

# Pengaruh Pendingin Kombinasi *Blocking Film*, *Heat Sink* dan *Radiator Coolant* Pada Kinerja Solar Panel di bawah Kondisi Pengujian Kota Kupang

ADE MANU GAH, SUMARTINI DANA, MAYCHEL G. PAE, YODIN RADJA  
KUDJI

Politeknik Negeri Kupang  
Email: [adekpg@gmail.com](mailto:adekpg@gmail.com)

## ABSTRAK

*Semakin tinggi temperatur solar panel, nilai tegangan yang dihasilkan panel akan semakin rendah dan berimbas pada semakin rendah daya output dari panel. Beberapa penelitian terkait pendinginan panel telah dilakukan untuk mendapatkan keluaran yang lebih optimal baik melalui penambahan komponen pendingin seperti solar blocking film, color filter di permukaan panel maupun heatsink di belakang panel. Walaupun sudah banyak penelitian dilakukan namun belum ada penelitian yang mengkombinasikan pendinginan permukaan dan belakang panel. Selain itu, beberapa dari penelitian itu juga dilakukan pada kondisi laboratorium dan bukan pada kondisi real. Dalam penelitian ini dilakukan kombinasi metode pendinginan permukaan dan belakang panel melalui penambahan blocking film, radiator coolant, dan juga heatsink dengan pengujian pada kondisi real di kota Kupang yang memiliki suhu lingkungan yang tinggi. Pada pengujian, dibandingkan kinerja luaran (daya) antara panel tanpa pendingin, panel dengan pendingin permukaan blocking film, sistem dengan pendingin belakang panel heatsink dan radiator coolant dan sistem dengan kombinasi pendingin permukaan dan belakang panel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panel yang menggunakan sistem pendingin integrasi blocking film, heatsink, dan radiator coolant memiliki daya keluaran yang lebih tinggi dari semua skenario test yaitu sekitar 8,69% dibandingkan dengan panel tanpa pendingin.*

**Kata kunci:** *blocking film, coolant, heatsink, Kupang, solar panel*

## ABSTRACT

*The higher the panel temperature, the lower the panel output voltage which results in lower output power. Several studies related to panel cooling have been carried out to obtain more optimal output, either by adding cooling components such as solar blocking film, color filters on the panel's surface or heatsinks behind the panel. Although many studies have been carried out, there has been no research that combines surface and rear cooling on panels. Apart from that, some of the research was tested in laboratory conditions and not in real conditions. In this research, a combination of cooling methods for the surface and back of the panel was carried out through the addition of blocking film, radiator coolant, and heatsink. Tests were carried out in real conditions in the city of Kupang which has a high environmental temperature. In the test, the external performance (power) was compared between panels without cooling, panels with blocking film surface*

*cooling, panels with rear heatsink and radiator coolant cooling and panels with a combination of surface and rear cooling. The research results show that panels that use an integrated cooling system of blocking film, heatsink and water coolant have a highest output power among all scenarios and of around 8.69% higher compared to panels without cooling.*

**Keywords:** *blocking film, coolant, heatsink, Kupang, solar panel*

## 1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) bekerja dengan mengkonversikan cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan solar panel atau *Photovoltaic* (PV) yang terbuat dari bahan semikonduktor. Hasil konversi cahaya matahari ini adalah dalam bentuk arus dan tegangan listrik. Arus keluaran dari solar panel berbanding lurus dengan radiasi yang diterima permukaan panel. Semakin tinggi radiasi matahari yang mengenai permukaan solar Panel (irradiance) maka semakin tinggi juga nilai arus (I) yang dihasilkan sedangkan untuk nilai tegangan (V) yang dihasilkan tergantung dari temperatur dan jenis material yang digunakan pada manufakturnya (**Manasrah, dkk, 2021**)

Penelitian oleh Teo, Lee dan Hawlader menyatakan bahwa kenaikan pada temperatur akan berakibat pada kenaikan arus *short Circuit (Isc)* dan menurunnya tegangan *open Circuit (Voc)* dari panel. Kenaikan temperatur ini akan berdampak pada semakin rendahnya daya keluaran dan efisiensi solar panel. Sebaliknya, bila Temperatur PV bisa dijaga pada temperatur nominalnya, efisiensi keluaran PV akan menjadi lebih tinggi (**Teo, 2021**).

Cukup banyak penelitian yang telah dikembangkan untuk mengontrol pengaruh suhu lingkungan serta suhu permukaan pada performa panel untuk mendapatkan *output* dan efisiensi yang lebih baik. Beberapa metode yang digunakan adalah dengan menggunakan pendingin permukaan (surface cooling system) melalui penambahan *solar thin film* dengan *blocking rate* 20-40%. Hasil penelitian oleh Manasrah, dkk (2019) di laboratorium menunjukkan bahwa penambahan *solar thin film* 20% pada permukaan panel berhasil menaikkan efisiensi sampai 14%. Metode lain yang digunakan adalah dengan menggunakan air sebagai media pendingin. Pada penelitian oleh Abdulgafar (**Abdulgafar, dkk, 2007**), Rawat (**Rawat, dkk, 2014**) dan Raval (**Raval, dkk, 2014**) performa dari solar panel diuji dengan dengan penambahan water cooling system baik dengan metode penenggelaman PV maupun pengaliran permukaan (surface flowing). Dari penelitian mereka didapatkan bahwa terjadi kenaikan efisiensi Solar Panel sebesar 6% - 40%. Selain dengan menggunakan media air, penelitian tentang pengurangan temperature panel juga dilakukan dengan penambahan *heatsink* untuk sirkulasi udara natural pada bagian belakang panel. Penelitian oleh Tonui, dkk pada tahun 2006 memberikan kenaikan hasil yang kinerja panel yang baik pada solar panel yang dilengkapi dengan *heatsink* dibagian belakang panel (**Tonui & Tripanagnostopoulos, 2007**).

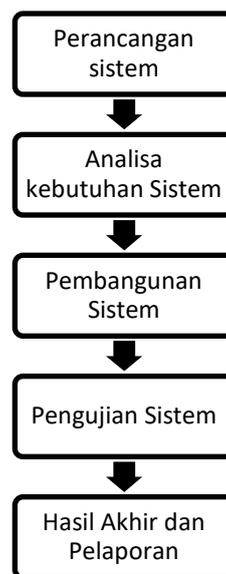
Pulau Timor terletak di Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) dan merupakan salah satu pulau di Indonesia yang memiliki radiasi matahari yang cukup tinggi. Kota Kupang merupakan Ibu Kota Provinsi NTT dan terletak di Pulau Timor. Temperatur rata-rata di Kota ini berkisar antara 32-33 derajat celsius dengan radiasi matahari yang mencapai 7,3 kW. Dengan kondisi temperatur yang relatif tinggi maka perlu dipertimbangkan penambahan sistem pendingin pada sistem PLTS yang akan dibangun atau sudah dibangun di area ini sehingga sistem PLTS tersebut dapat bekerja secara optimal.

Walaupun banyak penelitian terkait sistem pendingin telah dilakukan, namun penelitian-penelitian yang dilakukan tersebut (baik penambahan *solar blocking film*, *heatsink*, maupun pemanfaatan media air) belum pernah diuji dengan kondisi cuaca area Kota Kupang yang memiliki suhu dan radiasi yang cukup tinggi. Selain itu belum juga ada ada penelitian terkait pengaruh kombinasi dari ketiga metode pendingin terhadap performa *solar panel* yang dilakukan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak kombinasi dari pendinginan permukaan (dengan blocking film) dan pendinginan belakang panel (*heatsink* dan radiator) terhadap kinerja Solar Panel (PV) dibawah kondisi pengujian Kota Kupang. Adapun harapan dari penelitian ini adalah agar kombinasi pendingin yang diintegrasikan pada panel dapat meningkatkan daya luaran panel sehingga performanya semakin meningkat.

## 2. METODE PENGUKURAN

Tahapan dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini. Secara garis besar, penelitian ini terdiri atas tahap perencanaan, analisa kebutuhan dan pembangunan system PV, pengujian sistem PV serta pelaporan.

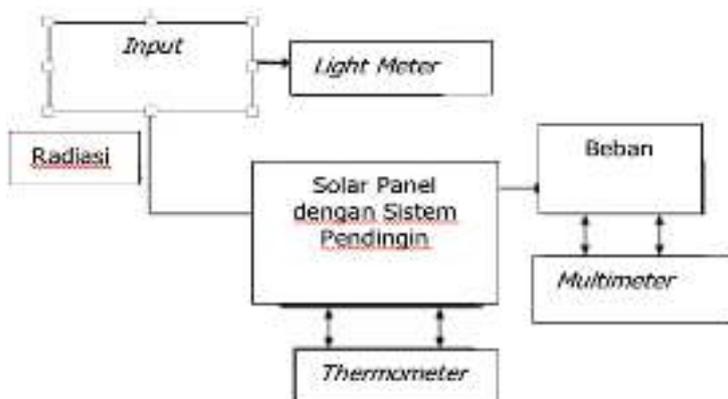


**Gambar 1. Alur Penelitian**

### 2.1. Perencanaan dan Perancangan Sistem PV.

Pada tahap ini dilakukan persiapan-persiapan seperti perumusan masalah dan studi literature berdasarkan latar belakang/permasalahan yang ditemui. Tujuan utama dari perencanaan ini adalah untuk mendapatkan desain/ rancangan sistem pengujian solar panel yang akan di bangun.

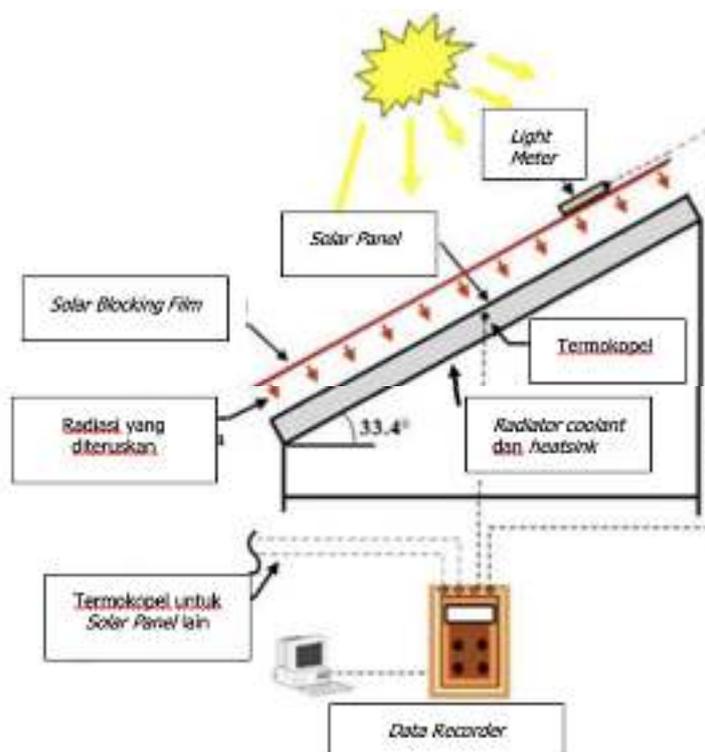
Secara garis besar, blok diagram sistem PV yang dibangun dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini.



**Gambar 2. Blok Diagram Sistem Pengujian.**

Sistem pendingin di solar panel pada Gambar 2 merupakan instrument pendingin yang ditambahkan pada solar panel (PV) untuk dapat memberikan efek pendinginan yang diharapkan berimbang pada semakin baiknya tegangan dan luaran daya panel. Sistem pendingin ini terdiri atas *Solar Blocking Film*, *Heat sink* dan *Radiator Coolant*. Pada system ini juga akan ditambahkan system monitoring untuk memantau performa atau keluaran solar panel (PV). Sistem monitoring tersebut berupa *Light meter*, *thermometer* (termokopel dan *thermometer*), serta multimeter.

**2.2. Pembangunan Sistem PV.**

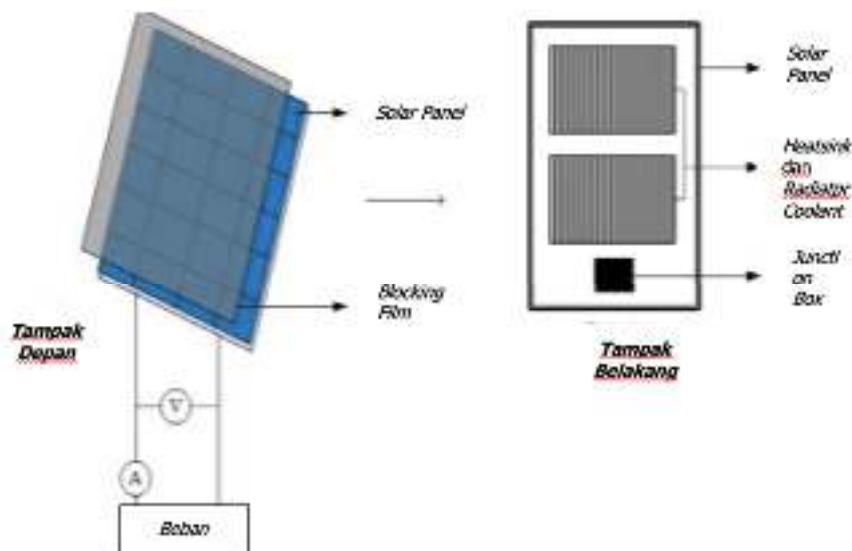


**Gambar 3. Layout sistem pengujian PV**

Pada tahap ini solar panel, perangkat pendingin dan instrument pengukuran yang telah disiapkan akan dibangun menjadi sebuah sistem. Secara garis besar, ada 2 jenis sistem pengujian yang dibangun. Sistem yang pertama adalah pembuatan sistem tanpa integrasi dengan *sistem pendingin* dan sistem kedua adalah pembuatan sistem solar panel yang telah

terintegrasi dengan pendingin permukaan (*blocking Film*) dan pendingin belakang panel (*heat sink dan Radiator Coolant/Air Radiator*). Dalam pengujian ini, pendinginan dengan media air diganti dengan air radiator yang dimasukkan dan ditempelkan pada bagian belakang panel. Adapun pertimbangan penggantian air ke air radiator adalah karena kemampuan serap panas *radiator coolant* lebih baik daripada air biasa (Arighi Dwi Hersandi & Mesin, n.d.). Dalam penelitian ini, radiator coolant akan dimasukkan ke dalam pipa kapiler yang kemudian di tempelkan bersama heatsink dibagian belakang dari panel. Selanjutnya system di hubungkan dengan beban resistif. Adapun skema sistem Solar Panel yang dibangun dan diujikan dapat dilihat pada Gambar 3. Gambar tersebut merupakan tampak samping dari sistem PV yang diuji. Sudut kemiringan adalah 33,4 derajat untuk mendapatkan radiasi matahari maksimal di Kota Kupang. Ketika sinar matahari mengenai solar panel, maka panas dari matahari dibelokkan oleh blocking film sedangkan cahaya matahari diteruskan. *Rating blocking film* yang di gunakan dalam penelitian ini adalah 40%.

Selanjutnya, pada gambar 4, dapat dilihat tampak depan dan tampak belakang dari solar panel yang ditambahkan pendingin. Pada celah heatsink ditambahkan *radiator coolant* yang dimasukkan kedalam pipa kapiler.



**Gambar 4. Tampak Depan dan Belakang Solar Panel**

## 2.2. Pengujian Sistem PV.

Tahap ini berfungsi untuk mengetahui kinerja solar panel dengan kondisi iklim Pulau Timor di Kota Kupang. Indikator kinerja dari solar panel akan meliputi arus, tegangan, dan daya keluaran panel. Beberapa skenario pengujian yang akan dilakukan :

1. Performa Sistem PV tanpa system pendingin
2. Performa Sistem PV dengan integrasi dengan pendingin permukaan (*Solar Blocking Film*)
3. Performa Sistem PV dengan pendingin belakang panel (*Heatsink dan radiator coolant*)
4. Performa Sistem PV dengan Kombinasi *Solar Blocking film*, *heatsink* dan radiator coolant.

Hasil dari pengujian ini akan dibandingkan untuk menentukan mana diantara ketiga penambahan pendingin ini yang memberikan kenaikan hasil yang efektif pada daya keluaran panel.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil akhir dari penelitian ini adalah berupa hasil pengukuran kinerja (ouput) dari solar panel yang telah terintegrasi dengan *Solar Blocking Film* 40% sebagai pendingin permukaan dan *heatsink* serta *radiator* Coolant sebagai pendingin belakang panel. Pengukuran terhadap keluaran panel dilakukan dari jam 09:00 sampai pukul 14:00 dengan suhu lingkungan rata-rata 35 derajat Celcius. Selama pengukuran, system dihubungkan dengan beban berupa rheostat.



**Gambar 5. Pengukuran Output Panel dengan Pendingin**

Adapun hasil pengukuran performa panel dari ketiga scenario yang disebutkan diatas dapat dilihat pada table-table dibawah ini.

**Tabel 1. Sistem PV dengan Pendingin Permukaan VS Sistem Tanpa Pendingin**

Sistem dengan Pendingin Permukaan				Sistem Tanpa Pendingin			
Waktu	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)	Waktu	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
08:00	19,5	1,86	36,27	08:00	19,35	1,76	34,19
09:00	18,93	1,80	34,07	09:00	19,01	1,71	32,62
10:00	18,81	1,80	33,86	10:00	18,78	1,70	31,94
11:00	18,63	1,79	33,35	11:00	18,03	1,68	30,27
12:00	18,43	1,76	32,53	12:00	18,45	1,70	31,42
13:00	18,4	1,77	32,57	13:00	18,7	1,73	32,26
14:00	18,7	1,75	32,73	14:00	18,35	1,69	31,01
Rata-rata	18,77	1,79	33,62	Rata-rata	18,67	1,71	31,95

Dari Tabel 1 diatas dapat dilihat bahwa untuk pengukuran dengan solar blocking Film 40%, nilai tertinggi dicapai pada jam 08.00 dengan nilai daya keluaran mencapai 36,27 Watt. Adapun

nilai keluaran tegangan tertinggi dicapai pada jam yang sama dengan nilai tegangan tertinggi mencapai 19,5 V dan nilai arus mencapai 1,86 A. Rata-rata tegangan keluaran untuk sistem dengan surface cooling sistem (*blocking film* 40%) adalah 18,77 V, dengan rata-rata arus adalah 1,79 A dan rata-rata tegangan adalah 33,62 Watt selama masa pengukuran. Dibandingkan dengan kinerja keluaran panel tanpa penambahan surface cooling layer, nilai daya keluaran panel ini memiliki daya keluaran yang lebih baik.

**Tabel 2. PV Sistem dengan pendinginan belakang panel VS PV Sistem Tanpa Pendingin**

Sistem dengan Pendinginan Belakang Panel				Sistem Tanpa Pendingin			
Waktu	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)	Waktu	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
08:00	19,5	1,93	39,14	08:00	19,36	1,77	34,21
09:00	20,24	1,95	39,57	09:00	19,01	1,72	32,62
10:00	18,52	1,791	33,17	10:00	18,77	1,70	31,92
11:00	18,38	1,786	32,83	11:00	18,03	1,68	30,27
12:00	18,17	1,763	32,03	12:00	18,44	1,71	31,42
13:00	18,2	1,765	32,12	13:00	18,7	1,72	32,26
14:00	18,31	1,70	31,12	14:00	18,35	1,69	30,96
Rata-rata	18,87	1,82	34,28	Rata-rata	18,67	1,71	31,94

Dari Tabel 2 diatas, nilai keluaran tertinggi dicapai pada 09.00 dengan nilai tegangan tertinggi mencapai 20,24 V dan nilai arus mencapai 1,955 A. Rata-rata tegangan keluaran untuk sistem dengan pendingin belakang panel adalah 18,87 V, rata-rata arus adalah 1,82 A dan rata-rata tegangan adalah 31,94 Watt selama masa pengukuran. Dibandingkan dengan kinerja keluaran panel tanpa penambahan surface cooling layer, nilai daya keluaran panel ini memiliki daya keluaran yang lebih baik.

**Tabel 3. PV Sistem dengan kombinasi pendingin VS PV Sistem Tanpa Cooling System**

Sistem dengan Pendinginan Belakang Panel				Sistem Tanpa Pendingin			
Waktu	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)	Waktu	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
08:00	20,50	1,97	40,51	08:00	19,35	1,77	34,20
09:00	20,30	1,93	39,14	09:00	19,01	1,70	32,36
10:00	19,56	1,83	35,83	10:00	18,78	1,70	31,93
11:00	19,23	1,80	34,61	11:00	18,03	1,68	30,27
12:00	18,68	1,73	32,32	12:00	18,45	1,66	30,68
13:00	18,2	1,70	30,94	13:00	18,70	1,64	30,67
14:00	18,31	1,55	28,45	14:00	18,35	1,63	29,91
Rata-rata	19,25	1,77	34,16	Rata-rata	18,67	1,71	31,43

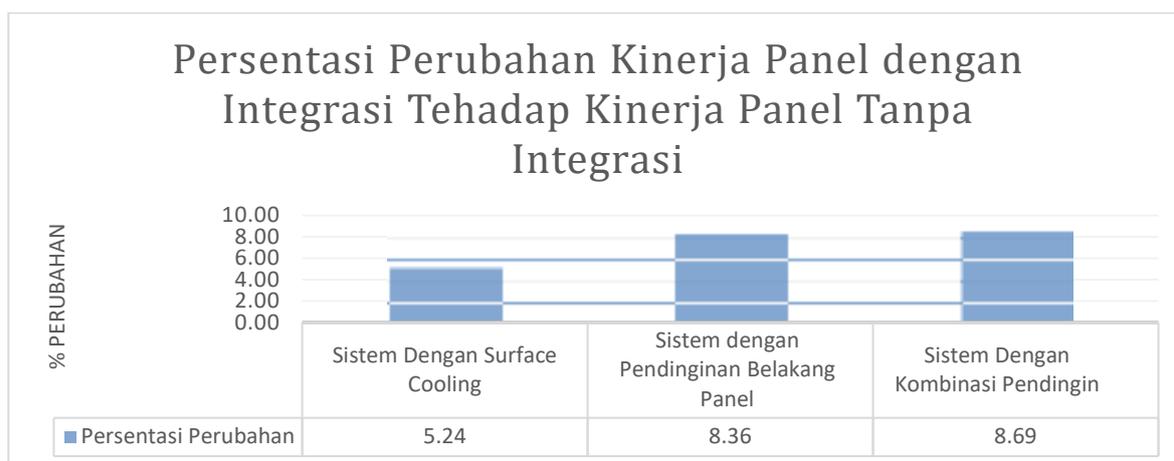
Pada scenario yang ketiga, pengukuran dilakukan untuk panel yang bagian permukaan dan belakang sudah dilengkapi dengan pendingin. Hasil pengukuran ini lalu dibandingkan dengan system tanpa pendingin. Dari data diatas dapat dilihat bahwa untuk pengukuran sistem dengan pendingin permukaan dan belakang, nilai tertinggi dicapai pada jam 08.00 dengan nilai daya keluaran mencapai 40,51 Watt. Untuk system tanpa cooling system, daya keluaran pada jam ini adalah 32,62 Watt. Rata-rata tegangan keluaran untuk sistem dengan back cooling sistem adalah 19,25 V, rata-rata arus adalah 1,77 A dan rata-rata daya keluaran adalah 34,16 Watt.

Rangkuman daya keluaran dari ketiga tabel diatas dapat dilihat pada table 4, dibawah ini.

**Tabel 4. Perbandingan 3 Skenario Pengujian**

No	Perlakuan/ Skenario	Daya Keluaran Panel dengan Hasil Integrasi (Watt)	Daya Keluaran Panel Tanpa Integrasi (Watt)	Selisih	Presentasi Perubahan (%)
1	Sistem Dengan Pendingin Permukaan (Surface Cooling)	33,62	31,95	1,67	5,24
2	Sistem dengan Pendinginan Belakang Panel	34,28	31,94	2,33	8,36
3	Sistem Dengan Kombinasi Pendingin (permukaan +belakang)	34,16	31,43	2,73	8,69

Selanjutnya dari data dari tabel 4 diatas di presentasikan dalam diagram batang yang dapat dilihat pada gambar 6 dibawah ini. Dalam presentasi ini, dibandingkan persentasi perubahan daya luaran antara sistem PV dengan pendingin terhadap sistem PV tanpa pendingin.



**Gambar 6. Perbandingan Persentasi Keluaran Panel dengan Sistem Pendingin**

Dari hasil diatas dapat dilihat bahwa daya keluaran Panel dengan system yang terintegrasi oleh pendingin permukaan dan pendingin belakang panel memiliki persentasi perubahan paling besar yaitu sekitar 8,69 %. Hal ini berarti penambahan system kombinasi berkontribusi

positif terhadap kenaikan kinerja/ daya keluaran panel. Dari tabel tersebut juga dapat dilihat bahwa pendinginan belakang panel dengan menggunakan *heatsink* dan *radiator coolant* mampu menghasilkan kinerja sistem yang lebih tinggi (8,36%) dibandingkan dengan pendinginan permukaan yang menggunakan *solar blocking film* yang berkontribusi positif sebanyak 5,24%.

#### 4. KESIMPULAN

Penambahan surface cooling system atau pendingin permukaan dan pendingin belakang panel serta kombinasi keduanya memiliki dampak peningkatan kinerja panel surya. Pada kondisi pengujian Kota Kupang, didapatkan bahwa penambahan sistem pendingin kombinasi *blocking film* pada permukaan dan penambahan *heatsink* serta *radiator coolant* pada belakang panel secara efektif menaikkan daya keluaran panel sebesar 8,69%.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada Politeknik Negeri Kupang (PNK) yang telah mendukung pelaksanaan penelitian ini melalui pendanaan Rutin PNK tahun 2023.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Abdulgafar, S. A., Omar, O. S., & Yousif, K. M. (2007). Improving The Efficiency Of Polycrystalline Solar Panel Via Water Immersion Method. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (An ISO Certified Organization)*, 329(1).
- Arighi Dwi Hersandi, D., & Mesin, J. T. (n.d.). *Pengaruh Jenis Fluida Pendinginan Terhadap Kapasitas Radiator Pada Sistem Pendinginan Mesin Daihatsu Xenia 1300cc*.
- Manasrah, A., Al Zyoud, A., & Abdelhafez, E. (2021). Effect of color and nano film filters on the performance of solar photovoltaic module. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, 43(6), 705–715.
- Raval, H. D., Maiti, S., & Mittal, A. (2014). Computational fluid dynamics analysis and experimental validation of improvement in overall energy efficiency of a solar photovoltaic panel by thermal energy recovery. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 6(3).
- Rawat, P., Debbarma, M., Mehrotra, S., & Sudhakar, K. (2014). Design, development and experimental investigation of solar photovoltaic/thermal (Pv/T) water collector system. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 3(3).
- Tonui, J. K., & Tripanagnostopoulos, Y. (2007). Improved PV/T solar collectors with heat extraction by forced or natural air circulation. *Renewable Energy*, 32(4), 623–637.