

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fisika Institut Teknologi Sumatera. Waktu yang digunakan dalam penelitian ini mulai dari bulan Juni 2020. Penelitian ini meliputi kegiatan pendahuluan, eksperimen penelitian, pembuatan simulasi, analisis, pengolahan data, dan penyusunan laporan.

#### **3.2 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian tugas akhir ini adalah eksperimen dan simulasi yang meliputi perancangan, pembuatan, analisis data hasil pengujian yang berjudul “Studi Profil Gelombang Elektromagnetik Pada Uji Karakterisasi Tingkat Keketuhan Air” pada penelitian ini dapat diketahui intensitas cahaya serta studi profil gelombang pada medium dan distribusi temperatur pada eksperimen. Dalam simulasi didapat profil perambatan gelombang elektromagnetik pada medium kuvet dan distribusi temperatur yang disimulasi software comsol *multiphysics 5.5*.

#### **3.3 Alat dan Bahan Penelitian**

##### **3.3.1 Alat**

Dalam proses pembuatan alat yang digunakan pada tugas akhir ini, penulis menggunakan beberapa alat. Adapun alat yang digunakan dalam tugas akhir ini dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1 Alat-alat yang digunakan dalam tugas akhir

No	Nama Alat	Jumlah
1.	Notebook ASUS AMD	1
2.	Komputer Laboratorium	1
3.	Laser Merah 632 nm, 5W	1
4.	Temperatur Suhu	1
5.	Lux Meter	1
6.	Catu daya	1
7.	Penggaris	1
8.	Papan/Dudukan Kuvet	1
9.	Timbangan Digital	1
10.	Kuvet 2.5 mL	8
11.	Gelas Ukur 250 mL	8

### 3.3.2 Bahan

Dalam proses pembuatan bahan yang digunakan pada tugas akhir ini, penulis menggunakan beberapa bahan. Adapun bahan yang digunakan dalam tugas akhir ini dapat dilihat pada Tabel 3.2. berikut:

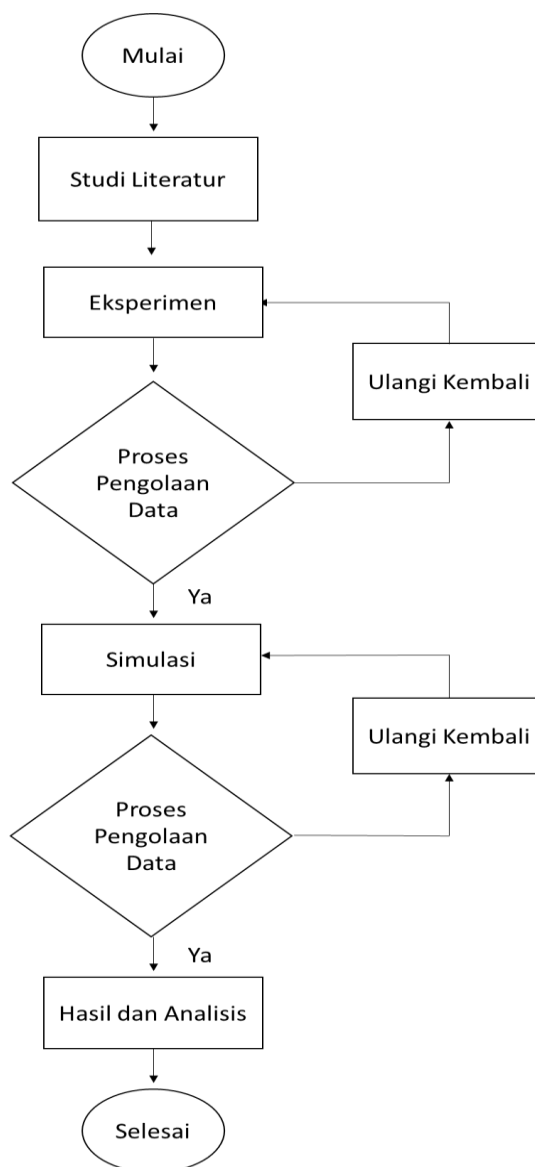
Tabel 3.2 Bahan-bahan yang digunakan dalam tugas akhir

No	Nama Bahan	Jumlah
1	Piranti Lunak Comsol <i>Multiphysics 5.5</i>	1
2	Air Murni (0)	1
3	NaCl 0,01, 0,02, 0,03, 0,04, 0,05, 0,06, 0,07 (mol)	1

Untuk mendukung penelitian ini, sumber referensi yang digunakan yaitu buku, tugas akhir, skripsi, tesis, disertasi, dan informasi yang diperoleh dari internet.

### 3.4 Rancangan Penelitian

Setelah memahami dasar teori tahap selanjutnya adalah tahap perancangan. Perancangan ini meliputi beberapa tahapan sebagai berikut:



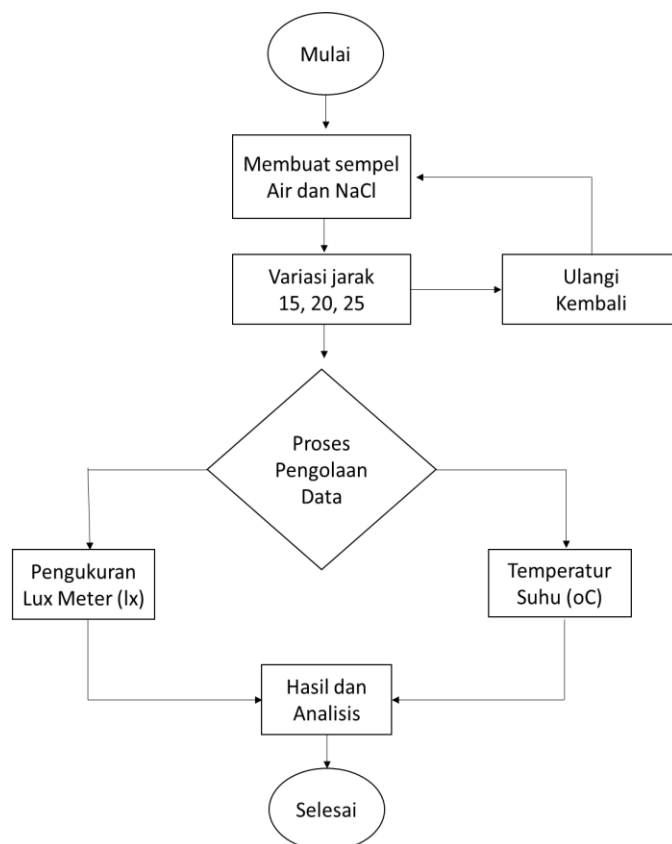
Gambar 3.1. Algoritma Penelitian

### 3.4.1 Studi Literatur

Studi literatur untuk mencari teori yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan dengan perumusan masalah yang bertujuan untuk memperkuat permasalahan serta dasar teori dalam melakukan studi dan menjadi dasar untuk melakukan eksperimen dan simulasi.

### 3.4.2 Eksperimen

Pada bagian ini untuk menentukan intensitas cahaya dan temperatur suhu pada sebuah medium kuvet yang berisikan sampel larutan variasi air murni (0), NaCl 0,01, 0,02, 0,03, 0,04, 0,05, 0,06, 0,07 (mol) dengan jarak laser ke kuvet 15cm, 20cm, 25cm, dan kuvet ke lux meter 25cm, 20cm, 15cm agar mendapatkan intensitas cahaya dan temperatur cahaya dari sumber cahaya (laser merah) gelombang elektromagnetik yang dapat dilihat pada Gambar 3.3 sebagai berikut:



Gambar 3.2. Proses Eksperimen

### **3.4.3 Simulasi**

Dalam penelitian ini penulis menggunakan perangkat lunak comsol *multiphysics* 5.5 merupakan alat pemodelan yang memungkinkan pengguna untuk membuat model geometri, menyatukan geometri, menambahkan persamaan fisika yang relevan, mendapatkan solusi dan akhirnya memvisualisasikan hasil. Pada simulasi comsol untuk dapat melakukan studi profil penjalaran pada radiasi laser dan transfer panas untuk menentukan distribusi temperatur melalui instrumentasi karakterisasi laser pada simulasi untuk dilakukan validasi hasil eksperimen.

## **3.5 Tahapan Penelitian**

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Fisika Institut Teknologi Sumatera Adapun tahapan pada tugas akhir ini terbagi menjadi 2 (dua) bagian yaitu eksperimen instrumentasi karakterisasi laser dan simulasi comsol *multiphysics* 5.5.

### **3.5.1 Metode Eksperimen**

Metode penelitian pada eksperimen yang didasarkan pada besarnya nilai intensitas cahaya dan studi profil suatu zat terhadap gelombang EM pada medium. Prinsip kerja instrumentasi karakterisasi laser berdasarkan hukum Lambert-Beer, bila sumber cahaya melalui suatu media (larutan) maka sebagian cahaya tersebut diserap, sebagian dipantulkan, dan sebagian lagi dipancarkan. Cahaya yang terserap oleh bahan atau komponen kimia tertentu pada panjang gelombang tertentu sehingga akan memberikan warna tertentu terhadap bahan. Cahaya yang dimaksud berupa laser merah dan mempunyai panjang gelombang 632 nm.

Konsentrasi dari dalam larutan bisa ditentukan dengan mengukur nilai intensitas cahaya dan studi profil suatu zat terhadap gelombang EM pada medium dengan panjang gelombang 632 nm menggunakan hukum Lambert-Beer. Analisis kualitatif adalah analisis di mana zat diidentifikasi atau diklasifikasikan atas dasar kimia atau sifat fisik. Pengukuran fraksi radiasi elektromagnetik yang dapat diserap

atau dikirimkan oleh sampel. Pada eksperimen uji karakterisasi kekeruhan ini terdapat beberapa tahapan yaitu:

### 1. Persiapan Sampel

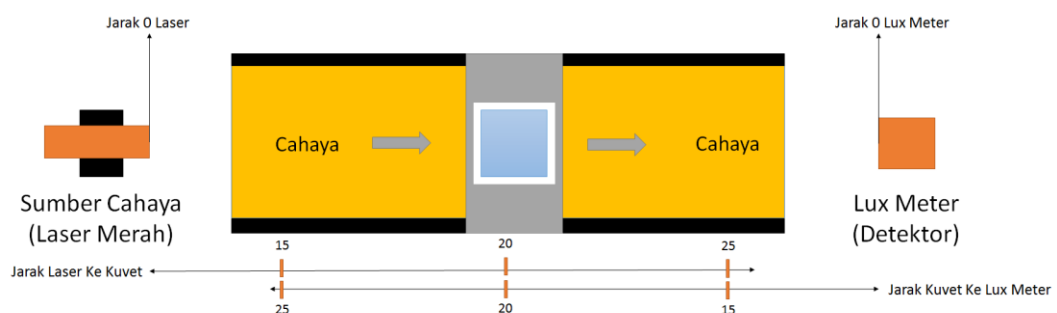
Sampel yang digunakan yaitu variasi air (0) dan NaCl 0,01, 0,02, 0,03, 0,04, 0,05, 0,06, 0,07 (mol) yang akan dimasukkan ke dalam kuvet berukuran 2.5 mL sebelum dimasukkan ke dalam kuvet sampel di tumbuk ke dalam gelas ukur berukuran 250 mL.

### 2. Variasi jarak laser ke kuvet dan kuvet ke lux meter

Pada pengukuran lux meter menggunakan satuan (lx) dalam  $1\text{lx} = 1\text{lm}/\text{m}^2 = 1\text{cd}\cdot\text{sr}/\text{m}^2$  satuan flux dari 1000 lumen, terkonsentrasikan ke area 1 meter persegi yang menerangi satu meter persegi dengan pencahayaan 1000 lux. Untuk variasi jarak yang digunakan dalam eksperimen alat instrumen karakterisasi laser dapat dilihat pada tabel 3.3 dan gambar 3.3 sebagai berikut:

Tabel 3.3. Variasi pada jarak

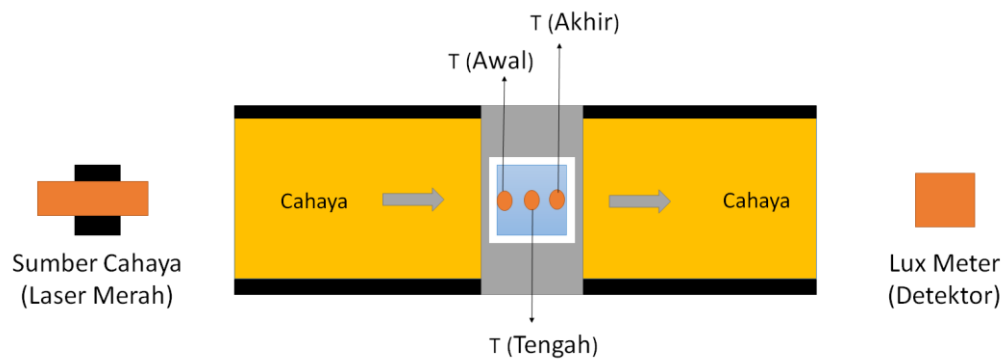
No.	Laser ke kuvet	Kuvet ke lux meter
1	15 cm	25 cm
2	20 cm	20 cm
3	25 cm	15 cm



Gambar 3.3. Variasi pada jarak (Tampak Atas)

### 3. Variasi temperatur suhu

Pada variasi temperatur suhu untuk mengukur transfer panas (temperatur suhu) pada pengaruh sumber cahaya gelombang elektromagnetik yang digunakan dalam eksperimen instrumen karakterisasi yaitu pada temperatur awal kuvet, temperatur tengah kuvet dan temperatur akhir kuvet dapat dilihat pada gambar 3.4 sebagai berikut:



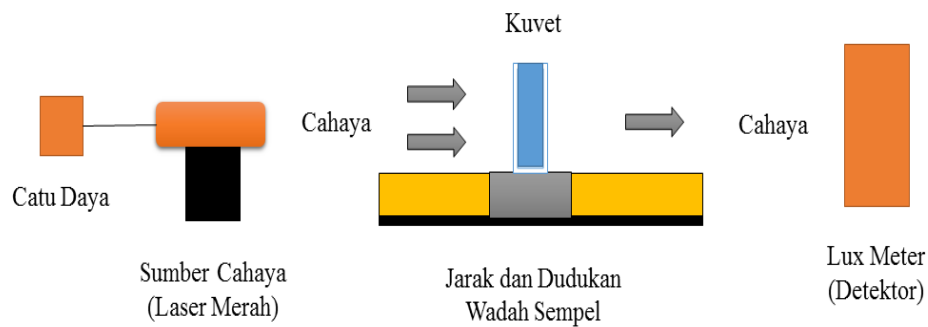
Gambar 3.4. Pengukuran temperatur suhu (Tampak Atas)

### 4. Optimasi panjang gelombang

Optimasi panjang gelombang pada laser merah dengan konsentrasi kuvet berukuran 2.5 ml yang telah dibuat diukur intensitas cahaya pada panjang gelombang 632 nm.

### 5. Prinsip kerja instrumen karakterisasi laser

Pada eksperimen prinsip kerja instrumen karakterisasi laser yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:



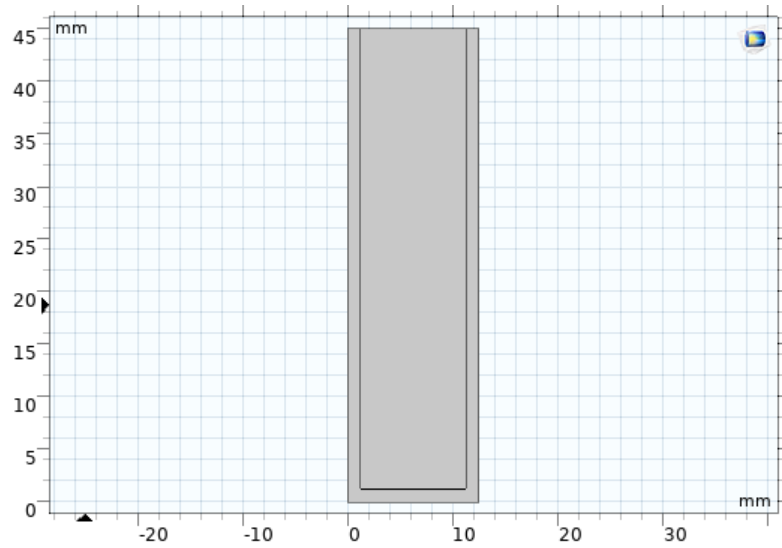
Gambar 3.5. Prinsip Kerja Instrumen Karakterisasi Laser (Tampak Samping)

Instrumen karakterisasi laser yang terdiri dari lima komponen utama, yaitu catu daya, sumber cahaya, wadah sampel (kuvet), jarak dan dudukan wadah sampel, lux meter sebagai detektor. Ketika cahaya dari sumber radiasi diteruskan menuju wadah sampel (kuvet) detektor menerima cahaya dari sampel secara bergantian secara berulang-ulang, sinyal listrik dari detektor diproses, diubah ke digital dan dilihat hasilnya.

### 3.5.2 Metode Pemodelan Simulasi

Metode pemodelan simulasi yang digunakan yaitu metode elemen hingga teknik numerik yang memberikan solusi perkiraan untuk persamaan diferensial yang memodelkan masalah yang muncul dalam fisika dan teknik. Metode elemen hingga memerlukan permasalahan yang didefinisikan dalam ruang geometris (atau domain), untuk dibagi lagi menjadi sejumlah batasbatas wilayah yang lebih kecil (mesh). Pilihan konsep, persamaan, koefisien dan parameter relevan lainnya menentukan keakuratan hasil akhir. Modul Electromagnetik Wave, Beam Envelope dan Heat Transfer in Solid, Radiative Beam in Absorbing Media, Electromagnetic Heating dalam comsol *multiphysics* 5.5 berkaitan dengan setiap aspek fisika yang terlibat. Metode Pemodelan Simulasi dapat ditunjukkan pada Gambar 3.6. sebagai berikut:





Gambar 3.6. Model geometri kuvet 2D

### 3.5.3 Model Parameter

Model parameter fisis didefinisikan pada jendela *Global Definition* di simulasi comsol dengan parameter di masukkan secara manual. Beberapa parameter yang telah dipilih seperti ditunjukkan pada tabel 3.4 sebagai berikut:

Tabel 3.4 Model Parameter

No.	Parameter	Nilai
1	Kuvet lebar	12.5(mm)
2	Kuvet tinggi	45(mm)
3	Bahan lebar	10(mm)
4	Bahan tinggi	43.75(mm)
5	Laser daya	5 (W)
6	Panjang gelombang	632 (nm)
7	Frekuensi	474 (THz)
8	Indeks bias kuvet	1.45

Parameter yang berpengaruh pada geometri simulasi terdiri dari diameteri kuvet pada eksperimen yang diterapkan dalam geometri kuvet 2D dalam simulasi pada

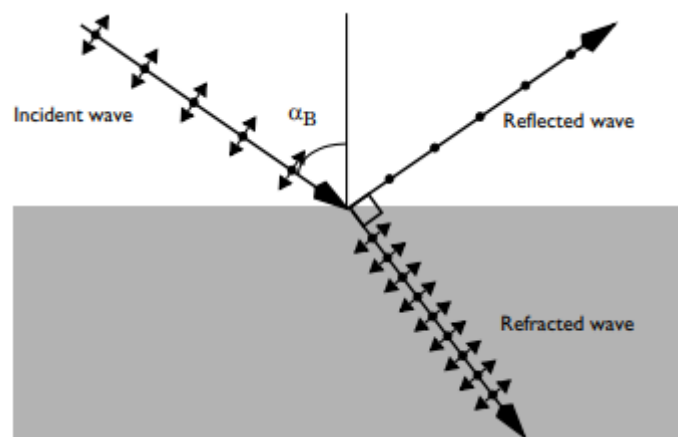
panjang dan tinggi kuvet 12,5mm x 45cmm serta diameter dalam kuvet 10mm x 43.75mm dan parameter yang berpengaruh dalam kuvet tersebut yaitu power laser merah, panjang gelombang, frekuensi laser merah, dan indeks bias pada kuvet untuk mendefinisikan simulasi yang berada pada keseluruhan simulasi yang berada pada kuvet tersebut.

### 3.5.4 Model Fisika

Ada dua fenomena utama yang perlu dipertimbangkan dalam pemodelan yaitu, gelombang terpolarisasi-s, perpindahan panas. Adapun dua fenomena utama dalam pemodelan dilakukan penulis dalam mengerjakan penelitian ini sebagai berikut:

#### 1. Gelombang Terpolarisasi-S

Untuk insiden gelombang bidang pada antarmuka antara dua media yang berbeda, terdapat sudut datang yang tidak memiliki reflektansi jika gelombang datang terpolarisasi dalam bidang kejadian. Sudut, yang reflektansinya nol, disebut sudut Brewster.



Gambar 3.7. Menunjukkan gelombang insiden yang dipantulkan dan dibiaskan pada antarmuka antara dua media.

Komponen polarisasi ortogonal ke bidang kejadian (polarisasi-s) dipantulkan dan dibiaskan. Gelombang yang dipantulkan dan dibiaskan. Di sudut Brewster  $\alpha_B$

gelombang yang terpolarisasi pada bidang kejadian hanya dibiaskan dan tidak dipantulkan.

Pada sudut Brewster, gelombang terpolarisasi-p yang datang menciptakan polarisasi di media kedua (di mana gelombang yang dibiaskan merambat) dengan komponen-komponen dalam arah perambatan gelombang yang dipantulkan. Karena ini adalah polarisasi longitudinal untuk gelombang yang dipantulkan, dan bukan polarisasi transversal, maka jelas bahwa polarisasi ini tidak dapat memicu gelombang yang dipantulkan.

Mengacu pada sudut yang ditentukan pada Gambar 3.7, tulis hukum Snell sebagai

$$\tan \alpha_B = \frac{n_2}{n_1} \quad (3.1)$$

di mana  $n_1$  dan  $n_2$  masing-masing adalah indeks bias di atas dan di bawah antarmuka.

Persamaan (3.1) menghasilkan definisi sudut Brewster

$$Q = Q_{cond} + Q_{cond} + Q_{rad} \quad (3.2)$$

Dari contoh Perpustakaan Aplikasi Persamaan Fresnel, reflektansi untuk s-polarisasi pada sudut Brewster diberikan oleh:

$$R_s = \left| \frac{n_1 \cos \theta_i - n_2 \cos \theta_t}{n_1 \cos \theta_i + n_2 \cos \theta_t} \right|^2 = \left| \frac{n_1 \cos \alpha_B - n_2 \cos \alpha_B}{n_1 \cos \alpha_B + n_2 \cos \alpha_B} \right|^2 = \left| \frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2 + n_2^2} \right|^2 \quad (3.3)$$

Model ini tidak menggunakan gelombang bidang, tetapi balok Gaussian (lihat misalnya Generasi Harmonik Kedua dari model Perpustakaan Aplikasi Sinar Gaussian untuk diskusi tentang balok Gaussian). Namun, karena ukuran titik untuk balok jauh lebih besar daripada panjang gelombang, hubungan gelombang bidang di atas adalah pendekatan yang baik juga untuk Balok Gaussian.

## 2. Perpindahan Panas

Perpindahan panas terdiri dari tiga mekanisme yang berbeda yaitu konduksi termal, konveksi dan radiasi dan termasuk dalam model dengan modul Perpindahan Panas dengan Radiasi Permukaan ke Permukaan.

$$q''_{cond} = \frac{Q}{A} = -\lambda * \frac{\Delta T}{\Delta z} \quad (3.4)$$

Perhitungan dan deskripsi konduksi termal dapat diperoleh dengan pendekatan Fourier:

$$q''_{rad} = \varepsilon * \sigma * (T_{S,1}^4 - T_{S,2}^4) \quad (3.5)$$

$$Q = -\lambda * \frac{\Delta T}{\Delta z} \quad (3.6)$$

Sedangkan  $q''_{cond}$  adalah vektor dari kerapatan fluks panas,  $Q$  adalah fluks panas dengan konduktivitas termal spesifik  $\lambda$  dan  $A$  area di mana panas mengalir dengan ketebalan  $\Delta$  dan perbedaan suhu melalui material. Parameter ini termasuk dalam modul 'Perpindahan panas dalam Padatan'. Fenomena transportasi konveksi dijelaskan oleh hukum Newton:

$$q''_{conv} = \alpha * (T_{air} - T_{sub}) \quad (3.7)$$

Sedangkan  $q''_{conv}$  vektor kerapatan fluks panas untuk konveksi,  $\alpha$  adalah koefisien perpindahan panas material dan perbedaan suhu antara udara dan substrat. Fluks panas dimasukkan sebagai konveksi paksa eksternal dengan kecepatan 2,2 m/s dalam model.

Radiasi termal dijelaskan oleh Hukum Stefan-Boltzmann dan kerapatan fluks panas yang dihasilkan:

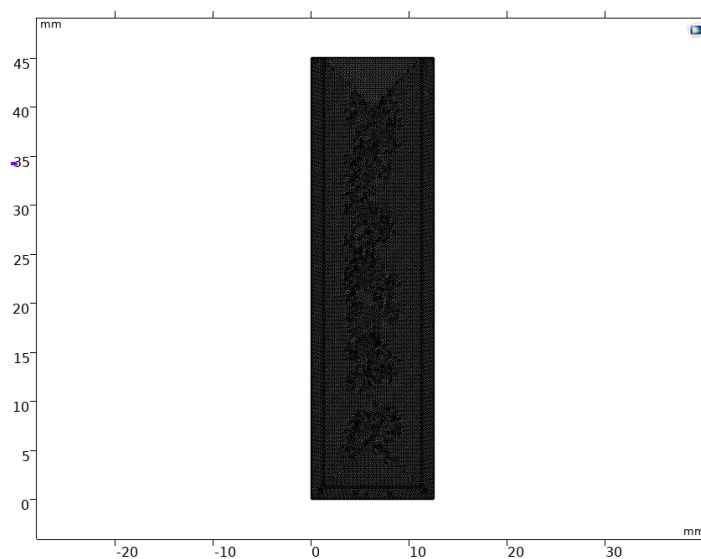
$$E = \varepsilon * A * \sigma * T_s^4 \quad (3.8)$$

$$q''_{rad} = \varepsilon * \sigma * (T_{S,1}^4 - T_{S,2}^4) \quad (3.9)$$

Berikut adalah emisi pemancar nyata, koefisien emisi,  $\Delta$  perbedaan suhu pemancar laser merah dan substrat dan Stefan-Konstanta Boltzmann sebesar  $5,67 * 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ . Itu permukaan pemancar laser merah ditentukan dengan koefisien emisi dan suhu. Untuk perhitungan perpindahan panas diperlukan parameter material dan untuk substrat digunakan parameter dari database material (Aluminium 6063-T83)

### 3.5.5 Meshing

Meshing pada tahapan ini merupakan tahap akhir yang menentukan berjalan atau tidak simulasi yang telah dimodelkan. Pada tahapan meshing proses ini membagi geometri menjadi bagian-bagian kecil agar penyelesaian matematis yang dilakukan sesuai dengan kondisi sesungguhnya. Dalam meshing terdiri dari bagian parameter, material, geometri, model physics dan studi physics yang dibagi menjadi bagian-bagian kecil pada meshing. Jenis mesh yang disimulasikan pada simulasi ini yaitu triangular mesh dan jumlah distribusing mesh berjumlah 29667. Untuk model meshing yang telah disimulasikan dapat dilihat pada gambar 3.7 sebagai berikut:



Gambar 3.8. Model meshing pada kuvet

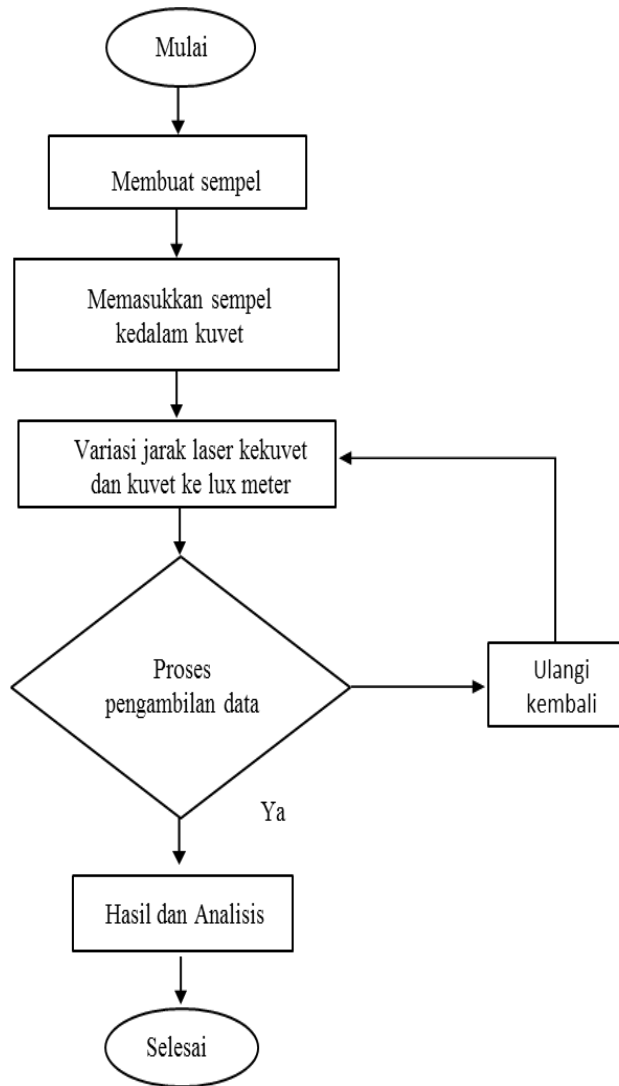
### 3.5.6 Langkah Simulasi Pada Comsol

Langkah-langkah simulasi model dengan menggunakan software comsol adalah:

- a. Terlebih dahulu sebelum menggambar model geometri, kita membuat asumsi model yang akan kita gunakan. Dengan memilih ruang dimensi 3D, 2D axisymmetric, 2D, 1D axisymmetric dan 1D. Dalam hal ini, penulis memilih model 2 dimensi.
- b. Setelah itu sebelum menggambar model geometri, dengan memasukkan nama layer 1 sebagai ruang untuk model geometrinya. Lalu untuk menentukan suatu domain pada model geometri.
- c. Memilih bahan, dengan setelah memilih model dimensi ruang 2D dibuat pilih bahan pada setiap lapisan dan sifat masing-masing lapisan.
- d. Mendeklarasikan parameter, variabel dan fungsinya.
- e. Pengaturan domain fisika, domain fisika tepat yang cocok dengan untuk setiap lapisan telah ditetapkan.
- f. Pengaturan kondisi batas, dalam rangka memecahkan PDE, batas layak telah ditetapkan, yang dikenal sebagai *boundary conditions* (batas). Kondisi batas seperti yang diberikan oleh persamaan dalam software comsol telah digunakan untuk memecahkan model simulasi ini.
- g. Meshing merupakan proses pembagian geometri menjadi bagian-bagian kecil agar penyelesaian matematis yang dilakukan sesuai dengan kondisi sesungguhnya.
- h. Setelah itu akan mendapatkan hasil study dan dapat dianalisis.

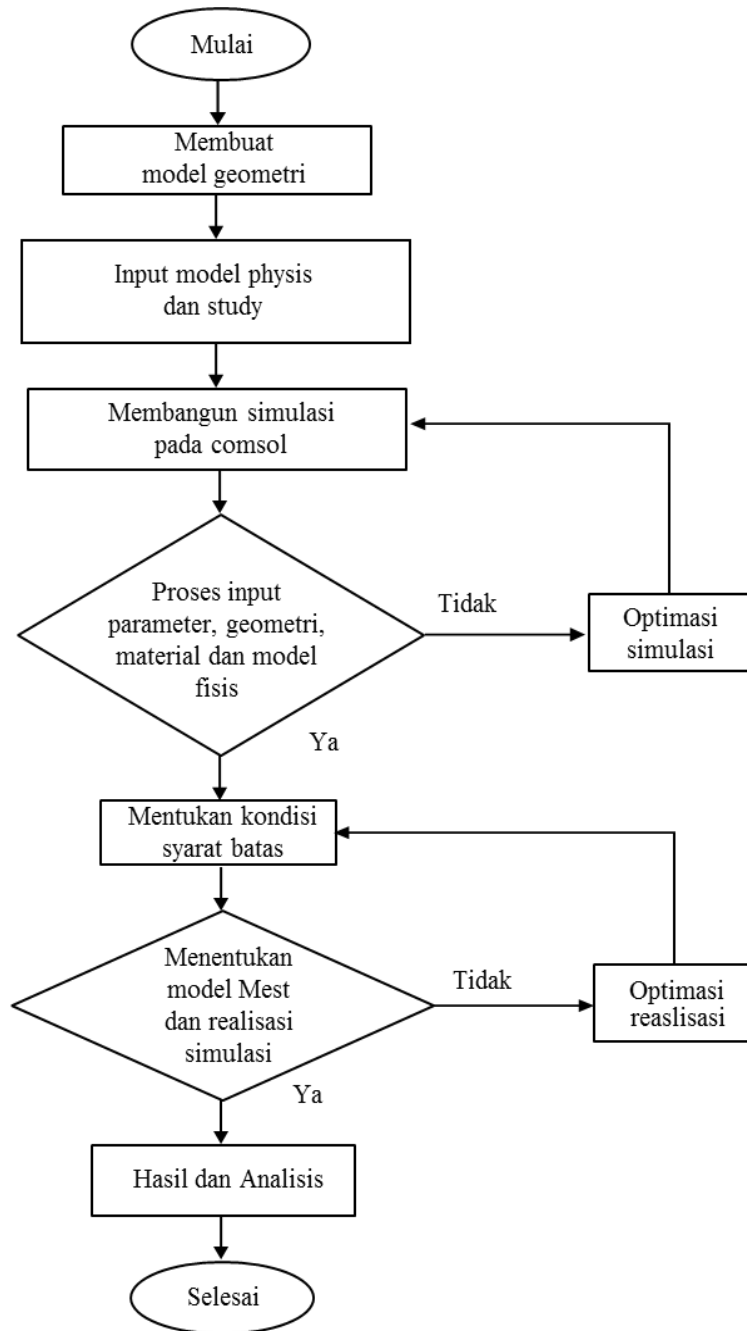
### 3.6 Diagram Alir Penelitian

Pada bagian ini disusun untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai proses pembuatan, gambaran eksperimen dan simulasi yang akan dilakukan. Diagram alir dalam langkah-langkah eksperimen dan simulasi menggunakan comsol pada penelitian tugas akhir ini. Berikut proses pelaksanaan eksperimen dapat dilihat pada diagram alir pengerjaan dalam eksperimen pada gambar berikut: `



Gambar 3.9. Diagram alir eksperimen

Berikut proses pelaksanaan simulasi yang dapat dilihat pada diagram alir pengerjaan simulasi pada gambar berikut:



Gambar 3.10. Diagram alir simulasi