

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 ALAT DAN BAHAN

Penelitian ini menggunakan pemodelan untuk merevitalisasi model kepala dengan gangguan neurologis menggunakan 3D *printing* dalam simulasi *keyhole surgery Aneurysm* otak dengan optimasi konsentrasi material silikon. Model simulasi yang diimplementasikan dalam penelitian ini melibatkan penggunaan beberapa alat dan bahan seperti berikut:

Tabel 3. 1 Daftar Alat dan Bahan

No	Alat dan Bahan	Jumlah	Spesifikasi Alat
Hardware			
1	Laptop	1	Assus X441B Processor: AMD A4-9125 RADEON R3. RAM 8 GB
2	3D Printer Anycubic 4Max	1	Generous Print Dimensions of 270 x 205 x 205 mm, Industrial-Grade, FDM Layer Resolution: 0.1 mm, Layer Thickness: 0.1 - 0.5 mm, Maximum Print Speed of 200 mm/s.
3	3D Printer Ender 3 Pro	1	Dimensions: 440 x 410 x 465 mm Nozzle: 0.4mm , Layer Resolution: Up to 0.1mm, Print Speed: Max 200mm/s
4	3D Printer Creality Halot Mage Pro	1	Slice thickness: 0.05-0.15mm, <i>Printing</i> speed: 1-5s/layer, Slicing software: HALOT BOX, CHITUBOX, Lychee Slicer.
5	Neraca analitik digital	1	OHAUS PX224/E Capacity: 220g Readability: 0.0001g. Diameter: 120 mm
6	Tensile strength test	1	Z020 TN ProLine Universal Testing Machine Zwick-Roell. Tipe Z020 TN Max Capacity: 20.000N

No	Alat dan Bahan	Jumlah	Spesifikasi Alat
Software			
1	Blender 3D	1	Minimum system 64-bit dual-core 2GHz CPU with SSE2 support, 4 GB of RAM, a 1280×768 display, raphics card with 1 GB RAM, OpenGL 3.3
2	Meshmixer	1	Version 3.5 Sistem Minimum Windows 7+, 4GB RAM,
3	Ultimaker Cura	1	Grafis 3D: 1920x1080, Intel Core i3, 8GB RAM, OpenGL 4.1+.
4	Halot Box	1	Compatible graphics card, 1920 x 1080 resolution, Intel Core i3 or AMD Athlon 64, 8GB RAM, 600 MB storage; HALOT BOX is 64-bit only.
Bahan			
1	Sunlu PLA ⁺ Black	1 kg	Ukuran: 1,75mm, toleransi ± 0,03mm. Spool: 7,87" (Diameter) x 2,83" (Lebar) lubang pusat 2,20". Nozel: 195-220°C, bed: 20-50°C.
2	eSUN PLA ⁺ White Bone	1 kg	Ukuran:1,75mm (Toleransi ±0,05mm), Suhu Hotend: 205-225°C, Suhu Bed/Build Plate: 0/65°C.
3	eSUN Bio PLA Resin for DLP MSLA LCD 3D Printer	500 ml	Density: 1.09 - 1.10 g/cm ³ , Viscosity: 90 - 150 MPa's, Tensile Strength: 28 - 52 MPa, Flexural Strength: 34 - 47 MPa, Elongation at Break: 12 - 28%, Flexural Modulus: 980 MPa, Hardness: 81.
4	Silikon Rubber H-00 Hardness 00A	1 kg	
5	Thickener C Silikon RTV	500 gr	
6	Concrete Molding Hardness 50A	100 ml	
7	Biotex Latex	290 ml	

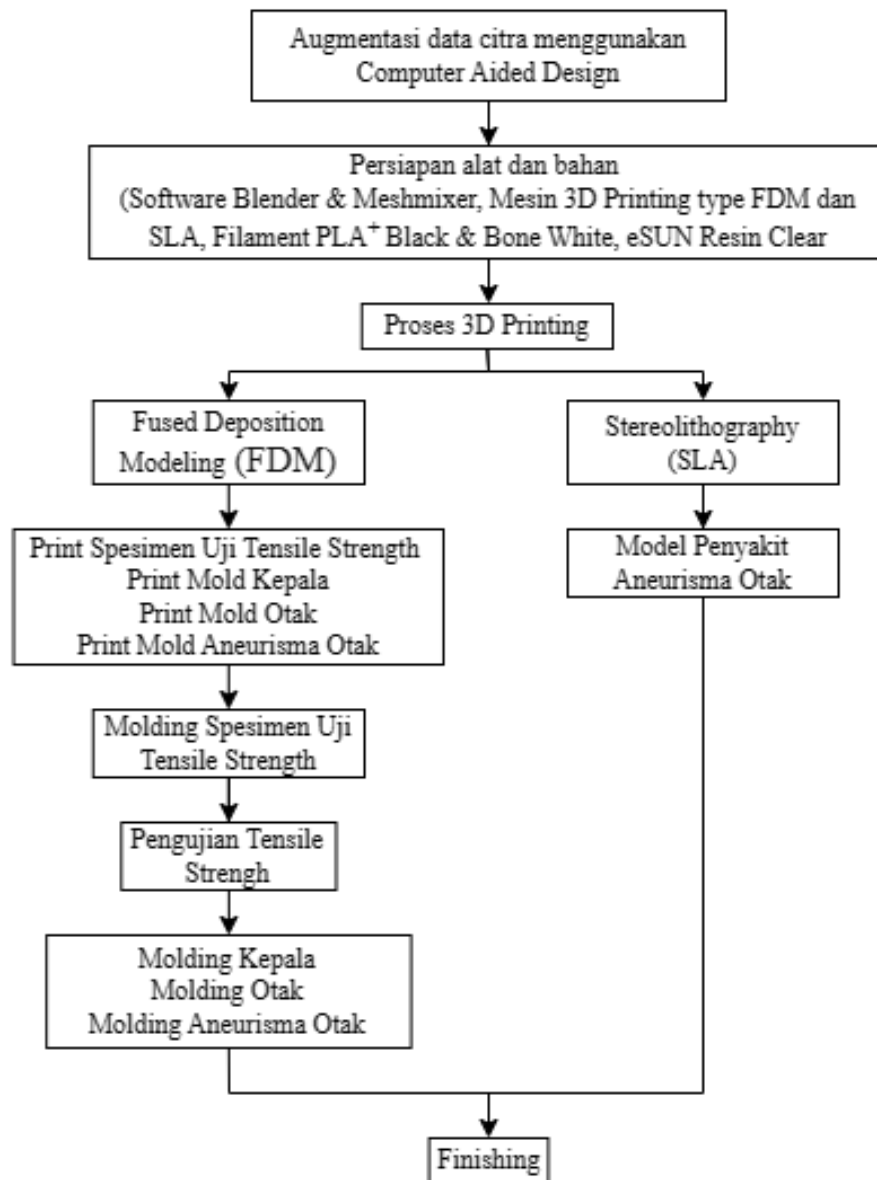
3.2 ALUR PENELITIAN

3.2.1 Tempat Penelitian

Penelitian perancangan model kepala dengan gangguan neurologis menggunakan 3D *printing* dalam simulasi *keyhole surgery aneurysm* otak dengan optimasi konsentrasi material silikon. dilakukan di beberapa laboratorium Institut Teknologi Telkom Purwokerto. Proses pencetakan *aneurysm* dilakukan di Laboratorium Fisika yang terletak di Gedung IoT Lantai 3, Fakultas Teknik Telekomunikasi. Sedangkan pencetakan *moulding* otak dan model kepala dilakukan di Laboratorium Ergonomi yang berada di Gedung DSP Lantai 1, Fakultas Rekayasa Industri dan Desain. Untuk pembuatan model otak dan *aneurysm* menggunakan silikon dilakukan di Laboratorium Basic Sains yang terletak di Gedung DSP Lantai 1. Uji *Tensile Strength* dilakukan di Laboratorium Pusat Unggulan Teknologi Plastik, Politeknik ATMI (Akademi Teknik Mesin Industri) Surakarta.

3.2.2 Skema Penelitian

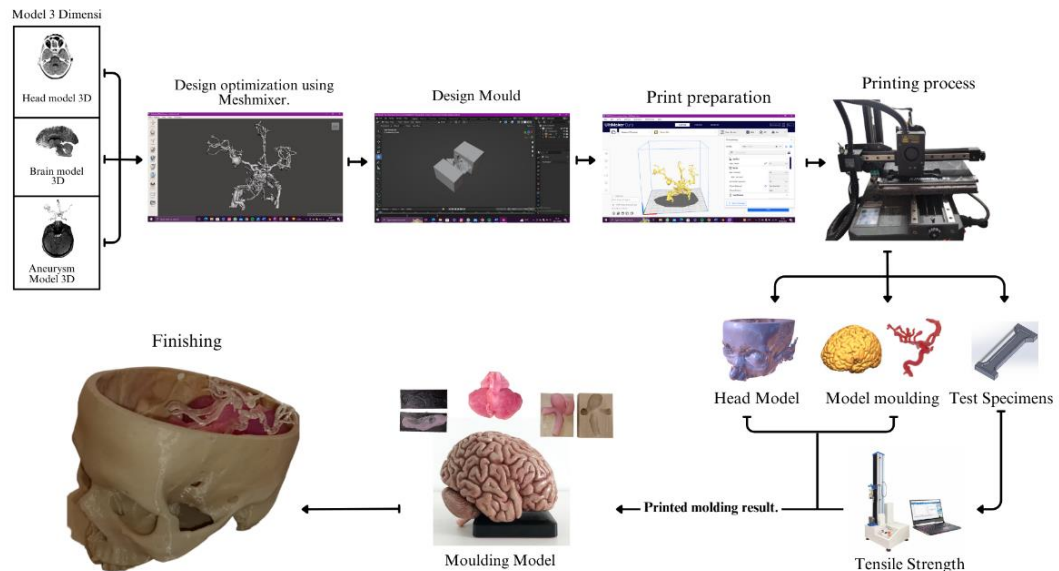
Dibawah ini merupakan serangkaian langkah yang diimplementasikan untuk proses penelitian penelitian revitalisasi model kepala dengan gangguan neurologis menggunakan 3D *printing* dalam simulasi *keyhole surgery Aneurysm* otak dengan optimasi konsentrasi material silikon. Langkah-langkah ini dirancang untuk memberikan kerangka kerja yang terarah dan sistematis dalam menjalankan Penelitian.



Gambar 3.1 Skema penelitian

3.2.3 Proses Perancangan

Proses pembuatan model kepala dengan gangguan neurologis menggunakan teknologi pencetakan 3D untuk simulasi *keyhole surgery aneurysm* otak melibatkan beberapa tahapan terstruktur. Tahapan tersebut meliputi proses fabrikasi dan karakterisasi dengan memanfaatkan berbagai perangkat lunak desain dan pemodelan 3D. Adapun langkah-langkah dalam proses perancangan model kepala tersebut seperti gambar berikut:



Gambar 3. 2 Ilustrasi tahap penelitian

A. Fabrikasi Model

Proses fabrikasi model ini melibatkan serangkaian tahap berikut:

1. 3D Modelling

Tahap pertama dalam proses perancangan melibatkan pemodelan 3D yang diperoleh dari data *sheet* dan sumber *online*, seperti website penyedia model 3D. Model-model yang diadopsi termasuk representasi kepala, *aneurysm intracranial*, dan model anatomi otak dengan format file .stl. Penggunaan model 3D ini memberikan visualisasi, memfasilitasi pemahaman terhadap struktur dan rincian anatomi untuk merancang solusi yang tepat dan sesuai.

2. Optimasi Model

Proses pengoptimalan model dilakukan dengan memanfaatkan perangkat lunak meshmixer. Optimasi ini bertujuan untuk menyesuaikan ukuran dan mengidentifikasi struktur kepala, otak, dan *aneurysm* otak, serta mempermudah proses lanjutan dalam tahap perancangan. Data yang berhasil diidentifikasi dan dipisahkan kemudian dapat digunakan untuk membuat cetakan (*moulding*) model 3D yang siap dicetak melalui teknologi pencetakan 3D.

3. Desain Moulding

Dalam proses perancangan *moulding* 3D, perangkat lunak pemodelan 3D Blender digunakan untuk menciptakan model cetakan dari kepala, otak, dan

aneurysm otak setelah melalui tahap pemodelan 3D dan penyesuaian model. Penggunaan perangkat lunak ini memungkinkan pembuatan representasi visual yang terperinci dan menyeluruh mengenai struktur-struktur anatomi pada kepala. *Moulding* yang dihasilkan nantinya akan digunakan sebagai cetakan untuk mencetak model menggunakan bahan silikon, sehingga menciptakan replika dengan bentuk yang menyerupai aslinya.

4. Persiapan pencetakan (*Slicing*)

Pada tahap persiapan pencetakan desain, model 3D yang telah dibuat disiapkan untuk proses pencetakan 3D menggunakan *software* Ultimaker Cura dan Halot box. *Software* Ultimaker Cura memiliki fungsi khusus dalam mencetak *molding* otak dan model kepala dengan mengatur parameter pencetakan seperti ketebalan lapisan, kecepatan pencetakan, dan *infill density*. Hal ini memastikan hasil cetakan yang menyerupai bentuk asli dan sesuai dengan kebutuhan penelitian. Dengan kemampuan untuk mengatur parameter pencetakan secara detail, pengguna dapat mengoptimalkan proses pencetakan untuk mendapatkan hasil yang presisi dan berkualitas tinggi. Selain itu, *software* Halot box digunakan untuk mencetak penyakit *aneurysm* otak. Dengan mengatur parameter pencetakan seperti kecepatan cetak, ketebalan lapisan, dan struktur pendukung, Halot box memungkinkan pencetakan penyakit *aneurysm* dengan presisi yang tinggi, sehingga memberikan hasil cetakan yang mendekati detail anatomi yang diinginkan.

5. Pencetakan 3D

Pada tahap Pencetakan 3D, model kepala, model otak, dan *Aneurysm* otak yang telah dipersiapkan akan dicetak menggunakan teknologi pencetakan 3D yang berbeda. Metode *Fused Deposition Modeling* (FDM) digunakan untuk cetak *moulding* otak, *moulding aneurysm*, dan model kepala sementara untuk model penyakit *aneurysm* menggunakan metode *Stereolithography* (SLA).

Dalam proses cetak *moulding*, filamen PLA (*Polylactic Acid*) dimasukkan ke dalam mesin 3D *printing* yang menggunakan teknologi FDM. Mesin ini memanaskan dan melelehkan material cetakan, kemudian menyusun lapisan-lapisan material secara bertahap sesuai dengan desain 3D yang diinginkan. Proses ini melibatkan pergerakan *nozzle* yang mengendalikan aliran material

cetakan. Metode FDM dipilih karena mampu mencetak *moulding* otak, *moulding aneurysm* dan model kepala dengan bahan yang tahan lama dan struktur yang kuat. Di sisi lain, untuk mencetak model penyakit *Aneurysm*, digunakan teknologi pencetakan berbasis resin. Proses pencetakan dilakukan dengan cara meneteskan lapisan resin tipis secara berulang di atas bed pencetakan dan mengeraskannya menggunakan sinar UV (Ultraviolet) dalam metode *stereolithography* (SLA). Pencetakan berbasis resin SLA dipilih karena mampu menghasilkan cetakan dengan tingkat kehalusan yang tinggi, sehingga sangat cocok untuk mencetak model penyakit *aneurysm* yang membutuhkan visualisasi yang menyerupai bentuk asli.

B. Karakterisasi

Karakterisasi material yang digunakan dalam pembuatan model ini melibatkan serangkaian tahap di bawah berikut:

1. Uji *Tensile Strength*

Penelitian ini melibatkan pengujian mekanik untuk mengevaluasi stabilitas, kelenturan, dan respons material dari model kepala yang dicetak 3D menggunakan bahan silikon dalam simulasi tindakan pembedahan *keyhole* pada *aneurysm* otak. Pengujian kekuatan dan stabilitas bertujuan untuk memastikan keandalan model silikon tanpa mengalami kerusakan signifikan, sementara pengujian kelenturan dan respons material fokus pada kemampuan model silikon mensimulasikan dengan tepat respons jaringan kepala. Hasil dari pengujian ini diharapkan dapat meningkatkan kemiripan model dengan bentuk asli dan meningkatkan efektivitas simulasi, serta berkontribusi pada pemahaman dan persiapan tenaga medis dalam menghadapi *aneurysm* otak melalui intervensi endovaskular, khususnya pada model silikon.

2. *Moulding* Model

Dalam proses pencetakan model otak dan pemodelan penyakit *aneurysm*, digunakan bahan-bahan khusus yang telah diformulasikan untuk menciptakan model otak dan *aneurysm* otak yang meniru struktur aslinya menggunakan bahan silikon. Pemilihan material didasarkan pada hasil uji *tensile strength* yang telah dilakukan sebelumnya. Untuk pembuatan model otak, Silikon Rubber

RTV H-00 dicampur dengan *Thickener c* 12,5% dan katalis dengan konsentrasi 2,5% memberikan kelembutan dan fleksibilitas yang tepat untuk merepresentasikan tekstur dan elastisitas otak. Selain itu, formulasi ini juga digunakan untuk mereproduksi anatomi otak, termasuk bagian seperti cerebellum dan corpus callosum, sebagai bagian integral pada simulasi. Penggunaan katalis memberikan kekuatan tambahan pada model otak, menjadikannya lebih tahan lama dan stabil. Sementara itu, *Latex Liquid* dengan konsentrasi 50% digunakan untuk pembuatan model *aneurysm* otak, dengan tingkat kekerasan yang sesuai untuk mereproduksi struktur *aneurysm* otak yang menyerupai bentuk asli..