

BAB 3 METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian menjadi landasan utama yang menggambarkan prosedur dan langkah-langkah dalam penelitian ini. Bab ini memberikan gambaran komprehensif mengenai metode penelitian yang diterapkan dalam pengembangan *Phantom* Tangan CTS. Proses penelitian dilaksanakan di beberapa lokasi penelitian, termasuk Laboratorium Ergonomi, Laboratorium *Basic Science*, dan Laboratorium Fisika Institut Teknologi Telkom Purwokerto untuk tahap fabrikasi. Sementara itu, tahap karakterisasi material dilakukan di Laboratorium Pusat Unggulan Teknologi Plastik Politeknik ATMI Surakarta. Dalam metodologi penelitian ini, terdapat pembagian menjadi beberapa sub-bab yang membahas secara rinci langkah-langkah yang diambil dalam penelitian ini.

3.1 Fabrikasi dan Karakterisasi Variasi Formulasi Konsentrasi Material *Silicone* Untuk *Phantom* Simulasi Pembedahan CTS

Dalam penelitian ini, salah satu fokus pembahasannya adalah karakterisasi sample variasi formulasi konsentrasi material *silicone* untuk *phantom* simulasi pembedahan CTS. Tabel di bawah ini merinci alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini:

Tabel 3.1 Alat dan Bahan yang Digunakan pada Fabrikasi dan Karakterisasi Variasi Konsentrasi Material *Silicone*

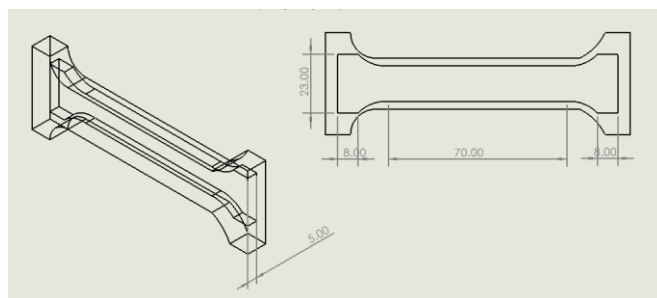
No	Alat/Bahan	Spesifikasi/Keterangan
1	<i>Software</i> Desain dan <i>Slicing</i> untuk Desain <i>Mold</i> Spesimen Uji (<i>Solidwork</i> , <i>Meshmixer</i> , dan <i>Ultimaker Cura</i>)	-Versi 2022, versi 3.5, dan versi 3.6.1
2	<i>Silicone rubber</i> RTV H-00	- Hardness: Sangat Lunak 00A - 1 Kg + Katalis
3	<i>Concrete Molding</i>	- Hardness: 50 A - 1 Kg
4	<i>Latex Biotex Gold</i>	- Volume: 290 ml - Katalis

No	Alat/Bahan	Spesifikasi/Keterangan
5	Pengental <i>Silicone</i> RTV Thickener	- Volume: 100ml - Jenis: Thickener C Untuk <i>Silicone</i> RTV
6	Pewarna/Pigment Untuk <i>Silicone rubber</i>	- Volume: 30 ml - Merah Dan Hitam
7	Pla <i>Filament</i>	- Jenis : PLA+ Hitam
8	Mesin 3d <i>Printing</i> FDM	- Jenis: Anycubik 4max
9	Gelas Cup Plastic	- Untuk Mencampur Bahan
10	Pengaduk Siliconn	- Untuk Mengaduk <i>Silicone rubber</i>
11	Pipet	-Untuk Mengambil Katalis Secara Akurat
12	Neraca/Timbangan Analitik Digital	- Untuk Menimbang Bahan
13	Hasil <i>Molding</i> Spesimen Uji Variasi Konsentrasi	- Berbagai Variasi Konsentrasi Material <i>Silicone</i>
14	Gripper Untuk Pengujian <i>Tensile strength</i>	- Type: Wedge Grips - Max Test Load (Fmax): 20 Kn - Dimensi (PxLxt): 177x156x83 Mm - Opening Width, Max: 12.5 Mm - Berat Per Grip: 8 Kg - Surface: Fishscale 0.75 Mm - Area Pegangan (Tinggi X Lebar): 60 X 50 Mm - Kekerasan: 61 Hrc - Temperatur Ambient: +10 To +35°C
15	Matlab R2023b Untuk Analisis Data Dan Pembuatan Grafik	- <i>Software</i> Analisis Data Dan Pembuatan Grafik

Dalam upaya memahami pengaruh variasi formulasi konsentrasi material *silicone* untuk *phantom* simulasi pembedahan CTS, langkah-langkah karakterisasi dilakukan dengan cermat. Proses dimulai dengan fabrikasi sample variasi konsentrasi material *silicone*. Selanjutnya, pengujian *tensile strength* dilakukan menggunakan gripper dengan spesifikasi tertentu. Analisis data dilakukan menggunakan data pengujian dan untuk pembuatan grafik dari hasil pengujian menggunakan matlab r2023b karena *software* matlab dapat membuat grafik yang dapat memberikan analisa mendalam terhadap sifat-sifat mekanik material *silicone* sebagai pembanding antar material, sehingga dapat membantu untuk memilih material optimal yang sesuai dengan *phantom* yang akan dibuat. Langkah-langkah dalam proses karakterisasi akan dijelaskan lebih rinci sebagai berikut:

3.1.1 Pembuatan Mold Spesimen Uji

Sample atau spesimen yang akan diuji harus sesuai dengan mesin uji yang tersedia. mesin uji tarik yang tersedia dalam tabel memiliki standar ukuran dimensi maksimal pxlxt 177x156x83 mm dan dengan ukuran standar 120x40x23 mm. Oleh karena itu dalam proses pembuatan mold specimen uji harus menyesuaikan ukuran-ukuran tersebut. Untuk lebih jelasnya berikut gambar dan ukuran dari penyesuaian standar uji tarik pada mold specimen uji:



Gambar 3.1 Penyesuaian Ukuran Spesimen Uji pada Mold

Gambar 3.1 menunjukkan penyesuaian ukuran yang dilakukan dalam penelitian ini dalam pembuatan mold specimen uji, ukuran specimen uji tidak dibuat dengan ukuran maksimal dimensi dikarenakan menghindari pecahnya specimen uji pada grip. Sehingga disesuaikan dengan perbedaan ukuran yang tidak cukup jauh ukurannya namun mendekati dari standar dimensi ukuran maksimal dari mesin uji tarik yang tersedia.

Dari desain yang tergambar pada Gambar 3.1, langkah selanjutnya melibatkan optimalisasi desain menggunakan perangkat lunak *Meshmixer*. Tujuan dari optimasi ini adalah untuk merapikan dan menyempurnakan setiap aspek desain. Setelah desain dioptimalkan, langkah selanjutnya adalah mengonversinya ke dalam format file STL. Proses ini dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Meshmixer* untuk memastikan kesiapan desain sebelum dilakukan pencetakan 3D.

Proses berikutnya melibatkan slicing menggunakan perangkat lunak *Ultimaker Cura*. Pada tahap ini, desain yang telah dioptimalkan dipecah menjadi lapisan-lapisan yang dapat dipahami oleh mesin pencetak 3D. Hal ini bertujuan untuk menyesuaikan pengaturan spesifik yang dibutuhkan untuk proses pencetakan

3D, memastikan bahwa setiap lapisan dicetak dengan akurat dan sesuai dengan kebutuhan desain.

Setelah proses *slicing* selesai, langkah terakhir adalah melakukan pencetakan 3D menggunakan mesin pencetak 3D FDM. Proses ini mengimplementasikan desain yang telah diolah sebelumnya menjadi objek fisik sesuai dengan konsep awalnya. Pencetakan 3D pada mesin FDM memanfaatkan bahan cetakan yang dilelehkan secara bertahap, lapis demi lapis, untuk menciptakan objek tiga dimensi yang akhirnya dapat digunakan sesuai keperluan..

3.1.2 Optimasi Material Silicone Dengan Proses Molding

Tahap kedua proses karakterisasi adalah proses fabrikasi sample yang langkah langkahnya di ilustrasikan dalam Gambar 3.2 berikut:



Gambar 3.2 Ilustrasi Proses Optimasi Konsentrasi Material Silicone

Gambar 3.2 adalah gambar Ilustrasi Proses Optimasi Konsentrasi Material *Silicone* yang dibuat menggunakan *website/software Canva*. Ilustrasi pada Gambar 3.2 menunjukkan langkah ketiga dalam fabrikasi *Phantom* Tangan CTS dilakukan di Laboratorium *Basic Science*, Institut Teknologi Telkom Purwokerto. Proses ini melibatkan optimasi konsentrasi material *silicone*, yang telah diilustrasikan dalam gambar sebelumnya. Awalnya, persiapan alat dan bahan melibatkan berbagai konsentrasi material *silicone*, katalis, dan komponen lain yang diperlukan.

Setelah persiapan, sebagai contoh, material seperti *silicone* dicampur dengan katalis, sedangkan *silicone* dengan *thins* juga dicampur dengan katalis. Selain itu, variasi konsentrasi material *silicone* lainnya juga dipersiapkan dengan penimbangan material yang disesuaikan dengan konsentrasi yang telah diatur sebelumnya. Setelah material dicampur, langkah berikutnya adalah menuangkan material yang sudah dicampur ke dalam *mold* spesimen uji atau *mold* anatomi sesuai desain *Phantom* Tangan CTS.

Proses terakhir melibatkan menunggu pengeringan selama 24 jam. Pengeringan ini penting untuk memastikan material *silicone* mengeras dan membentuk struktur yang sesuai dengan desain yang diinginkan. Dengan langkah-langkah ini, optimasi konsentrasi material *silicone* menjadi kunci dalam mencapai hasil akhir yang sesuai dengan tujuan penelitian dan menghasilkan *Phantom* Tangan CTS yang berkualitas.

Rincian lebih lanjut mengenai variasi konsentrasi material *silicone* dan kombinasi dengan bahan lain yang digunakan dalam proses *molding* di penelitian ini akan diuraikan dengan lebih terperinci sebagai berikut:

3.1.2.1 *Molding* Variasi Konsentrasi *Silicone* Tanpa Kombinasi Material Lain

Dalam penelitian ini, dilakukan *molding* dengan variasi konsentrasi *silicone* tanpa kombinasi dengan material lain. Dua jenis *silicone* yang digunakan adalah *silicone concrete* dan *silicone RTV Rubber*. Penggunaan *silicone concrete* dengan tingkat kekerasan 50A bertujuan untuk menghasilkan *molding* dengan tingkat kekerasan menengah dan transparansi tinggi, karena sifat transparan dari *silicone concrete*. Komposisi *silicone concrete* terdiri dari dua bagian, yaitu part A dan part B. Part A memiliki sifat agak cair, sedangkan part B agak kental dan berfungsi sebagai pengental. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan beberapa perbandingan antara part A dan part B, serta variasi konsentrasi katalis untuk mencapai pengerasan.

Selanjutnya, penggunaan *Silicone RTV Rubber H-00* dipilih dengan tingkat kekerasan 0A untuk meniru tekstur *phantom* tangan sebelumnya yang memiliki

kekerasan 23-24A. Karena tidak ada *silicone* yang memiliki kekerasan khusus 23-24A, digunakan *silicone* rubber dengan kekerasan 0A yang mendekati tekstur dari 23-24A. Variasi katalis digunakan untuk mengoptimalkan hasil *molding*, dengan mencari konsentrasi terbaik yang dihasilkan, berbeda dari metode umum yang mengharuskan konsentrasi 1:40, di mana 1 mewakili katalis dan 40 mewakili *silicone*, atau sekitar 2,5% katalis dari jumlah *silicone*. Penelitian ini mencoba beberapa variasi konsentrasi untuk mencari hasil *molding* optimal, yang diuraikan lebih rinci dalam tabel penelitian berikut ini.

Tabel 3.2 Molding Variasi Konsentrasi *Silicone* Tanpa Kombinasi Material Lain

NO	Material Atau Perbandingan	Penambahan Konsentrasi Katalis	Komposisi Campuran
1	<i>Silicone concrete</i> (1:1)	2,5%	(6 gr A/ 6gr B <i>Silicone</i>) + (0,30 ml Katalis)
2	<i>Silicone concrete</i> (1:2)	2,5%	(4 gr A/ 8gr B <i>Silicone</i>) + (0,30 ml Katalis)
3	<i>Silicone concrete</i> (2:1)	2,5%	(8 gr A/ 4gr B <i>Silicone</i>) + (0,30 ml Katalis)
4	<i>Silicone concrete</i> (1:1)	3%	(6 gr A/ 6gr B <i>Silicone</i>) + (0,36 ml Katalis)
5	<i>Silicone concrete</i> (1:2)	3%	(4 gr A/ 6gr B <i>Silicone</i>) + (0,36 ml Katalis)
6	<i>Silicone concrete</i> (2:1)	3%	(8 gr/ 4gr <i>Silicone</i>) + (0,36 ml Katalis)
7	<i>Silicone RTV 00</i>	0,5%	(10 gr <i>Silicone</i>) + (0,05 Katalis)
8	<i>Silicone RTV 00</i>	2,5%	(10 gr <i>Silicone</i>) + (0,25 Katalis)
9	<i>Silicone RTV 00</i>	4,5%	(10 gr <i>Silicone</i>) + (0,45 Katalis)
10	<i>Silicone RTV 00</i>	6,5%	(10 gr <i>Silicone</i>) + (0,65 Katalis)

3.1.2.2 *Molding* Variasi Konsentrasi *Silicone* dan Kombinasi dengan Material Lain

Dalam variasi material *silicone* kedua, penelitian melibatkan penambahan material seperti *latex* dan *thinner* pengental *silicone*. Tujuan utama dari penambahan ini adalah menciptakan variasi hasil *molding* dan melakukan perbandingan dengan hasil *molding* tanpa penambahan material tambahan. Penelitian ini juga bertujuan menjelajahi kemungkinan optimalisasi material yang cocok untuk *phantom* CTS, dengan mempertimbangkan berbagai variasi yang diperkenalkan oleh penambahan material lain. Analisis hasil *molding* dengan kombinasi material tambahan dilakukan untuk mengidentifikasi perbedaan karakteristik, dengan harapan memberikan wawasan tambahan terhadap pencapaian karakteristik yang diinginkan untuk *phantom* CTS.

Terkait dengan penambahan *latex*, penggunaannya dapat bervariasi, namun dalam penelitian ini dimulai dari konsentrasi sederhana, yaitu 2,5%, setara dengan penambahan katalisnya, dan rentang konsentrasi di atasnya. Sementara untuk *thinner*, penggunaannya tidak hanya difokuskan pada konsentrasi 10%, yang umumnya digunakan untuk model transparan, namun juga divariasikan. Proses *molding* dalam penelitian ini mencakup beberapa variasi konsentrasi, yang terperinci dalam tabel penelitian berikut.

Tabel 3.3 *Molding* Variasi Konsentrasi *Silicone* dan Kombinasi dengan Material Lain

No	Material atau Perbandingan	Konsentrasi Material Lain	Konsentrasi Katalis	Komposisi Campuran
1	<i>Silicone concrete</i> (1:1)	<i>Latex</i> 2,5%	2,5%	(6 gr A/6 gr B <i>Silicone</i>) + (0,3ml <i>Latex</i>) + (0,30ml Katalis)
2	<i>Silicone concrete</i> (1:1)	<i>Latex</i> 5%	2,5%	(6 gr A/6 gr B <i>Silicone</i>) + (0,6ml <i>Latex</i>) +

No	Material atau Perbandingan	Konsentrasi Material Lain	Konsentrasi Katalis	Komposisi Campuran
				(0,3ml Katalis)
3	<i>Silicone concrete</i> (1:1)	<i>Latex</i> 7,5%	2,5%	(6 gr A/6 gr B <i>Silicone</i>) + (0,9ml <i>Latex</i>) + (0,3ml Katalis)
4	<i>Silicone RTV</i> 00	<i>Latex</i> 2,5%	2,5%	(10gr <i>Silicone</i>) + (0,25ml <i>Latex</i>) + (0,25ml Katalis)
5	<i>Silicone RTV</i> 00	<i>Latex</i> 5%	2,5%	(10gr <i>Silicone</i>) + (0,5ml <i>Latex</i>) + (0,25ml Katalis)
6	<i>Silicone RTV</i> 00	<i>Latex</i> 7,5%	2,5%	(10 gr <i>Silicone</i>) + (0,75ml <i>Latex</i>) + (0,25ml Katalis)
7	<i>Silicone RTV</i> 00	<i>Thinner</i> 7,5%	2,5%	(10gr <i>Silicone</i>) + (0,75 gr <i>Thinner</i>) + (0,25ml Katalis)
8	<i>Silicone RTV</i> 00	<i>Thinner</i> 10%	2,5%	(10gr <i>Silicone</i>) + (1gr <i>Thinner</i>) + (0,25ml Katalis)
9	<i>Silicone RTV</i> 00	<i>Thinner</i> 12,5%	2,5%	(10gr <i>Silicone</i>) + (1,25 gr <i>Thinner</i>) + (0,25ml Katalis)

3.1.2.3 *Molding Variasi Konsentrasi Latex Cair Biotex*

Dalam variasi material ketiga, penelitian ini memfokuskan penggunaan *latex* sebagai bahan utama untuk *molding*, yang umumnya diterapkan dalam pembuatan soft frog. *Latex* diterapkan pada penelitian ini dengan dua tujuan utama: pertama, untuk menciptakan variasi konsentrasi material, dan kedua, untuk menjelajahi potensi penggunaan *latex* dalam pembuatan *phantom* pemodelan penyakit. Dengan sifatnya yang cair, *latex* dapat mengering dengan penambahan konsentrasi katalis sebesar minimal 20% dari total massa *latex*, dan dapat dibentuk melalui proses *molding*. Harapannya, pemanfaatan *latex* dapat membuka peluang baru dalam menciptakan variasi material yang inovatif dan relevan untuk mencapai tujuan pemodelan penyakit yang diinginkan. Proses penggunaan *latex* dalam penelitian ini mencakup beberapa variasi konsentrasi, yang diuraikan secara rinci dalam tabel penelitian.

Tabel 3.4 *Molding Variasi Konsentrasi Latex Cair Biotex*

NO	Material Atau Perbandingan	Konsentrasi Katalis	Komposisi Campuran
1	<i>Latex Cair Biotex</i>	20%	(10 ml <i>Latex</i>) + (2 ml Katalis)
2	<i>Latex Cair Biotex</i>	50%	(10 ml <i>Latex</i>) + (5 ml Katalis)
3	<i>Latex Cair Biotex</i>	80%	(10 ml <i>Latex</i>) + (8 ml Katalis)

3.1.3 *Metode Karakterisasi Tensile strength*

Langkah ketiga dalam proses karakterisasi melibatkan uji tarik atau tensile strength menggunakan alat pengujian yang dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut ini. Uji tarik ini dilakukan dengan tujuan untuk mengevaluasi sejauh mana material mampu menahan beban dan meregang sebelum mengalami deformasi permanen atau patah. Alat pengujian tersebut dirancang untuk memberikan pemahaman mendalam tentang sifat mekanik dan kekuatan material yang diuji. Proses uji tarik ini memberikan informasi yang krusial dalam menilai performa material, terutama karakteristik tensile strength yang berperan penting dalam aplikasi teknis dan pengembangan produk. Dengan demikian, proses pengujian uji tarik menjadi

langkah kritis dalam menyelidiki sifat mekanik material dan memastikan keandalan serta kecocokan material untuk berbagai aplikasi.



Gambar 3.3 Alat *Tensile strength*

Gambar 3.3 menampilkan perangkat *tensile strength* yang berlokasi di Laboratorium Pusat Unggulan Teknologi Plastik Politeknik ATMI Surakarta. Dalam penelitian ini, metode karakterisasi *tensile strength* dilakukan di laboratorium yang sama, menggunakan mesin *tensile strength* yang dijelaskan secara rinci dalam tabel. Proses pengumpulan data melibatkan pengujian oleh instansi pengujian, yang mencakup data statistik dan data hasil uji. Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak MATLAB, dengan tujuan menghasilkan grafik yang memvisualisasikan korelasi antara data statistik uji dan hasil pengujian.

Selanjutnya, analisis lebih mendalam dilakukan dengan mengeksplorasi dua jenis file, yaitu file statistik (dimensi dan parameter comparison, *statistic comparison*) dan file result (*tensile strength comparison*). Dalam konteks ini, korelasi antara statistik (ϵ_t dan σ_y) dan result (*strain-stress*) dapat dilihat. Analisis ini memberikan gambaran mendalam terkait bagaimana sifat mekanis material pada tingkat mikroskopis (ϵ_t dan σ_y) berhubungan dengan kekuatan tarik material pada tingkat makroskopis.

Pentingnya hubungan ini tercermin dalam pertimbangan pemilihan material untuk aplikasi tertentu, di mana informasi dari ϵ_t , σ_y , *elongation*, dan result pengujian *tensile strength* menjadi dasar dalam memilih material yang baik. Analisis juga mencakup evaluasi efek katalis pada kekuatan tarik material,

menunjukkan bagaimana perubahan persentase katalis dapat mempengaruhi sifat mekanis material secara keseluruhan. Keseluruhan analisis ini memberikan pemahaman yang lebih baik tentang hubungan antara properti mekanis material pada tingkat mikroskopis dan makroskopis, memungkinkan pemilihan material yang baik untuk pembuatan *Phantom* CTS.

3.1.4 Penyesuaian Parameter *Phantom* Dengan Hasil *Tensile strength*

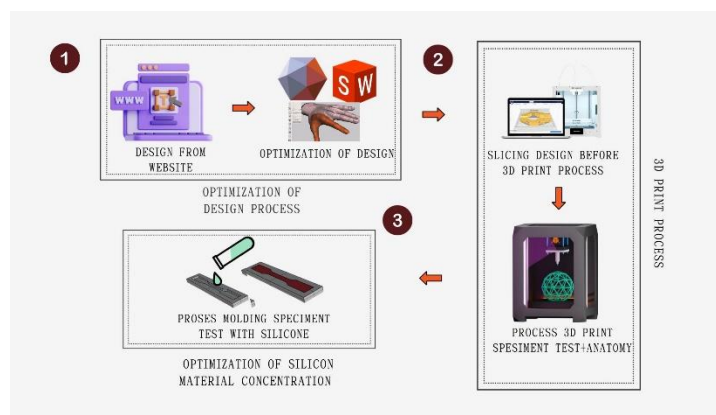
Dalam konteks penyesuaian parameter *phantom* dengan hasil *tensile strength*, uji tarik memberikan pedoman penting untuk mengevaluasi kemampuan material meniru sifat fisik jaringan manusia, termasuk ketahanan dan elastisitas. Keberhasilan simulasi tangan CTS sangat bergantung pada sejauh mana *phantom* bisa mencerminkan karakteristik tersebut. Referensi pada tabel anatomi *phantom* di bagian dasar teori untuk pencetakan 3d menjadi pondasi kunci dalam memilih material dan metode pencetakan yang sesuai untuk setiap *phantom*. Hal ini memastikan bahwa hasil akhir dari simulasi tangan CTS dapat optimal dan sesuai dengan tujuan penelitian.

Lebih lanjut, relevansi uji tarik dalam penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh et al. Pada tahun 2020, menunjukkan peran penting pengujian tarik dalam mengidentifikasi sifat mekanik bahan. Dalam penelitian ini, mesin uji material st-1001 digunakan untuk mengevaluasi sifat mekanik bahan dan dibandingkan dengan referensi aorta manusia. Begitu juga, penelitian oleh jinhee kwon et al. Pada tahun 2020 menekankan urgensi pengujian tarik dalam mengevaluasi sifat mekanik tiga bahan yang digunakan untuk pembuatan *phantom* lambung 3d. Temuan dari penelitian ini memberikan dasar yang kuat untuk pemilihan material optimal, yang sangat relevan untuk mencapai simulasi medis yang sesuai dengan kebutuhan *phantom*. Melalui penyesuaian parameter *phantom* berdasarkan hasil *tensile strength*, penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan *phantom* medis yang lebih tepat[55][56]. Sebagai tambahan, metode uji tarik yang diterapkan dalam penelitian ini memberikan pemahaman yang mendalam tentang respons material terhadap

tekanan dan regangan, memungkinkan penentuan karakteristik mekanik yang krusial untuk keberhasilan simulasi medis dan aplikasi di bidang biomedis.

3.2 Fabrikasi *Phantom* Tangan CTS Melalui 3d *Printing* Dengan Variasi Konsentrasi Material *Silicone*

Metode kedua dalam penelitian ini adalah proses fabrikasi yang tahapan proses penelitiannya di tampilkan dalam ilustras Gambar 3.4 berikut ini:



Gambar 3.4 Ilustrasi Proses Fabrikasi *Phantom* Tangan CTS

Gambar 3.4 menunjukkan ilustrasi proses fabrikasi *phantom* tangan CTS dalam kerangka penelitian ini yang dibuat pada *website/software Canva*. Metode yang dipilih dalam penelitian ini telah dirancang untuk memastikan pengendalian yang tepat terhadap variabel konsentrasi material *silicone*. Proses fabrikasi *phantom* tangan CTS yang dilakukan didukung oleh perangkat lunak desain dan mesin 3D *Printing* dengan spesifikasi-spesifikasi tertentu. Sebagai langkah awal, tabel di bawah ini merinci alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 3.5 Alat dan Bahan yang Digunakan Dalam Proses Fabrikasi *Phantom* Tangan CTS

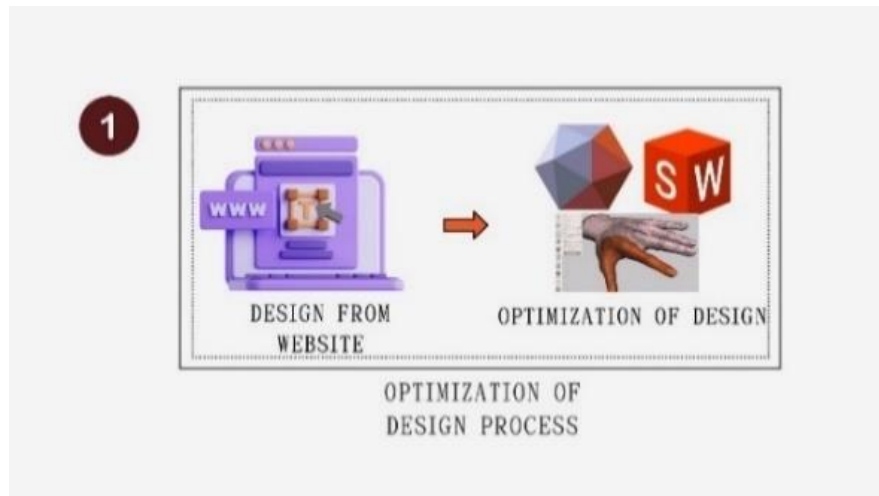
No.	Alat/Bahan	Spesifikasi/ Keterangan
1	Laptop	- Computer Name: Laptop-Te8b1vte - Os: Windows 11 Home 64-Bit - Processor: Amd Ryzen 5 5625u - Memory: 8192mb Ram

No.	Alat/Bahan	Spesifikasi/ Keterangan
2	<i>Solidwork</i>	Versi 2022
3	Autodesk <i>Meshmixer</i>	Versi 3.5
4	Ultimaker cura	Versi 3.6.1
5	Haloat Box	<i>Software</i>
6	3d Design Anatomy (Website)	Grabcad.Com/Dashboard
7	<i>Silicone rubber</i> RTV H-00	- Hardness: Sangat Lunak 00A - 1 Kg + Katalis
8	<i>Concrete Molding</i>	- Hardness: 50 A - 1 Kg
9	<i>Latex Biotex Gold</i>	- Volume: 290 ml - Katalis
10	Pengental <i>Silicone</i> RTV Thickener	- Volume: 100ml - Jenis: Thickener C Untuk <i>Silicone</i> RTV
11	Pewarna/Pigment Untuk <i>Silicone</i> <i>rubber</i>	- Volume: 30 ml - Merah Dan Hitam
12	<i>Pla Filament</i>	- Jenis : PLA+ Hitam
13	Resin	-Jenis : Esun Bio Pla 500 ML, Clear
14	Mesin 3d <i>Printing</i> FDM	- Jenis: Anycubik 4max
15	Mesin 3d <i>Printing</i> SLA	- Jenis: Haloat Mage Pro
16	Gelas Cup Plastic	- Untuk Mencampur Bahan
17	Pengaduk Siliconn	- Untuk Mengaduk <i>Silicone rubber</i>
18	Pipet	-Untuk Mengambil Katalis Secara Akura
19	Neraca/Timbangan Analitik Digital	- Untuk Menimbang Bahan

Setelah menetapkan alat dan bahan, selanjutnya langkah-langkah dalam proses fabrikasi *phantom* tangan CTS akan dijelaskan secara rinci. Tahap ini penting untuk memastikan bahwa setiap aspek proses penelitian terarah untuk mencapai tujuan penelitian. Dengan demikian, proses ini tidak hanya menjadi sebuah eksperimen, melainkan suatu rangkaian langkah yang terstruktur dan teratur.

3.2.1 Optimasi 3D Desain Dengan CAD

Langkah pertama yang dilakukan dalam proses fabrikasi *phantom* tangan CTS adalah optimasi 3D desain dengan *Computer Aided Design* yang divisualisasikan dalam ilustrasi gambar 3.5 berikut ini:



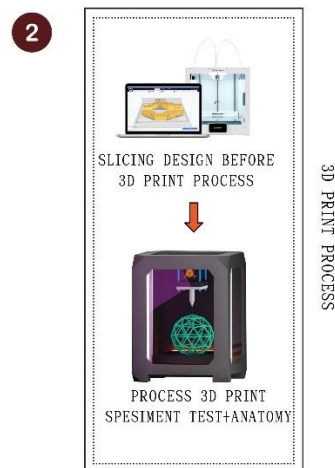
Gambar 3.5 Ilustrasi Proses Optimasi Desain 3D dengan *Computer Aided Desain* (CAD)

Gambar 3.5 merupakan ilustrasi Proses Optimasi Design 3D dengan *Computer Aided Design* (CAD) yang dibuat dengan *webstie/ softaware Canva*. Proses fabrikasi *Phantom* Tangan CTS yang diawali dengan proses optimasi desain menggunakan perangkat lunak CAD. Penelitian ini mengadopsi model 3D dari grabcad.com/dashboard, sebuah sumber desain anatomi yang telah terbukti dapat menyediakan model yang akurat dan berkualitas. Penggunaan desain dari sumber eksternal ini didasarkan pada pemanfaatan model anatomi yang telah terverifikasi dan teruji. Dengan demikian, penulis dapat memfokuskan proses optimasi desain spesifik *Phantom* Tangan CTS tanpa harus memulai dari awal, menghemat waktu dan sumber daya.

Setelah mengimpor model ke dalam *Solidwork* maupun *Meshmixer*, proses optimasi melibatkan penyesuaian ukuran yang cermat dan pembuatan desain cetakan. Tujuan tahap ini adalah memastikan bahwa desain *Phantom* Tangan CTS sesuai dengan parameter penelitian yang telah ditentukan. Dengan menggunakan desain awal dari grabcad.com/dashboard, desain yang digunakan dalam penelitian ini memiliki dasar yang baik, sekaligus mempercepat pengembangan desain khusus untuk *Phantom* Tangan CTS.

3.2.2 Proses 3D Printing

Langkah kedua dalam proses fabrikasi adalah proses 3D *printing* yang di ilustrasikan dalam Gambar 3.6 berikut ini :



Gambar 3.6 Ilustrasi Proses 3D Printing

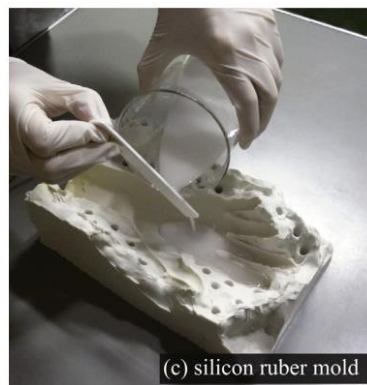
Gambar 3.6 adalah gambar ilustrasi proses 3D *Printing* yang dibuat menggunakan *website/software Canva*. Ilustrasi pada Gambar 3.6 menunjukkan langkah kedua dari fabrikasi *Phantom* Tangan CTS yang dilakukan di Laboratorium Ergonomi, Institut Teknologi Telkom Purwokerto. Proses ini melibatkan penggunaan metode 3D *Printing*, di mana dalam penelitian ini menerapkan metode FDM (Fused Deposition Modeling) untuk mencetak *molding* dan metode SLA (Stereolithography) untuk mencetak saraf-saraf kecil. Setelah mengoptimalkan desain, langkah selanjutnya adalah menyesuaikan format desain dengan STL, format yang dapat diterima oleh *software slicing*.

Proses *slicing* dilakukan menggunakan *software* Ultimaker cura dan Haloat Box. Di sini, penulis melakukan penyesuaian aspek-aspek penting seperti peletakan, jenis *filament*, jenis 3D *Printing*, dan faktor-faktor lainnya untuk mengurangi risiko kegagalan selama proses 3D *Printing*. Setelah proses *slicing* diselesaikan, file dari *software slicing* dipindahkan ke media penyimpanan khusus agar dapat dibaca oleh mesin 3D *Printing* yang digunakan.

Selanjutnya penulis mempersiapkan mesin *3D Printing* dengan menyesuaikan suhu *nozzle*, *bed*, dan parameter lainnya. Dengan persiapan ini, penulis memastikan bahwa semua elemen teknis telah diatur secara optimal sebelum memulai proses *3D Printing*. Proses ini mencakup penyesuaian suhu *nozzle*, pemanasan *bed*, dan langkah-langkah lainnya yang diperlukan untuk memastikan pencetakan yang akurat dan sukses. Setelah semua persiapan selesai, proses *3D Printing* dimulai untuk mencetak bagian-bagian *Phantom* Tangan CTS sesuai dengan desain yang telah dioptimalkan sebelumnya.

3.2.3 OPTIMASI PROSES PENCETAKAN PHANTOM

Langkah ketiga dari proses fabrikasi adalah optimasi proses pencetakan *phantom* yang diilustrasikan dalam Gambar 3.7 berikut ini:



Gambar 3.7 Ilustrasi *Molding* Tangan dengan *Silicone Rubber* [12].

Gambar 3.7 merupakan contoh ilustrasi *molding* untuk anatomi tangan. Dalam penelitian ini, dengan mempertimbangkan hasil *Tensile strength*, penyesuaian parameter-proses selama pencetakan *Phantom* dapat meningkatkan efisiensi dan kualitas. Sebagai contoh, ketika material menunjukkan kekuatan tarik tinggi, penyesuaian suhu pencetakan dan kecepatan ekstrusi menjadi kunci untuk kelancaran dan ketepatan cetakan, memastikan *Phantom* diproduksi sesuai dengan standar kualitas yang diinginkan. Oleh karena itu, setelah mendapatkan variasi konsentrasi material yang optimal dari hasil *Tensile strength*, baru dapat dimulai proses *molding* anatomi seperti pada Gambar 3.7. Dengan demikian, hubungan

antara penyesuaian parameter-proses dan hasil *Tensile strength* menjadi langkah krusial dalam mencapai pencetakan *Phantom* yang optimal.

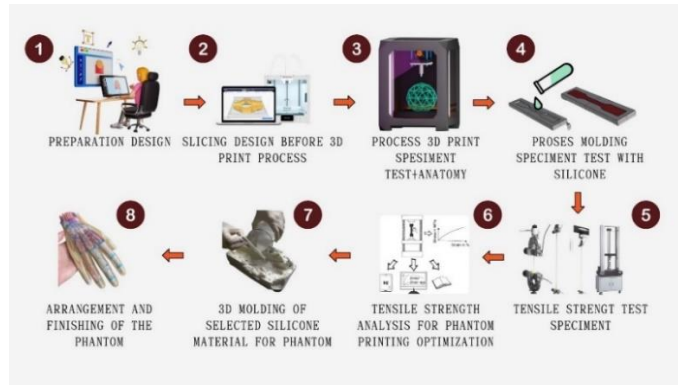
Penyesuaian material juga mencakup pemilihan komponen yang sesuai dengan sifat mekanik hasil *Tensile strength*. Komponen dengan karakteristik ketahanan tarik optimal dipilih untuk memperkuat struktur *Phantom* yang memerlukan kekuatan tambahan.

Optimasi proses pencetakan *Phantom*, termasuk penyesuaian struktur internal dan desain umum, diarahkan oleh hasil *Tensile strength*. Langkah-langkah ini meningkatkan efisiensi dan kualitas *Phantom* secara keseluruhan. Dengan demikian, penyesuaian material berdasarkan *Tensile strength* berperan penting dalam mencapai hasil cetakan yang lebih baik, ketepatan, dan sesuai dengan tujuan pengembangan *Phantom* medis.

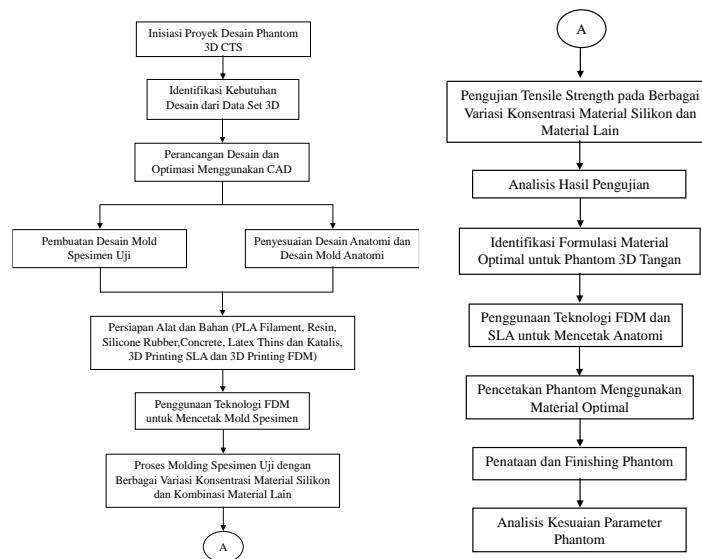
3.3 SKEMA PENELITIAN

Skema penelitian tidak hanya sekadar panduan visual, tetapi juga merupakan elemen yang sangat penting dalam membantu pemahaman menyeluruh terhadap keseluruhan proses penelitian. Dalam bagian ini, akan disajikan sebuah ringkasan yang padat namun informatif mengenai seluruh proses penelitian yang telah dibahas secara rinci dalam sub bab-sebab sebelumnya. Untuk mempermudah pemahaman, gambar ilustrasi, dan flowchart atau skema penelitian akan dihadirkan di bagian ini. Visualisasi ini dirancang untuk memberikan pemahaman yang komprehensif terkait bagaimana setiap langkah penelitian dijalankan. Dengan memanfaatkan representasi visual ini, pembaca akan dapat melihat dengan jelas dan menyeluruh mengenai bagaimana setiap tahapan penelitian terhubung satu sama lain, membentuk landasan yang kuat untuk memahami konteks dan tujuan dari setiap langkah penelitian yang diambil. Dengan demikian, skema penelitian ini tidak hanya menjadi panduan, tetapi juga sebuah alat visual yang kuat dalam mengkomunikasikan dan menggambarkan keseluruhan esensi dari proses penelitian yang sedang dilakukan. Visualisasi tersebut ditampilkan dalam Gambar

3.8 yang merupakan ilustrasi tahapan penelitian dan Gambar 3.9 yang menunjukkan *flowchart* dari penelitian ini.



Gambar 3.8 Ilustrasi Tahapan Penelitian



Gambar 3.9 Flowchart Tahapan Penelitian