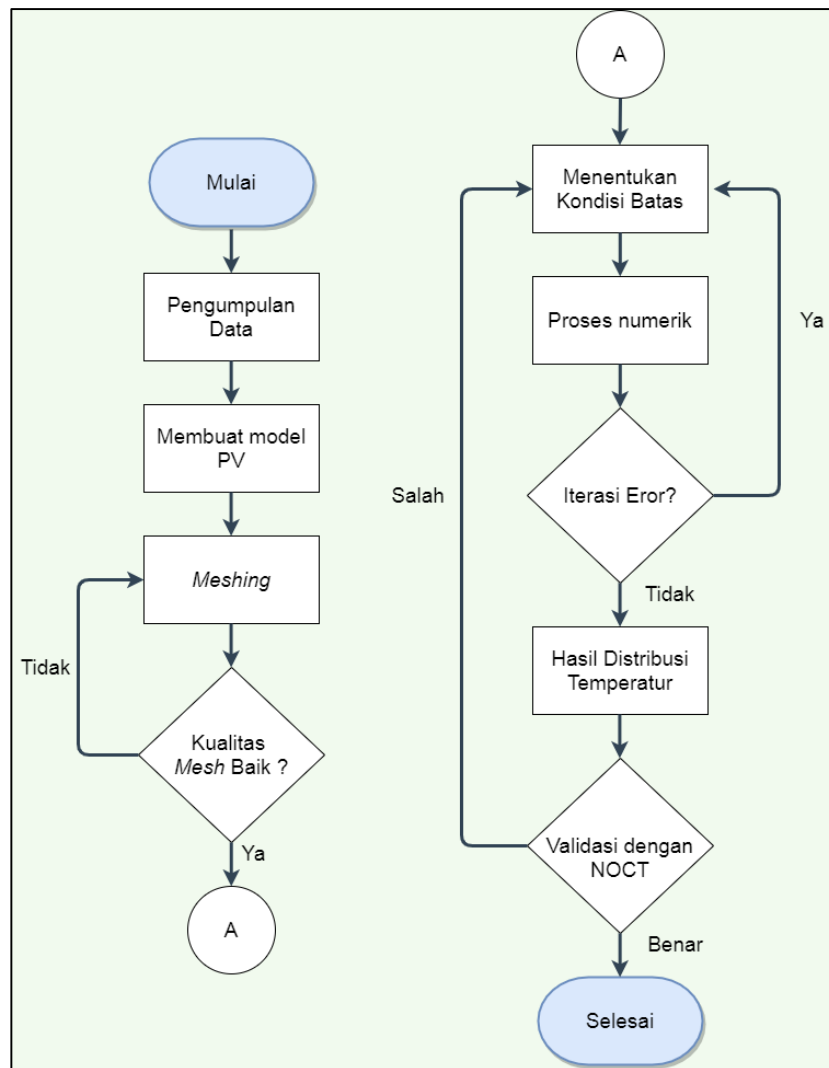


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam proses pengerjaan tugas akhir ini memuat rancangan simulasi, simulasi, dan perhitungan matematis dengan tahapan sebagai berikut :

3.1. Diagram Alur Penelitian



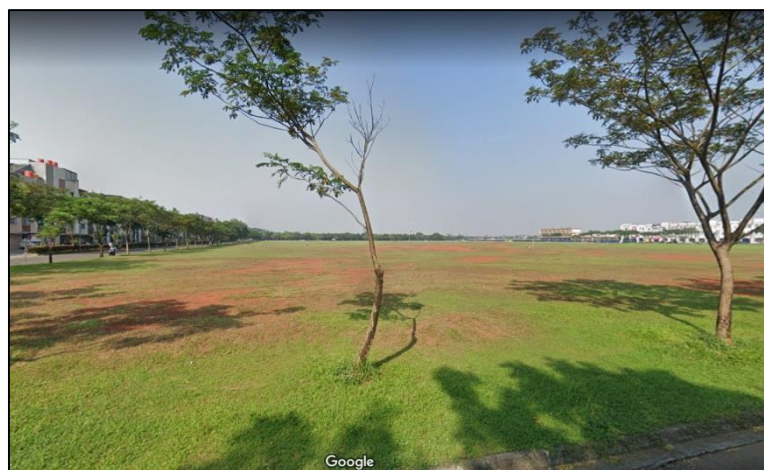
Gambar 3. 1. Alur Penelitian

3.2. Pengumpulan Data Radiasi Matahari

Penelitian ini dimulai dari data intensitas radiasi matahari (S W/m^2) dan temperatur lingkungan ($T_{ambient}$ °C) pada lokasi tertentu yang diakses dari *Photovoltaic Geographical Information System* (PVGIS) yang dikembangkan oleh *European Commission* [25]. Pemilihan lokasi dibagi menjadi dua yaitu pada daratan dan danau buatan di area Gading Serpong, Tangerang, Banten. Data rata-rata intensitas radiasi matahari per hari yang diambil berdasarkan sudut kemiringan (Θ) 0° , 5° , 10° , 15° , 20° , 25° , 30° , 35° , dan 40° . Jenis PV panel yang dipilih adalah *fixed plane*.

Tabel 3. 1. Parameter *Input* pada PVGIS [25]

Parameter	PV di daratan	FPV di danau
Waktu	Januari 2020	Januari 2020
Koordinat Lokasi	-6.264, 106.620	-6.238, 106.615
Kondisi Cuaca	<i>Clear Sky</i>	<i>Clear Sky</i>

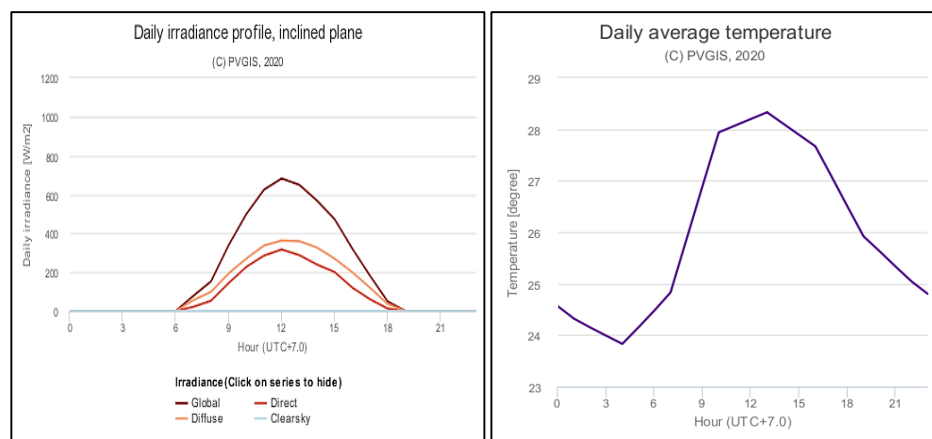


Gambar 3. 2. Koordinat Lokasi -6.264, 106.620 di Daratan [26]



Gambar 3. 3. Koordinat Lokasi -6.238, 106.615 di Danau [26]

Setelah memasukan parameter dari Tabel 3.1. dengan sudut kemiringan yang diperlukan, hasilnya adalah S (W/m^2) pada Θ dan $T_{ambient}$ ($^{\circ}C$) seperti Gambar 3. 4. Intensitas radiasi matahari yang dihasilkan terbagi tiga yaitu, radiasi global, *direct*, dan *diffuse*. Penelitian ini menggunakan radiasi global sebagai fluks panas yang mengenai permukaan modul PV. Setelah data didapatkan, data tersebut menjadi *input* pada kondisi batas di simulasi.



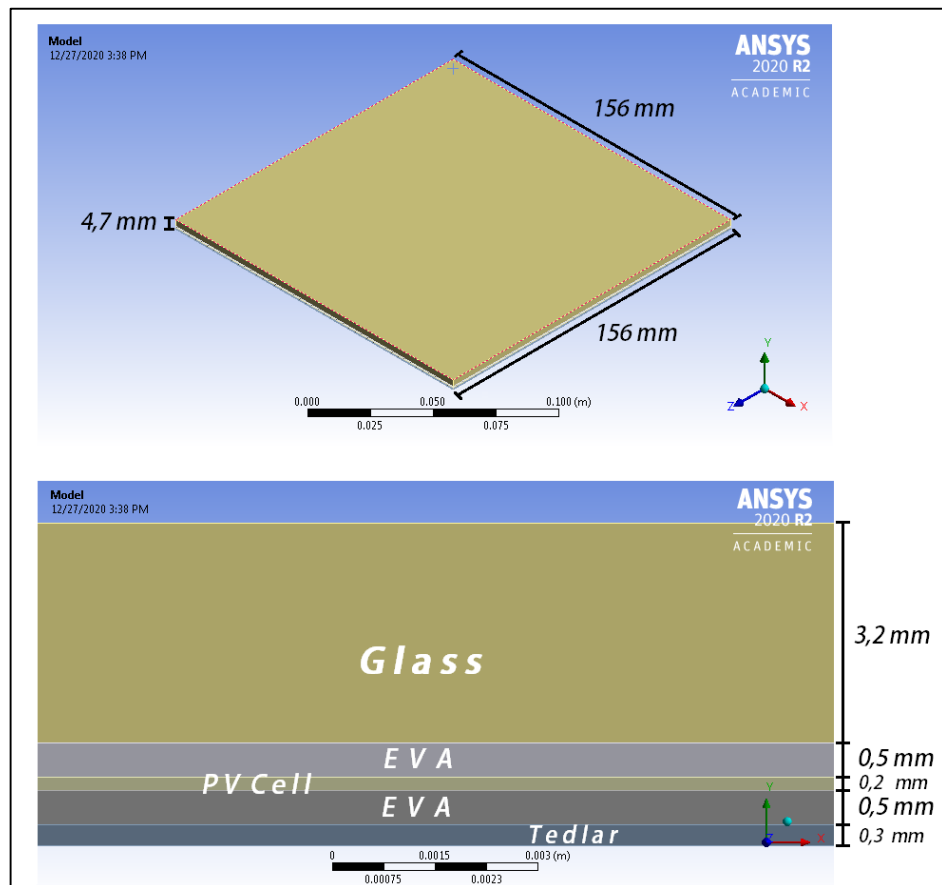
Gambar 3. 4. Contoh Hasil S (W/m^2) pada Θ dan $T_{ambient}$ ($^{\circ}C$) [25]

3.3. Pembuatan Model PV

Tahapan dimulai dengan pembuatan geometri modul PV dengan menggunakan perangkat lunak *Spaceclaim* bawaan dari Ansys 2020 R2. *Spaceclaim* adalah perangkat lunak *computer-aided design* (CAD) yang digunakan untuk membuat model 2D atau 3D. Penelitian ini menggunakan model 3D dari material *polycrystalline* PV yang terdiri dari lima lapisan dari bagian atas ke bawah yaitu *glass*, *ethylene vinyl acetate* (EVA), *polycrystalline* sel PV, EVA dan *tedlar*. Model 3D direpresentasikan pada Gambar 3. 5. dan Tabel 3.2. menampilkan parameter dari lapisan-lapisan material ini. Dimensi dari sel PV ini 156 x 156 x 4,7 mm. Model modul PV yang akan digunakan pada modul FPV hanya berisi satu sel PV. Model disederhanakan dengan tidak memodelkan interkoneksi logam pada permukaan sel PV. Penyederhanaan ini untuk efisiensi komputasi jika dibandingkan dengan mensimulasikan satu model modul PV.

Tabel 3. 2. Material dari Lapisan Modul PV [3]

Lapisan	Material	Konduktivitas panas ($W/m.K$)	Massa jenis (kg/m^3)	Kapasitas panas spesifik ($J/kg.K$)	Absorptivitas
Penutup depan	<i>Glass</i>	0,7	2450	790	0,04
<i>Encapsulant</i>	EVA	0,311	960	2090	0,08
Silikon sel	PV	130	2330	677	0,9
Penutup belakang	<i>Tedlar</i>	0,15	1200	1250	0,13



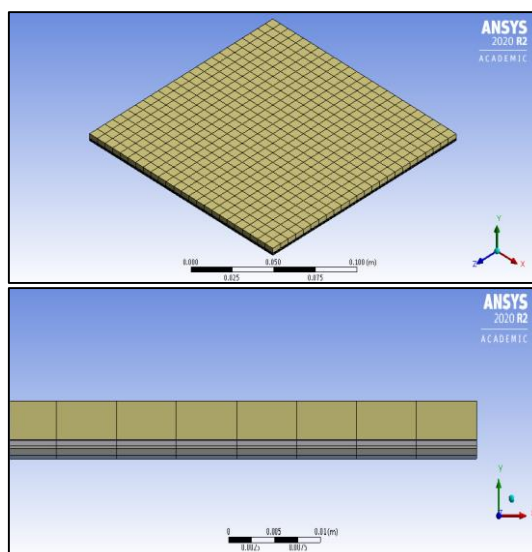
Gambar 3. 5. Model Sel PV (Tampak Isometrik dan Tampak Samping)

3.4. Mesh

Selanjutnya, *meshing* geometri dengan membagi bagian domain menjadi elemen-elemen kecil. Ukuran elemen pada domain memengaruhi keakuratan nilai *output* yang diinginkan. Semakin kecil ukuran elemen pada domain maka hasil lebih akurat. Ukuran elemen yang kecil berpengaruh terhadap tingkat kehalusan domain (*fine*). Penggunaan ukuran elemen yang besar pun mengurangi nilai *output* yang seharusnya. Namun, perlu diperhatikan *mesh* yang padat membutuhkan memori komputer yang besar dan waktu pengoperasian yang lama dan Ansys 2020 R2 memiliki

limitasi jumlah elemen [7]. Untuk mengantisipasi hal tersebut diperlukan *grid independency* untuk mencapai efektivitas komputasi numerik yang akan dibahas pada Bab 4.

Jenis *mesh* yang digunakan pada penelitian ini adalah *structured mesh* bentuk *hexahedral* karena cenderung lebih terstruktur dan mengikuti domainnya. Lalu, kualitas *smoothing mesh* dipilih *high* karena dapat meningkatkan kualitas *mesh* dengan cara memindahkan lokasi node yang berhubungan dengan node lainnya. Domain pun diberikan *inflation* yang *smooth transition* untuk memertahankan volumetrik yang halus antara setiap lapisan material yang berdekatan.



Gambar 3. 6. Hasil *Meshing* Geometri

3.5. Hipotesis Termal

Sebelum memasuki *setup* untuk mengimplementasikan penelitian, perlu diketahui bahwa hasil distribusi temperatur pada modul PV diperoleh dengan CAD sehingga perlu penyederhanaan hipotesis yaitu:

1. Efek bayangan dianggap tidak ada yang menghalangi dan tidak ada debu pada permukaan depan modul PV.
2. Setiap lapisan material dianggap menjadi isotropik.
3. Lapisan yang lebih tipis seperti *anti-reflecting coating* (ARC) dan *back contact* serta bingkai aluminium diasumsikan tidak mengambil bagian dalam perpindahan panas [6]. Selain itu, panel FPV dapat disimulasikan berada di atas permukaan air tanpa memasukan model ponton.
4. Efisiensi referensi modul PV dengan jenis material *polycrystalline* mengacu pada modul PV yang bernilai 13% [1].
5. Radiasi matahari, kecepatan angin, dan temperatur sekelilingnya pada kondisi batas yang seragam (*uniform*). Angin diasumsikan mengalir sepanjang modul PV.
6. Kondisi lingkungan sekitarnya diasumsikan keadaan tunak (*steady state*) sehingga $T_{ambient}$ diasumsikan sama pada semua sisi modul PV.
7. Perihal perpindahan panas radiasi, bagian depan (*front*) modul PV menghadap ke langit dan bagian bawah (*rear*) modul PV menghadap permukaan tanah atau badan air. Gambar 3. 7. menjelaskan detail bagian yang dimaksud pada model.

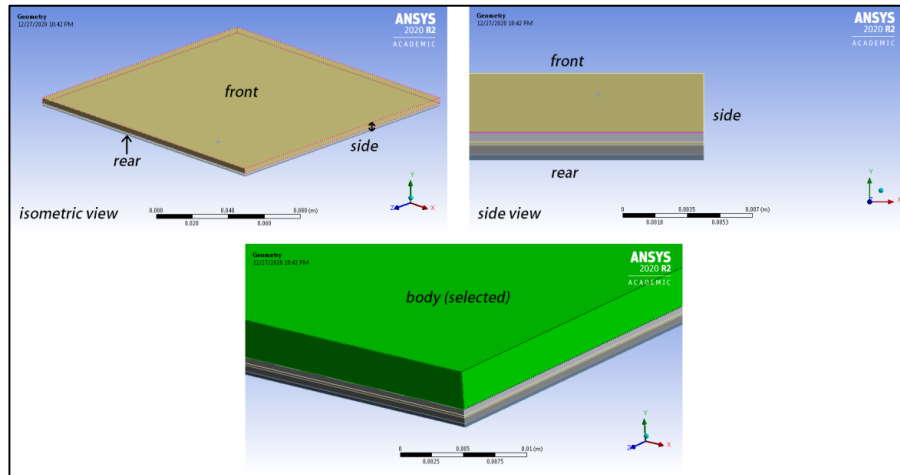
8. Diasumsikan kecepatan angin seragam dan nilai kecepatan angin tergolong kecil sehingga $h_{conv,forced}$ diabaikan.
9. Pada sistem FPV, h_{conv} di permukaan belakang modul PV diasumsikan bernilai setengah dari h_{conv} bagian depan modul [6, 3].
10. Penyerapan energi matahari pada semua lapisan material pada modul PV menjadi pertimbangan untuk mendekati keadaan sebenarnya.

3.6. Implementasi Kondisi Batas pada *Steady State Thermal*

Pada tahap ini perlu banyak hal yang disiapkan dengan menentukan kondisi batas dalam sebuah simulasi. Proses ini penting untuk diperhatikan karena hampir semua parameter penelitian diproses.

Tabel 3. 3. Parameter *Input* Kondisi Batas

Entitas		Kondisi Batas	Input Data	Variabel yang diperlukan sebelum Input Data
<i>Heat Flux</i>		<i>Front</i>	$S (W/m^2)$	Θ
Internal Heat Generation	<i>Glass</i>	<i>Body of Glass</i>	$Q_{Glass} (W/m^3)$	$S (W/m^2)$ $A_{material} (m^2)$ $\alpha_{material}$ $V_{material}(m^3)$
	<i>EVA</i>	<i>Body of EVA</i>	$Q_{EVA} (W/m^3)$	
	<i>PV</i>	<i>Body of PV</i>	$Q_{PV} (W/m^3)$	
	<i>Tedlar</i>	<i>Body of Tedlar</i>	$Q_{Tedlar} (W/m^3)$	
<i>Convection</i>		<i>Front</i>	$h (W/m^2 \cdot ^\circ C)$ dan $T_{ambient}$ ($^\circ C$)	$v_{wind} (m/s)$
		<i>Side</i>		
		<i>Rear</i>		



Gambar 3. 7. Detail Geometri untuk Parameter *Input* Kondisi Batas

Intensitas radiasi matahari ($S \text{ W/m}^2$) bergantung pada sudut kemiringan (Θ) sehingga bernilai fluktuatif. Hal ini diikuti dengan nilai internal *heat generations* ($Q \text{ W/m}^3$) yang juga fluktuatif pada setiap material karena memerlukan nilai $S \text{ (W/m}^2)$ dan $\alpha_{material}$ berbeda setiap lapisannya. Sedangkan untuk koefisien konveksi ($h_{conv} \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) bergantung pada kecepatan angin ($v_{wind} \text{ m/s}$).

3.7. Analisis Hasil Simulasi

Selanjutnya, *solution* perlu ditetapkan berupa data yang dibutuhkan pada simulasi ini. Data yang dimasukkan adalah kondisi temperatur setiap lapisan geometri dan keseluruhan geometri dari variasi Θ . Simulasi yang dilakukan dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek distribusi temperatur pada FPV terhadap efisiensi modul PV. Tidak hanya dari variasi Θ , dengan kondisi $S \text{ (W/m}^2)$ dan $T_{ambient} \text{ (}^\circ\text{C)}$ yang dianggap seragam, $v_{wind} \text{ (m/s)}$ divariasikan untuk melihat pengaruh terhadap

efisiensi modul FPV. Setelah itu, untuk memastikan bahwa geometri dan *input* kondisi batas pada model sudah benar akan divalidasi dengan cara memodelkan modul PV dalam kondisi syarat NOCT dan dibandingkan dengan nilai T_{PV} saat NOCT.