

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN *MASTER KANCING*
BAJU MOTIF BUNGA**

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh:

Nama : Muhammad Syarifuddin Latief
No. Mahasiswa : 19525108
NIRM : 1907050054

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

2025

PERNYATAAN KEASLIAN

Nama : Muhammad Syarifuddin Latief
NIM : 19525108
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknologi Industri
Instansi : Universitas Islam Indonesia
Judul Laporan : Perancangan dan Pembuatan Master Kancing Baju Motif Bunga

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya tulis ilmiah yang saya buat merupakan karya saya sendiri bukan hasil plagiarisme dari karya tulis yang dibuat oleh orang lain. Semua referensi dan kutipan yang saya tulis pada karya tulis ini saya cantumkan sitasi dan sumber pustakanya. Apabila dikemudian hari saya dianggap melakukan pelanggaran hak kekayaan intelektual dan yang saya tulis pada karya ilmiah ini tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi dan hukuman yang berlaku.

Yogyakarta, 29 Juli 2025



Muhammad Syarifuddin Latief

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN *MASTER* KANCING
BAJU MOTIF BUNGA**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Syarifuddin Latief

No. Mahasiswa : 19525108

NIRM : 1907050054

Yogyakarta, 13 Juli 2025

Pembimbing,



Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN *MASTER* KANCING
BAJU MOTIF BUNGA**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Syarifuddin Latief
No. Mahasiswa : 19525108
NIRM : 1907050054

Tim Penguji

Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng.

Ketua

Rahmat Riza, S.T., M.Sc.ME.

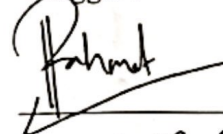
Anggota I

Finny Pratama Putera, S.T., M.Eng.

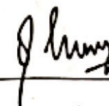
Anggota II



Tanggal :



Tanggal : 28 Juli 2025



Tanggal : 25 Juli 2025

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan menyebut Allah SWT yang maha pengasih lagi maha penyayang. Segala puji bagi Allah Tuhan semesta alam yang telah menciptakan dunia dan seisinya yang indah ini serta memberikan nikmat iman dan islam serta rahmat hidayah dan inayah-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Tugas akhir ini di persembahkan kepada Bapak Wahyudin dan Ibu Hamdah Syarifah Nur yang senantiasa memberikan dukungan, ajaran, serta doa hingga penulisan laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan.

HALAMAN MOTTO

” Allah Tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(Q.S Al-Baqarah, 2:286)

"Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan."(Q.S Al Insyirah: 5-6)

"Barangsiapa yang mengerjakan kebaikan sekecil apapun, niscaya dia akan melihat (balasan)nya." (Q.S Al Zalzalah: 7)

“Hiduplah seolah-olah Anda akan mati besok. Belajarlah seolah-olah Anda hidup selamanya.” - Mahatma Gandhi

“Kebijaksanaan bukanlah produk dari sekolah tetapi dari usaha seumur hidup untuk mendapatkannya.” - Albert Einstein

"Raihlah ilmu! Dan untuk meraih ilmu, belajarlah untuk tenang dan sabar." - Umar bin Khattab

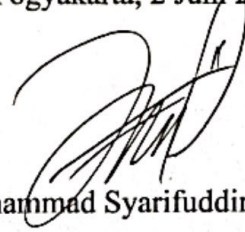
KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya penulis telah diberi kemampuan untuk menyelesaikan penulisan laporan Tugas Akhir yang berjudul “Perancangan dan Pembuatan *Master* Kancing Baju Motif Bunga”. penyusunan laporan ini bertujuan untuk memenuhi syarat akademik untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik bagi Mahasiswa S1 Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Dalam penyusunan laporan ini banyak mendapatkan semangat, dukungan, dorongan, dan bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini perkenankan penulis menyampaikan rasa terima kasih 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. Ayah dan Ibu penulis yang selalu mendoakan dan memberikan motivasi dalam 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, Terima kasih banyak atas bantuan, bimbingan, dan ilmu yang diberikan kepada penulis dalam kuliah di Teknik Mesin UII
5. Seluruh dosen program studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
6. Teman-teman 109 sebagai partner dalam pengerjaan tugas akhir ini. Terima kasih sudah saling membantu dan menguatkan.
7. Semua teman-teman di kos sawojajar yang selalu mendukung dan memberi semangat kepada penulis yang tidak dapat disebutkan satu per satu
8. Pihak- pihak terkait yang tidak satu- persatu yang bersedia membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini

kritik yang membangun serta penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Yogyakarta, 2 Juni 2025



Muhammad Syarifuddin Latief

19525108

ABSTRAK

Kancing baju saat ini tidak hanya berfungsi sebagai pengait pakaian, tetapi juga menjadi elemen estetika dan identitas dalam dunia *fashion*, khususnya dalam bentuk *jewelry button* bermotif bunga. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan memproduksi *master* kancing baju bermotif bunga dengan memanfaatkan teknologi manufaktur digital berbasis 3D *printing* SLA dan pemesinan CNC. Proses dimulai dengan perancangan desain menggunakan *software 3DESIGN*, dilanjutkan simulasi pencetakan melalui FlashDLPrint dan simulasi pemesinan menggunakan ArtCAM JewelSmith. *Master* kancing kemudian diproduksi melalui dua metode, pencetakan 3D SLA dengan resin water washable dan pemesinan CNC menggunakan akrilik 10 mm. Pengujian dilakukan terhadap beberapa parameter seperti posisi cetak, kekasaran permukaan, dan proses pembuatan cetakan *rubber silicon* dari *master* yang dihasilkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode 3D *printing SLA* menghasilkan permukaan yang lebih halus dengan nilai Ra sebesar 3,938 μm dan detail bentuk yang tajam, sedangkan pemesinan CNC menghasilkan struktur yang lebih kuat namun memiliki kekasaran permukaan lebih tinggi Ra sebesar 12,633 μm . Meskipun demikian, kedua metode dapat menghasilkan cetakan *silicon* yang fungsional. Dengan integrasi teknologi CAD, 3D *printing*, dan CNC, penelitian ini berhasil merealisasikan aksesoris *fashion* yang presisi dan estetis serta memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan proses produksi aksesoris di industri kreatif.

Kata Kunci: *Jewelry button*, 3D *Printing SLA*, CNC, CAD/CAM, 3DESIGN, Kekasaran Permukaan, *Rubber Silicon*, Resin, Akrilik

ABSTRACT

Nowadays, shirt buttons not only function as clothing hooks, but also become aesthetic and identity elements in the fashion world, especially in the form of floral jewelry buttons. This research aims to Design and produce a floral button master by utilizing digital manufacturing technology based on 3D printing SLA and CNC machining. The process begins with Design drafting using 3DESIGN software, followed by printing simulation through FlashDLPrint and machining simulation using ArtCAM JewelSmith. The button master was then produced through two methods, SLA 3D printing with water washable resin and CNC machining using 10 mm acrylic. Tests were conducted on several parameters such as print position, surface roughness, and rubber silicon mold making process of the resulting master. The test results show that the SLA 3D printing method produces a smoother surface with a Ra value of 3.938 μm and sharp shape details, while CNC machining produces a stronger structure but has a higher surface roughness Ra of 12.633 μm . Nonetheless, both methods can produce functional silicon molds. With the integration of CAD, 3D printing, and CNC technologies, this research successfully realized a precise and aesthetic fashion accessories and made a real contribution to the development of accessories production processes in the creative industry.

Keywords: Jewelry button, 3D Printing SLA, CNC, CAD/CAM, 3DESIGN, Surface Roughness, Silicon Rubber, Resin, Acrylic

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 Tabel | xii |
| Daftar Gambar | xiii |
| Bab 1 Pendahuluan | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah | 3 |
| 1.4 Tujuan Perancangan | 3 |
| 1.5 Manfaat Perancangan | 3 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 4 |
| Bab 2 Tinjauan Pustaka | 5 |
| 2.1 Kajian Pustaka | 5 |
| 2.2 CAD (<i>Computer Aided Design</i>) | 6 |
| 2.2.1 3DESIGN | 7 |
| 2.3 CAM (<i>Computer Aided Manufacturing</i>) | 7 |
| 2.3.1 ArtCAM JewelSmith | 8 |
| 2.4 3D Print SLA | 8 |
| 2.4.1 FlashDLPrint | 9 |
| 2.4.2 Resin | 10 |
| 2.4.3 <i>Curing</i> | 10 |
| 2.5 CNC (<i>Computer Numerical Control</i>) | 11 |
| 2.6 Pahat | 12 |
| 2.6.1 Pahat <i>End mill</i> | 12 |
| 2.6.2 Pahat <i>Conical</i> | 12 |

| | | |
|----------------|--|----|
| 2.6.3 | <i>Collet</i> | 13 |
| Bab 3 | Metode Penelitian | 14 |
| 3.1 | Alur Penelitian..... | 14 |
| 3.2 | Alat dan Bahan | 15 |
| 3.3 | Kriteria Desain..... | 16 |
| 3.3.1 | Desain Kancing baju 1 | 16 |
| 3.3.2 | Desain Kancing baju 2..... | 16 |
| 3.4 | Simulasi Perangkat Lunak..... | 17 |
| 3.4.1 | Simulasi Pencetakan 3D | 17 |
| 3.4.2 | Simulasi Pemesinan..... | 18 |
| 3.5 | Proses Pencetakan 3D..... | 19 |
| 3.6 | Proses Pemesinan | 20 |
| Bab 4 | Hasil dan Pembahasan | 21 |
| 4.1 | Hasil Desain..... | 21 |
| 4.2 | Hasil Pencetakan 3D <i>Master Kancing Baju</i> | 22 |
| 4.3 | Hasil Pemesinan | 24 |
| 4.3.1 | Pemesinan Pertama..... | 25 |
| 4.3.2 | Pemesinan kedua | 26 |
| 4.3.3 | Pemesinan Ketiga | 27 |
| 4.4 | Pengujian Kekasaran dan Pembuatan <i>Molds Rubber Silicon</i> | 29 |
| 4.4.1 | Pengujian Kekasaran Permukaan | 29 |
| 4.4.2 | Pembuatan Cetakan <i>Rubber Silicon</i> | 31 |
| 4.5 | Pembahasan | 32 |
| 4.5.1 | Hasil 3D <i>Printing SLA</i> | 32 |
| 4.5.2 | Hasil Pemesinan CNC | 33 |
| 4.5.3 | Hasil Pengujian Kekasaran permukaan dan Cetakan <i>Silicon</i> | 34 |
| 4.5.4 | Perbandingan Metode SLA dan CNC | 34 |
| Bab 5 | Penutup..... | 36 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 36 |
| 5.2 | Saran atau Penelitian Selanjutnya..... | 36 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 37 |
| LAMPIRAN | | 39 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 3- 1 Alat..... | 15 |
| Tabel 3- 2 Bahan..... | 15 |
| Tabel 3- 3 Data Awal Pemakanan Atas..... | 18 |
| Tabel 3- 4 Data Awal Pemakanan Bawah..... | 18 |
| Tabel 4. 1 Parameter 3D Printing SLA..... | 22 |
| Tabel 4. 2 Parameter pemakanan pertama..... | 25 |
| Tabel 4. 3 Parameter Pemakanan Kedua..... | 26 |
| Tabel 4. 4 Parameter Pemakanan Kedua..... | 27 |
| Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan..... | 30 |
| Tabel 4. 6 Perbandingan 3D Print dan CNC..... | 34 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2- 1 <i>software 3Design</i> | 7 |
| Gambar 2- 2 <i>Software ArtCam JewelSmith</i> | 8 |
| Gambar 2- 3 <i>3D Print SLA</i> | 9 |
| Gambar 2- 4 <i>Software FlashDLPrint</i> | 9 |
| Gambar 2- 5 <i>Resin Water Wash</i> | 10 |
| Gambar 2- 6 <i>Curing resin</i> | 11 |
| Gambar 2- 7 <i>Mesin 109 CEDU CNC3 Axis</i> | 11 |
| Gambar 2- 8 <i>Pahat End mill</i> | 12 |
| Gambar 2- 9 <i>Pahat Conical</i> | 13 |
| Gambar 2- 10 <i>Collet</i> | 13 |
| Gambar 3- 1 <i>Alur Penelitian</i> | 14 |
| Gambar 3- 2 <i>Desain Kancing Baju 1</i> | 16 |
| Gambar 3- 3 <i>Desain Kancing Baju 2</i> | 17 |
| Gambar 3- 4 <i>Simulasi Pencetakan 3D</i> | 17 |
| Gambar 3- 5 <i>Simulasi pemesinan</i> | 19 |
| Gambar 3- 6 <i>Proses pencetakan 3D</i> | 20 |
| Gambar 3- 7 <i>Proses pemesinan</i> | 20 |
| Gambar 4. 1 <i>Hasil desain sebagai prototipe</i> | 21 |
| Gambar 4. 2 <i>Hasil desain untuk CNC</i> | 21 |
| Gambar 4. 3 <i>Kegagalan akibat support</i> | 22 |
| Gambar 4. 4 <i>Hasil Pencetakan dengan tiga posisi</i> | 23 |
| Gambar 4. 5 <i>Kegagalan saat pelepasan support</i> | 23 |
| Gambar 4. 6 <i>Hasil akhir pencetakan 3D</i> | 24 |
| Gambar 4. 7 <i>Pengukuran hasil pencetakan 3D</i> | 24 |
| Gambar 4. 8 <i>Hasil Pemesinan Pertama</i> | 26 |
| Gambar 4. 9 <i>Hasil Pemesinan Kedua</i> | 27 |
| Gambar 4. 10 <i>Hasil Pemesinan Ketiga</i> | 28 |
| Gambar 4. 11 <i>Hasil Pengukuran Pemesinan</i> | 29 |
| Gambar 4. 12 <i>Pengujuan Kekasaran Permukaan</i> | 30 |
| Gambar 4. 13 <i>hasil cetakan rubber silicon</i> | 31 |

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri manufaktur di sektor *fashion* mengalami perkembangan pesat berkat kemajuan teknologi, perubahan dinamika pasar, dan tren global yang terus berkembang. Transformasi ini tidak hanya mempengaruhi cara produk *fashion* diproduksi, tetapi juga mengubah pandangan cara desain dan konsep keberlanjutan dalam industri. Dalam beberapa dekade terakhir, inovasi teknologi manufaktur telah menjadi pendorong utama yang mengakselerasi pertumbuhan sektor ini secara signifikan.

Perkembangan tersebut menciptakan ekosistem industri yang lebih dinamis, responsif terhadap perubahan pasar, dan mampu menghasilkan produk berkualitas tinggi. Dampak positif dari transformasi ini terlihat jelas pada peningkatan efisiensi proses produksi, implementasi praktik berkelanjutan, dan kemampuan menciptakan produk yang lebih inovatif. Oleh karena itu, industri *fashion* modern kini mengandalkan teknologi sebagai fondasi utama dalam mencapai keunggulan kompetitif.

Selain itu, teknologi ini tidak hanya menghemat waktu dan biaya operasional, tetapi juga meningkatkan akurasi dan kualitas produk akhir yang dihasilkan. Proses desain yang sebelumnya membutuhkan waktu berbulan-bulan kini dapat diselesaikan dalam hitungan minggu dengan tingkat presisi yang lebih tinggi. Teknologi simulasi juga memungkinkan pengujian berbagai skenario tanpa memerlukan prototipe fisik yang mahal.

Sementara itu, industri aksesoris *fashion*, khususnya kancing baju, juga mengalami evolusi yang *remarkable* seiring kemajuan teknologi manufaktur. Kancing baju yang dahulu hanya berfungsi sebagai pengikat sederhana, kini telah berkembang menjadi elemen desain penting yang menonjolkan gaya dan kepribadian pemakainya. Perubahan ini merupakan bagian dari tren yang berkembang dalam industri aksesoris *fashion*, sebagaimana didukung oleh beberapa studi terkini.

Permintaan pasar akan produk yang tidak hanya fungsional tetapi juga memiliki daya tarik estetika tinggi mendorong inovasi dalam pembuatan aksesoris *fashion*. Penggunaan material logam mulia dan bahan estetik lainnya untuk pembuatan kancing baju, yang dikenal sebagai *jewelry button*, semakin diminati karena dapat menambah nilai estetika dan memberikan kesan eksklusif pada pakaian (Ueda, 2018).

Mengingat kompleksitas dan potensi besar industri ini, peran mahasiswa teknik mesin dalam pengembangan produk inovatif seperti *jewelry button* menjadi sangat strategis dan penting. Untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi secara konsisten, diperlukan sistem manufaktur yang terstruktur, efisien, dan sesuai dengan standar industri terkini. Hal ini menuntut pemahaman mendalam tentang proses manufaktur modern.

Dalam konteks tersebut, teknik mesin memiliki peran krusial dalam perencanaan alur produksi, perancangan alat bantu presisi, serta implementasi sistem pengendalian mutu di setiap tahap proses manufaktur. Pemanfaatan teknologi manufaktur terbaru memungkinkan proses produksi menjadi lebih presisi, efisien, dan konsisten sesuai dengan standar industri yang terus berkembang.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan proses pembuatan kancing baju tipe *jewelry* dengan memanfaatkan sistem manufaktur yang tersedia saat ini. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata bagi sektor perhiasan dan aksesoris, sekaligus menjadi acuan praktis bagi mahasiswa teknik mesin dalam menerapkan ilmu yang telah dipelajari ke dalam dunia industri.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka rumusan masalahnya adalah bagaimana merealisasikan sebuah produk yang berawal dari perancangan desain hingga menjadi *master* perhiasan kancing baju dengan mesin CNC dan 3D *Printing SLA*

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada perancangan ini sebagai berikut :

- 1) Perancangan Desain Menggunakan aplikasi *3DESIGN*
- 2) Simulasi produksi menggunakan aplikasi FlashDLPrint dan ArtCAM JewelSmith 2011
- 3) Pembuatan *master* produk menggunakan mesin 3D Print SLA Flashforge tipe *Hunter*
- 4) Pembuatan *master* produk menggunakan mesin 109 CEDU CNC
- 5) Produk akhir berupa *master* Produk

1.4 Tujuan Perancangan

Tujuan penelitian atau perancangan ini adalah sebagai berikut :

- 1) Mengoptimalkan proses perancangan dan produksi *jewelry button* melalui pemanfaatan teknologi manufaktur digital yang ada saat ini.
- 2) Menghasilkan desain kancing baju yang presisi dan estetis menggunakan aplikasi desain berbasis komputer (*3DESIGN*).
- 3) Melakukan simulasi proses produksi menggunakan aplikasi FlashDLPrint dan ArtCAM JewelSmith 2011 untuk memastikan efisiensi dan kualitas.
- 4) Membuat *master* produk kancing baju dengan metode cetak 3D menggunakan mesin SLA Flashforge Hunter dan pemrosesan CNC dengan mesin 109 CEDU.
- 5) Menciptakan *master* produk yang siap untuk tahap produksi dengan kualitas yang konsisten dan standar industri.

1.5 Manfaat Perancangan

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

- 1) Dapat di manfaatkan untuk penelitian selanjutnya mengenai pembuatan perhiasan kancing baju menggunakan mesin 3D Print SLA dan CNC
- 2) Meningkatkan kemampuan dan menambah wawasan mengenai tahapan pembuatan perhiasan

- 3) Meningkatkan efisiensi proses produksi *master* produk dengan memanfaatkan simulasi digital yang membantu meminimalkan kesalahan produksi.
- 4) Mendukung pengembangan kemampuan teknis mahasiswa teknik mesin dalam penggunaan teknologi manufaktur digital yang relevan dengan industri *fashion* aksesoris.
- 5) Memberikan indikasi bahwa kualitas dan presisi *master* produk dapat ditingkatkan melalui proses produksi kancing baju *jewelry* yang konsisten dan sesuai standar.
- 6) Mempercepat waktu pengembangan produk melalui perancangan digital dan proses manufaktur berbasis teknologi terbaru.

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 pembuatan *master* produk perhiasan kancing baju yang mengacu pada perkembangan teknologi manufaktur dan *fashion* yang saling bersinergi. Dalam konteks modern, kancing baju tidak lagi dinilai hanya dari fungsinya sebagai pengikat, namun telah berkembang menjadi elemen estetika penting yang mencerminkan karya seni dan penggambaran produk terhadap kepribadian pemakainya. Transformasi ini menandai evolusi signifikan dalam industri aksesoris *fashion*.

Sejalan dengan perkembangan tersebut, teknologi pencetakan tiga dimensi (*3D Printing*) dan teknologi pemrosesan otomatis seperti CNC telah menjadi salah satu inovasi revolusioner dalam bidang manufaktur modern. Teknologi ini memungkinkan pembuatan produk dengan desain yang kompleks dan presisi tinggi, sekaligus mengurangi waktu dan biaya produksi secara signifikan dibandingkan metode konvensional. Efisiensi ini memberikan keunggulan kompetitif bagi industri manufaktur *contemporary*.

Lebih lanjut, kemajuan teknologi manufaktur dalam bidang *fashion* memudahkan desainer untuk menciptakan produk yang sebelumnya sulit atau bahkan tidak mungkin diproduksi dengan metode tradisional. Teknologi ini juga memungkinkan pengurangan limbah material karena efektivitasnya yang meningkat (Tay, 2019). Hal ini sejalan dengan kebutuhan keberlanjutan industri saat ini yang mengutamakan praktik ramah lingkungan dan efisiensi sumber daya.

Dalam pelaksanaannya, penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan sistematis yang terstruktur dengan baik. Penelitian diawali dengan perancangan desain kancing baju menggunakan aplikasi *3Design*, kemudian dilanjutkan dengan simulasi pencetakan tiga dimensi menggunakan aplikasi *FlashDLPrint*. Proses pencetakan aktual dilakukan menggunakan mesin 3D print *Flashforge* dengan protokol yang telah ditetapkan sebelumnya untuk memastikan kualitas hasil optimal.

Selanjutnya, hasil pencetakan menjalani proses washing untuk membersihkan sisa material dan proses *curing* agar produk hasil menjadi lebih keras dan tahan lama. Penelitian juga melakukan pendekatan serupa namun berbeda dengan proses pemesinan CNC yang diawali dengan simulasi dan strategi pemesinan. Pemilihan alat dan bahan seperti akrilik dan mata pahat dilakukan secara selektif sesuai dengan spesifikasi teknis yang dibutuhkan.

Sementara itu, kemajuan teknologi pada produksi perhiasan telah diterapkan secara luas dalam industri perhiasan, khususnya menggunakan 3D print SLA dan CNC untuk berbagai keperluan manufaktur. Penggunaannya mencakup pembuatan *master molds* atau model cetakan yang memerlukan presisi tinggi. Aplikasi teknologi ini telah terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas dan efisiensi produksi perhiasan modern.

Berdasarkan hasil penelitian Puspaputra, Risdiyoni, & Riza (2021) yang membandingkan *master* perhiasan dari akrilik yang diproses dengan CNC dan 3D *printing* SLA, ditemukan bahwa *master* akrilik menunjukkan kualitas terbaik secara keseluruhan. Hasil 3D *printing* SLA memiliki permukaan yang lebih halus dibandingkan CNC tanpa proses *finishing*, namun CNC dengan *finishing* mampu menghasilkan kualitas permukaan lebih baik.

Pada akhirnya, teknologi ini terbukti efektif mengurangi sisa material dari proses pemotongan dan pemolesan, sekaligus memproduksi prototipe dengan cepat yang sangat berguna dalam proses desain berkelanjutan. Efisiensi ini tidak hanya menghemat biaya produksi, tetapi juga mempercepat siklus pengembangan produk, memungkinkan respons yang lebih cepat terhadap tren pasar dan kebutuhan konsumen yang dinamis.

2.2 CAD (*Computer Aided Design*)

Computer Aided Design (CAD) merupakan teknologi yang sangat membantu dalam pengembangan produk untuk mempermudah proses desain yang kompleks dan meningkatkan tingkat presisi. Dengan mengintegrasikan prinsip-prinsip gambar teknik serta memanfaatkan perangkat lunak modern, CAD memungkinkan penggunaannya untuk membuat prototipe secara cepat dan akurat. Teknologi ini juga berperan penting dalam produksi barang berteknologi tinggi di

sektor manufaktur, karena dapat mempercepat siklus desain, mengurangi kesalahan, dan meningkatkan efisiensi proses produksi secara keseluruhan (Kennedy dkk., 1973).

2.2.1 3DESIGN

3DESIGN adalah perangkat lunak khusus yang dikembangkan untuk mempermudah proses perancangan perhiasan secara digital. Melalui *software* ini, pengguna dapat membuat model perhiasan dalam format tiga dimensi serta menentukan material yang akan digunakan. Selain itu, *3DESIGN* menyediakan fitur modifikasi desain yang memungkinkan penambahan ornamen pada berbagai jenis perhiasan seperti cincin, gelang, bros, anting, kalung dll.



Gambar 2. 1 *software 3Design*

2.3 CAM (*Computer Aided Manufacturing*)

Computer-Aided Manufacturing (CAM) adalah teknologi yang menggunakan perangkat lunak komputer untuk mendukung perencanaan, pengelolaan, dan pengendalian proses manufaktur. Teknologi ini memungkinkan pemodelan dan evaluasi proses manufaktur secara virtual, sehingga dapat menangani kompleksitas yang melibatkan mesin, peralatan, bahan, dan parameter operasi yang beragam (Bi, 2021). CAM membantu meningkatkan perancangan proses produksi dengan mengeksplorasi berbagai alternatif serta menjamin akurasi saat mengubah desain digital menjadi produk fisik. Penggunaannya meliputi pengaturan desain material, dimensi, toleransi geometris, serta pemrograman proses pemesinan. Paling umum, *software* CAM digunakan dengan mesin CNC dengan membuat G-code yang menggerakkan untuk melakukan aktivitas *cutting*.

2.3.1 ArtCAM JewelSmith

ArtCAM merupakan perangkat lunak yang mengintegrasikan fungsi CAD (*Computer-Aided Design*) dan CAM (*Computer-Aided Manufacturing*), ArtCAM memungkinkan perancang membuat tampilan visual dalam bentuk tiga dimensi, sehingga lebih mudah memahami bentuk dan ukuran desain, serta membantu dalam mengambil keputusan yang tepat selama proses perancangan (Kadry, 2023). Selain digunakan dalam proses perancangan, ArtCAM juga mampu menjalankan strategi pemesinan dengan menghasilkan program NC (*Numerical Code*) atau *G-code* yang diperlukan untuk proses produksi menggunakan mesin CNC. Perangkat lunak ini dilengkapi fitur simulasi digital yang memungkinkan pengguna memvisualisasikan jalannya proses pemotongan sebelum dilakukan secara nyata, sehingga dapat meminimalkan kesalahan dan meningkatkan efisiensi proses manufaktur.



Gambar 2. 2 *Software* ArtCam JewelSmith

2.4 3D Print SLA

Pencetakan tiga dimensi (3D) adalah proses fabrikasi yang menggunakan perangkat lunak dan perangkat keras desain berbantuan komputer (Lupton, 2023). Proses ini bekerja dengan mencetak lapisan demi lapisan material (seperti plastik atau resin) hingga membentuk benda sesuai bentuk yang diinginkan. Sebelum dicetak, desain dibuat terlebih dahulu menggunakan *software* seperti CAD. Teknologi ini sangat berguna untuk membuat contoh produk (prototipe), karena cepat, hemat bahan, dan bisa mencetak bentuk yang rumit yang sulit dibuat. Salah satu jenis 3D *printing* adalah SLA (*Stereolithography Apparatus*), yaitu metode pencetakan yang menggunakan sinar laser untuk mengeraskan resin cair secara

bertahap. SLA dikenal mampu menghasilkan hasil cetak yang sangat detail dan halus, sehingga cocok digunakan dalam pembuatan produk dengan bentuk kecil dan presisi tinggi, seperti perhiasan, komponen teknik, atau bagian prototipe kompleks.



Gambar 2. 3 3D Print SLA

2.4.1 FlashDLPrint

FlashDLPrint adalah *software* yang dibuat oleh perusahaan Flashforge yaitu sebuah produsen printer dan filamen 3D asal Tiongkok, serta pengembang perangkat lunak 3D print SLA (Stereolithography Apparatus). 3D printer membuat obyek 3 dimensi dengan mengatur *layer* dari resin. Sama seperti machining part, part 3D print akan memproduksi secara efisien ketika didesain dengan CAD. *Software* tersebut menggunakan data CAD untuk menentukan berapa banyak dan dimana tepatnya material disimpan. perbedaan utama antara CAD/CAM dengan 3D *printing* adalah proses manufaktur untuk membuat komponen, sementara CAD/CAM adalah proses desain dan *manufacturing* komponen



Gambar 2. 4 *Software* FlashDLPrint

2.4.2 Resin

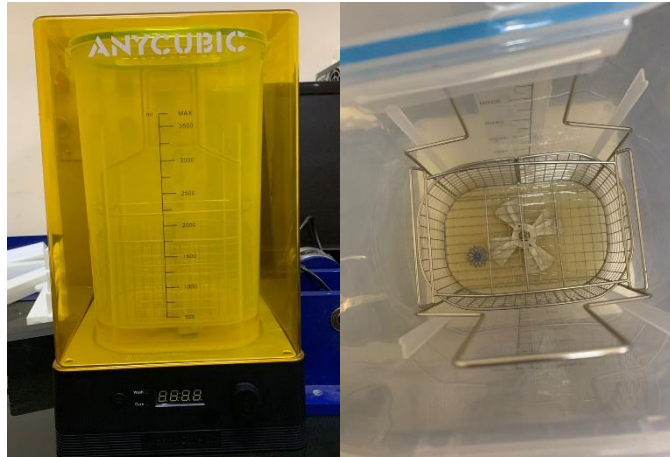
Resin 3D *printing* SLA adalah bahan cair yang digunakan dalam proses pencetakan 3D dengan metode *Stereolithography* (SLA), di mana resin ini akan mengeras ketika terkena sinar laser ultraviolet (UV) dari printer. Proses pencetakan dilakukan secara bertahap, lapis demi lapis, hingga membentuk objek sesuai desain digital. Resin yang digunakan biasanya berbasis *photopolymer*, yaitu bahan kimia yang peka terhadap cahaya UV. Keunggulan resin SLA adalah mampu menghasilkan cetakan dengan detail tinggi, permukaan yang halus, dan tingkat presisi yang baik, sehingga cocok digunakan untuk membuat prototipe teknik, perhiasan, cetakan gigi, atau komponen kecil lainnya yang membutuhkan akurasi tinggi.



Gambar 2. 5 Resin *Water Wash*

2.4.3 Curing

Curing pasca-cetak adalah tahap lanjutan setelah objek dicetak dengan printer 3D SLA, karena meskipun bentuknya sudah terbentuk, resin pada objek belum sepenuhnya mengeras. Oleh karena itu, objek perlu disinari ulang menggunakan cahaya ultraviolet (UV) dengan alat khusus seperti UV *curing* untuk memastikan resin mengeras secara menyeluruh. Proses ini penting untuk meningkatkan kekuatan, ketahanan terhadap panas, dan kestabilan bentuk objek 3D.



Gambar 2. 6 Curing resin

2.5 CNC (*Computer Numerical Control*)

CNC (*Computer Numerical Control*) adalah teknologi yang mengotomatiskan alat permesinan menggunakan panel kontrol dan perangkat lunak untuk menjalankan perintah yang diprogram dengan presisi tinggi (García dkk., 2024). Mesin CNC 3 Axis bekerja pada tiga sumbu, yaitu X, Y, dan Z, yang memungkinkan pemrosesan material secara akurat dalam berbagai arah. Teknologi ini menggunakan program komputer berupa G-code, yang berisi koordinat gerak alat potong untuk memotong dan membentuk material seperti logam, plastik, atau kayu secara otomatis. Dengan CNC, proses manufaktur menjadi lebih efisien dan mampu menghasilkan komponen dengan toleransi yang sangat ketat, yang sulit dicapai dengan metode manual.



Gambar 2. 7 Mesin 109 CEDU CNC3 Axis

2.6 Pahat

Pahat berperan dalam proses pemotongan material pada benda kerja sesuai instruksi dari komputer ke mesin CNC. Agar proses pemesinan berjalan efektif, pahat harus memiliki kekerasan yang lebih tinggi daripada benda kerja agar dapat memotong dan membentuk material dengan baik.

2.6.1 Pahat *End mill*

Pahat *End mill* adalah pahat yang digunakan untuk proses pemakanan di mana pisau berputar pada sumbu yang tegak lurus terhadap permukaan benda kerja, memungkinkan pisau bergerak menyudut untuk membentuk permukaan dengan sudut tertentu (Bambang, 2012) Dalam penelitian ini, digunakan pahat *end mill* dengan diameter 3 mm.



Gambar 2. 8 Pahat *End mill*

2.6.2 Pahat *Conical*

Pahat *Conical* merupakan pahat yang memiliki bentuk runcing pada ujung permukaannya, yang digunakan untuk proses pemakanan yang terdapat *relief* dengan bentuk sulit serta lekukan yang tajam. Biasanya pahat jenis ini digunakan untuk proses *finishing*. Pada penelitian ini pahat *conical* yang di pakai berukuran 0,125 mm pada ujung permukaan dengan sudut 10° . Bentuk pahat *conical* dapat dilihat pada gambar



Gambar 2. 9 Pahat *Conical*

2.6.3 *Collet*

Collet dalam mesin CNC adalah perangkat penjepit yang digunakan dalam operasi pemesinan untuk menahan mata pahat atau alat pemotong dengan aman. *Collet* ini sebagai penyambung mata pahat dengan mesin, *Collet* berfungsi sebagai pegangan yang presisi dan kencang yang mencegah mata pahat bergerak selama proses pemesinan.

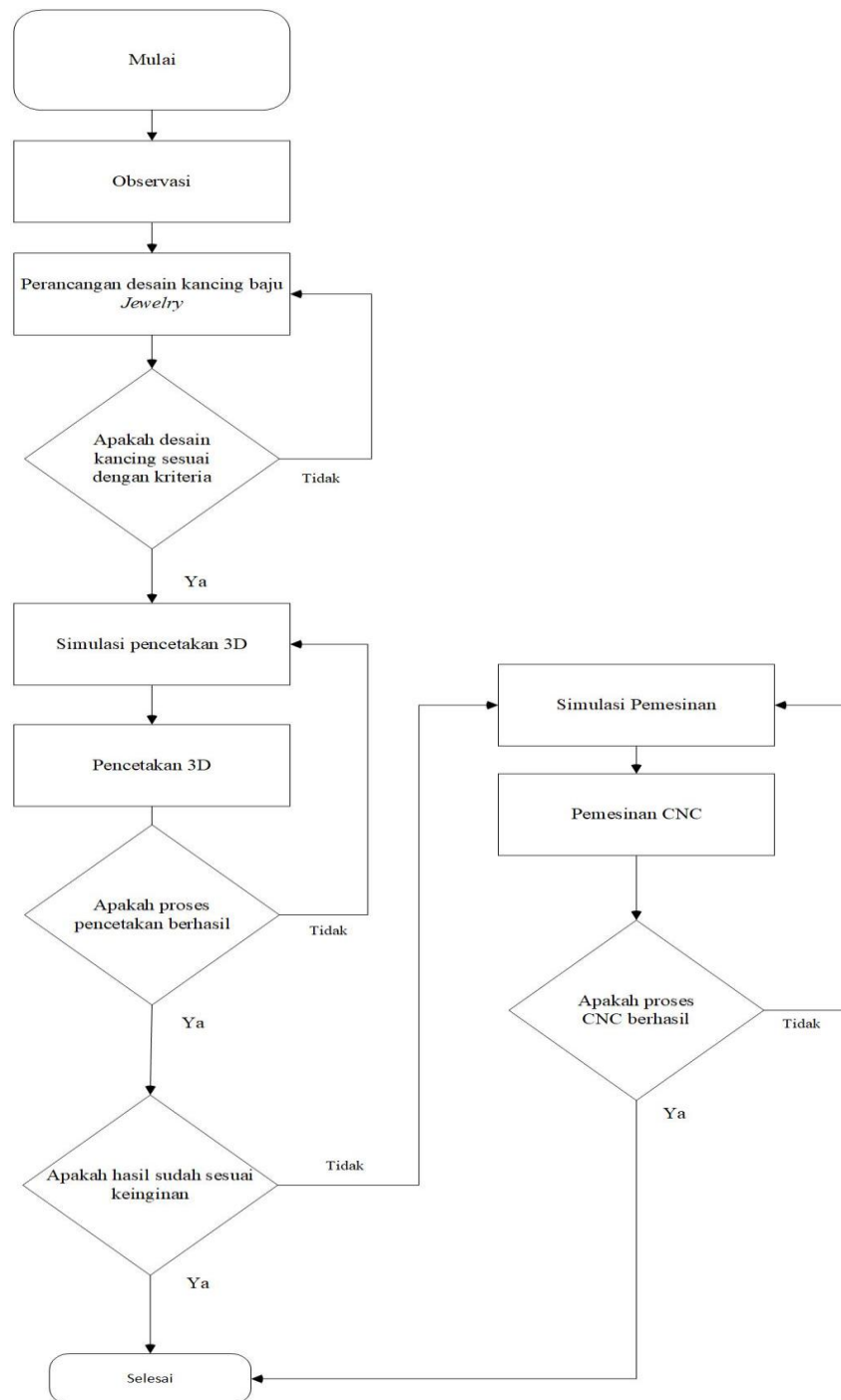


Gambar 2. 10 *Collet*

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat di lihat pada Tabel 3. 1

Tabel 3. 1 Alat

| NO | Alat | Fungsi |
|----|--------------------------------|--|
| 1 | Komputer | Membuat rancangan desain 3D dan simulasi pemesinan |
| 2 | Jangka Sorong | Untuk mengukur kancing baju |
| 3 | Mesin 3D Print flashforge | Mesin yang gunakan untuk mencetak kancing baju |
| 4 | Mesin <i>Curing & wash</i> | Mesin yang digunakan untuk proses <i>curing</i> memebersihkan sisa resin pasca pencetakan |
| 5 | <i>Collet</i> | Komponen untuk menyambungkan mata pahat dengan mesin CNC |
| 6 | Pahat <i>End mill</i> | Pisau yang digunakan untuk proses <i>roughing</i> |
| 7 | Pahat <i>Conical</i> | Pisau yang digunakan untuk proses <i>finishing</i> |
| 8 | Mesin CEDU CNC | Mesin yang digunakan untuk melakukan pemakanan dengan otomatis dengan menginput data berupa g-code |
| 9 | Jangka Sorong | Alat yang digunakan untuk pengukuran |

Bahan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3. 2

Tabel 3. 2 Bahan

| NO | Bahan |
|----|--------------------|
| 1 | Resin 3D Print SLA |
| 2 | Alkohol 90% |
| 3 | Amplas |
| 4 | Akrilik 10 mm |

3.3 Kriteria Desain

Beberapa kriteria desain yang menjadi acuan pembuatan desain kancing baju yaitu :

- 1) Kancing baju memiliki pola dasar referensi dari alam
- 2) Memiliki bentuk minimal Setengah lingkaran
- 3) Memiliki diameter minimal 8 mm maksimal 26 mm
- 4) Memiliki ketebalan minimal 3 mm maksimal 10 mm

3.3.1 Desain Kancing baju 1

Desain Kancing baju pertama terinspirasi dari ukiran dengan mengikuti pola dasar dari alam berupa bunga teratai. Tumbuhan bunga teratai dipilih sebagai pola dasar karena memiliki bentuk yang indah dan cantik, selain itu bunga teratai memiliki makna yang melambangkan kemurnian karena walaupun tumbuh dari lumpur dan lingkungan yang tidak bersih namun tetap bersih dan mekar dengan cantik. Gambar 3. 1 merupakan hasil desain dari kancing baju pertama



Gambar 3. 1 Desain Kancing Baju 1

3.3.2 Desain Kancing baju 2

Desain kancing baju pertama terinspirasi dari ukiran dengan mengikuti pola dasar dari alam berupa bunga matahari. Tumbuhan bunga matahari dipilih karena memiliki makna harapan dan optimisme karena selalu tegak dan selalu mengarah ke arah sinar matahari bersinar segelap apapun cuaca, sama seperti kita sebagai manusia untuk terus maju dan bersemangat dalam menghadapi kehidupan.



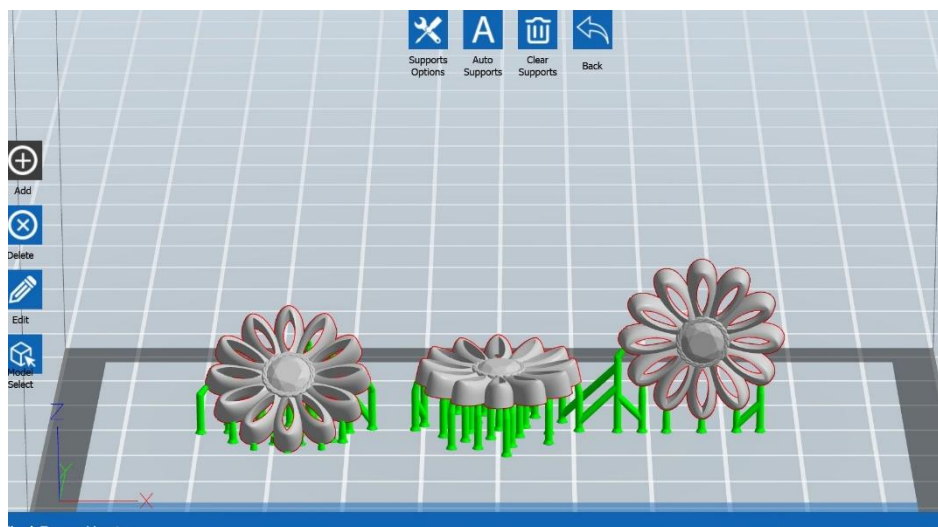
Gambar 3. 2 Desain Kancing Baju 2

3.4 Simulasi Perangkat Lunak

Karena dilakukan dengan dua proses yaitu pemesinan dan pencetakan, pada proses pencetakan 3D print menggunakan *software* FlashDLPrint kemudian untuk proses pemesinan menggunakan *software* ArtCAM 2011.

3.4.1 Simulasi Pencetakan 3D

Pada simulasi pencetakan 3D menggunakan *software* FlashDLPrint dengan format awal STL dari desain, pada *software* ini dilakukan pemasangan *support* hasil untuk menyangga kancing baju agar hasil pencetakan maksimal sesuai dengan yang diinginkan. Untuk parameter yang digunakan adalah *default* pada *software* dan mesinnya. Hasil simulasi pencetakan 3D dapat dilihat pada gambar 3. 3 Simulasi pencetakan 3D desain 2 menggunakan FlashDLPrint.



Gambar 3. 3 Simulasi Pencetakan 3D

Pada simulasi pencetakan 3D kancing baju yang di cetak dengan 3 posisi yang berbeda yaitu 45°, 180°, dan 90° untuk menentukan untuk memaksimalkan pencetakan.

3.4.2 Simulasi Pemesinan

Pada simulasi pemesinan ini dilakukan dengan *software* ArtCAM 2011 kemudian setelah mengatur parameter pemesinan akan di dapat g-code. Untuk simulasi pemesinan memiliki proses *roughing* dan proses *finishing*, karena proses pemesinan dilakukan atas dan bawah maka masing-masing *roughing* dan *finishing* dilakukan dua kali. Untuk penggunaan parameter pada pemesinan ini menggunakan referensi dari data penelitian yang dilakukan (Syarifudin, 2021). Data awal parameter dapat dilihat pada tabel 3. 3 dan 3. 4, kemudian untuk simulasi pemesinannya dapat dilihat pada gambar 3.4 Simulasi pemesinan Kancing baju

Tabel 3. 3 Data awal Pemakanan Atas

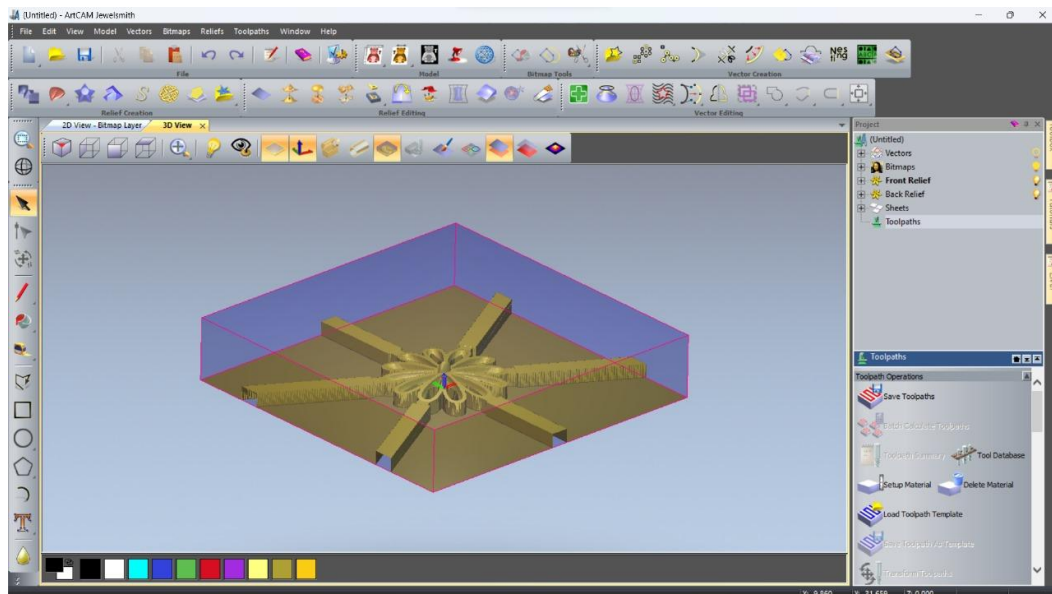
| Parameter | Pemesinan Atas | |
|---------------------------|---------------------|-----------------------------|
| | <i>Roughing</i> | <i>Finishing</i> |
| Diameter Pahat | <i>End mill</i> 3mm | <i>Conical</i> 0.125 mm 10° |
| <i>Strategy</i> | <i>Raster</i> | <i>Spiral</i> |
| <i>Stepover</i> | 0.9 mm | 0.08 mm |
| <i>Stepdown</i> | 1.5 mm | 0.01 mm |
| <i>Feed rate</i> | 10 mm/sec | 7 mm/sec |
| <i>Plunge Rate</i> | 4 mm/sec | 5 mm/sec |
| <i>Spindel</i> | 24000 rpm | 24000 rpm |
| <i>Material thickness</i> | 10 mm | 10 mm |

Tabel 3. 4 Data awal Pemakanan Bawah

| 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>Spiral</i> |
| <i>Stepover</i> | 0.9 mm | 0.08 mm |

Lanjutan Tabel 3. 4 Data Pemakanan Bawah

| Parameter | Pemesinan Bawah | |
|---------------------------|-----------------|------------------|
| | <i>Roughing</i> | <i>Finishing</i> |
| <i>Stepover</i> | 0.9 mm | 0.08 mm |
| <i>Stepdown</i> | 1.5 mm | 0.01 mm |
| <i>Feed rate</i> | 10 mm/sec | 7 mm/sec |
| <i>Plunge Rate</i> | 4 mm/sec | 5 mm/sec |
| <i>Spindel</i> | 24000 rpm | 24000 rpm |
| <i>Material thickness</i> | 10 mm | 10 mm |



Gambar 3. 4 Simulasi pemesinan

3.5 Proses Pencetakan 3D

Pada perancangan ini proses pencetakan 3D *master* produk menggunakan mesin 3D print SLA Flashforge tipe Hunter Proses pencetakan 3D dengan teknologi SLA dimulai dengan memasukkan file hasil *slicing* yang telah di buat dengan *software* FlashDLPrint ke dalam printer. Resin cair dimasukkan ke dalam tangki, lalu platform cetak dipastikan bersih dan terpasang dengan baik. Setelah itu, printer mulai mencetak model secara bertahap, lapis demi lapis, menggunakan sinar UV yang mengeraskan resin sesuai bentuk model.

Setelah proses cetak selesai, hasil cetakan dilepas dari platform dan dibersihkan dengan alkohol, untuk menghilangkan sisa resin. Selanjutnya, *master* di *curing* agar lebih kuat. Setelah benar-benar kering, bagian penyangga dilepas dan, jika perlu, dilakukan proses *finishing* seperti pengamplasan agar hasil rapi dan halus.



Gambar 3. 5 Proses pencetakan 3D

3.6 Proses Pemesinan

Pada penelitian ini proses pemesinan *master* produk menggunakan mesin109 CEDU CNC dan untuk benda kerjanya berupa akrilik yang memiliki tebal 10mm. Saat melakukan pemesinan langkah awal adalah mengatur posisi *center* dari sumbu x,y, dan z pada benda kerja. Proses pemesinan dilakukan tahapan *roughing* dan *finishing* tampak atas kemudian *roughing* dan *finishing* tampak bawah, Proses pemesinan dapat dilihat pada gambar 3-6.



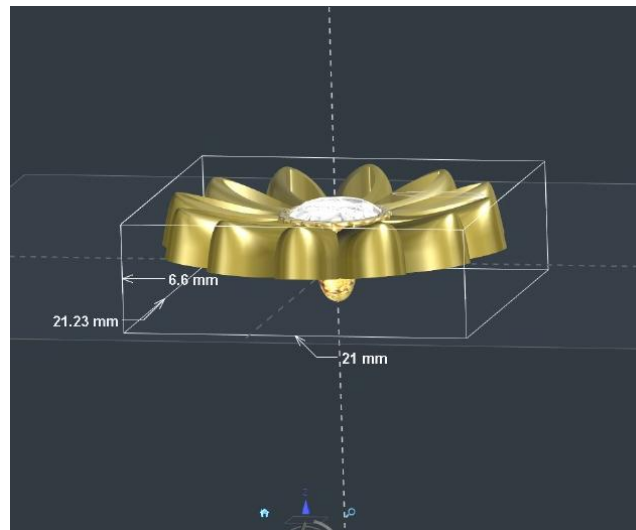
Gambar 3. 6 Proses pemesinan

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

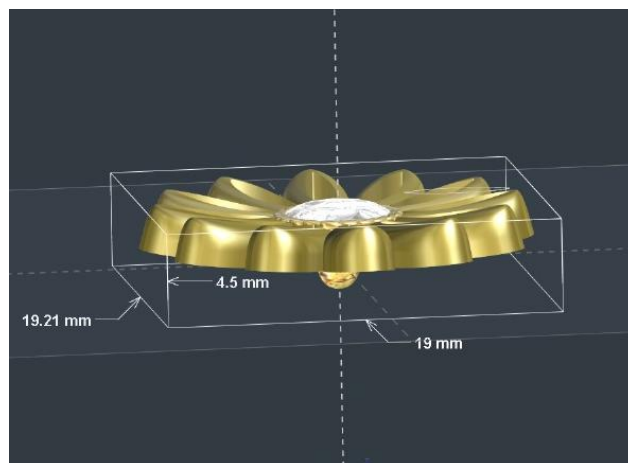
4.1 Hasil Desain

Pada hasil perancangan *Master* kancing baju, motif bunga matahari yang dilakukan proses selanjutnya karena memiliki desain yang lebih menarik menurut perancang. Hasil dimensi dapat dilihat pada gambar 4. 1.



Gambar 4. 1 Hasil desain sebagai prototipe

Pada hasil perancangan 3 dimensi kancing baju *3DESIGN* didapat ukuran sebesar 21 mm x 21.23 mm dengan ketebalan 6.6 mm secara menyeluruh. Digunakan sebagai pencetakan awal (prototipe) menggunakan mesin *3D printing* untuk menentukan ukuran desain secara langsung.



Gambar 4. 2 Hasil desain untuk CNC

Desain yang digunakan dalam pemesinan CNC, pada desain ini ukuran sudah berubah dari desain sebelumnya karena dirasa ukuran awal masih terlalu besar. Diketahui ukuran untuk diameternya sebesar 19 mm x 19.21 mm dan memiliki ketebalan sebesar 4.5 mm secara menyeluruh.

4.2 Hasil Pencetakan 3D *Master Kancing Baju*

Pada pencetakan 3D *master kancing baju* menggunakan 3D *Printing* SLA Flashforge jenis hunter menggunakan resin 3D *printing* SLA *water wash* resin untuk parameter yang digunakan adalah default dari mesin 3D *Printing* tersebut, berikut adalah parameternya.

Tabel 4. 1 Parameter 3D Printing SLA

| No | Parameter | Nilai |
|----|---------------------------|-----------------|
| 1 | <i>Layer Height</i> | 0.025 mm |
| 2 | <i>Fill Density</i> | 100% |
| 3 | <i>Shell Thickness</i> | 2.0 mm |
| 4 | <i>Infill Thickness</i> | 1.0 mm |
| 5 | <i>Base Exposure Time</i> | 1.7 s |
| 6 | <i>Attach Time</i> | 8.0 s |
| 7 | <i>Light Intensity</i> | 100% |
| 8 | <i>Support Type</i> | <i>Columnar</i> |

Pada awal-awal pengerjaan terjadi kegagalan karena *support* yang digunakan pada pencetakan tidak maksimal sehingga produk jatuh ke dalam tanki resin 3D *printing* SLA, hasil dapat dilihat pada gambar 4. 3



Gambar 4. 3 Kegagalan akibat support

setelah dilakukan beberapa kali percobaan produk *master* kancing baju berhasil direalisasikan. hasil pencetakan 3D dapat dilihat pada gambar 4. 4



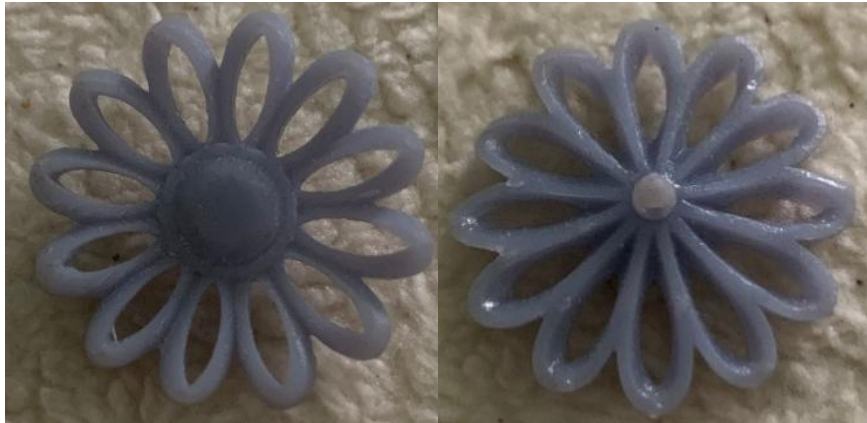
Gambar 4. 4 Hasil Pencetakan dengan tiga posisi

Dari tiga posisi pencetakan, kancing baju dengan posisi 180° memiliki kekurangan seperti *support* yang berlebih menyebabkan kerusakan *master* kancing baju pada proses pelepasan *support*, gambar dapat di lihat pada gambar 4. 5



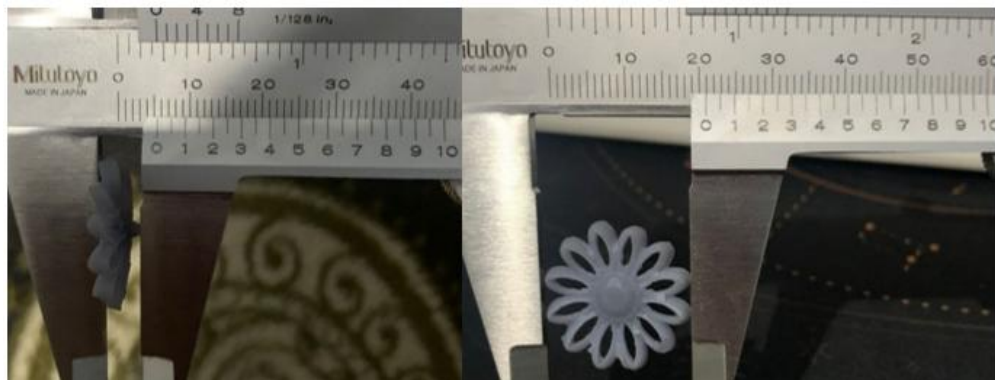
Gambar 4. 5 Kegagalan saat pelepasan support

Kegagalan pada pencetakan karena penggunaan *support* yang tidak optimal sehingga banyak bagian *support* yang tersisa karena tidak dapat dilepas ditunjukkan dengan angka 1, adapula bagian yang permukaan kasar dengan sisa *support* ditunjukkan dengan angka 2. Hasil pencetakan 3D *master* kancing baju dengan posisi 45° dan 90° sisa *support* dari pelepasan *support* dan *master* tidak memiliki kerusakan yang berarti, sisa *support* dapat di perbaiki dengan cara di amplas, hasil pencetakan 3D *master* kancing baju dapat dilihat pada gambar 4. 6.



Gambar 4. 6 Hasil akhir pencetakan 3D

Hasil pencetakan yang sudah di amplas memiliki permukaan yang baik karena tidak tersisa sisa *support*, hasil pencetakan 3D cocok *master* kancing baju. Adapun hasil pengukuran dari pencetakan 3D yang telah dilakukan untuk memastikan adanya perubahan atau tidak, dari desain sampai hasil, gambar dapat dilihat pada gambar 4. 7.



Gambar 4. 7 Pengukuran hasil pencetakan 3D

Dari hasil pengukuran dapat diketahui bahwa ketebalan sebesar 6.5 mm dan lebar 20.95mm. hasil sedikit berubah dari desain perancangan karena tidak terlalu jauh karena desain awal memiliki ketebalan 6.5 mm dan lebar 21 mm.

4.3 Hasil Pemesinan

Untuk pemesinan *master* kancing baju dilakukan pada kedua sisi dari akrilik yaitu pada bagian atas dan bagian bawah. Dalam proses pemakanan ketika bagian atas sudah selesai maka saat melakukan pemakanan bawah dikerjakan secara manual dengan membalikan akrilik.

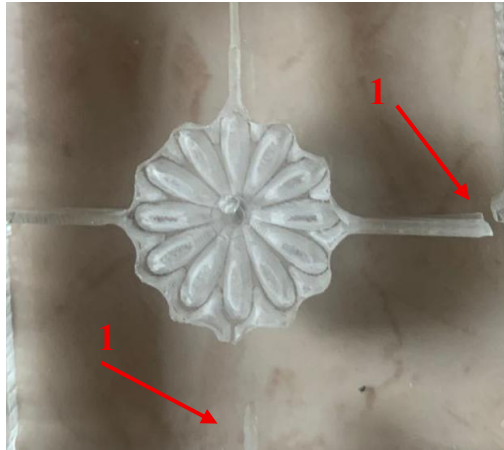
4.3.1 Pemesinan Pertama

Parameter pemesinan pertama dapat dilihat pada tabel 4. 2

Tabel 4. 2 Parameter pemakanan pertama

| Parameter | Pemesinan Bawah | | Pemesinan Atas | |
|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| | <i>Roughing</i> | <i>Finishing</i> | <i>Roughing</i> | <i>Finishing</i> |
| Diameter Pahat | <i>End mill</i> 10 mm | <i>Conical</i> 0.125 mm 10° | <i>End mill</i> 10 mm | <i>Conical</i> 0.125 mm 10° |
| <i>Strategy</i> | <i>Raster</i> | <i>Raster</i> | <i>Raster</i> | <i>Raster</i> |
| <i>Stepover</i> | 0.8 mm | 0.01 mm | 0.8 mm | 0.01 mm |
| <i>Stepdown</i> | 0.5 mm | 0.005 mm | 0.5 mm | 0.005 mm |
| <i>Feed rate</i> | 10 mm/sec | 7 mm/sec | 10 mm/sec | 7 mm/sec |
| <i>Pluge rate</i> | 4 mm /sec | 5 mm/sec | 4 mm /sec | 5 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> | 1 jam 38 menit | 6 jam 25 menit | 1 jam 32 menit | 6 jam 2 menit |

Pada pemesinan pertama ini dilakukan dari pemakanan bawah terlebih dahulu dan hasil yang di capai hingga pemakanan bawah saja, karena adanya kegagalan saat proses *roughing* di pemesinan atas saat pembalikan akrilik secara manual, sumbu z yang sudah di sesuaikan ulang masuk terlalu dalam sehingga memakan *support* yang berfungsi untuk menyanggah *master*. Hasil pemesinan pertama dapat dilihat pada gambar 4. 8.



Gambar 4. 8 Hasil Pemesinan Pertama

Pada hasil pemesinan ini dapat diketahui bahwa selain terjadi kesalah pada sumbu z, pada bagian angka 1 menunjukkan *support* yang digunakan tidak maksimal untuk menahan proses pemesinan hal ini karena desain *support* yang kurang optimal sehingga proses tidak dapat dilanjutkan ketahap selanjutnya.

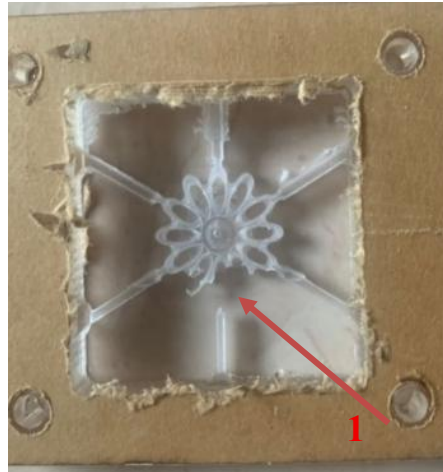
4.3.2 Pemesinan kedua

Parameter pemesinan kedua dapat dilihat pada tabel 4. 3

Tabel 4. 3 Parameter Pemakanan Kedua

| Parameter | Pemesinan Atas | | Pemesinan Bawah | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| | <i>Roughing</i> | <i>Finishing</i> | <i>Roughing</i> | <i>Finishing</i> |
| Diameter Pahat | <i>End mill</i> 10 mm | <i>Conical</i> 0.125 mm 10° | <i>End mill</i> 10 mm | <i>Conical</i> 0.125 mm 10° |
| <i>Strategy</i> | <i>Raster</i> | <i>Raster</i> | <i>Raster</i> | <i>Raster</i> |
| <i>Stepover</i> | 0.8 mm | 0.08 mm | 0.8 mm | 0.08 mm |
| <i>Stepdown</i> | 0.5 mm | 0.01 mm | 0.5 mm | 0.01 mm |
| <i>Feed rate</i> | 10 mm/sec | 7 mm/sec | 10 mm/sec | 7 mm/sec |
| <i>Pluge rate</i> | 4 mm /sec | 5 mm/sec | 4 mm /sec | 5 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> | 2 jam 11 menit | 6 jam 18 menit | 53 menit | 5 jam 38 menit |

Pada pemesinan kedua ini setelah di lakukan perbaikan pada bagian *support* kemudian pemakanan dimulai dari atas terlebih dahulu. Hasil pemesinan kedua dapat dilihat pada gambar 4. 9



Gambar 4. 9 Hasil Pemesinan Kedua

Berdasarkan gambar 4. 9 Parameter pemesinan kedua yang digunakan masih sama dengan parameter awal, tetapi ada kegagalan saat proses *finishing* di pemesinan bawah, putaran *spindel* yang digunakan teralalu kencang sehingga memecahkan akrilik pada bagian tipisnya ditunjukkan dengan angka 1.

4.3.3 Pemesinan Ketiga

Parameter pemesinan kedua dapat dilihat pada tabel 4. 4

Tabel 4. 4 Parameter Pemakanan Kedua

| 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 | 10 mm | mm 10° | 10 mm | mm 10° |
| <i>Strategy</i> | <i>Raster</i> | <i>Raster</i> | <i>Raster</i> | <i>Raster</i> |
| <i>Stepover</i> | 0.9 mm | 0.08 mm | 0.8 mm | 0.08 mm |
| <i>Stepdown</i> | 1.5 mm | 0.01 mm | 0.5 mm | 0.01 mm |
| <i>Feed rate</i> | 10 mm/sec | 10 mm/sec | 10 mm/sec | 10 mm/sec |
| <i>Pluge rate</i> | 4 mm /sec | 5 mm/sec | 4 mm /sec | 5 mm/sec |
| <i>Spindel</i> | 24000 rpm | 15000 rpm | 24000 rpm | 15000 rpm |

Lanjutan Tabel 4. 4 Parameter Pemakanan Kedua

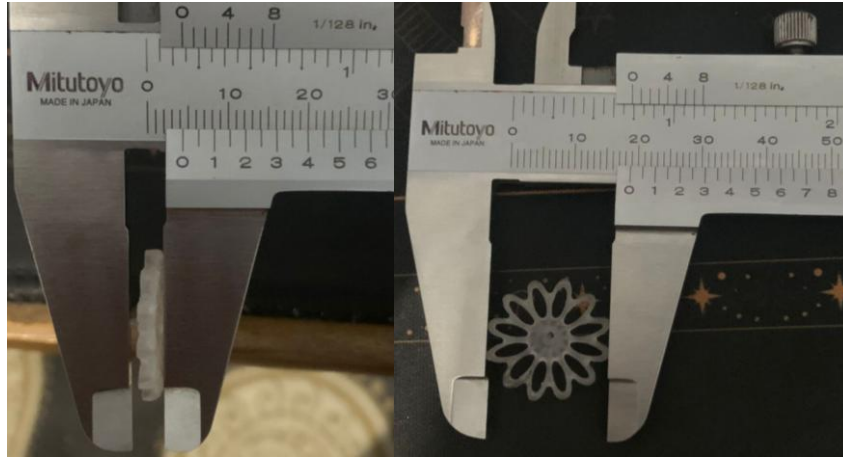
| Parameter | Pemesinan Atas | | Pemesinan Bawah | |
|--------------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| | <i>Roughing</i> | <i>Finishing</i> | <i>Roughing</i> | <i>Finishing</i> |
| <i>Matrial thickness</i> | 10 mm | 10 mm | 10 mm | 10 mm |
| <i>Time</i> | 2 jam 11 menit | 4 jam 25 menit | 53 menit | 3 jam 56 menit |

Pada pemesinan ketiga ini parameter pemesinan mengalami perubahan pada putaran *spindel* dan meningkatkan *feed rate*, hal ini dilakukan karena sebelumnya *master* kancing baju pecah karena putaran *spindel* yang telalu besar memecahkan bagian tipis dan untuk *feed rate* yang ditingkatkan karena dirasa perancangan pergerakan yang lambat menghasilkan permukaan pemakanan yang halus namun karena permukaan *master* yang tipis tidak dapat menahan goresan dari mata pahat sehingga menyebabkan pecahnya *master*. Hasil pemesinan ketiga dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Hasil Pemesinan Ketiga

Hasil dari pemesinan ini tidak terjadi patah pada *support* dan tidak terjadi pecah pada produk kancing yang dibuat seperti pemesinan sebelumnya. Hasil pengukuran dari produk yang buat memiliki ketebalan perubahan ukuran. Hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar 4. 11.



4. 11 Hasil Pengukuran Pemesinan

Ukuran awal dari adalah 19 mm untuk diameter dan tebal 4.5 untuk ketebalan, memiliki sedikit perubahan ukuran yaitu 4.4 mm kebalan dan diameter 18.8 mm. Ukuran ini berubah karena dirasa pengerancang adanya beberapa detail yang tidak sesuai seperti peletakan akrilik, sumbu x, y, dan z yang mungkin berubah atau mesin yang perlu di kalibrasi ulang.

4.4 Pengujian Kekasaran dan Pembuatan *Molds Rubber Silicon*

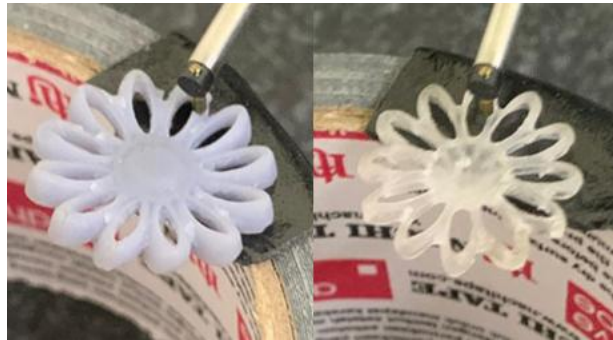
Setelah proses pencetakan dan pemesinan *master* kancing baju selesai dilakukan, dilanjutkan dengan pengujian kekasaran permukaan serta pembuatan cetakan menggunakan bahan *rubber silicon*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana kualitas permukaan dari masing-masing metode (3D *printing* SLA dan CNC) dapat memengaruhi hasil akhir, baik dari segi kehalusan maupun ketajaman detail bentuk.

4.4.1 Pengujian Kekasaran Permukaan

Pengujian kekasaran permukaan dilakukan untuk mengevaluasi kualitas hasil cetakan dari metode 3D *Printing* SLA dan hasil pemesinan CNC berbahan akrilik. Pengukuran dilakukan menggunakan alat *Surface Roughness Tester ACCRETECH Surfcom Touch*. Sampel pengujian terdiri dari dua jenis:

- 1) *Master* kancing baju hasil pencetakan 3D SLA
- 2) *Master* kancing baju hasil pemesinan CNC

Metode pengukuran dilakukan dengan pengambilan data di satu lintasan permukaan (garis tengah) menggunakan *stylus* dengan jarak 2 mm dari benda kerja.



Gambar 4. 12 Pengujian Kekasaran Permukaan

lalu hasil ditampilkan dalam parameter standar internasional Ra, Rz, Pt, dan Rq. Hasil pengujian dirangkum pada Tabel 4.4 berikut:

Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan

| No | Metode | Ra (μm) | Rz (μm) | Pt (μm) | Keterangan |
|----|--------|----------------------|----------------------|----------------------|---|
| 1 | 3D SLA | 3.938 | 28.520 | 69.101 | Hasil sudah halus tanpa <i>finishing</i> lanjutan |
| 2 | CNC | 12.633 | 70.259 | 171.117 | Kasar, membutuhkan <i>finishing</i> lanjutan |

Dari hasil pengujian pada Tabel 4.5, terlihat bahwa metode 3D printing SLA menghasilkan permukaan yang lebih halus dibandingkan metode CNC, ditunjukkan oleh nilai kekasaran permukaan rata-rata (Ra) yang lebih rendah, yaitu 3.938 μm dibandingkan 12.633 μm pada CNC. Ra (*Roughness Average*) menunjukkan nilai rata-rata deviasi permukaan dari garis tengah, dan sering digunakan sebagai indikator utama kekasaran permukaan.

Nilai Rz (*Average Maximum Height*) adalah rata-rata dari lima tinggi maksimum puncak ke lembah pada area pengukuran, yang memberikan gambaran seberapa tajam perbedaan elevasi permukaan. Sementara itu, Pt (*Total Peak-to-Valley Height*) menunjukkan jarak vertikal maksimum dari puncak tertinggi ke bagian terdalam pada profil pengukuran. Jika ditambahkan, Rq (*Root Mean Square Roughness*) adalah akar kuadrat dari nilai rata-rata kuadrat deviasi profil permukaan dari garis tengah, dan biasanya sedikit lebih tinggi dari Ra karena lebih sensitif terhadap deviasi berlebih.

Dari ketiga parameter utama yang ditampilkan, metode CNC menunjukkan nilai Rz dan Pt yang jauh lebih tinggi, yaitu 70.259 μm dan 171.117 μm , dibandingkan SLA yang hanya 28.520 μm dan 69.101 μm . Ini menandakan bahwa permukaan hasil CNC memiliki variasi kontur yang lebih besar, sehingga terlihat lebih kasar dan membutuhkan proses *finishing* tambahan. Dengan hasil yang lebih halus tanpa *finishing* lanjutan, metode SLA lebih unggul dalam kualitas permukaan.

4.4.2 Pembuatan Cetakan *Rubber Silicon*

Setelah dilakukan pengujian kekasaran permukaan, dua *master* kancing baju, satu dari hasil 3D *printing* SLA (tampak bawah) dan satu lagi dari hasil pemesinan CNC (tampak atas), digunakan sebagai objek untuk pembuatan cetakan *rubber silicon*. Tujuan dari tahap ini adalah untuk menilai kemampuan permukaan masing-masing *master* dalam mentransfer detail bentuk ke dalam bahan silikon cetak. Gambar 4.12 menunjukkan hasil cetakan *rubber silicon*. Terlihat:



4. 13 hasil cetakan rubber silicon

- 1) Bagian tengah dari *mold* adalah hasil *master* SLA (tampak bawah), menunjukkan kelopak bunga yang tajam dan kontur yang dalam. Permukaannya halus dan tidak terdapat cacat seperti *tearing* atau *bubbles*. Hal ini sesuai dengan hasil pengujian kekasaran ($R_a = 3.938 \mu\text{m}$).
- 2) Bagian atas kiri merupakan hasil dari *master* CNC (tampak atas). Permukaan cetakan terlihat kurang tajam, dan detailnya tampak sedikit tumpul di bagian ujung kelopak, mengindikasikan bahwa proses pemesinan CNC ($R_a = 12.633$

μm) menghasilkan kualitas permukaan yang tidak sebaik SLA untuk tujuan cetakan presisi tinggi.

Kedua *master*, hasil dari 3D *printing* SLA maupun pemesinan CNC, tetap mampu menghasilkan cetakan silikon yang fungsional dengan tetap mempertahankan estetika nya. Meskipun terdapat perbedaan pada tingkat ketajaman detail dan kehalusan permukaan, keduanya tetap berhasil mereplikasi bentuk dasar desain dengan tingkat akurasi yang dapat diterima.

4.5 Pembahasan

Hasil perancangan dan produksi *master* kancing baju berisikan hasil pembuatan dengan 3D *printing* SLA dan pemesinan CNC, serta pengujian kekasaran permukaan dan pembuatan *mold rubber silicon*.

4.5.1 Hasil 3D *Printing* SLA

Metode pencetakan menggunakan teknologi *Stereolithography* (SLA) menunjukkan performa seperti yang di harapkan penulis, dalam merealisasikan desain kancing baju bermotif bunga. Hasil cetakan menunjukkan permukaan yang halus berdasarkan pengujian kekasaran ($R_a = 3.938 \mu\text{m}$), walaupun memiliki kekurangan karena pencetakan dengan bersifat per *layer* namun hasil tetap ideal untuk produk *fashion* seperti *jewelry button*. Pencetakan dilakukan dengan berbagai posisi (45° , 90° , dan 180°) untuk menemukan posisi terbaik.

Posisi 180° menghasilkan cacat karena *support* terlalu tebal dan merusak permukaan saat pelepasan. Posisi 45° dan 90° terbukti lebih optimal karena menghasilkan *support* yang minimal dan lebih mudah di *finishing*. Penyusutan ukuran yang terjadi masih dalam batas toleransi dan dapat dikompensasi dalam desain awal. Adapun kelebihan dan kekurangan dari hasil 3D *printing* SLA sebagai berikut :

Kelebihan SLA:

- 1) Ketajaman detail dan kompleksitas bentuk tinggi.
- 2) Permukaan halus, cocok untuk prototipe atau produk akhir.
- 3) Proses mudah dan efisien untuk produksi.

Kekurangan SLA:

- 1) Ketahanan mekanis produk resin lebih rendah dibanding bahan padat seperti akrilik
- 2) Rentan terhadap kerusakan saat pelepasan *support* jika posisi tidak tepat.
- 3) Biaya resin relatif mahal untuk produksi massal.

4.5.2 Hasil Pemesinan CNC

Metode *Computer Numerical Control* (CNC) digunakan untuk membuat *master* dari bahan akrilik. Tiga kali pemesinan dilakukan dengan perbaikan parameter pada tiap pemesinan. Pemesinan pertama gagal karena *support* tidak cukup kuat saat pembalikan benda kerja secara manual. Pemesinan kedua gagal karena putaran *spindel* terlalu tinggi, menyebabkan retak di bagian tipis. Pemesinan ketiga berhasil setelah penyesuaian kecepatan *spindel* untuk *finishing* menjadi 15000 rpm saat proses *finishing*. Hasil akhir menunjukkan bahwa produk dari proses CNC memiliki struktur yang tampak solid dan dimensi yang relatif stabil berdasarkan pengukuran dimensi akhir. Adapun kelebihan dan kekurangan dari hasil Pemesinan CNC sebagai berikut :

Kelebihan CNC:

- 1) Ketahanan tinggi dan lebih sesuai untuk cetakan produksi untuk jangka panjang.
- 2) Presisi dimensi sangat baik jika parameter dan setup optimal.
- 3) Cocok untuk *master* karena dapat menyesuaikan bahan seperti akrilik yang tahan lama.
- 4) Biaya produksi CNC relatif murah

Kekurangan CNC:

- 1) Proses lebih kompleks dan membutuhkan persiapan yang presisi (terutama untuk dua sisi).
- 2) Waktu pengerjaan lebih lama dibanding SLA.
- 3) Risiko kerusakan tinggi jika parameter salah (seperti *feed rate*, *spindle speed*).

4.5.3 Hasil Pengujian Kekasaran permukaan dan Cetakan *Silicon*

Pengujian kekasaran permukaan yang dilakukan pada *master* hasil 3D *printing* SLA dan pemesinan CNC memberikan gambaran kuantitatif terhadap kualitas permukaan dari kedua metode. Berdasarkan pengukuran menggunakan alat Surfcom Touch, nilai Ra (*Roughness Average*) untuk hasil SLA adalah 3.938 μm , sedangkan hasil CNC memiliki nilai Ra sebesar 12.633 μm . Nilai ini menunjukkan bahwa permukaan hasil SLA jauh lebih halus dibanding hasil CNC.

Kehalusan permukaan tersebut berpengaruh langsung terhadap hasil cetakan *silicon*. Pada proses pembuatan *mold rubber silicon*, *master* dari SLA (tampak bawah) dan *master* CNC (tampak atas) digunakan secara bersamaan dalam satu cetakan. Hasilnya menunjukkan bahwa bagian cetakan yang berasal dari SLA memiliki detail sedikit lebih tajam dan halus, sedangkan bagian dari CNC tampak kurang tajam dan permukaannya lebih kasar, terutama pada area lengkung.

Perbandingan ini menunjukkan bahwa kualitas permukaan yang lebih halus memberikan *transfer* detail yang lebih akurat dan bersih pada cetakan *silicon*. Oleh karena itu, dalam aplikasinya pembuatan *jewelry button* yang menuntut estetika tinggi dan presisi bentuk, *master* hasil 3D *printing* SLA sedikit lebih unggul, khususnya untuk tahap prototipe atau produksi skala terbatas.

4.5.4 Perbandingan Metode SLA dan CNC

Pada perbandingan Metode SLA dan CNC ini data yang dihasilkan dimasukkan kedalam tabel, tabel dapat dilihat pada tabel 4. 6

Tabel 4. 6 Perbandingan 3D Print dan CNC

| Aspek | Cetak 3D SLA | CNC |
|--------------------|--|---|
| Akurasi Detail | Tinggi, cocok untuk motif rumit | Tinggi, tergantung pada alat & pengaturan |
| Permukaan Akhir | Halus, tidak memerlukan <i>finishing</i> lanjutan | Memerlukan <i>finishing</i> manual |
| Ketahanan Material | Tidak terlalu kuat | Tinggi dan beragam meterial dapat digunakan |
| Kemudahan Produksi | Desain fleksibel & kompleks, proses otomatis, dan pengaturan sederhana | Material bervariasi, stabil produksi massal, presisi tinggi |

Lanjutan Tabel 4. 6 Perbandingan 3D Print dan CNC

| Aspek | Cetak 3D SLA | CNC |
|----------------------------|--|--|
| Kesesuaian Produksi Massal | Cocok untuk produksi dalam jumlah banyak | Kurang cocok karena untuk membuat satu <i>master</i> memerlukan tahapan yang lebih panjang |
| Kendala Umum | Masalah utama pada penyesuaian <i>support</i> yang digunakan | Masalah utama pada pengaturan dan pada perubahan detail-detail pada mesin cnc, kemudian perlunya keahlian dalam proses pemesinan |
| Biaya Produksi | Biaya produksi relatif mahal | Biaya produksi relatif murah karena bahan yang digunakan mudah di dapatkan |

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan memproduksi *master* kancing baju bermotif bunga menggunakan dua metode manufaktur digital, yaitu 3D *printing* SLA dan pemesinan CNC berbahan akrilik. Desain dibuat menggunakan perangkat lunak 3DESIGN, kemudian disimulasikan dan diproses melalui FlashDLPrint untuk cetak 3D dan ArtCAM JewelSmith untuk CNC. Hasil percobaan menunjukkan bahwa metode SLA menghasilkan permukaan yang lebih halus (R_a 3.938 μm), menjadikannya lebih unggul dalam aspek detail visual. Sementara itu, metode CNC memiliki kelebihan dari sisi kekuatan dan ketahanan material, meskipun permukaannya lebih kasar (R_a 12.633 μm) dan membutuhkan *finishing* tambahan. Pengujian menggunakan cetakan silikon menunjukkan bahwa kedua metode mampu mereproduksi detail desain secara akurat. Kombinasi dari kedua teknologi ini memiliki potensi besar dalam industri *fashion*, khususnya untuk produksi kancing perhiasan yang presisi, fungsional, dan dapat diterapkan secara efektif pada skala produksi kecil hingga menengah di sektor industri kreatif. menengah.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

- 1) Untuk hasil optimal, disarankan menggunakan *support* tambahan saat proses pemesinan CNC agar benda kerja tidak bergeser saat dibalik.
- 2) Perlu dilakukan uji ketahanan material lebih lanjut terhadap penggunaan aktual (pakaian) agar desain tidak hanya estetis tetapi juga fungsional secara jangka panjang.
- 3) Pengembangan model desain sebaiknya mencakup varian bentuk non-lingkaran untuk memperluas pilihan pasar.

DAFTAR PUSTAKA

- Bambang, W. (2012). Studi Eksperimental Terjadinya Keausan Pahat Pada. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Bawono, B. (2015). *Studi Eksperimental Terjadinya Keausan Pahat Pada Proses Pemotongan End milling Pada lingkungan Cairan pendingin*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Bi, Z. (2021). *Computer-Aided Manufacturing (CAM) (pp. 223–320)*. Springer, Cham.
- Cahyati, S. (2007). Pengaruh Strategi LIntasn Pahat ; Raster dan 3D Offset terhadap Kerataan Dan Kesejajaran Produk . *Jurnal Mesin*, 9(2), 98-106.
- García, A. V.-M. (2024). *Computer Numerical Control (CNC)*. *International Journal of Scientific Advances*, 5(6).
- Kadry, E. H. (2023). Applications of Virtual Reality Technologies in the Field of Design and Arts. *International Journal of Multidisciplinary Studies in Art and Technology*, 6(2), 44–70.
- Kennedy, M. B. (1973). *Computer Aided Design*. Routledge.
- Lupton, D. (2023). 3D Printing. *The Blackwell Encyclopedia of Sociology*, 1–3.
- Ningsih, D. H. (2005). *Computer Aided Design / Computer Aided Manufacture (CAD/CAM)*. 143.
- Puspaputra, P., Risdiyon, & Riza, R. (2021). The analysis of the acrylic, CNC, and SLA 3Dprint results as the basis of the jewelry master production. *THE 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING AND TECHNOLOGY FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT*, 2882.
- Rahmatullah. (2021). *Pengembangan lintasan Pahat Pada Pengefraisan "Umsu" menggunakan CNC Tu-3a*. Teknik Muhammadiyah Sumatra Utara.
- suwasono, I. P. (2021). *Pembuatan Model Suvernir Bros Logo Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia*. Ypgyakarta: Teknik Mesin FTI UII.
- Syarifudin, M. (2021). *Pembuatan Bros Liontin dengan Motif Dua Layer*. Yogyakarta: Teknik Mesin FTI UII.
- Tay, A. P. (2019). *CAD and Virtual Simulation for Design Optimization in Manufacturing*. Wiley.

Ueda, K. &. (2018). *Advances in Jewelry Manufacturing: A Focus on New Materials and Techniques*. Springer.

LAMPIRAN

