

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

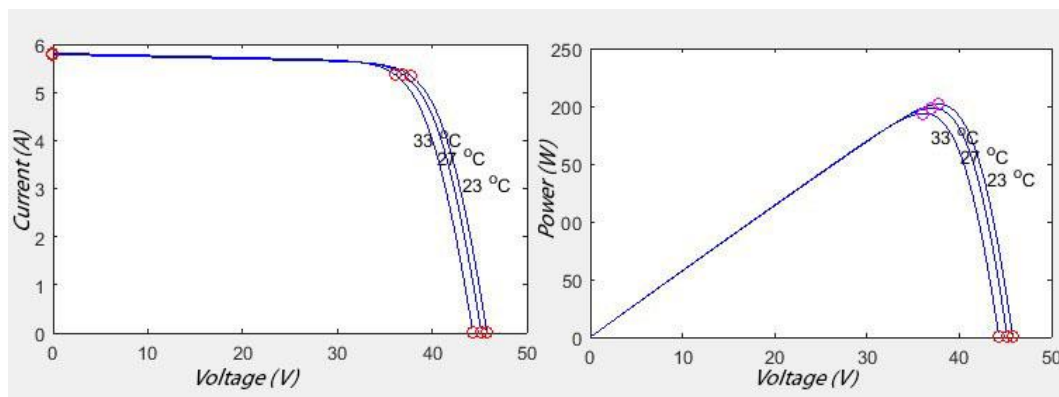
Bab ini berisikan hasil dan pembahasan dari beberapa pengujian yang dilakukan pada penelitian. Hasil pengujian disajikan dalam bentuk grafik, tabel dan gambar dan kemudian dilakukan analisis pembahasan. Berikut adalah beberapa hasil dan pembahasan yang didapat di penelitian ini:

1. Karakteristik cuaca dan panel surya
2. Cuk *converter*
3. *Maximum Power Point Tracking Artificial Bee Colony* (MPPT ABC)

Pengujian ini didapat hasil dari pengujian karakteristik cuaca dan panel surya. Pengujian cuk *converter* dan pengujian MPPT dengan Algoritma ABC. Masing-masing pengujian disajikan tabel dan gambar pengujian untuk lebih memperjelas hasil.

4.1 Pengujian Karakteristik Cuaca dan Panel Surya

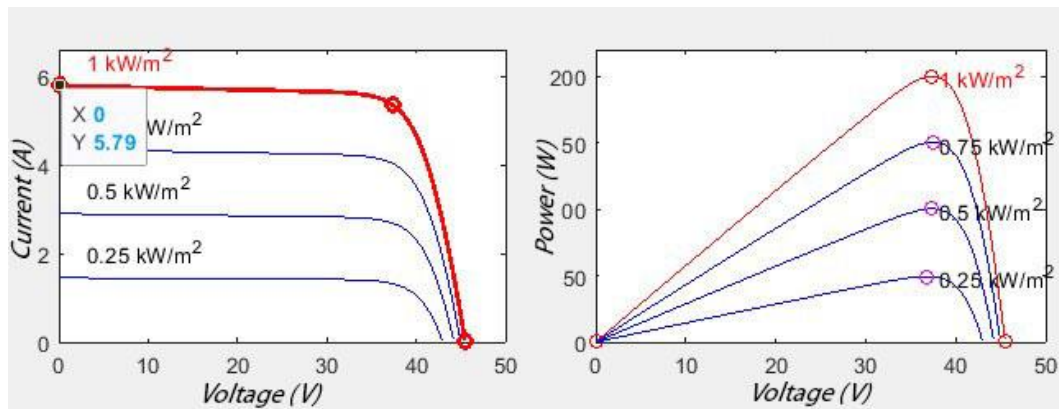
Pengujian karakteristik panel surya dilakukan untuk mengamati perubahan nilai arus, tegangan dan daya pada nilai iradiasi dan suhu sesuai dengan *Standart Test Condition* (STC) Pengujian dilakukan pada karakteristik panel surya menggunakan iradiasi 1000 W/m^2 menggunakan nilai suhu $23 \text{ }^\circ\text{C}$, $27 \text{ }^\circ\text{C}$ dan $33 \text{ }^\circ\text{C}$. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik tegangan (V) dengan arus (I) dan karakteristik V dengan daya (P). Karakteristik $V-I$ dan karakteristik $V-P$ terhadap perubahan suhu dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Karakteristik $V-I$ dan Karakteristik $V-P$ Terhadap Perubahan Suhu

Berdasarkan Gambar 4.1 menjelaskan karakteristik $V-I$ dan karakteristik $V-P$ terhadap perubahan suhu, pengujian dilakukan dengan kondisi iradiasi 1000 W/m^2 dan nilai temperatur yang bervariasi. Keterangan karakteristik $V-I$ menunjukkan karakteristik arus dan tegangan pada panel surya. Kenaikan suhu pada panel surya mengakibatkan penurunan tegangan operasi dari panel surya. Tegangan terendah panel surya berada pada saat suhu $33 \text{ }^\circ\text{C}$ dengan nilai tegangan $36,13 \text{ V}$ dan nilai tegangan tertinggi berada pada suhu $23 \text{ }^\circ\text{C}$ dengan nilai tegangan $37,71 \text{ V}$, sedangkan nilai arus cenderung stabil berkisar 5.3 A .

Keterangan karakteristik $V-P$ menunjukkan karakteristik daya dengan tegangan pada panel surya. Perubahan temperatur menunjukkan daya dan tegangan panel surya mengalami perubahan. Titik maksimum daya yang dicapai panel surya saat suhu $23 \text{ }^\circ\text{C}$ dengan nilai $201,6 \text{ W}$ dan tegangan $37,71 \text{ V}$. Kurva tersebut menunjukkan titik daya minimum yang dicapai panel surya pada suhu $33 \text{ }^\circ\text{C}$ nilai daya panel surya adalah $193,8 \text{ W}$ dengan tegangan $36,13 \text{ V}$. Pengujian karakteristik panel surya pada kondisi temperatur $25 \text{ }^\circ\text{C}$ menggunakan iradiasi 1000 W/m^2 , 750 W/m^2 , 500 W/m^2 dan 250 W/m^2 . Karakteristik $V-I$ karakteristik $V-P$ pada perubahan iradiasi dapat dilihat pada Gambar 4.2.



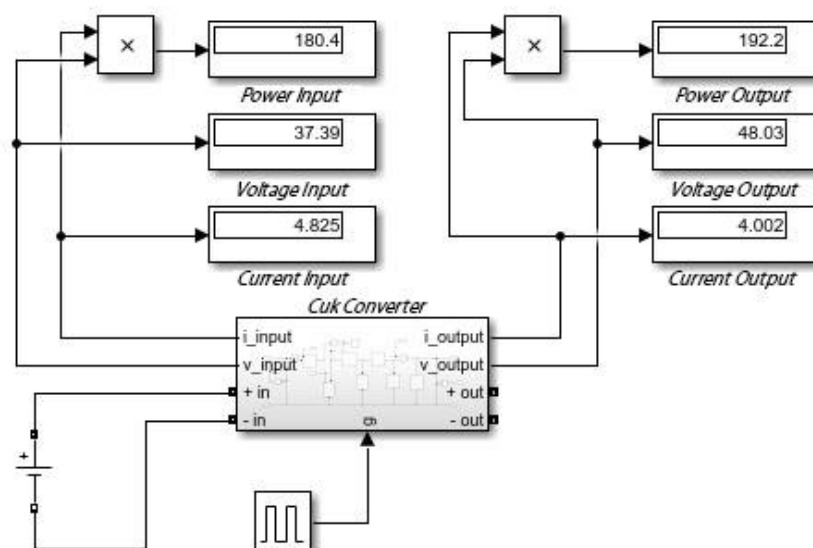
Gambar 4.2 Karakteristik $V-I$ Karakteristik $V-P$ Pada Perubahan Iraadiasi

Berdasarkan Gambar 4.2 menjelaskan karakteristik $V-I$ karakteristik $V-P$ pada perubahan iradiasi, karakteristik $V-I$ perubahan temperatur membuat arus cenderung tetap dalam keadaan stabil pada panel surya, sedangkan pada karakteristik $V-I$ pada Gambar 4.2 perubahan iradiasi berpengaruh signifikan terhadap arus panel surya. Arus tertinggi dicapai pada saat iradiasi berada pada

1000 W/m² dengan nilai arus sebesar 5,79 A sedangkan arus terendah dicapai pada saat iradiasi berada pada 250 W/m². Berdasarkan karakteristik *V-P* pada Gambar 4.2. perubahan iradiasi berpengaruh pada daya yang dihasilkan pada panel surya. Daya tertinggi dicapai saat iradiasi 1000 W/m² dengan tegangan operasi 37,39 V, sedangkan daya terendah dicapai pada saat iradiasi 250 W/m² dengan tegangan operasi 36,83 V. Berdasarkan pengujian karakteristik panel surya pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 menunjukkan bahwa iradiasi berbanding lurus dengan daya panel surya dan berbanding terbalik terhadap temperatur. Semakin besar iradiasi yang didapatkan panel surya maka daya yang dihasilkan semakin besar. Berbanding terbalik jika temperatur panel surya semakin besar maka daya yang dihasilkan panel surya semakin rendah.

4.2 Cuk Converter

Cuk converter pada penelitian ini berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan tegangan *input* menjadi 48 V dengan sumber yang berasal dari panel surya. Pemodelan *converter* tipe *cuk* menggunakan komponen induktor, mosfet, kapasitor, dioda dan resistor. *Cuk converter* menggunakan sumber tegangan DC 37,39 V yang telah disesuaikan dengan parameter dan nilai komponen pada sistem *maximum power point tracking artificial bee colony* (MPPT ABC). Tujuannya adalah mengetahui apakah *converter* yang didesain telah sesuai dengan harapan Desain Simulink pengujian *cuk converter* dapat dilihat pada Gambar 4.3.

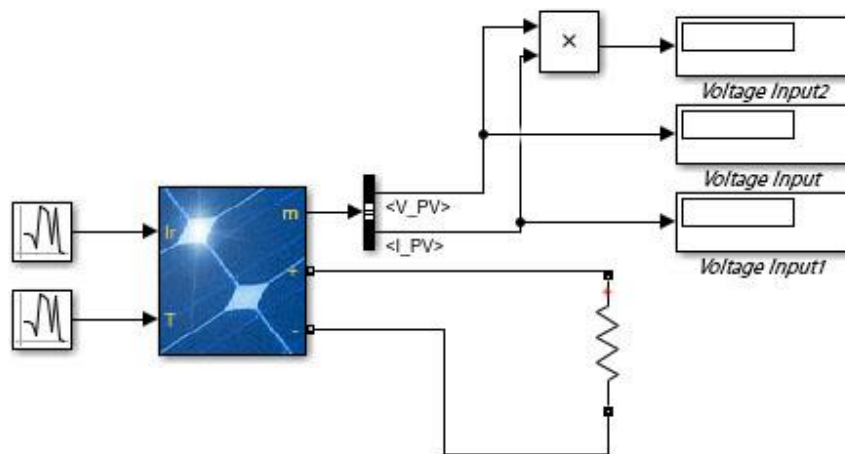


Gambar 4.3 Desain Simulink Pengujian *Cuk Converter*

Berdasarkan Gambar 4.3 menjelaskan desain Simulink pengujian cuk *converter*, hasil dari pengujian *converter* inilah yang menentukan apakah *converter* yang telah didesain layak untuk dimasukkan ke dalam sistem MPPT pada fotovoltaik. Menentukan sudah sesuai atau belum rancangan *converter* terlihat pada hasil *output* pengujian ini, jika hasil *output* sama dengan hasil *output* yang diharapkan maka *converter* sudah sesuai dan didesain dengan benar. Pengujian ini cuk *converter* didesain untuk menaikkan tegangan dari tegangan *input* sebesar 37,39 V menjadi 48 V agar sesuai dengan kapasitas baterai yang digunakan di dalam pengujian. Berdasarkan gambar 4.3 cuk *converter* sudah menunjukkan keberhasilan rancangan dalam menaikkan tegangan dari 37,39 V menjadi 48 V.

4.3 Pengujian Perubahan Iradiasi dan Suhu Tetap

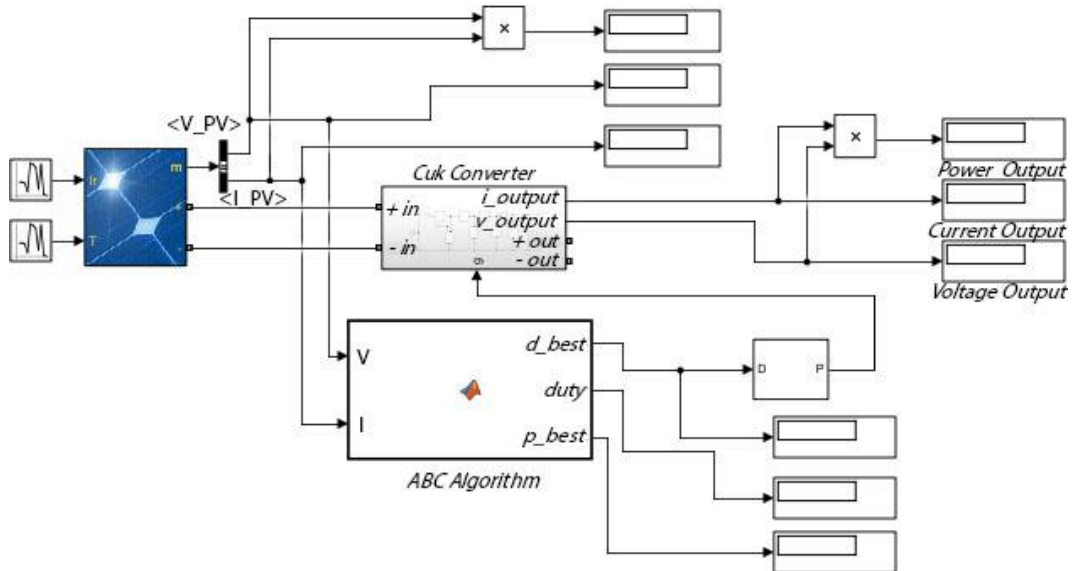
Pengujian panel surya menggunakan *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) dan tanpa MPPT dilakukan dengan cara menghubungkan dengan beban resistif (R). Parameter iradiasi dan temperatur yang digunakan bervariasi, data yang digunakan pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2. Data masukan yang digunakan bervariasi untuk mengetahui pengaruh iradiasi ataupun suhu terhadap panel surya. Hasil dari pengujian ini adalah nilai tegangan, dan daya yang dihasilkan panel surya. Rangkaian panel surya tanpa MPPT dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Rangkaian Panel Surya Tanpa MPPT

Berdasarkan Gambar 4.4 menjelaskan rangkaian panel surya tanpa MPPT, pengujian menggunakan MPPT dilakukan untuk membandingkan hasil pengujian

dengan panel surya tanpa MPPT. Hal ini seberapa maksimal MPPT jika dibandingkan dengan tanpa MPPT. Rangkaian panel surya menggunakan MPPT dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Rangkaian Panel Surya Menggunakan MPPT

Berdasarkan Gambar 4.5 menjelaskan rangkaian panel surya menggunakan MPPT, pengujian optimasi panel surya menggunakan MPPT ABC cuk *converter* dilakukan menggunakan data pertama dan data kedua sebagai nilai *input* dari panel surya, dan dari sisi beban menggunakan perubahan nilai resistansi yang terdiri dari 9 Ω , 12 Ω dan 15 Ω . Tujuan pengujian ini untuk membandingkan nilai *output* panel surya yang menggunakan MPPT dengan panel surya yang tidak menggunakan MPPT. Variasi beban resistansi yang berbeda-beda bertujuan untuk mengetahui karakteristik daya pada panel surya untuk setiap nilai beban. Variasi data masukan bertujuan untuk mengetahui karakteristik panel surya pada perubahan iradiasi dengan suhu yang tetap, kemudian perubahan suhu dengan iridiasi tetap,

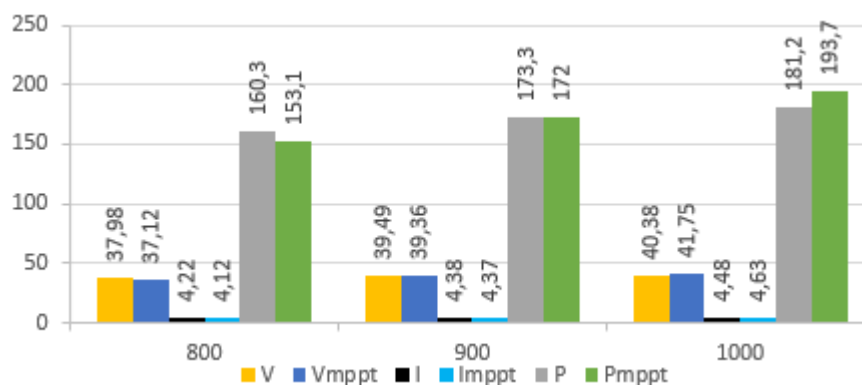
Masing-masing pengujian menggunakan variasi beban, hasil dari optimasi yang dilakukan dapat dilihat dari perbandingan daya yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan MPPT dan tanpa MPPT. Pengujian berikut menggunakan data pertama yaitu dengan perubahan iradiasi dan suhu tetap dan menggunakan beban resistansi 9 Ω , 12 Ω dan 15 Ω pada setiap perubahan iradiasi. Perubahan beban diterapkan untuk mengetahui karakteristik luaran panel surya

terhadap resistansi beban. Hasil pengujian perubahan iradiasi dan suhu tetap dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Perubahan Iradiasi dan Suhu Tetap

Pengujian 1 suhu tetap 25 °C		Tanpa MPPT			MPPT		
		Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
9 Ω	800	37,98	4,22	160,3	37,12	4,12	153,1
	900	39,49	4,38	173,3	39,36	4,37	172
	1000	40,38	4,48	181,2	41,75	4,63	193,7
12 Ω	800	40,85	3,4	139,1	43,61	3,63	158,4
	900	41,52	3,48	143,6	46,25	3,85	178,2
	1000	42,01	3,5	147	48,79	4,06	198,4
15 Ω	800	41,95	2,79	117,3	46,03	3,06	141,3
	900	42,43	2,82	120	51,05	3,40	173,7
	1000	42,81	2,85	122,2	52,30	3,48	182,3

Berdasarkan Tabel 4.1 menjelaskan hasil pengujian perubahan iradiasi dan suhu tetap, optimasi yang dilakukan adalah perbandingan nilai daya *ouput* dari panel surya dari yang menggunakan MPPT dan tanpa MPPT. Pengujian perubahan iradiasi 800 W/m², 900 W/m² dan 1000 W/m² dengan suhu tetap 25 °C dan dengan beban 9 Ω, 12 Ω dan 15 Ω Terlihat hasil yang sangat berbeda jika dibandingkan rangkaian yang tanpa MPPT dan dengan yang menggunakan MPPT. Beban sebesar 9 Ω sedikit berbeda dengan yang tanpa menggunakan MPPT atau dapat disebut lebih besar yang tanpa menggunakan MPPT dibandingkan dengan yang menggunakan MPPT, agar lebih jelas dapat dilihat pada grafik masing-masing percobaan 9 Ω, 12 Ω dan 15 Ω pada iradiasi 800 W/m², 900 W/m² dan 1000 W/m² dan pada suhu tetap 25 °C. Percobaan perubahan iradiasi dan suhu tetap beban 9 Ω dapat dilihat pada Gambar 4.6.



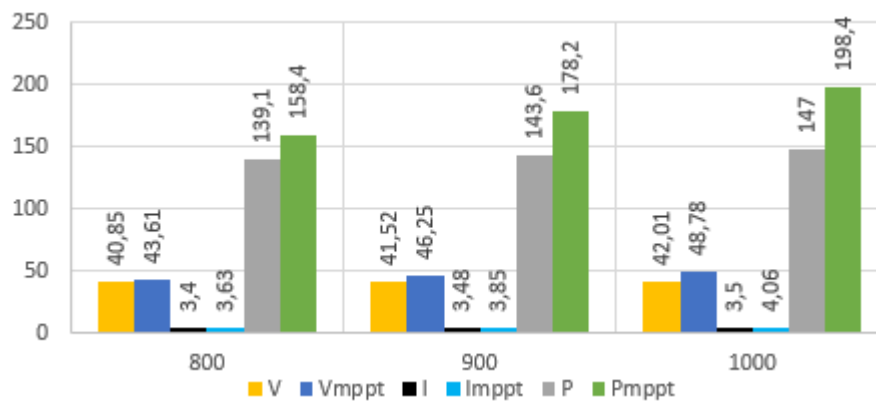
Gambar 4.6 Percobaan Perubahan Iradiasi dan Suhu Tetap Beban 9 Ω

Berdasarkan Gambar 4.6 menjelaskan percobaan perubahan iradiasi dan suhu tetap beban 9Ω , percobaan ini terlihat semua rangkaian baik yang menggunakan MPPT ataupun yang tanpa menggunakan MPPT terlihat naik dengan perubahan iradiasi 1000 W/m^2 . Masing-masing rangkaian baik yang menggunakan MPPT dan yang tidak menggunakan MPPT memiliki kenaikan tegangan (V) pada perubahan iradiasi 1000 W/m^2 dan sedikit perubahan pada arus (I). Rangkaian ini sesuai dengan hukum sel surya jika iradiasi berpengaruh pada V dan sedikit pada I . Grafik di atas yang tanpa menggunakan MPPT lebih besar hasilnya dibandingkan dengan yang menggunakan MPPT.

Iradiasi 800 W/m^2 rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki daya $153,1 \text{ W}$ sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar $160,3 \text{ W}$. Posisi Iradiasi 900 W/m^2 rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki daya 172 W sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar $173,3 \text{ W}$. Iradiasi 1000 W/m^2 rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki daya $193,7 \text{ W}$ sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar $181,2 \text{ W}$. Iradiasi 800 W/m^2 rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki voltase $37,12 \text{ V}$ sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar $37,98 \text{ V}$. Iradiasi 900 W/m^2 rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki voltase $39,36 \text{ V}$ sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar $39,49 \text{ V}$. Iradiasi 1000 W/m^2 rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki voltase $41,75 \text{ V}$.

Posisi iradiasi 800 W/m^2 rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki arus $4,12 \text{ A}$ sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar $4,22 \text{ A}$. Iradiasi 900 W/m^2 rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki arus $4,37 \text{ A}$ sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar $4,38 \text{ A}$. Iradiasi 1000 W/m^2 rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki arus $4,63 \text{ A}$ sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar $4,48 \text{ A}$. Hal ini disebabkan oleh rangkaian *converter* memiliki *setting* beban resistif 12Ω minimal. Rangkaian MPPT tidak handal dalam menghadapi beban yang kecil. Posisi iradiasi 1000 W/m^2 rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki daya yang unggul dibanding rangkaian yang tidak menggunakan MPPT. Rancangan MPPT ini juga menunjukkan kinerjanya dalam mengoptimalkan daya luaran dalam panel surya yang menggunakan algoritma ABC, selanjutnya dijelaskan percobaan pada perubahan iradiasi dan suhu tetap

menggunakan beban resistif 12Ω pada suhu tetap 25°C di masing-masing iradiasi 800 W/m^2 , 900 W/m^2 dan 1000 W/m^2 . Percobaan perubahan iradiasi dan suhu tetap beban 12Ω dapat dilihat pada Gambar 4.7.

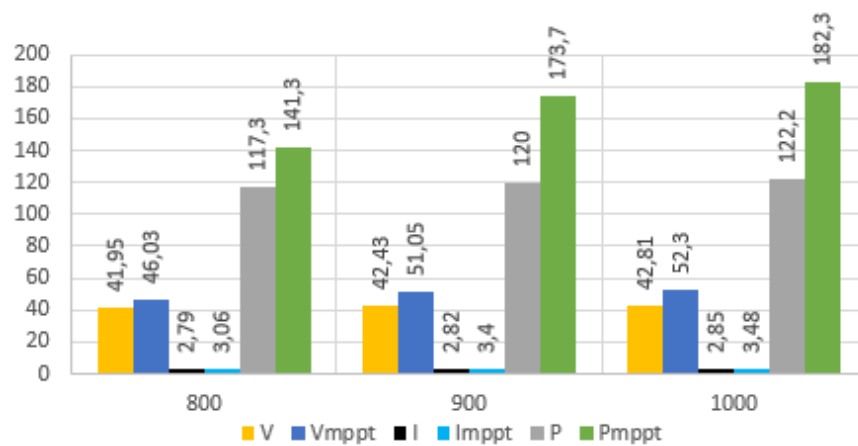


Gambar 4.7 Percobaan Perubahan Iradiasi dan Suhu Tetap Beban 12Ω

Berdasarkan Gambar 4.7 menjelaskan percobaan perubahan iradiasi dan suhu tetap beban 12Ω , percobaan ini terlihat semua rangkaian baik yang menggunakan MPPT ataupun yang tanpa menggunakan MPPT terlihat naik dengan perubahan iradiasi 1000 W/m^2 . Masing-masing rangkaian baik yang menggunakan MPPT dan yang tidak menggunakan MPPT memiliki kenaikan tegangan (V) pada perubahan iradiasi 1000 W/m^2 dan sedikit perubahan pada arus (I). Rangkaian ini sesuai dengan hukum sel surya jika Iradiasi berpengaruh pada V dan sedikit pada I . Percobaan ini rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki hasil yang lebih besar dibanding rangkaian yang tanpa menggunakan MPPT. Terlihat grafik dengan 800 W/m^2 memiliki daya sebesar $158,4 \text{ W}$ pada rangkaian yang menggunakan MPPT dan $139,1 \text{ W}$ pada rangkaian yang tanpa menggunakan MPPT. Iradiasi 900 W/m^2 mendapatkan nilai $178,2 \text{ W}$ pada rangkaian yang menggunakan MPPT dan $143,6 \text{ W}$ pada rangkaian yang tanpa MPPT. Iradiasi 1000 W/m^2 memiliki nilai daya $198,4 \text{ W}$ pada rangkaian yang menggunakan MPPT dan 147 W pada rangkaian yang tanpa menggunakan MPPT.

Posisi iradiasi 800 W/m^2 rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki voltase $43,61 \text{ V}$ sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar $40,85 \text{ V}$. Iradiasi 900 W/m^2 rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki voltase $46,25 \text{ V}$ sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar $41,52 \text{ V}$. Iradiasi 1000 W/m^2 rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki voltase $48,78 \text{ V}$ sedangkan yang

tanpa menggunakan MPPT sebesar 42,01 V. Iradiasi 800 W/m² rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki arus 3,63 A sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar 3,4 A. Iradiasi 900 W/m² rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki arus 3,85 A sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar 3,48 A. Iradiasi 1000 W/m² rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki arus 4,06 A sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar 3,5 A. Rangkaian yang tanpa menggunakan MPPT tidak handal dalam mengatasi kenaikan beban. Percobaan perubahan iradiasi dan suhu tetap beban 15 Ω dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Percobaan Perubahan Iradiasi dan Suhu Tetap Beban 15 Ω

Berdasarkan Gambar 4.8 menjelaskan percobaan perubahan iradiasi dan suhu tetap beban 15 Ω, sama dengan percobaan sebelumnya percobaan kali ini terlihat semua rangkaian baik yang menggunakan MPPT ataupun yang tanpa menggunakan MPPT terlihat naik dengan perubahan iradiasi 1000 W/m². Masing-masing rangkaian baik yang menggunakan MPPT dan yang tidak menggunakan MPPT memiliki kenaikan tegangan (*V*) pada perubahan iradiasi 1000 W/m² dan sedikit perubahan pada arus (*I*). Rangkaian ini sesuai dengan hukum sel surya jika Iradiasi berpengaruh pada tegangan (*V*) dan sedikit pada arus (*I*). Grafik yang menggunakan MPPT lebih besar hasilnya dibandingkan dengan yang tanpa menggunakan MPPT sama dengan percobaan yang menggunakan 12 Ω. Iradiasi 800 W/m² terdapat hasil daya 117,3 W pada rangkaian yang tidak menggunakan MPPT, dan 141,3 W pada rangkaian yang menggunakan MPPT. Posisi iradiasi 900 W/m² mendapatkan hasil daya 120 W pada rangkaian yang

tidak menggunakan MPPT dan 173,7 W pada rangkaian yang menggunakan MPPT. Iradiasi 1000 W/m² mendapatkan nilai daya 122,2 W pada rangkaian tidak menggunakan MPPT dan 182,3 pada rangkaian yang menggunakan MPPT.

Iradiasi 800 W/m² rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki voltase 46,03 V sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar 41,95 V dan pada 900 W/m² rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki voltase 51,05 V sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar 42,43 V, pada 1000 W/m² rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki voltase 52,3 V sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar 42,81 V.

Posisi iradiasi 800 W/m² rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki arus 3,06 A sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar 2,79 A dan pada 900 W/m² rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki arus 3,4 A sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar 2,82 A, pada 1000 W/m² rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki arus 3,48 A sedangkan yang tanpa menggunakan *maximum power point tracking* sebesar 2,85 A. Penjelasan di atas terlihat rangkaian yang menggunakan MPPT lebih signifikan dibandingkan dengan yang tidak menggunakan MPPT. Terlihat kemampuan sebuah algoritma dan rangkaian *converter* tipe cuk dapat menaikkan dan memperthankan daya *output*, oleh karena itu rangkaian yang tidak menggunakan MPPT tidak handal dalam naik beban resistif.

4.4 Pengujian Perubahan Suhu dan Iradiasi Tetap

Pengujian optimasi panel surya menggunakan *Maximum Power Point Tracking Artificial Bee Colony* (MPPT ABC) cuk *converter* dilakukan menggunakan data kedua sebagai nilai *input* dari panel surya, dan dari sisi beban menggunakan perubahan nilai resistansi yang terdiri dari 9 Ω , 12 Ω dan 15 Ω . Tujuan pengujian ini untuk membandingkan nilai *output* panel surya yang menggunakan MPPT dengan panel surya yang tidak menggunakan MPPT. Pengujian optimasi panel menggunakan data kedua sebagai nilai *input* dari panel surya yaitu perubahan suhu 20 °C, 30 °C hingga 35 °C dan iradiasi tetap 1000 W/m².

Perubahan suhu dipercobaan kali ini menggunakan data suhu 20 °C, 30 °C

dan 35 °C. Beban yang menggunakan perubahan nilai resistansi yang berbeda terdiri dari 9 Ω , 12 Ω dan 15 Ω . Tujuan pengujian ini untuk membandingkan nilai *output* panel surya yang menggunakan MPPT dengan panel surya yang tidak menggunakan MPPT. Variasi beban resistansi yang berbeda-beda bertujuan untuk mengetahui karakteristik daya pada panel surya untuk setiap nilai beban., hasil dari optimasi yang dilakukan dapat dilihat dari perbandingan daya yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan MPPT dan tanpa MPPT. Hasil pengujian perubahan suhu dan iradiasi tetap dapat dilihat pada Gambar 4.2.

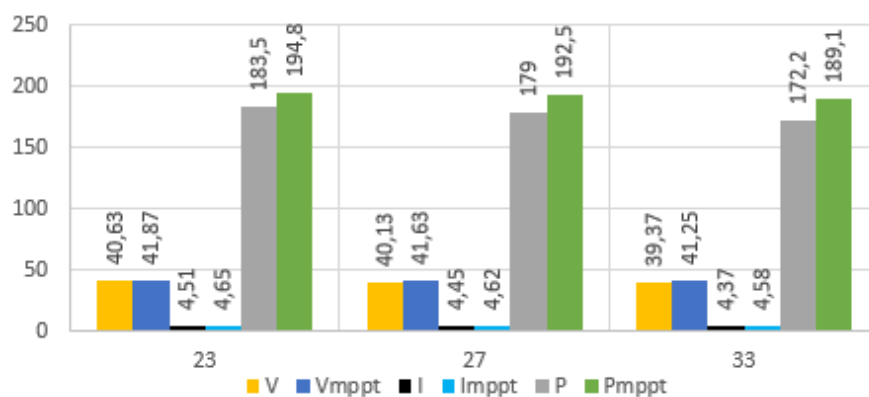
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Perubahan Suhu dan Iradiasi Tetap

Percobaan 2 iradiasi tetap 1000 W/m ²		Tanpa MPPT			MPPT		
		Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
9 Ω	23	40,63	4,51	183,5	41,87	4,65	194,8
	27	40,13	4,45	179	41,63	4,62	192,5
	33	39,37	4,37	172,2	41,25	4,58	189,1
12 Ω	23	42,28	3,52	149	48,96	4,08	199,8
	27	41,73	3,47	145,1	48,6	4,05	196,8
	33	40,9	3,40	139,4	47,97	3,99	191,7
15 Ω	23	43,09	2,87	123,8	52,62	3,50	184,6
	27	42,52	2,83	120,6	51,97	3,46	180,1
	33	41,67	2,78	115,8	50,99	3,4	173,4

Berdasarkan Tabel 4.2 menjelaskan hasil pengujian perubahan suhu dan iradiasi tetap, optimasi yang dilakukan adalah perbandingan nilai daya *ouput* dari panel surya dari yang menggunakan MPPT dan tanpa MPPT. Pengujian perubahan suhu dengan iradiasi tetap dan dengan beban 9 Ω , 12 Ω dan 15 Ω terlihat hasil yang sangat berbeda jika dibandingkan rangkaian yang tanpa MPPT dan dengan yang menggunakan MPPT. Hal ini disebabkan karena adanya tambahan rangkaian berupa *converter* dan Algoritma ABC yang membantu optimasi pada luaran panel surya. Beban sebesar 9 Ω berbeda dengan yang tanpa menggunakan MPPT atau disebut lebih besar dibandingkan dengan yang menggunakan MPPT, hal ini disebabkan karena *setting* beban resistif pada *converter* berada pada nilai 12 Ω minimal.

Tabel di atas agar lebih jelas dapat dilihat pada grafik dimasing-masing percobaan yang dilakukan dengan beban resistif 9 Ω , 12 Ω dan 15 Ω pada suhu 23 °C, 27 °C dan 33 °C dan iradiasi tetap 1000 W/m². Masing-masing grafik terlihat

penjelasan-penjelasan yang singkat mengenai tabel percobaan 4.2. Percobaan perubahan suhu dan iradiasi tetap beban 9Ω dapat dilihat pada Gambar 4.9.



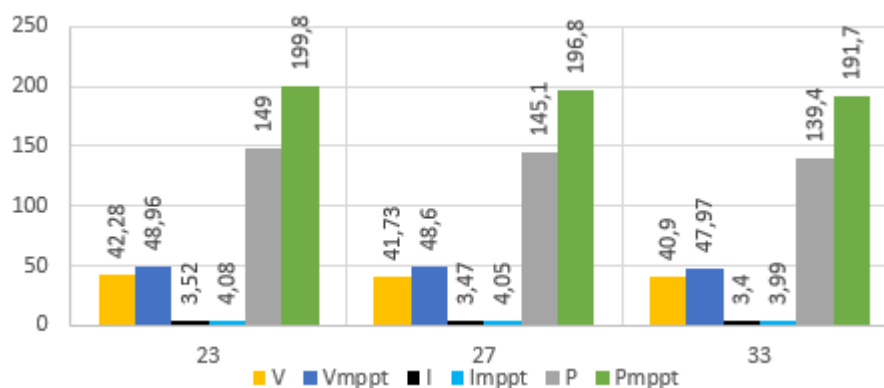
Gambar 4.9 Percobaan Perubahan Suhu dan Iradiasi Tetap Beban 9Ω

Berdasarkan Gambar 4.9 menjelaskan percobaan perubahan suhu dan iradiasi tetap beban 9Ω , percobaan ini terlihat semua rangkaian baik yang menggunakan MPPT ataupun yang tanpa menggunakan MPPT terlihat naik dengan perubahan suhu $33 \text{ }^\circ\text{C}$. Masing-masing rangkaian baik yang menggunakan MPPT dan yang tidak menggunakan MPPT memiliki kenaikan arus (I) pada perubahan suhu $33 \text{ }^\circ\text{C}$ dan sedikit perubahan pada tegangan (V).

Rangkaian ini sudah sesuai dengan hukum sel surya jika suhu berpengaruh pada V dan sedikit pada I . Grafik yang menggunakan MPPT lebih besar hasilnya dibandingkan dengan yang tanpa menggunakan MPPT. Posisi suhu $23 \text{ }^\circ\text{C}$ rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki daya $194,8 \text{ W}$ sedangkan yang tidak menggunakan MPPT memiliki daya $183,5 \text{ W}$. Suhu $27 \text{ }^\circ\text{C}$ dalam rangkaian yang menggunakan MPPT mendapatkan nilai $192,5 \text{ W}$ pada daya dan rangkaian yang tidak dilengkapi MPPT mendapatkan nilai 179 W . Suhu $33 \text{ }^\circ\text{C}$ rangkaian yang menggunakan MPPT didapatkan nilai daya $189,1 \text{ W}$ dan $172,2 \text{ W}$ pada rangkaian yang tidak menggunakan MPPT.

Posisi suhu $23 \text{ }^\circ\text{C}$ rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki voltase $421,87 \text{ V}$ sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar $40,63 \text{ V}$ dan pada suhu $27 \text{ }^\circ\text{C}$ rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki voltase $41,63 \text{ V}$ sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar $40,13 \text{ V}$, pada suhu $33 \text{ }^\circ\text{C}$ rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki voltase $41,25 \text{ V}$ sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar $39,37 \text{ V}$.

Posisi suhu 23 °C rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki arus 4,65 A sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar 4,51 A dan pada suhu 27 °C rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki arus 4,62 A sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar 4,45 A, pada suhu 33 °C rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki arus 4,58 A sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar 4,37 A. Percobaan perubahan suhu dan iradiasi tetap beban 12 Ω dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Percobaan Perubahan Suhu dan Iradiasi Tetap Beban 12 Ω

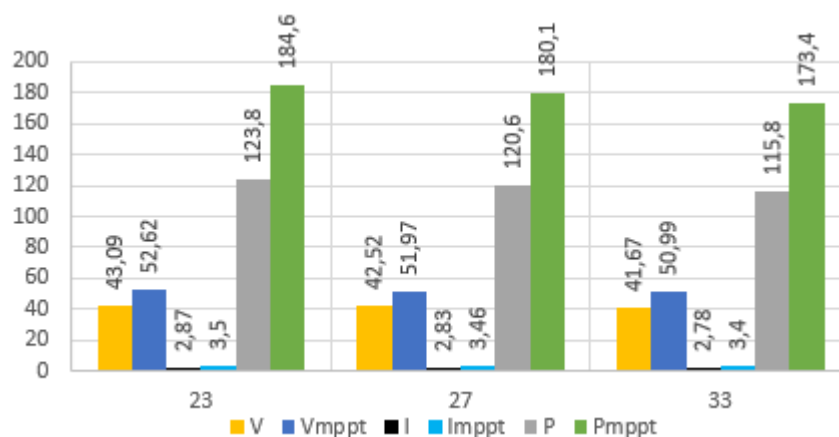
Berdasarkan Gambar 4.10 menjelaskan percobaan perubahan suhu dan iradiasi tetap beban 12 Ω, percobaan ini terlihat semua rangkaian baik yang menggunakan MPPT ataupun yang tanpa menggunakan MPPT terlihat naik dengan perubahan suhu 33 °C. Masing-masing rangkaian baik yang menggunakan MPPT dan yang tidak menggunakan MPPT memiliki kenaikan I pada perubahan suhu 33 °C dan sedikit perubahan pada V . Rangkaian ini sudah sesuai dengan hukum sel surya jika suhu berpengaruh pada V dan sedikit pada I .

Percobaan pada rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki hasil yang lebih besar dibanding rangkaian yang tanpa menggunakan MPPT. Terlihat grafik dengan suhu 23 °C memiliki daya sebesar 199,8 W pada rangkaian yang menggunakan MPPT dan 149 W pada rangkaian yang tanpa menggunakan MPPT, dan pada suhu 27 °C mendapatkan nilai 196,8 W pada rangkaian yang menggunakan MPPT dan 145,1 W pada rangkaian yang tanpa MPPT, selanjutnya pada suhu 33 °C memiliki nilai daya 191,7 W pada rangkaian yang menggunakan MPPT dan 139,4 W pada rangkaian yang tanpa menggunakan MPPT

Posisi suhu 23 °C rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki voltase

48,96 V sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar 42,28 V dan pada suhu 27 °C rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki voltase 48,6 V sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar 41,73 V, pada suhu 33 °C rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki voltase 47,97 V sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar 40,9 V.

Posisi suhu 23 °C rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki arus 4,08 A sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar 3,52 A dan pada suhu 27 °C rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki arus 4,05 A sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar 3,47 A, pada suhu 33 °C rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki arus 3,99 A sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar 3,40 A. Rangkaian yang tanpa menggunakan MPPT tidak handal dalam mengatasi kenaikan beban. Percobaan perubahan suhu dan iradiasi tetap beban 15 Ω dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Percobaan Perubahan Suhu dan Iradiasi Tetap Beban 15 Ω

Berdasarkan Gambar 4.11 menjelaskan percobaan perubahan suhu dan iradiasi tetap beban 15 Ω , percobaan ini terlihat semua rangkaian baik yang menggunakan MPPT ataupun yang tanpa menggunakan MPPT terlihat naik dengan perubahan suhu 33 °C. Masing-masing rangkaian baik yang menggunakan MPPT dan yang tidak menggunakan MPPT memiliki kenaikan I pada perubahan suhu 33 °C dan sedikit perubahan pada V , dengan demikian rangkaian ini sesuai dengan hukum sel surya jika suhu berpengaruh pada V dan sedikit pada I .

Grafik yang menggunakan MPPT lebih besar hasilnya dibandingkan dengan yang tanpa menggunakan MPPT. Grafik yang menggunakan MPPT lebih besar

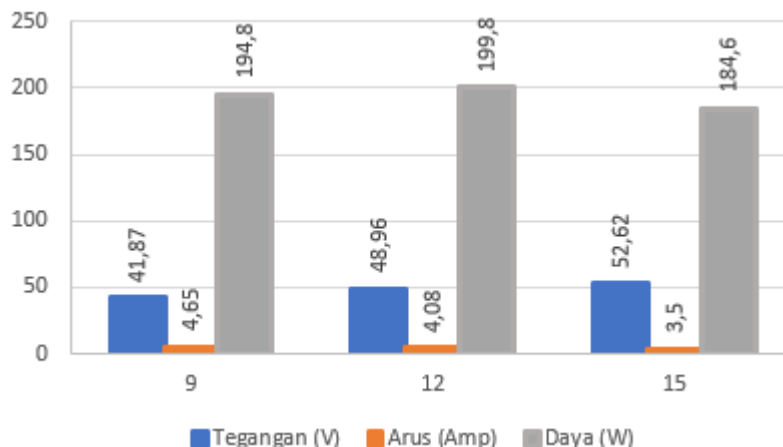
hasilnya dibandingkan dengan yang tanpa menggunakan MPPT sama dengan percobaan yang menggunakan 12Ω . Pada suhu $23 \text{ }^\circ\text{C}$ terdapat hasil daya $123,8 \text{ W}$ pada rangkaian yang tidak menggunakan MPPT, dan $184,6 \text{ W}$ pada rangkaian yang menggunakan MPPT. Posisi suhu $27 \text{ }^\circ\text{C}$ mendapatkan hasil daya $120,6 \text{ W}$ pada rangkaian yang tidak menggunakan MPPT dan $180,1 \text{ W}$ pada rangkaian yang menggunakan MPPT. Suhu $33 \text{ }^\circ\text{C}$ mendapatkan nilai daya $115,18 \text{ W}$ pada rangkaian tidak menggunakan MPPT dan $173,4$ pada rangkaian yang menggunakan MPPT.

Posisi suhu $23 \text{ }^\circ\text{C}$ rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki voltase $52,62 \text{ V}$ sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar $43,09 \text{ V}$ dan pada suhu $27 \text{ }^\circ\text{C}$ rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki voltase $51,97 \text{ V}$ sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar $42,52 \text{ V}$, pada suhu $33 \text{ }^\circ\text{C}$ rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki voltase $50,99 \text{ V}$ sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar $41,67 \text{ V}$.

Suhu $23 \text{ }^\circ\text{C}$ rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki arus $3,50 \text{ A}$ sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar $2,87 \text{ A}$ dan pada suhu $27 \text{ }^\circ\text{C}$ rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki arus $3,46 \text{ A}$ sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar $2,83 \text{ A}$, pada suhu $33 \text{ }^\circ\text{C}$ rangkaian yang menggunakan MPPT memiliki arus $3,4 \text{ A}$ sedangkan yang tanpa menggunakan MPPT sebesar $2,78 \text{ A}$.

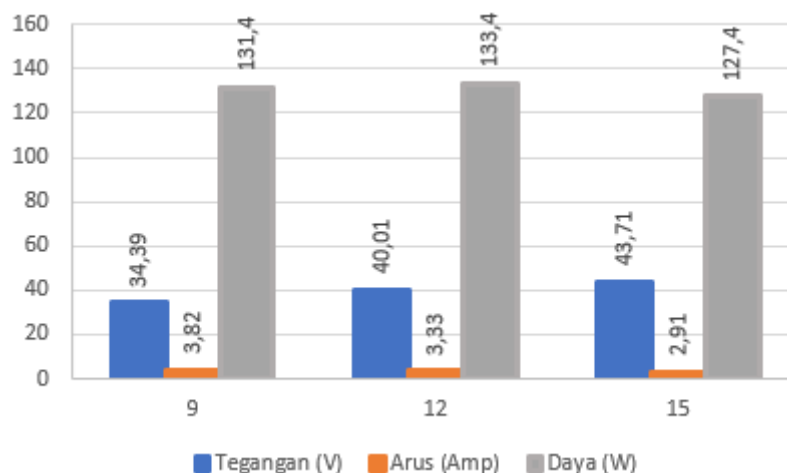
4.5 Pengujian Karakteristik Perubahan Beban Resitif

Pengujian selanjutnya dilakukan untuk mengetahui karakteristik luaran panel surya pada setiap perubahan beban. Data diambil dari *input* data pada iradiasi besar dan suhu kecil, dan juga pada iradiasi kecil dan suhu besar yakni pada saat 1000 W/m^2 dan suhu $23 \text{ }^\circ\text{C}$ dan juga pada saat 700 W/m^2 dan suhu $33 \text{ }^\circ\text{C}$ pada rangkaian *Maximum Power Point Tracking* (MPPT). Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah perubahan beban resitif berpengaruh terhadap keluaran panel surya atau tidak dan juga apakah ketika suhu besar dan iradiasi kecil dan juga sebaliknya berpengaruh pada saat beban resitif berubah. Perubahan beban pada iradiasi 1000 W/m^2 dan suhu $23 \text{ }^\circ\text{C}$ dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Perubahan Beban Pada Iradiasi 1000 W/m² dan Suhu 23 °C

Berdasarkan Gambar 4.12 menjelaskan perubahan beban pada iradiasi 1000 W/m² dan suhu 23 °C, dapat dilihat bahwa perubahan beban pada iradiasi 1000 W/m² dan suhu 23 °C didapatkan hasil daya yang naik pada beban 12 Ω dari 194,8 W menjadi 199,8 W dan turun pada beban 15 Ω dari 199,8 W menjadi 184,6 W. Hasil berdasarkan gambar di atas tegangan naik signifikan pada kenaikan beban 9 Ω, 12 Ω dan 15 Ω dan juga arus turun secara signifikan pada kenaikan beban 9 Ω, 12 Ω dan 15 Ω, dengan voltase naik dari 41,87 V menjadi 48,96 V dari kenaikan beban 9 Ω ke 12 Ω dan naik lagi menjadi 52,62 V pada saat beban naik 15 Ω. Arus turun dari 4,65 A menjadi 4,08 A dari kenaikan beban 9 Ω ke 12 dan turun lagi 3,5 A pada saat beban naik 15 Ω. Perubahan beban pada iradiasi 700 W/m² dan suhu 33 °C dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Perubahan Beban Pada Iradiasi 700 W/m² dan Suhu 33 °C.

Berdasarkan Gambar 4.13 menjelaskan perubahan beban pada iradiasi 700 W/m² dan suhu 33 °C, dapat dilihat bahwa perubahan beban pada iradiasi 700 W/m² dan suhu 33 °C didapatkan hasil daya yang naik pada beban 12 Ω dari 131,4 W menjadi 133,4 W dan turun pada beban 15 Ω dari 133,4 W menjadi 127,4 W. Hasil berdasarkan gambar di atas tegangan naik signifikan pada kenaikan beban 9 Ω, 12 Ω dan 15 Ω dan juga arus turun secara signifikan pada kenaikan beban 9 Ω, 12 Ω dan 15 Ω, dengan voltase naik dari 34,39 V menjadi 40,01 V dari kenaikan beban 9 Ω ke 12 Ω dan naik lagi menjadi 43,71 V pada saat beban naik 15 Ω. Arus turun dari 3,82 A menjadi 3,33 A dari kenaikan beban 9 Ω ke 12 dan turun lagi 2,91 A pada saat beban naik 15 Ω. Hasil dari Matlab Simulink dapat dilihat pada lampiran C.

4.6 Presentase Pengujian

Presentase pada pengujian dimasing-masing *input* data pada iradiasi tetap dan suhu berbeda yakni 1000 W/m² dan suhu 23 °C, 27 °C, 30 °C dan pada suhu tetap dan iradiasi berbeda yakni 25 °C dan iradiasi 800 W/m², 900 W/m², 1000 W/m² pada keadaan beban standar 12 Ω. Hasil percobaan ini dibandingkan rangkaian yang menggunakan *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) dan tanpa menggunakan MPPT. Hal ini untuk mengetahui seberapa besar efisiensi pada kedua rangkaian. Presentase MPPT dan tanpa MPPT perubahan iradiasi dapat dilihat pada Gambar 4.3.

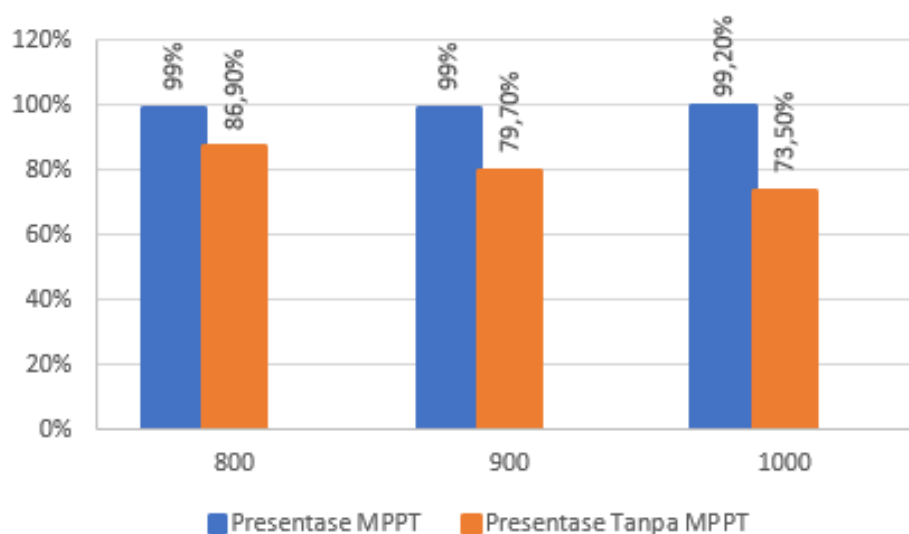
Tabel 4.3 Presentase MPPT dan Tanpa MPPT Perubahan Iradiasi

Irradiasi (W/m ²)	Power (W)		P _{max} PV (W)	Efisiensi (%)	
	MPPT	Tanpa MPPT		MPPT	Tanpa MPPT
800	158,4	139,1	160	99	86,9
900	178,2	143,6	180	99	79,7
1000	198,4	147	200	99,2	73,5
Rata-Rata				99,06	80,03

Berdasarkan tabel 4.3 menjelaskan presentase MPPT dan tanpa MPPT perubahan iradiasi, dapat dilihat efisiensi dari hasil pengujian dimasing-masing iradiasi dan efisiensi rata-rata. Efisiensi pada rangkaian yang menggunakan MPPT lebih tinggi dibanding efisiensi pada rangkaian yang tanpa MPPT. Efisiensi pada

rangkaian MPPT terlihat pada angka 99 % pada iradiasi 800 W/m², 99 % pada iradiasi 900 W/m² dan 99,2 % pada iradiasi 1000 W/m². Efisiensi pada rangkaian tanpa MPPT berada pada *range* 86,9 % pada iradiasi 800 W/m², 73,5 % pada iradiasi 900 % dan 80,3 % pada iradiasi 1000 W/m².

Rata-rata efisiensi pada rangkaian MPPT pada *range* 99,06 %, sedangkan tanpa MPPT pada *range* 80,03 %. Perbedaan dari keduanya sekitar 18,86 % lebih unggul MPPT dibanding tanpa MPPT, hal ini menunjukkan sudah tercapainya rangkaian MPPT ABC. Presentase pengujian perubahan iradiasi dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Presentase Pengujian Perubahan Iradiasi

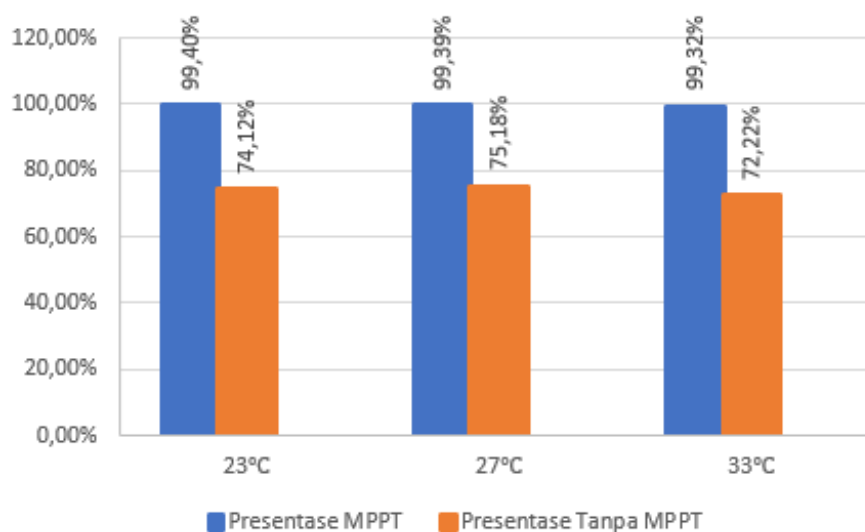
Berdasarkan Gambar 4.14 menjelaskan presentase pengujian perubahan iradiasi, hasil kedua presentasi di atas dapat dilihat bahwa persentasi pengujian dengan rangkaian MPPT lebih unggul dibanding dengan rangkaian yang tanpa MPPT. Hal ini menunjukkan algoritma *Artificial Bee Colony* (ABC) dan rangkaian pemodelan *converter* tipe cuk dalam pengujian ini telah berjalan dengan baik. Hal-hal yang kurang dalam pengubahan beban resistif pada *output* daya dikarenakan rangkaian ini menggunakan *setting* beban resistif pada *range* 12 Ω.

Presentase pada pengujian selanjutnya yaitu pada *input* data nilai suhu yang berubah dari 23 °C, 27 °C sampai 30 °C dan iradiasi tetap yaitu 1000 W/m² pada keadaan beban standar yaitu 12 Ω. Presentase MPPT dan tanpa MPPT perubahan suhu dapat dilihat pada Gambar 4.4.

Tabel 4.4 Presentase MPPT dan Tanpa MPPT Perubahan Suhu

Suhu (°C)	Power (W)		P _{max} PV (W)	Efisiensi (%)	
	MPPT	Tanpa MPPT		MPPT	Tanpa MPPT
23	199,8	149	201	99,4	74,12
27	196,8	145,1	198	99,39	75,18
33	191,7	139,4	193	99,32	72,22
Rata-Rata				99,37	73,84

Berdasarkan tabel 4.4 menjelaskan presentase MPPT dan tanpa MPPT perubahan suhu, dapat dilihat efisiensi dari hasil pengujian dimasing-masing suhu dan efisiensi rata-rata. Efisiensi pada rangkaian yang menggunakan MPPT lebih tinggi dibanding efisiensi pada rangkaian yang tanpa MPPT. Efisiensi pada rangkaian MPPT terlihat pada angka 99,4 % pada suhu 23 °C, 99,39 % pada suhu 27 °C dan 99,32 % pada suhu 33 °C. Efisiensi pada rangkaian tanpa MPPT berada pad *range* 74,2 % pada suhu 23 °C, 75,18 % pada suhu 27 °C dan 72,22 % pada suhu 33 °C. Rata-rata efisiensi pada rangkaian MPPT pada *range* 99,37 % sedangkan tanpa MPPT 73,84 %. Presentase pengujian perubahan suhu dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Presentase Pengujian Perubahan Suhu

Berdasarkan Gambar 4.15 menjelaskan presentase pengujian perubahan suhu, hasil kedua presentasi di atas dapat dilihat bahwa persentasi pengujian dengan rangkaian MPPT lebih unggul dibanding dengan rangkaian yang tanpa MPPT. Hal ini menunjukkan algoritma ABC dan rangkaian pemodelan *converter* tipe cuk dalam pengujian ini telah berjalan dengan baik.