

DESAIN SIMULASI *MAXIMUM POWER POINT TRACKING* (MPPT) MENGGUNAKAN METODE *INCREMENTAL CONDUCTANCE* (IC) PADA KONVERTER SEPIC (*SINGLE ENDED PRIMARY INDUCTANCE CONVERTER*)

Adithya Nik Chemenk¹, Abil Huda²

^{1,2} Universitas Borneo Tarakan, Tarakan, Kalimantan Utara, Indonesia

¹ aditchemenk03@gmail.com

² abyl6666@gmail.com

Abstract— *In recent years photovoltaic has become a tool used to generate electrical energy, this tool converts light and temperature energy into electrical energy, photovoltaic is very dependent on heat from the sun, so that photovoltaic works optimally, a converter needs to be added. The SEPIC converter is a converter that functions as a buck boost that can increase and decrease the input voltage, the SEPIC converter is regulated by a duty cycle, with a duty cycle of 24.3%. The SEPIC converter in this test managed to get the same power output as the calculation and simulation, which is 200 W. Photovoltaic connected directly to the battery produces power that is very far from optimal, so a SEPIC converter connected to photovoltaic is needed to make optimal results. The MPPT Incremental Conductance control system is the system used in this test, with resistors and batteries used as loads. In this test, the converter that uses a battery is the test that gets the most optimal results with 204 W of power.*

Keywords— *Photovoltaic, Konverter SEPIC, Incremental Conductance, Duty Cycle.*

Intisari— Dalam beberapa tahun terakhir *photovoltaic* menjadi alat yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik, alat ini mengkonversi energi cahaya dan suhu menjadi energi listrik, *photovoltaic* sangat bergantung dengan panas dari matahari, agar *photovoltaic* bekerja dengan maksimal perlu ditambahkan konverter. Konverter SEPIC adalah konverter yang berfungsi sebagai *buck boost* yang dapat menaik turunkan tegangan inputnya, konverter SEPIC diatur oleh *duty cycle*, dengan *duty cycle* 24.3 %. Konverter SEPIC pada pengujian ini berhasil mendapatkan hasil output daya yang sama dengan perhitungan dan simulasi yaitu 200 W. *Photovoltaic* yang dihubungkan langsung dengan baterai menghasilkan daya yang sangat jauh dari optimal, makanya diperlukan konverter SEPIC yang terhubung dengan *photovoltaic* untuk membuat hasilnya optimal. Sistem kendali MPPT *Incremental Conductance* adalah sistem yang digunakan pada pengujian ini, dengan resistor dan baterai yang digunakan sebagai beban. Pada pengujian ini konverter yang menggunakan baterai adalah pengujian yang mendapatkan hasil yang paling optimal dengan daya 204 W.

Kata Kunci—*Photovoltaic, Konverter SEPIC, Incremental Conductance, Duty Cycle.*

I. PENDAHULUAN

Di Indonesia terdapat beberapa pembangkit listrik, salah satunya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya

(PLTS). PLTS menggunakan alat yang bernama panel surya untuk mengkonversi energi cahaya dan suhu menjadi energi listrik. Panel surya adalah alat dari sel surya (*Photovoltaic*). Pengoperasian *photovoltaic* tidak membutuhkan banyak perawatan dan tidak menghasilkan polusi apapun sehingga tergolong ramah lingkungan, namun efisiensi *photovoltaic* sangat tergantung terhadap sinar matahari dan temperatur modul[1]. Untuk itu dibutuhkan sebuah rangkaian konverter DC-DC untuk meningkatkan efisiensi keluarannya[2].

Untuk itu konverter SEPIC hadir untuk mengatasi permasalahan tersebut, konverter SEPIC memiliki tegangan yang polaritasnya sama dengan tegangan inputnya SEPIC adalah konverter yang berfungsi menaikkan dan menurunkan tegangan masukannya tergantung kondisi *duty cyle* pada *switching* rangkaiannya. Sehingga dibutuhkan algoritma kontrol untuk mengatur *duty cyle* konverter tersebut [9]. *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) merupakan sistem kendali yang cocok digunakan karena terdapat beberapa metode yang dapat mengontrol *duty cyle* konverter antara lain P&O, IC, Fuzzy, PSO, GA, dst. Diantara semua metode yang disebutkan, metode IC adalah salah satu metode yang paling banyak digunakan karena sederhana dan murah [4]. Algoritma yang akan digunakan pada penelitian ini adalah *incremental conductance* (IC). Algoritma tersebut memiliki performa yang lebih baik dibanding dengan algoritma P&O [11] MPPT IC dapat mencari titik daya maksimal lebih akurat dengan respon yang lebih cepat

Berdasarkan permasalahan diatas, Penelitian ini bertujuan untuk mendesain dan mensimulasikan MPPT menggunakan algoritma *Incremental Conductance* pada konverter SEPIC yang bertujuan untuk mencari titik daya maksimum.

II. LANDASAN TEORI

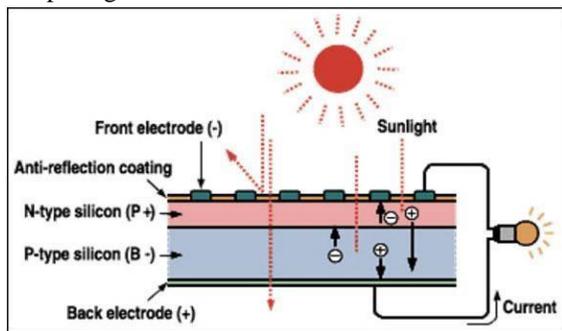
A. *Photovoltaic*

photovoltaic terdiri dari dua kata yaitu *photo* dan *volta*. *Photo* berarti cahaya (dari Bahasa Yunani yaitu *phos*, *photos*: cahaya) dan *volta* (berasal dari nama Alessandro Volta seorang fisikawan italia yang hidup antara tahun 1745- 1827) yang berarti unit tegangan listrik. Kata *photovoltaic* biasa disingkat dengan PV. *Photovoltaic* adalah teknologi yang menghasilkan tenaga listrik DC (*direct current*) dari bahan semikonduktor ketika terpapar

oleh foton. Selama cahaya menyinari solar cell (nama untuk individual elemen *photovoltaic*), maka akan menghasilkan tenaga listrik. Ketika tidak ada cahaya, energi listrik juga berhenti dihasilkan[8]. komponen penting dalam sistem ini yang berfungsi sebagai pengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik.

B. Prinsip Kerja *Photovoltaic*

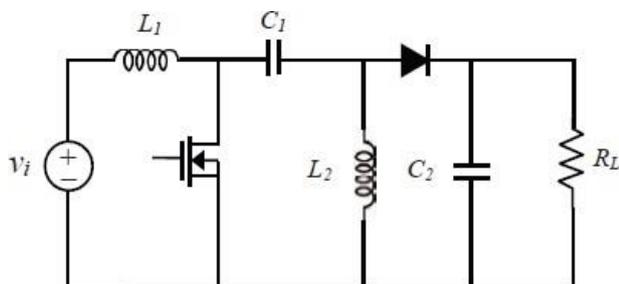
Prinsip kerja dari *photovoltaic* adalah Energi foton pada cahaya matahari ini menghasilkan energi kinetik yang mampu melepaskan elektron-elektron ke pita konduksi sehingga menimbulkan arus listrik. Energi kinetik akan makin besar seiring dengan meningkatnya intensitas cahaya dari matahari. Intensitas cahaya matahari tertinggi diserap bumi di siang hari sehingga menghasilkan tenaga yang diserap bumi, ada sekitar 120.000 terra Watt. Jenis logam yang digunakan juga akan menentukan kinerja dari pada sel surya[3]. Proses pelepasan elektron dapat dilihat seperti pada gambar berikut.



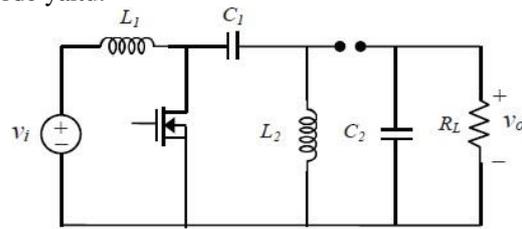
Gambar 1. Prinsip Kerja *Photovoltaic*

C. Koverter SEPIC

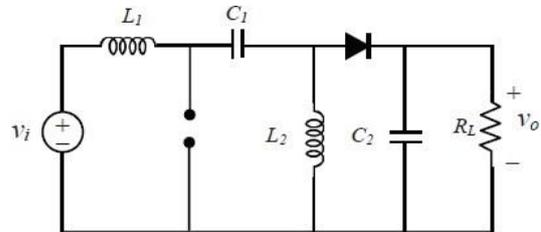
SEPIC (*Single Ended Primary Inductance Converter*) merupakan konverter jenis Buck Boost yang dapat menurunkan dan menaikkan tegangan inputnya. Berbeda dengan Buck Boost dan Cuk konverter. SEPIC memiliki polaritas keluaran tegangan yang sama dengan inputnya serta memiliki stress tegangan yang tinggi, sehingga dapat diandalkan untuk pengoperasian dengan jangkauan tegangan yang lebar. Selain itu SEPIC juga memiliki *equivalen series resistor* (ESR) yang rendah dari kapasitor koplingnya dibandingkan buck boost konverter sehingga dapat mengurangi ripple dan panas pada komponennya[4]. SEPIC bekerja berdasarkan *duty cycle*. *Duty Cycle* adalah angka yang bernilai antara 0 sampai 1. *Duty cycle* yang bernilai 0-0,49 akan menghasilkan tegangan keluaran yang lebih kecil dari tegangan masukan. *Duty cycle* yang bernilai 0,5-1 akan menghasilkan tegangan yang lebih besar dari tegangan masukan [6].



Gambar 2. Rangkaian Konverter SEPIC
Secara sederhana prinsip kerja konverter ini terbagi atas 2 mode yaitu:



Gambar 3. Rangkaian Konverter SEPIC Switch on



Gambar 4. Rangkaian Konverter SEPIC switch off

Berikut Persamaan untuk menghitung nilai komponen yang digunakan pada konverter SEPIC [5]:

1. Untuk mencari nilai *Duty cycle*

$$D = \frac{V_o}{V_o + V_i} \tag{1}$$

2. Untuk mencari nilai Induktor

$$L1 = L2 = \frac{V_i D}{\Delta I L F_s} \tag{2}$$

3. Untuk mencari nilai Kapasitor

$$C1 = C2 = \frac{V_o \cdot D}{R \cdot \Delta V_o \cdot F_s} \tag{3}$$

- V_o : tegangan output (V)
- V_i : tegangan input (V)
- F_s : frekuensi switching (Hz)
- $\Delta I L$: arus ripple (A)
- ΔV_o : ripple tegangan keluar (A)
- D : *duty cycle*
- R : resistansi beban (ohm)
- C : kapasitor (F)
- L : inductor (H)

D. MPPT (*Maximum Power Point Tracking*)

MPPT ialah suatu metode penjejakan atau *tracking* untuk memperoleh daya maksimum yang berasal dari modul *photovoltaic*, pada kondisi lingkungan tertentu. MPPT pada umumnya tersusun atas konverter DC-DC, controller, dan sensor. Konverter DC-DC ialah penghubung antara panel *photovoltaic* dengan beban entah itu aki atau baterai. Pada sistem MPPT, konverter DC-DC berfungsi untuk mengubah-ubah nilai tegangan masukan yang berasal dari *photovoltaic* berdasarkan nilai *duty cycle* yang diterima yang berasal dari algoritma MPPT. Untuk mendapatkan nilai *duty cycle* yang tepat dan sesuai maka diterapkanlah sebuah sistem kontrol yang dinamakan algoritma penjejakan atau algoritma MPPT.

Algoritma penjejukan itu sendiri bekerja berdasarkan informasi dari sensor. Informasi tersebut berupa arus, tegangan, dan daya panel *photovoltaic* [7].

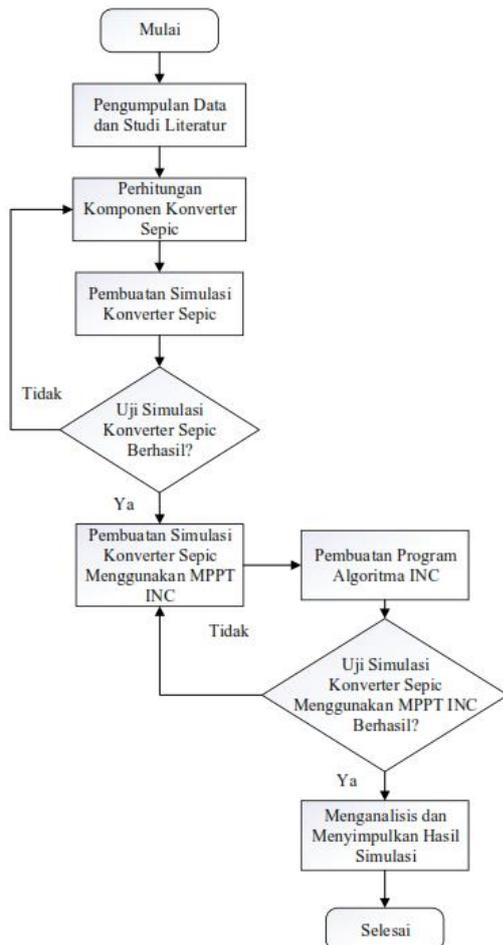
E. *Incremental Conductance* (IC)

Algoritma *Incremental conductance* merupakan salah satu metode MPP tracking. Algoritma ini menggunakan pengukuran *incremental* pada perubahan konduktansi pada generator, baik sel surya maupun termoelektrik. Dengan membandingkan pengukuran *incremental*, dapat diketahui perubahan daya tegangan maupun arus yang disebabkan perubahan temperatur pada *photovoltaic*. *Incremental conductance* didefinisikan sebagai (dI/dV) . Dengan mendapatkan nilai konduktansi nyata dari modul *photovoltaic*, maka dapat diketahui MPP (titik maksimum) titik operasi berada. IC dapat mencari lebih cepat terhadap peningkatan dan penurunan tingkat kecerahan sehingga memiliki akurasi yang lebih baik [10].

III. METODE PENELITIAN

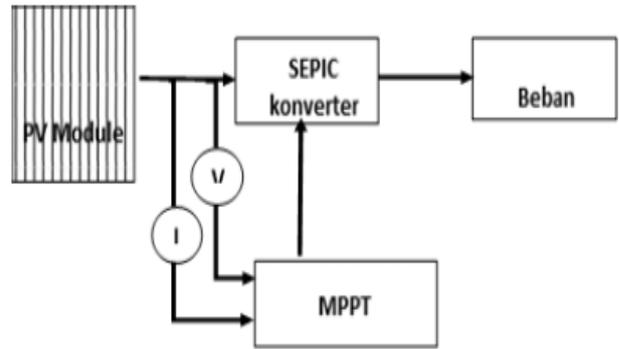
A. Tahapan Penelitian

Secara umum tahapan penelitian rancang bangun tertuang dalam Gambar 5 Penelitian dimulai dengan mencari literatur yang berhubungan dengan topik penelitian yang akan dilaksanakan. Dari hasil literatur dilakukan perhitungan komponen dan dari hasil tersebut dilakukan pembuatan simulasi, setelah itu dilakukan pengujian terhadap simulasi.



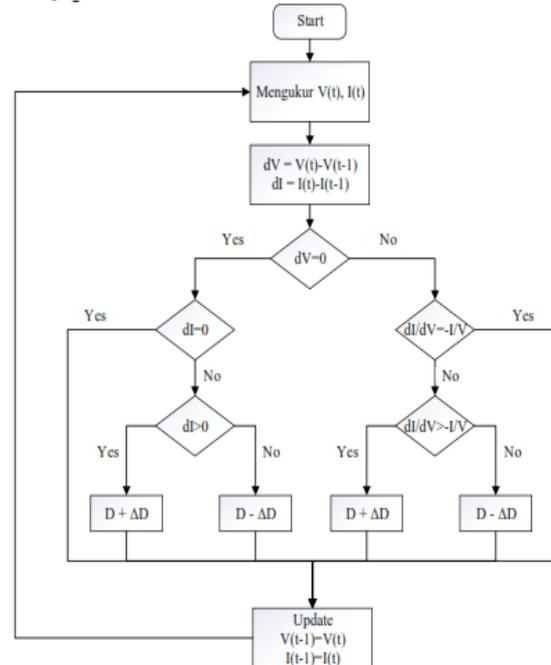
Gambar 5. Alur Penelitian

B. Desain Blok Sistem



Gambar 6. Blok Sistem

C. Diagram Alir MPPT *Incremental Conductance*



Gambar 7. Algoritma *Incremental Conductance*

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

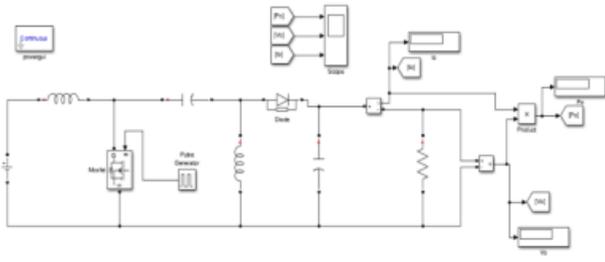
A. Pengujian Konverter SEPIC

Tabel I

Hasil Perhitungan Komponen

Komponen	Nilai
<i>Duty Cycle</i>	24.3%
L1 (Induktor 1)	3.634 mH
L2 (Induktor 2)	3.634 mH
C1 (Kapasitor 1)	8.1 mF
C2 (Kapasitor 2)	8.1 mF
Cs (Kapasitor Sumber)	10 nF
R (Resistor Beban)	0.72 ohm

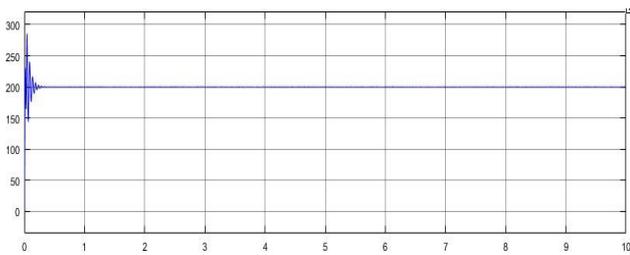
Setelah didapatkan hasil perhitungan komponen selanjutnya nilai tersebut dimasukkan pada pemodelan konverter SEPIC,



Gambar 8. Konverter SEPIC

Tabel II
Hasil Pengujian Konverter SEPIC

Parameter	Nilai
Po	200 W
Vo	12.0 V
Io	16.66 A



Gambar 9. Gelombang Daya Keluaran Konverter SEPIC

Pada gambar diatas merupakan gelombang daya keluaran konverter SEPIC. Daya yang dihasilkan pada percobaan pengujian ini adalah sebesar 200 W. Hasil yang didapatkan sesuai dengan parameter yang diinginkan.

Selanjutnya adalah pengujian *duty cycle* converter SEPIC, pengujian ini menggunakan *duty cycle* 10% - 90%, tujuan dari pengujian ini untuk melihat apakah ada perubahan ketika *duty cycle* diubah pada rangkaian konverter SEPIC. Berikut hasil pengujian *duty cycle* konverter SEPIC.

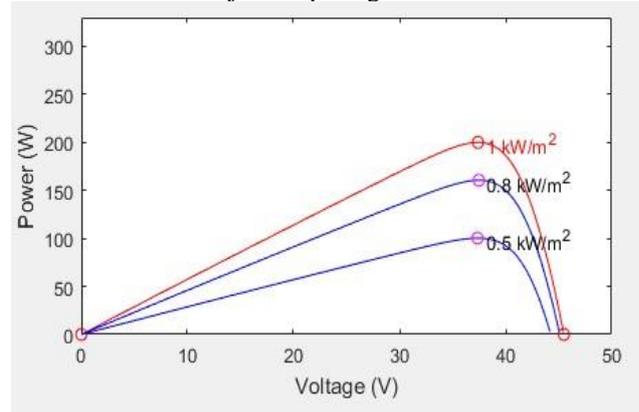
Tabel III
Hasil Pengujian *Duty Cycle*

<i>Duty Cycle</i>	Hasil Simulasi		
	Po	Vo	Io
10	23.97	4.154	5.77
20	121.3	9.346	12.98
30	356.2	16.01	22.24
40	860.4	24.89	34.57
50	1,939	37.37	51.9
60	4,365	56.06	77.87
70	10,566	87.22	121.1
80	31,067	149.6	207.7
90	157,078	336.3	467.1

Pada tabel diatas merupakan hasil pengujian pengaruh *duty cycle* terhadap daya keluaran, tabel tersebut menunjukkan adanya kenaikan nilai daya yang dimana semakin besar nilai *duty cycle* maka semakin besar nilai daya yang dihasilkan, ini menunjukkan *duty cycle* berbanding lurus dengan daya keluaran. Daya keluaran paling besar dihasilkan ketika *duty cycle* 90% adalah 157,078 W.

B. Pengujian *Photovoltaic*

Hasil pengujian simulasi sistem *photovoltaic* yang dibuat dengan menggunakan modul *Solarland USA SLP200S-24H* ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 10. Kurva karakteristik P – V *photovoltaic*

Gambar 10 merupakan hasil plot sistem yang ada pada *photovoltaic*. Plot ini yang akan menjadi acuan pada penelitian ini. *Photovoltaic* ini menggunakan temperature 25°C dengan tingkat intensitas cahaya 1000 W/m², 800 W/m² dan 500 W/m². Pada intensitas cahaya 1000 W/m² daya yang dihasilkan sebesar 200 Watt, pada intensitas cahaya 800 W/m² menghasilkan daya sebesar 160Watt dan pada intensitas cahaya 500 W/m² menghasilkan daya sebesar 100 Watt.

Berikut adalah hasil dari pengujian *photovoltaic* ketika intensitas cahaya 1000 W/m² dan suhu 25 °C.

Tabel IV
Data Hasil *Photovoltaic* dengan *datasheet*

Parameter	Datasheet	Hasil Simulasi	Error
Pmax	200.2 W	200.2 W	0%
Vmpp	37.39 V	37.36 V	3%
Impp	5.35 A	5.358 A	0.8%

Tabel IV menunjukkan adanya *error* antara hasil pengujian dengan *datasheet*. Nilai *error* tertinggi terdapat pada tegangan senilai ± 3%. Nilai *error* yang diperoleh masih dalam batas toleransi yang ada pada *datasheet* yang mengacu pada tabel spesifikasi. Hal ini menjelaskan model matematis dan simulasi sudah baik dan dapat digunakan. Berikut adalah gambar gelombang pada keluaran *photovoltaic* yang berupa daya, tegangan dan arus.

C. Pengujian *Photovoltaic* dan Konverter SEPIC Tanpa MPPT

Pada pengujian ini bertujuan melihat hasil dari keluaran *photovoltaic* yang dihubungkan dengan konverter SEPIC tetapi belum menggunakan MPPT INC, berikut adalah hasil keluaran pengujian *photovoltaic* dan konverter SEPIC tanpa menggunakan MPPT

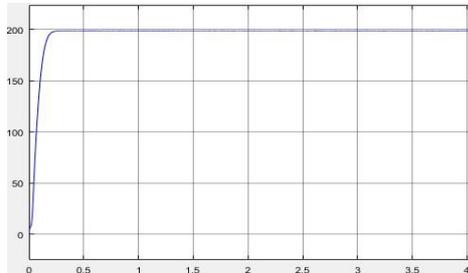
Pada Tabel V dibawah hasil pengujian *photovoltaic* dan konverter SEPIC tanpa MPPT tidak jauh berbeda dengan *datasheet* yang digunakan. Daya keluaran yang dihasilkan adalah 199W, dengan tegangan dan arus

sebesar 11.97 V dan 16.63 A. Hasil ini dipengaruhi karena adanya penambahan kapasitor input sebagai filter.

Tabel V
Hasil Pengujian *Photovoltaic* dan konverter SEPIC tanpa MPPT

Parameter	Hasil Uji
Po	199 W
Vo	11.97 V
Io	16.63 A

Berikut adalah gambar gelombang keluaran converter SEPIC:



Gambar 11. Hasil Daya Keluaran konverter SEPIC

Pada gambar 11 Hasil pengujian konverter SEPIC menghasilkan gelombang daya keluaran yang naik tanpa adanya *overshoot* yang berlebihan. Daya yang dihasilkan pada pengujian tersebut sebesar 199 W.

D. Pengujian *Photovoltaic* dan Konverter SEPIC Menggunakan MPPT.

- Pengujian Resistor Sebagai Beban

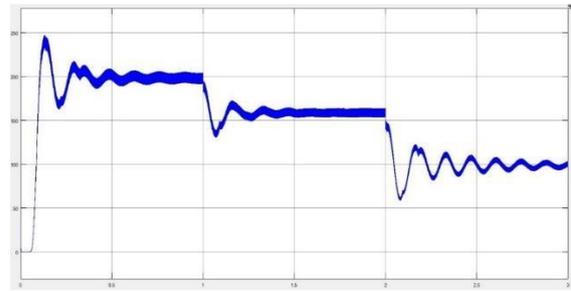
Pengujian Resistor sebagai beban bertujuan untuk menyesuaikan gambar 10, gambar ini merupakan plot yang berfungsi untuk landasan skripsi ini, alasan adanya pengujian ini dikarenakan hasil pengujian tidak sesuai dengan hasil yang diinginkan. Untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan gambar, resistor yang digunakan diubah menggunakan rumus hukum ohm yaitu $V=IR$, sedangkan untuk mendapatkan nilai arus menggunakan rumus daya yaitu $P=VI$. Pada pengujian ini menggunakan intensitas cahaya 1000, 800, dan 500 W/m².

Tabel VI
Pengujian Resistor sebagai Beban

Intensitas Cahaya	Resistor	Po	Vo	Io
1000	0.72	197	11.91	16.54
	0.72	133.5	9.803	13.62
800	0.9	157.8	11.92	13.24
	0.72	53.23	6.19	8.595
500	1.44	98.17	11.89	8.257

- Pengujian Menggunakan Baterai

Dalam penelitian ini resistor yang digunakan sebagai beban, akan digantikan dengan baterai. Baterai yang digunakan adalah baterai DC yang berfungsi untuk mendapatkan daya yang ideal meskipun intensitas cahaya berubah – ubah. Pengujian kali ini masih sama menggunakan intensitas cahaya 1000, 800, dan 500 W/m². Baterai yang digunakan adalah baterai DC 12 V dan resistor sebesar 1 mΩ. Berikut adalah hasil pengujian menggunakan baterai



Gambar 12. Pengujian menggunakan Baterai

Pada gambar 12 Pengujian ini berfokus bagaimana hasil gelombang daya keluaran jika intensitasnya berubah – ubah dalam 1 detik, dikarenakan cuaca kadang berubah khususnya kota Tarakan, dimana cuaca yang tidak bisa ditebak setiap saat.

Pada Gambar 12 Terlihat setiap detik terjadi perubahan yang menyebabkan daya keluaran yang dihasilkan turun dikarenakan pengujian ini menggunakan intensitas cahaya 1000, 800 dan 500 W/m² yang di running bersamaan. Semakin besar nilai intensitas cahayanya maka semakin cepat stabil gelombang, begitupun sebaliknya semakin kecil nilai intensitas cahaya maka semakin lama gelombang tersebut untuk stabil.

Berikut adalah tabel hasil pengujian menggunakan baterai.

Tabel VII
Hasil pengujian menggunakan baterai

Intensitas Cahaya	Po	Vo	Io
1000	204.2	12.17	16.65
800	161.5	12.13	13.06
500	101.1	12.08	8.37

Dari hasil tabel 7 Daya keluaran yang dihasilkan sesuai dengan *datasheet*, meskipun adanya penambahan pada nilai daya keluaran, hal ini terjadi karena adanya penambahan baterai. Baterai juga menyebabkan tegangan output menjadi tetap dan hanya arusnya saja yang berubah.

E. Analisis Perbandingan *Photovoltaic* Tanpa MPPT dan Menggunakan MPPT *Incremental Conductance*
Pembahasan kali ini adalah menganalisis perbandingan kinerja *photovoltaic* tanpa MPPT dan menggunakan MPPT *Incremental Conductance*, hal ini bisa kita lihat pada tabel berikut ini:

Tabel VII
Hasil Pebandingan keluaran tanpa MPPT dan menggunakan MPPT

Suhu (°C)	Intensitas	Tanpa MPPT			MPP		
		P	V	I	P	V	I
25	1000	199	11.97	16.63	204.2	12.17	16.65
	500	56.3	6.371	8.849	101.1	12.08	8.37
30	1000	195	11.85	16.46	202.3	12.12	16.69
	500	56.6	6.388	8.872	100.8	12.4	8.12
35	1000	190.	11.71	16.27	201.2	12.9	15.59
	500	56.9	6.403	8.894	101.1	12.3	8.21

Pada Tabel 8 Merupakan tabel perbandingan hasil keluaran *photovoltaic* dan konverter SEPIC tanpa menggunakan MPPT dan menggunakan MPPT. Pada pengujian tanpa menggunakan MPPT daya, tegangan dan arus semakin menurun, bisa dilihat pada tabel diatas ketika suhu 25°C, 30°C dan, 35°C berbeda. Ketika suhu 25°C dengan intensitas cahaya 1000 W/m² daya yang dihasilkan sebesar 199 W, suhu 30°C dengan intensitas cahaya 1000 W/m² daya yang dihasilkan sebesar 195 W, dan suhu 35°C dengan intensitas cahaya 1000 W/m² daya yang dihasilkan sebesar 190.5 W. Begitu pula tegangan dan arusnya menurun.

Pada pengujian menggunakan MPPT daya dan arus semakin menurun, tetapi tegangan tetap stabil, dikarenakan adanya penambahan baterai. Baterai membuat tegangan output tetap dan hanya arusnya yang berubah – ubah. Ketika suhu 25°C dengan intensitas cahaya 1000 W/m² daya yang dihasilkan sebesar 204.2 W, suhu 30°C dengan intensitas cahaya 1000 W/m² yang dihasilkan sebesar 202.3 W dan suhu 35°C dengan intensitas cahaya 1000 W/m² daya yang dihasilkan sebesar 201.2 W.

Dari dua percobaan diatas dapat disimpulkan bahwa pengujian *photovoltaic* dan converter SEPIC menggunakan MPPT merupakan pengujian yang sangat bagus dan optimal.

V. KESIMPULAN

Penelitian yang dilakukan tentang sistem kendali MPPT pada *photovoltaic* menggunakan konverter SEPIC dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Konverter SEPIC adalah konverter yang berfungsi sebagai *buck boost* yang dapat menaik turunkan teganganinputnya, konverter SEPIC diatur oleh *duty cycle*. Konverter SEPIC pada pengujian ini berhasil mendapatkan hasil output daya yang sama dengan perhitungan dan simulasi yaitu 200 W.
2. *Photovoltaic* yang dihubungkan langsung dengan baterai menghasilkan daya yang sangat jauh dari kata optimal, makanya diperlukan konverter SEPIC yang terhubung dengan *photovoltaic* untuk membuat hasilnya optimal.
3. Sistem kendali MPPT *Incremental Conductance* adalah sistem yang digunakan pada pengujian ini, dengan resistor dan baterai yang digunakan sebagai beban. Pada pengujian ini konverter yang menggunakan beban baterai adalah pengujian yang mendapatkan hasil yang paling optimal dengan daya 204 W.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terlaksananya penelitian ini tidak terlepas dari berbagai pihak yang mendukung. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kepada Allah SWT yang telah memberikan kesehatan jasmani dan rohani untuk menyelesaikan penelitian ini.
2. Bapak Abil Huda, S.T., M.T sebagai pembimbing yang telah memberikan banyak bimbingan, arahan, dan motivasi dengan penuh kesabaran dan ketelitian agar skripsi ini menjadi lebih baik mulai dari persiapan dan selama penelitian hingga penyusunan akhir.

3. Orang tua, adik serta keluarga lain yang telah memberikan motivasi, bantuan materil, pemikiran untuk menyelesaikan kuliah.

REFERENSI

- [1] Aditayan, N. (2015). Karakterisasi Panel Surya Model SR-156P-100 Berdasarkan Intensitas Cahaya Matahari.
- [2] Arifin, B. (2016). Desain Dan Implementasi Penaik Tegangan Menggunakan Kombinasi KY Converter Dan Buckboost Converter. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [3] Arrasyid, A. H., Notoedjono, D., Subagya, H., Dasar, T., Studi, P., Elektro, T., & Pakuan, F. T. (2017). Analisis perencanaan penerangan jalan umum dan lampu taman berbasis *photovoltaic* di universitas pakuan bogor. *Fakultas Teknik Universitas Pakuan*, 1–10.
- [4] Djilali, A., HEMICI, B., & Yahdou, A. (2017). MODIFIED PERTURB AND OBSERVE MPPT CONTROL FOR AVOID DEVIATION IN PHOTOVOLTAIC SYSTEMS. *Journal of Electrical Engineering*.
- [5] Gozali, M. S. (2013). Perbandingan Konverter CUK dan SEPIC Untuk Pelacakan Titik Daya Maksimum Berbasis Panel Surya. *Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Batam*, 5(1), 15–19
- [6] Huda, A. (2021). Pemodelan dan Simulasi Maximum Power Point Tracking Menggunakan Adaptif Neuro Fuzzy Inference System Pada Aplikasi Fotovoltaik Dengan Konverter SEPIC. Universitas Borneo Tarakan.
- [7] Isman, A. (2017). *Implementasi Teknik Maximum Power Point Tracking (Mppt) Pada Sistem Penjejak Matahari Berbasis Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (Anfis)*. 5–7.
- [8] Myori, D. E., Mukhaiyar, R., & Fitri, E. (2019). Sistem Tracking Cahaya Matahari pada Photovoltaic. *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi*, 19(1), 9–16. <https://doi.org/10.24036/invotek.v19i1.548>
- [9] Rose, J. L., & Sankaragomathi, B. (2016). Design, modeling, analysis and simulation of a SEPIC converter. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 24(7), 2302–2308.
- [10] Rose, J. L., & Sankaragomathi, B. (2016). Design, modeling, analysis and simulation of a SEPIC converter. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 24(7), 2302–2308. [10] Saleh, A., Hadi, W., & Anwar, M. C. (2017). Desain Kontrol Maximum Power Point Traker (Mppt) Menggunakan Incremental Conductance (Inc) Pada Dc / Dc Tipe Sepic. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah, November*, 1–8.
- [11] William, C. I., & Ramesh, R. (2013). Comparative study of P&O and InC MPPT algorithms. *American Journal of Engineering Research*, 2(12), 402–408.