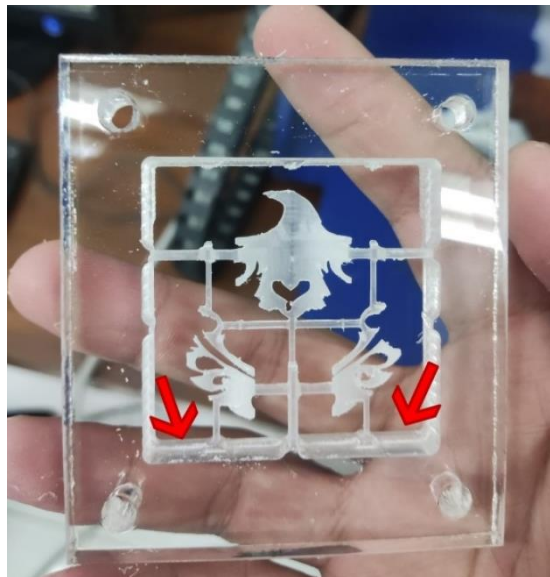
Parameter pemesinan kedua garuda *relief* dapat dilihat pada tabel 4- 3

Tabel 4- 3 Parameter Pemesinan Kedua Garuda *Relief*

Parameter	Pemesinan Atas		Pemesinan Bawah	
	<i>Roughing</i>	<i>Finishing</i>	<i>Roughing</i>	<i>Finishing</i>
Diameter	<i>End mill</i>	<i>Conical 0.125</i>	<i>End mill</i>	<i>Conical 0.125</i>
Pahat	3 mm	mm 10°	3 mm	mm 10°
<i>Strategy</i>	<i>Raster</i>	<i>Raster</i>	<i>Raster</i>	<i>Raster</i>
<i>Stepover</i>	1.2 mm	0.06 mm	1.2 mm	0.04 mm
<i>Stepdown</i>	0.8 mm	0.008 mm	0.8 mm	0.004 mm
<i>Feed rate</i>	10 mm/sec	6 mm/sec	10 mm/sec	9 mm/sec
<i>Pluge rate</i>	4 mm /sec	4 mm/sec	4 mm /sec	4 mm/sec
<i>Spindel</i>	24000 rpm	24000 rpm	24000 rpm	24000 rpm

<i>Matrial thickness</i>	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
<i>Time</i>	27 Menit 53 Detik	3 Jam 4 Menit 17 Detik	25 Menit 54 Detik	3 Jam 42 Menit 15 Detik

Pada pemesinan kedua menunjukkan kegagalan dalam proses pembuatan desain garuda *relief*. Meskipun telah dilakukan penyesuaian terhadap titik nol baik dari sisi desain maupun pada mesin CEDU CNC, hasil akhir masih menunjukkan bentuk yang tidak simetris dan dapat dilihat pada tanda panah berwarna merah dari hasil pemesinan, yaitu dari bekas pemakanan material yang semakin kanan semakin naik keatas. Hal ini disebabkan oleh kondisi ragum yang sedikit miring, sehingga posisi material saat dibalik tidak presisi. Akibatnya, bentuk relief sayap garuda menjadi tidak sejajar dan mengganggu proporsi desain secara keseluruhan.



Gambar 4. 7 Hasil Pemesinan Kedua Garuda *Relief*

4.2.4 Pemesinan Garuda *Relief* yang Berhasil

Parameter pemesinan garuda *relief* dapat dilihat pada tabel 4- 4

Tabel 4- 4 Parameter Pemesinan Garuda Relief yang Berhasil

Parameter	Pemesinan Atas		Pemesinan Bawah	
	<i>Roughing</i>	<i>Finishing</i>	<i>Roughing</i>	<i>Finishing</i>
Diameter	<i>End mill</i>	<i>Conical</i> 0.125	<i>End mill</i>	<i>Conical</i> 0.125
Pahat	3 mm	mm 10°	3 mm	mm 10°
<i>Strategy</i>	<i>Raster</i>	<i>Raster</i>	<i>Raster</i>	<i>Raster</i>
<i>Stepover</i>	1.2 mm	0.06 mm	1.2 mm	0.04 mm
<i>Stepdown</i>	0.8 mm	0.008 mm	0.8 mm	0.004 mm
<i>Feed rate</i>	10 mm/sec	5 mm/sec	10 mm/sec	7 mm/sec
<i>Pluge rate</i>	4 mm /sec	4 mm/sec	4 mm /sec	4 mm/sec
<i>Spindel</i>	24000 rpm	24000 rpm	24000 rpm	24000 rpm
<i>Matrial thickness</i>	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
<i>Time</i>	27 Menit 53 Detik	3 Jam 26 Menit 15 Detik	25 Menit 54 Detik	4 Jam 12 Menit 54 Detik

Setelah melalui berbagai tahapan evaluasi dan perbaikan terhadap kesalahan sebelumnya, seperti ketidaktepatan posisi ragum, titik nol mesin, serta penyesuaian desain saat pembuatan *support* penyangga menjadi lebih presisi, akhirnya proses pembuatan master garuda *relief* berhasil dilakukan dengan baik. Desain berhasil terbentuk sehingga dapat digunakan sebagai master untuk proses pembuatan cincin. Keberhasilan ini menunjukkan bahwa penyesuaian teknis pada proses pemesinan sangat krusial untuk menghasilkan produk dengan kualitas optimal.



Gambar 4. 8 Hasil Pemesinan Garuda *Relief*

Proses pembuatan master cincin garuda *relief* ini dilakukan dengan cara yang sama seperti pada desain garuda polos, sehingga membentuk lingkaran utuh membentuk cincin. Perbedaanya terletak pada jumlah bagian hasil potongan, di mana garuda *relief* dibagi menjadi tiga bagian yang berpengaruh pada hasil pemesian pada bagian badan maupun bagian sayap garuda yang lebih detail dan lebih presisi.



Gambar 4. 9 Hasil Master Cincin Garuda *Relief*

Hasil pemesian desain Garuda *relief*, hasil pemesian menunjukkan master cincin garuda *relief* memiliki diameter 21,8 mm dengan ketebalan 1,2 mm, sedikit berbeda dari desain awal yang berdiameter 21,84 mm. Perbedaan ini dapat terjadi karena posisi material yang kurang presisi saat proses penjepitan dan adanya toleransi lebih pada mesin CNC saat proses pemotongan.



Gambar 4. 10 Hasil Pengukuran Master Cincin Garuda *Relief*

4.2.5 Pemesinan Garuda yang Tidak Berhasil

Setelah melakukan percobaan yang sudah berulang ulang dan tidak dapat dituliskan dilaporan ini secara keseluruhan karena kesalahan banyak yang dilakukan secara berulang seperti proses pemesinan yang terlalu tebal maupun terlalu tipis itu dikarenakan penentuan strategi *Z Zero* dan *Model Position* pada material setup pada *software* ArtCAM serta penentuan titik nol yang tidak pas.



Gambar 4. 11 Pemesinan Garuda yang Tidak Berhasil

Relief yang tidak sesuai ada yang dikarenakan pada saat *finishing* di tengah melakukan pemakanan mata pahat mengalami aus atau mata pahat patah karena pemakanan yang terlalu dalam atau *feedrate* yang terlalu cepat. Hasil pemesinan yang kasar pada master biasanya terjadi karena parameter yang belum pas. Hasil akhir pemesinan dan sebagian material tidak termakan juga termasuk kedalam penentuan strategi *Z Zero* dan *Model Position* serta penentuan titik nol yang tidak pas.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan evaluasi yang dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut sesuai dengan tujuan penelitian:

1. Master cincin berhasil dibuat menggunakan mesin CNC 3-*Axis* dengan hasil yang cukup baik.
2. Hasil strategi pemesinan dengan membagi beberapa bagian dan menggunakan pemakanan dua arah, yaitu pemakanan atas dan pemakanan bawah pada garuda polos dan garuda *relief* adanya perbedaan dari feedrate, step down, dan step over yang lebih kecil, dikarenakan garuda *relief* memiliki detail yang lebih rumit.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

Pada hasil penelitian yang sudah dilakukan masih memiliki beberapa kekurangan sehingga bisa disempurnakan pada penelitian berikutnya. Beberapa saran yang dapat bermanfaat, yaitu :

1. Proses pembuatan master perhiasan cincin disarankan untuk dilakukannya pengujian parameter pemesinan yang lebih mendalam untuk menghindari kecacatan produk.
2. Pengaturan posisi material pada ArtCAM, posisi ragam, titik tengah material, serta titik koordinat sumbu x, y, dan z juga harus dicek secara teliti yang bertujuan untuk mencegah pergeseran atau penumpukan titik pemakanan yang dapat merusak hasil akhir.
3. Pemilihan mata pahat yang sesuai dengan jenis material serta pembuatan *support* desain untuk mendukung proses pemesinan CNC sangat penting dilakukan untuk mengurangi risiko patah saat pemesinan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaluddin, Muh. N. H. (2024). Analisis Tingkat Akurasi Pengaplikasian Program Kode CAM Pada Proses Pembuatan Fixed Handle Menggunakan Mesin CNC Turning Mazak Quick Turn Smart 150 S. 6 Nomor 1, 8. <https://doi.org/10.36815/majamecha.v6i1.3263>
- Aniendya, C. (2020). Preservation of Damar Kurung through jewelry design. 3, 8.
- Febriyana, R. V. (2022). Two-sided manual machining method for three-axis CNC milling machine for small and medium-sized enterprises. Ournal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology 13 (2022) 79-87, 9. <https://doi.org/10.14203/j.mev.2022.v13.79-87>
- Ismartaya, K. (2024). DESIGN AND MANUFACTURE OF AUTOMATIC COLLET CLAMPING SYSTEMS FOR SPROCKET-CAM HANDLING ON CNC LATHES. 18 No. 2. <https://doi.org/10.24853/sintek.18.2.99-112>
- Kusuma, D. (2021). Metode Taguchi Untuk Optimasi Proses Engraving CNC Router G-Weike WK1212 untuk Kayu Mahoni. 7 No. 2, 6. <http://dx.doi.org/10.24014/jti.v7i2.14198>
- Mudmainah, P. H. W. (2023). Pengaruh Variasi Kedalaman Potong terhadap Gaya Potong dan Temperatur pada Proses Bubut Baja AISI 304 Berdasarkan Metode Elemen Hingga. Vol. 6 No.1, 13. <https://doi.org/https://doi.org/10.30596/rmme.v6i1.13739>
- Ningsih, U. (2005). Computer Aided Design / Computer Aided Manufactur [CAD/CAM]. X, 7.

- Nugrahad, G. (2007). PERHIASAN DI INDONESIA FUNGSI, TEKNOLOGI, DAN PERKEMBANGANNYA. 4(Vol. 4 No.2), 12. <https://doi.org/10.25105/dim.v4i2.1244>
- Prabowo, R. B. (2024). Pembuatan Master Liontin Dengan Bentuk Kupu-Kupu Berbahan Dasar Akrilik Yang Diaplikasikan Pada Batu Permata Berbahan Resin (p. 54).
- Prasetyo, Y. D. (2020). PENGEMBANGAN PERHIASAN UNTUK PENGRAJIN DI DESA BATAN KRAJAN KAB. MOJOKERTO JAWA TIMUR. 23.
- Prianto, E. (2017). PROSES PERMESINAN CNC DALAM PEMBELAJARAN SIMULASI CNC. 1.
- Puspaputra, P. (2009). Pengembangan Cetakan Lilin untuk Pembuatan Master Kedua pada Produksi Perhiasan. 9.
- Puspaputra, P. (2017). A Study of Resin as Master Jewellery Material, Surface Quality and Machining Time Improvement by Implementing Appropriate Cutting Strategy. MATEC Web Of Conferences 108, 06003 (2017) ICMAA 2017, 5. <https://doi.org/DOI: 10.1051/matecconf/201710806003>
- Ramdani, R. (2024). Rancang Bangun Mesin Cnc Router Mini 3 Axis. Volume 2 No.2, 12. <https://doi.org/10.61132/uranus.v1i2.215>
- Rohman, T. (2023). ANALISIS KEAUSAN PAHAT ENDMILL HSS FLUTE 4 PADA PROSES MILLING HANDLE SEPEDA MOTOR. 8, 12. <https://doi.org/10.33579/krvtk.v8i2.4054>
- Santiso, G. (2023). Memahami Asal Usul Lambang Negara Indonesia dan Burung Garuda. 02. No 03. <https://doi.org/10.9000/jpt.v2i3.358>

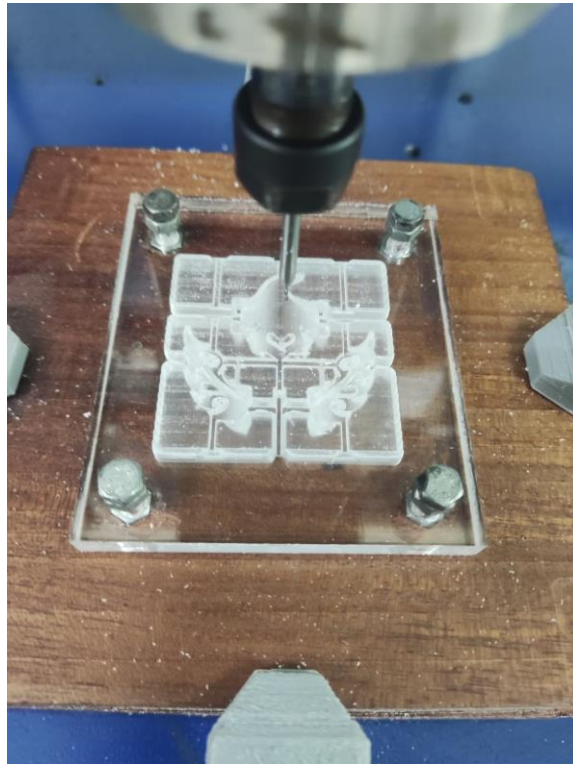
- Setiawan, J. (2008). Kajian Proses Pembuatan Perhiasan Perak Cara Manual Dan Masinal. 25, 8. <https://doi.org/10.22322/dkb.v25i1.1022>
- Soori, M. (2023). Machine learning and artificial intelligence in CNC machine tools, A review. 2. <https://doi.org/10.1016/j.smse.2023.100009>
- Suselo, T. (2015). 3D Modeling Indonesia Ring Jewelry Ornament using Iterative Function System. 4(7), 125.
- Wijaya, I. P. S. (2021). EKSISTENSI PERHIASAN EMAS DI MASA PANDEMI COVID 19. 1, 5. <https://doi.org/10.35886/imagine.v1i2.265>
- Wismarini, D. (2005). Pemanfaatan Software Artcam unutm Peningkatan Produk Cetakan / Matras dalam Skala Industri Menengah ke Bawah. X, 8. <https://doi.org/10.35315/dinamik.v10i2.11>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Desain *Support* 3Design Master Perhiasan Cincin Garuda



Lampiran 2. Proses Pemesinan CNC Master Perhiasan Cincin Garuda



Lampiran 3. Percobaan Master Perhiasan Cincin

