
ANALISIS *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS* SUHU PERMUKAAN PANEL SURYA AKIBAT PENGARUH INTENSITAS RADIASI MATAHARI, KECEPATAN ANGIN DAN SUHU UDARA

Widodo PS^{1*}, Sunarso², Ahmad Faizal³, Eri Widiyanto⁴, Al Ichlas Iman⁴

¹⁻³Politeknik Negeri Pontianak

⁴Universitas Singaperbangsa Karawang

⁴Universitas Halu Oleo

*wiedps66@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang analisis pengaruh kecepatan angin, suhu udara dan intensitas radiasi matahari terhadap suhu permukaan panel surya, secara umum proses perhitungannya menggunakan *software Computational Fluid Dynamics* (CFD). Analisis dibagi dalam 3 tahap yaitu *pre-processing (input)*, *processing* dan *post-processing (output)*. Tahap *pre-processing (input)* mencakup pembuatan model 3D panel surya, penentuan model fisik, pembuatan mesh dan pengaturan mesh. Tahap *Processing* mencakup simulasi panel surya dan Uji validasi model berdasarkan parameter yang ditentukan pada tahap *pre-processing*. Tahap *Post-processing (Output)* mencakup analisis data dari hasil simulasi, divisualisasi dan dianalisa pengaruh berbagai parameter perbandingannya antara variable dan parameter yang diubah. Oleh karena itu, untuk mengurangi waktu yang panjang dalam melakukan eksperimen, proses tahapan pendekatan komputerisasi dilakukan agar waktu pengerjaan lebih pendek dan biaya yang dikeluarkan relatif lebih murah. Dari hasil uji validasi model 3D panel surya sederhana menggunakan *software* CFD, pengaturan nilai *mesh region* 60 dengan jumlah elemen 166174 memakan waktu 4 menit 11 detik menghasilkan suhu maksimum sebesar 96.7563°C. Hasil analisa perubahan temperatur pada permukaan panel surya dipengaruhi kecepatan angin, suhu udara dan intensitas radiasi matahari yang mengenai permukaan panel surya ditunjukkan pada hasil grafik yang membuktikan bahwa perubahan suhu permukaan panel surya diakibatkan suhu udara dan intensitas radiasi matahari mengalami kenaikan maka suhu udara juga terjadi kenaikan suhu. Sedangkan, kenaikan suhu tidak hanya dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari yang mengenai permukaan panel surya saja, akan tetapi kecepatan angin juga sangat mempengaruhi perubahan temperature pada permukaan panel surya. Jika kecepatan angin mengalami kenaikan dan melewati panel surya maka panas pada permukaan panel surya diserap oleh angin tersebut dan membawa panas tersebut keluar menuju ke udara luar dengan bersamaan itu terjadi penurunan temperature pada permukaan panel surya tersebut.

Kata kunci: Energi surya, panel surya, kondisi cuaca dan *software* CFD.

1. PENDAHULUAN

Energi memiliki peranan penting dalam kehidupan manusia. Mengingat cadangan bahan bakar fosil yang merupakan sumber energi utama dunia semakin menipis, penggunaan sumber energi baru terbarukan (EBT) seperti energi air, energi angin, dan energi surya merupakan salah satu alternatif

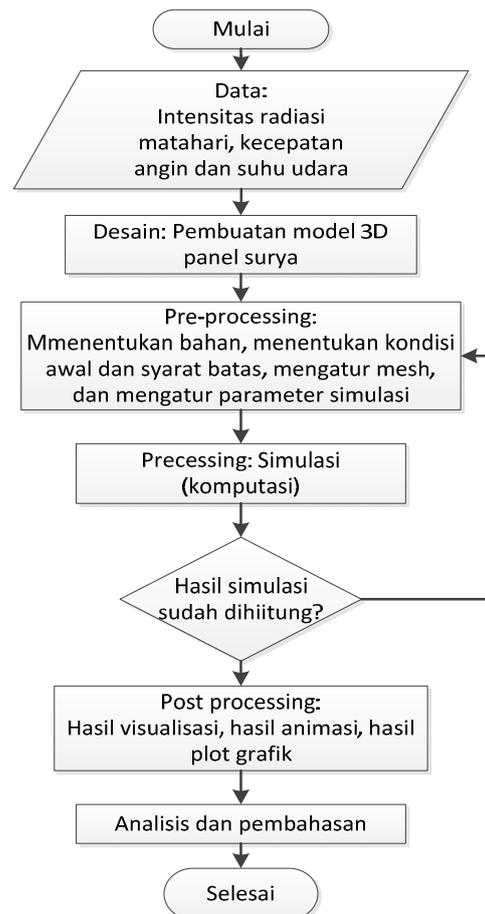
untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil [1]. Indonesia mempunyai potensi energi surya besar tetapi belum dimanfaatkan secara maksimal. Untuk memanfaatkan energi surya sebagai sumber energi listrik diperlukan panel surya.

Panel surya terdiri dari susunan sel-sel fotovoltaik biasanya dikenal sebagai sel surya. Pada umumnya sel surya terbuat dari bahan silikon yang menyerap energi radiasi matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik [2-5]. Daya listrik yang dihasilkan panel surya tidak hanya dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari yang mengenai permukaan panel surya tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi cuaca seperti kecepatan dan arah angin (*velocity*), curah hujan, suhu dan kelembaban udara (*temperature*), kecepatan angin dan suhu udara yang akan berpengaruh pada temperatur permukaan panel surya. Jika temperatur panel surya naik lebih dari temperatur standarnya maka akan menyebabkan penurunan daya yang dihasilkan panel surya karena efisiensi panel surya menurun [6].

Untuk memanfaatkan energi surya sebagai sumber energi listrik yang efisien dan handal, pengaruh kondisi cuaca terhadap efisiensi panel surya perlu dikaji. Studi untuk mempelajari pengaruh kecepatan angin (*velocity*), suhu udara (*temperature*) dan intensitas radiasi matahari terhadap suhu permukaan panel surya dapat dilakukan dengan eksperimen atau simulasi numerik menggunakan *software Computational Fluid Dynamics (CFD)*. CFD adalah cabang mekanika fluida yang menggunakan analisis numerik untuk memecahkan masalah yang melibatkan aliran fluida [7]. Untuk mempelajari pengaruh berbagai parameter terhadap suhu permukaan panel surya secara eksperimen, ada beberapa kendala yang dihadapi antara lain: parameter yang tidak mudah dikendalikan, waktu pelaksanaan eksperimen yang panjang, biaya eksperimen yang relatif tinggi. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu simulasi komputer yang mampu mewakili kejadian sebenarnya sehingga dapat mengefisienkan biaya dan waktu yang dibutuhkan. Fokus dari penelitian ini adalah Analisa dan simulasi pengaruh kecepatan angin, suhu udara dan intensitas radiasi matahari terhadap suhu permukaan panel surya dengan menggunakan *software Computational Fluid Dynamics (CFD)*.

2. METODE

Adapun tahapan dalam metode penyelesaian masalah dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2.1 yang menjelaskan tahapan-tahapan *pre-processing*, *processing* dan *post-processing* penelitian.



Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian

a. Pembuatan Model 3D (Geometri dan Fisik)

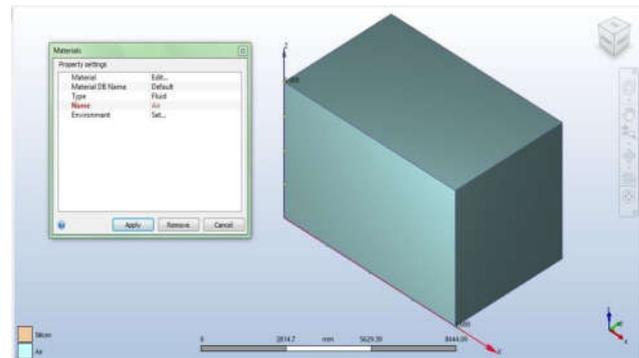
Pada tahapan pembuatan model dimulai dengan mendesain panel surya sederhana dengan menggunakan *software Autodesk Inventor*

Professional 2018, dimana panel surya pada posisi *fix* 180° tegak lurus terhadap matahari didalam *casing* mengabaikan kemiringan sudut dapat dilihat pada gambar 2.2 yaitu dengan menentukan material dapat dilihat pada gambar 2.3 dan 2.4, syarat batas pada dimensi panel surya serta *input* dan *output* dari parameter kontrol yang ditunjukkan pada tabel 2.1 dibawah, seperti: radiasi matahari (*radiation*), kecepatan angin (*velocity*), dan suhu udara luar (*temperature*). Data-data pada tabel dibawah, *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) [8].

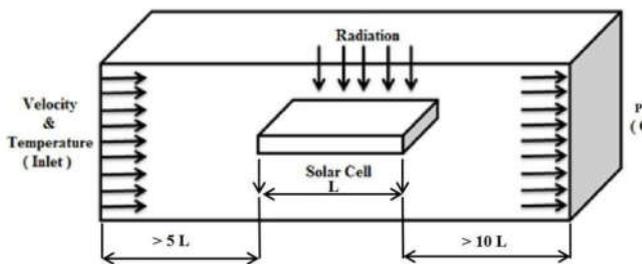
Tabel 2.1 Parameter Kontrol

No	Parameter	Nilai
1.	Dimensi panel surya	480x360x25 (mm)
2.	Radiasi matahari	400, 600, 800, 1000, 1200 (Watt/m ²)
3.	Kecepatan angin	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 (m/detik)
4.	Suhu udara	25, 30, 35, 40 (°C)

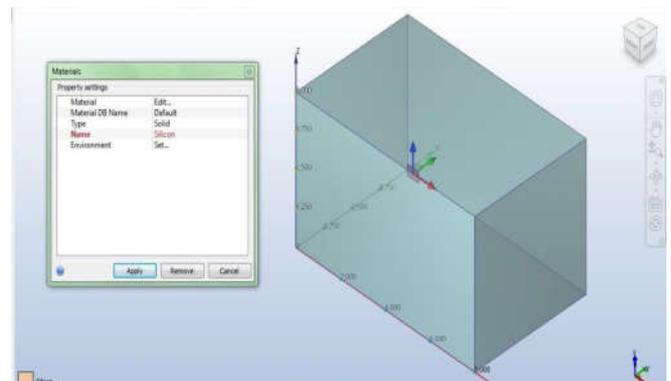
Tahap *Pre-Processing* mencakup pembuatan model 3D panel surya, syarat batas, menentukan material panel surya dan menentukan kondisi simulasi *input* dan *output* yang mewakili kondisi nyata atau kondisi kerja yang diinginkan serta pengaturan *mesh*. Tahap ini data yang diinput mulai dari pendefinisian *domain*, yaitu: *Inlet* dapat dilihat pada gambar 2.5 dan 2.6 yang didefinisikan sebagai tempat dimana fluida memasuki *domain* yang telah ditentukan sedangkan *Outlet* dapat dilihat pada gambar 2.7 yang didefinisikan sebagai kondisi dimana fluida tersebut keluar dari *domain* dan *boundary condition* dilihat pada gambar 2.8 serta sebuah benda atau ruangan yang akan dianalisa dibagi-bagi dengan jumlah *grid* tertentu atau *meshing* pada panel surya dengan menggunakan *software Computational Fluid Dynamics* (CFD), sebagai berikut :



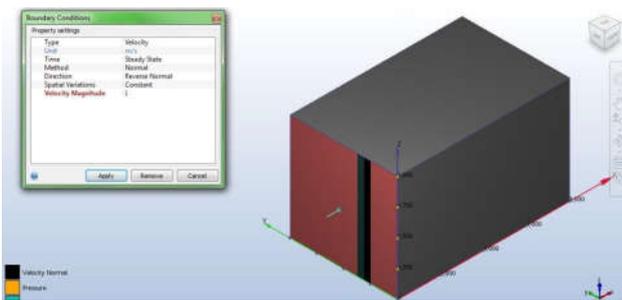
Gambar 2.3 Penentuan material box



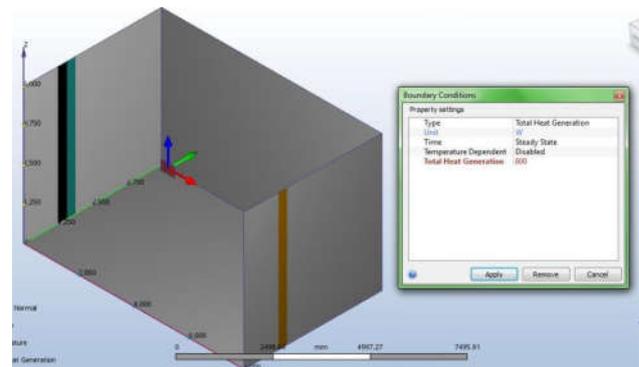
Gambar 2.2 Pembuatan model 3D dan syarat batas panel surya sederhana



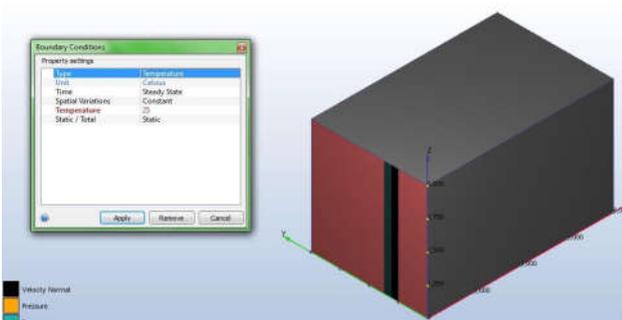
Gambar 2.4 Penentuan material panel surya



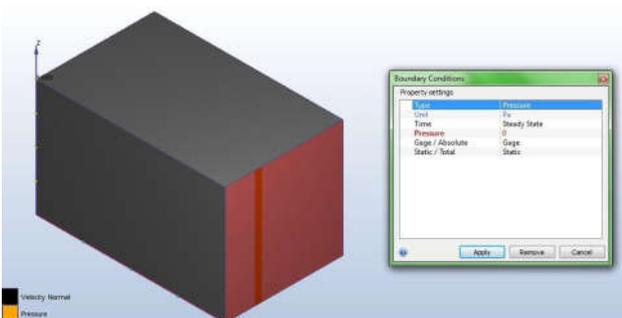
Gambar 2.5 Inlet velocity (1,2,3, dan 4 m/s)



Gambar 2.8 Total heat generation (600,800, dan 1000 Watt)



Gambar 2.6 Inlet temperature (25,30, dan 35°C)



Gambar 2.7 Outlet pressure (0 Pa)

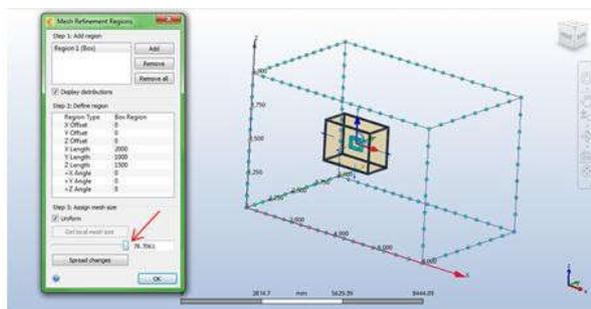
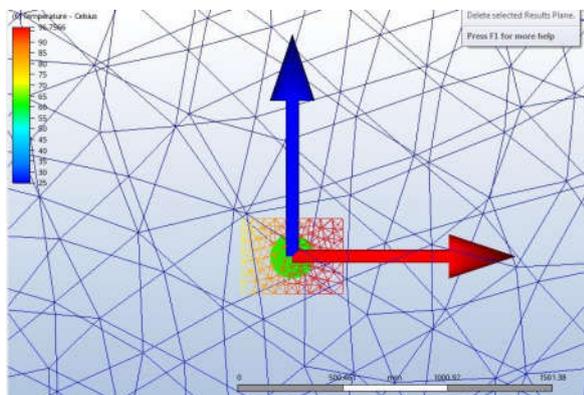
b. Uji Validitas Model (Pengaruh Mesh dan Model Fisik)

Pada tahapan uji validasi model menentukan pengaruh nilai *mesh* dilihat pada tabel 2.2 yang dipilih adalah nilai *mesh region* 60 dengan jumlah elemen yaitu 166174 hasil suhu maksimum yaitu 96.7563°C dengan memakan waktu 4 menit 11 detik, sesuai pada titik-titik *mesh region* pada gambar 2.9 dengan menunjukkan panah merah untuk mengatur *mesh* pada panel surya. Dimana, semakin halus selnya maka akan semakin akurat hasil perhitungan yang didapat namun akan menambah waktu proses komputasi.

Oleh karena itu sebelum *running*, *mesh* pada model diperiksa terlebih dahulu yang berukuran jauh lebih kecil dari ukuran artinya hasil menuju error terkecil atau mencapai nilai yang konvergen. Pada tahapan ini, nilai *mesh* yang dipilih, maka *solve* akan melakukan *meshing* dan memperhalus bagian-bagian pada panel surya yang dibutuhkan penghalusan *mesh* tersebut. Hasil akhir dari penghalusan *mesh* tergantung berdasarkan level *mesh* yang dipilih, semakin tinggi levelnya maka akan semakin halus seragam pada panel surya, yang terpenting adalah *meshing* yang halus meliputi bagain panel sruya yang perlu penghalusan *mesh*.

Tabel 2.2 *Setting mesh*

Mesh	Jumlah elemen	Suhu Max (°C)	Waktu (s)
Autosize	24147	90.536	1:00
Surface Refinement	28977	88.0622	1:06
Gap Refinement	28969	88.0448	1:06
Region 79	178200	96.9242	4:40
Region 75	175063	97.1676	4:23
Region 70	176252	97.0802	4:21
Region 65	168939	96.8709	4:15
Region 60	166174	96.7563	4:11
Region 55	167662	96.8051	4:30

Gambar 2.9 Model 3D panel surya *mesh region*Gambar 2.10 Model 3D panel surya yang telah melalui proses *meshing*

c. Processing

Selanjutnya, *Processing* merupakan tahap untuk menjalankan simulasi berdasarkan parameter yang ditentukan pada tahap *pre-processing*. Setelah perintah untuk melaksanakan simulasi diberikan (*solve*), computer akan melakukan perhitungan (komputasi) secara otomatis, dan *user* (pengguna perangkat lunak) hanya perlu memantau ringkasan hasil perhitungan yang ditampilkan dalam bentuk teks atau grafik. Simulasi CFD akan berhenti setelah kondisi akhir tercapai, seperti waktu simulasi yang ditentukan telah dicapai, atau kondisi *steady state* sudah tercapai [9].

d. Analisa Data

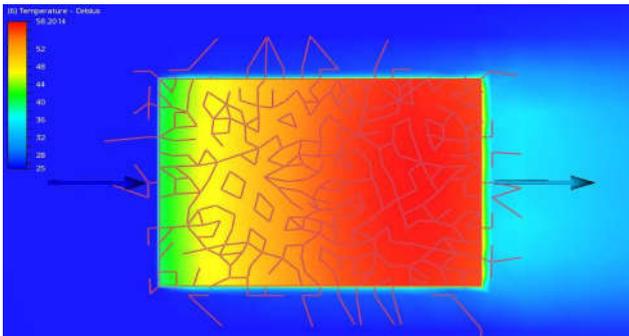
Tahap terakhir *Post processing (Output)*, dimana hasil analisa komputasi numerik diinterpretasikan ke dalam gambar, grafik bahkan animasi dengan pola-pola warna tertentu dan kemudian dianalisa pengaruh kecepatan angin (*velocity*) dan suhu udara luar (*temperature*) dan intensitas radiasi matahari terhadap suhu permukaan panel surya. Berikut adalah beberapa parameter yang dianalisa dari hasil simulasi CFD: a). Distribusi suhu pada berbagai kondisi, b). Pengaruh intensitas radiasi matahari, kecepatan angin dan suhu udara luar terhadap suhu permukaan panel surya serta efisiensi yang dihasilkan.

Untuk hasil dari simulasi ditunjukkan dengan menggunakan gambar kontur dari beberapa parameter serta dapat diplotkan ke dalam bentuk grafik sehingga memudahkan dalam proses analisa.

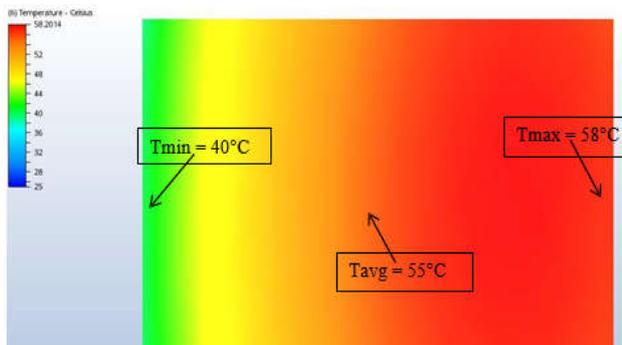
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengolahan data yang telah dianalisa pengaruh kecepatan angin, suhu udara dan intensitas radiasi matahari pada suhu permukaan panel surya dengan menggunakan *Software Computational Fluid Dynamics 2018 (CFD)* didapatkan hasil data-data perubahan temperature permukaan panel surya

akibat pengaruh kecepatan angin, suhu udara dan intensitas radiasi matahari yang mengenai permukaan panel surya. Hasil simulasi CFD ditunjukkan pada gambar 3.1 yang diinterpretasikan ke dalam gambar, pola-pola warna tertentu, grafik dan animasi. Dimana, hasil perhitungan simulasi CFD menganalisa pengaruh kecepatan angin (*velocity*), suhu udara (*temperature*) dan intensitas radiasi matahari terhadap suhu permukaan panel surya dengan menggunakan *software* CFD, sebagai berikut:



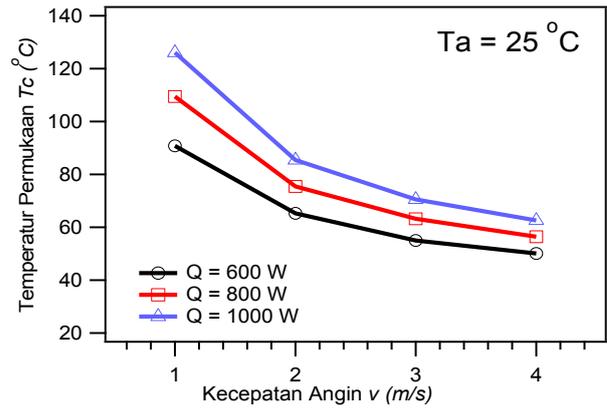
Gambar 3.1 Hasil Simulasi CFD



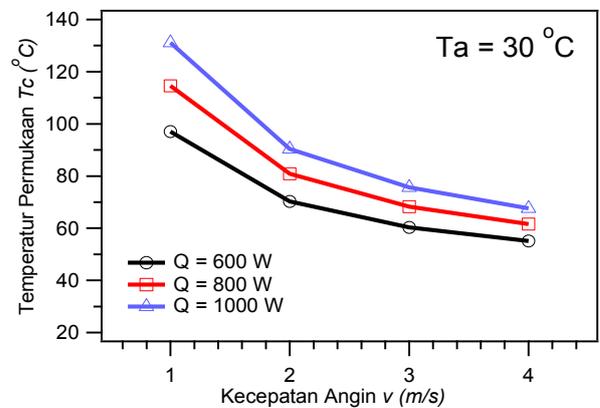
Gambar 3.2 Perbandingan T_{min}, T_{avg} dan T_{max}

Pada gambar 3.2 diatas ditunjukkan hasil perbandingan suhu minimum, suhu rata-rata dan suhu maksimum pada panel surya. Perbedaan suhu pada panel surya tersebut, disebabkan karena adanya pengaruh kecepatan angin, suhu udara luar dan

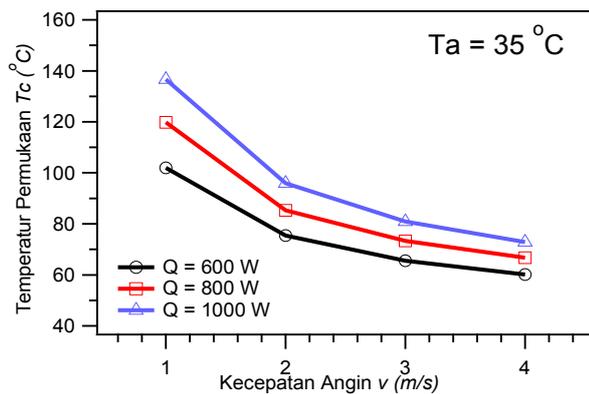
intensitas radiasi matahari yang mengenai permukaan panel surya sehingga terjadi perpindahan panas pada panel surya. Dimana, perpindahan panas secara konduksi dan konveksi spontan terjadi dari tempat bertemperatur tinggi (hilir) ke tempat bertemperatur rendah (hulu) sehingga terjadi perubahan suhu permukaan pada panel surya.



Gambar 3.3 Grafik T_c-v hasil simulasi CFD Ta = 25 °C



Gambar 3.4 Grafik T_c-v hasil simulasi CFD Ta = 30 °C



Gambar 3.5 Grafik T_c-v hasil simulasi CFD Ta = 35 °C

Dari grafik diatas, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa perubahan temperatur terjadi pada permukaan panel surya. Dimana, pada temperatur 25°C suhu pada permukaan panel surya yaitu 50-130°C. Sedangkan, pada temperatur 35°C suhu pada permukaan panel surya yaitu 60-140°C. Hal ini membuktikan bahwa perubahan suhu pada permukaan panel surya yang dihasilkan itu disebabkan karena adanya pengaruh kecepatan angin, suhu udara luar dan intensitas radiasi yang mengenai permukaan panel surya tersebut.

Efisiensi panel surya tidak hanya dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari yang mengenai permukaan panel surya akan tetapi juga dipengaruhi oleh kecepatan angin (*velocity*) dan suhu udara luar (*temperature*). Dimana, kecepatan angin yang berhembus melewati permukaan panel surya akan menyerap panas yang berada di permukaan panel surya dan membawa panas tersebut keluar ke udara. Jika temperatur panel surya naik lebih dari temperatur standarnya maka akan menyebabkan penurunan daya yang dihasilkan panel surya. Hal ini juga akan mempengaruhi temperature permukaan panel surya terhadap efisiensi panel surya tersebut.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan hasil simulasi dengan menggunakan *software* CFD yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan bahwa hasil uji validasi model 3D panel surya sederhana menggunakan *software* CFD, pengaturan nilai *mesh* region 60 dengan jumlah elemen 166174 memakan waktu 4 menit 11 detik menghasilkan suhu maksimum sebesar 96.7563°C. Hasil analisa perubahan temperatur pada permukaan panel surya dipengaruhi kecepatan angin, suhu udara dan intensitas radiasi matahari yang mengenai permukaan panel surya ditunjukkan pada hasil grafik yang membuktikan bahwa perubahan suhu permukaan panel surya diakibatkan suhu udara dan intensitas radiasi matahari mengalami kenaikan maka suhu udara juga terjadi kenaikan suhu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Smalley, "Tenaga Surya sebagai Sumber Energi Oleh: DR. Hartono Siswono," 2002.
- [2] K. H. Khwee, "Pengaruh Temperatur Terhadap Kapasitas Daya Panel Surya (Studi Kasus: Pontianak)," vol. 5, no. 2, pp. 23–26, 2013.
- [3] volker Quasching, *Renewable Energy Systems*. 2004.
- [4] N. Richacard C, "Solar Energy Conversion," Elsevier, 1995. [9] Earthscan, *Planning and Installing Photovoltaic System*. 2008.
- [5] Earthscan, *Planning and Installing Photovoltaic System*. 2008.
- [6] I. M. Peters *et al.*, "Global Prediction of Photovoltaic Field Performance Differences Using Open-Source Satellite Data Global Prediction of Photovoltaic Field Performance Differences Using Open-Source Satellite Data," *Joule*, pp. 1– 16.
- [7] F. T. Ui, "Analisis *cfld*...", Fasri Hatomi, FT UI, 2012," 2012.

- [8] A. Sunarso, "*Usage of satellite data for prediction of energy resources: lessons learned from NASA projects Overview of NASA projects,*" 2017.
- [9] A. Sunarso, "Politeknik Negeri Pontianak *Comput.Aided Eng. (Rekayasa Dengan Bantu. Komputer),* 2018.