

DESAIN KONTROL *MAXIMUM POWER POINT TRAKER* (MPPT) MENGGUNAKAN *INCREMENTAL CONDUCTANCE* (INC) PADA DC/DC TIPE *SEPIC*

Azmi Saleh^{1*}, Widyono Hadi², Mohamad Choirul Anwar³

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Jember

Jl. Kalimantan No. 37 Jember, 68121

*Email : azmi2009@gmail.com

ABSTRAK

Maximum Power Point Tracking (MPPT) adalah metode yang menjamin daya yang dihasilkan dalam sistem fotovoltaik (PV) dioptimalkan dalam berbagai kondisi. Desain kontrol MPPT digunakan untuk mencari titik daya maksimum dengan menaikkan dan menurunkan tegangan menggunakan konverter DC/DC tipe SEPIC. Pada penelitian ini kontrol MPPT menggunakan *Incremental Conductance* (InC) dengan melihat perubahan tegangan dan daya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa performa konverter sangat dipengaruhi oleh *duty cycle*. Kontrol MPPT yang ditambahkan pada konverter DC/DC tipe SEPIC dapat meningkatkan daya yang ditransfer ke beban. Efisiensi terbesar terjadi pada saat beban 61 ohm yaitu sebesar 48%.

Kata kunci: MPPT, konverter DC/DC tipe SEPIC, *Incremental Conductance* (InC)

ABSTRACT

Maximum Power Point Tracking (MPPT) is a method that ensures the power generated in photovoltaic systems (PV) optimized under various conditions. MPPT control design used to find the maximum power point by increasing and decreasing the voltage using the SEPIC DC / DC converter. In this research, MPPT control uses *Incremental Conductance* (InC) by looking at voltage and power changes. The results show that the performance of the converter strongly influenced by the duty cycle. The MPPT controls added to the SEPIC type DC / DC converter can increase the power transferred to the load. The greatest efficiency occurs when the 61 ohm load is 48%.

Keywords : MPPT, converter DC/DC tipe SEPIC, *Incremental Conductance* (InC)

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan bagian yang tidak terpisahkan bagi kehidupan manusia saat ini. Terlebih didukung dengan perkembangan teknologi yang semakin maju mengharuskan manusia untuk senantiasa berinovasi untuk mengikuti segala dinamika perubahan atas perkembangan yang ada, salah satunya dengan memenuhi kebutuhan energi khususnya energi listrik. Hal ini dikarenakan, semakin berkembangnya kehidupan manusia maka kebutuhan energi listrik juga akan semakin meningkat. Namun peningkatan kebutuhan energi listrik yang tidak diimbangi dengan pemenuhan energi listrik tersebut menyebabkan berbagai permasalahan mengenai krisis energi listrik.

Berdasarkan proyeksi kebutuhan listrik penduduk Indonesia hingga tahun 2024 nanti yakni mencapai 50.000 MW, namun hingga

saat ini kebutuhan tersebut masih belum mencukupi sesuai proyeksi yang ada. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan listrik penduduk Indonesia, maka pemerintah membangun mega proyek 35.000 MW, yang merupakan proyeksi PLN hingga tahun 2024. Namun melihat kondisi pada tahun 2015 yang masih sekitar 84 % rasio elektrifikasi, serta akan sangat mungkin nilai tersebut akan meningkat seiring bertambahnya penduduk maka Indonesia perlu digencarkan pembangunan khususnya energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan. Sehingga diharapkan rasio elektrifikasi dapat meningkat hingga keseluruhan daerah di Indonesia bisa teralisi listrik.

Banyak sekali potensi energi yang dapat dimanfaatkan masyarakat Indonesia, salah satu sumber energi terbarukan adalah geotermal. Salah satu pemanfaatannya yaitu dengan menggunakan TEG. Kemudian energi gas

buang yang hingga saat ini dibuang percuma di lingkungan hanya memberikan efek negatif saja, sehingga TEG yang memanfaatkan perbedaan suhu dapat memanfaatkan energi buangan tersebut. Disamping itu, kondisi lingkungan saat ini juga sangat mendukung dikembangkannya TEG, dikarenakan 66% energi panas terbuang percuma, diantaranya berasal dari, pabrik, industri, transportasi, dsb.

Pada pembangkitan energi listrik, TEG tidak menimbulkan polusi, sehingga lebih ramah lingkungan (Mamur & Ahiska, 2015). Sehingga untuk alasan inilah, TEG semakin dikembangkan karena potensi yang cukup besar dan TEG merupakan sumber energi yang fleksible, karena bisa memanfaatkan semua jenis panas. tidak seperti panel surya yang hanya memanfaatkan cahaya pada siang hari, sedangkan pada malam hari, tidak dapat menghasilkan energi. Sedangkan TEG dapat bekerja sepanjang waktu untuk dapat menghasilkan energi. Rendahnya efisiensi disebabkan perubahan temperatur yang menyebabkan energi yang dihasilkan juga berubah-ubah. Sehingga perlu ada cara khusus agar dapat menghasilkan energi lebih maksimal.

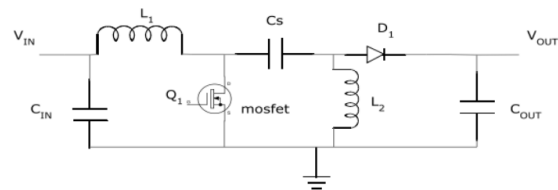
Dengan permasalahan tersebut, digunakanlah MPPT atau *maximum power point tracker* dengan memanfaatkan DC/DC tipe SEPIC untuk memaksimalkan daya yang dihasilkan oleh generator termoelektrik. Sehingga potensi pemanfaatan energi panas gas buang sangat besar untuk memenuhi kebutuhan energi. Disamping itu generator termoelektrik akan menjadi terobosan sumber energi alternatif dengan hanya memanfaatkan energi panas gas buang.

1. DC/DC Tipe Sepic

SEPIC (*Single Ended Primary Inductor Converter*) merupakan salah satu jenis konverter yang dapat menjadi *step up* maupun *step down* dengan cara mengatur *duty cycle* pada kaki gate mosfet. Untuk *duty cycle* diatas 0.5 maka konverter bekerja sebagai *step up* sedangkan ketika *duty cycle* dibawah 0.5 maka konverter berlaku sebagai *step down*. Dari keseluruhan jenis konverter semua karakteristik dimiliki oleh SEPIC. Desain yang berbeda terdapat pada komponen aktif maupun pasif. Dengan keluaran *non inverting*, *low equivalent series resistance* (ESR) dari kapasitor yang di kopel sehingga mimin riple

dan mencegah pemanasan berkebih pada komponen karena bekerja terlalu keras. Sehingga memiliki jangkauan yang cukup luas dalam pengoperasiannya.

SEPIC dibuat atas dasar pengembangan konverter jenis sebelumnya, yakni *buck*, *boost*, *buck-boost*, dan CUK. Konverter topologi ini adalah perbaikan dari topologi konverter DC-DC tipe cuk. SEPIC *converter* merupakan *non-inverting dc-dc converter* dan dapat menghasilkan tegangan diatas maupun dibawah dari tegangan masukan. Masukan arus adalah *non-pulsating*, tetapi arus keluaran berupa *pulsating*. Nama SEPIC merupakan singkatan dari *single-ended primary inductance con-verter* (Eakburanawat & Boonyaroonate, 2010)



Gambar 1. Konverter DC-DC tipe SEPIC (Ranjan & Kumar, 2013)

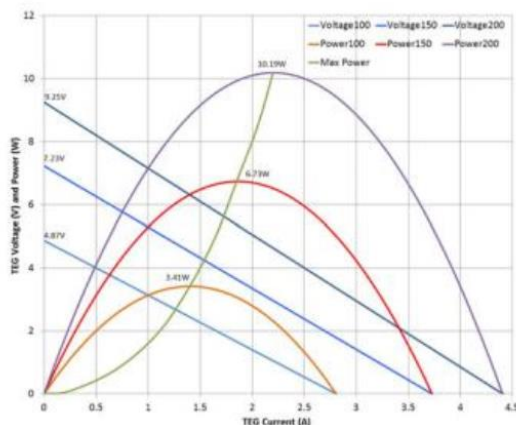
SEPIC konverter bekerja layaknya *buck-boost* konverter. Rangkaian pada gambar 2.14 terlihat bahwa terdapat 2 induktor dan 2 kapasitor yang dikopling. Sehingga keluaran dari konverter tidak *inverting*. Mode operasi yang dimanfaatkan pada konverter jenis SEPIC yaitu mode CCM (*Continous Conduction Mode*). Yaitu kondisi yang terjadi ketika arus yang melalui induktor L1 tidak pernah bernilai nol. Pada saat kondisi steady state, rata-rata tegangan pada kapasitor adalah sama dengan tegangan masukan (V_{in}) sedangkan pada kapasitor C_S arus diblok sehingga arus yang melewatinya sama dengan nol. Sedangkan L2 bertindak sebagai sumber arus beban.

2. Maximum Power Point Tracker (MPPT)

Maximum power point tracker (MPPT) merupakan sebuah teknik atau metode yang digunakan pada kontroler *charger* yang biasanya digunakan pada pembangkit tenaga angin, dan *solar cell* dimana berfungsi untuk memaksimalkan daya keluaran bagi sistem tersebut (Wikipedia.org). Untuk solar cell memiliki konfigurasi yang berbeda. Pada umumnya tipe dasar yaitu dimana daya dari panel surya dikontrol menggunakan kontroler

dan diteruskan ke baterai, kemudian di *inverter* dan dapat di teruskan ke jala-jala PLN.

Penerapan MPPT pada generator termoelektrik menyesuaikan beban virtual pada modul termoelektrik atau beban internal pada modul dengan cara merubah *duty cycle* pada modul konverter (Montecucco, 2015). Algoritma MPPT akan mencari titik maksimum daya yang dihasilkan oleh generator termoelektrik. Dengan cara menyesuaikan perubahan arus, tegangan, daya maka MPPT akan dapat menentukan titik kerja maksimum dengan mengatur konverter melalui *duty cycle*. Sehingga generator jauh lebih efisien dibanding dengan tanpa MPPT. Gambar 2.19 merupakan karakteristik modul TEG.



Gambar 2. Karakteristik Dari Modul TEG (Montecucco & Andrea, 2015)

Titik daya maksimum yang dihasilkan generator termoelektrik akan berubah ubah tiap waktu. Yaitu tergantung pada perbedaan temperatur pada sisi dingin dan sisi panas. Besar tegangan dan arus juga akan berubah menyesuaikan besar perbedaan temperatur pada modul TEG yang digunakan. sehingga algoritma MPPT akan menyesuaikan dan mencari titik daya maksimum dari perubahan beda temperatur.

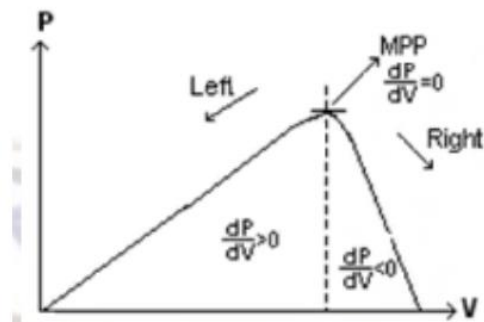
Penelitian mengenai penggunaan MPPT seringkali pada sel surya, dan secara luas bisa diaplikasikan pada generator termoelektrik. Ada 3 jenis metode yang sering digunakan, yaitu P&O, InC, dan Fractional open/short-circuit *voltage/current*. P&O merupakan metode Hill Climbing. Yang mana memiliki arti kedua metode tersebut beroperasi dengan mengukur daya pada daerah operasi titik ke titik lainnya dan mengukur daya pada titik

tersebut. Jika daya meningkat kemudian algoritma akan menjaga pada titik operasi yang sama. Perbedaan keduanya terletak pada capaian menuju maksimum *power point*. Yang mana akan berubah ubah disekitar titik tersebut (Ian Laird, 2013).

3. Incremental conductance (InC)

Algoritma *Incremental conductance* merupakan salah satu metode MPP tracking. Algoritma ini menggunakan pengukuran *incremental* pada perubahan konduktansi pada generator, baik termoelektrik maupun sel surya. Dengan membandingkan pengukuran *incremental*, dapat diketahui perubahan perubahan daya tegangan maupun arus yang disebabkan perubahan temperatur pada generator termoelektrik.

Incremental conductance didefinisikan sebagai (dI_{tg} / dV_{tg}). Dengan mendapatkan nilai konduktansi nyata dari modul termoelektrik, maka dapat diketahui MPP (titik maksimum) titik operasi berada. Inc dapat mencari lebih cepat terhadap peningkatan dan penurunan tingkat kecerahan sehingga memiliki akurasi yang lebih baik dari pada P&O. namun kelemahannya yaitu peningkatan yang kompleks ketika dibandingkan dengan P&



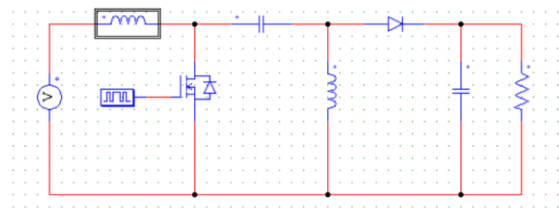
Gambar 3. Grafik *Incremental conductance* (Lokanadham & Bhaskar, 2012)

Gambar 3 menunjukkan kondisi kerja algoritma MPPT untuk mencari nilai titik MPP pada tiap kondisi. Ketika nilai *conductance* bernilai nol, maka algoritma akan mempertahankan posisi pada titik MPP. Namun ketika bernilai lebih dari nol, maka algoritma akan mendeteksi nilai menjauhi ke kiri MPP, begitu juga ketika nilai *conductance* bernilai kurang dari nol maka algoritma akan mendeteksi nilai menjauhi ke kanan MPP. Sehingga sisten akan mengontrol tegangan referrensi agar dapat menjaga daya pada titik

maksimum. Yaitu dengan cara mengatur besar PWM. O.

METODE

Pada penelitian ini digunakan DC/DC *converter* dengan jenis SEPIC (*Single Ended Primary Inductance Converter*) *converter*. Pada gambar 4 merupakan gambar rangkaian dasar SEPIC *Converter*, dimana terdapat beberapa komponen dasar yakni, inductor, kapasitor dan mosfet. Untuk mendesain DC/DC *Converter* diperlukan beberapa parameter utama, yaitu spesifikasi dari *converter* tersebut. Spesifikasi tersebut disesuaikan dengan spesifikasi elemen generator termoelektrik dan kapasitas baterai yang digunakan. Data spesifikasi atau karakteristik generator didapat dari pengujian pada *prototype* generator termoelektrik yang menggunakan sebuah modul TEG.



Gambar 4. Rangkaian Dasar SEPIC *Converter* (Psim)

Untuk menentukan tegangan masukan konverter diperoleh dari total penjumlahan tegangan seri modul TEG yaitu dengan asumsi bahwa TEG menghasilkan tegangan minimal 1 volt dan maksimal 3 volt (data pengujian). Sedangkan untuk menentukan besar tegangan keluaran (*charging* baterai) didapat dari *datasheet* baterai. Dimana untuk baterai dengan spesifikasi 6 V 4.5 Ah memiliki minimal tegangan *charging* 7.1 volt dan tegangan maksimal *charging* 7.4 volt. Untuk arus keluaran konverter ditentukan berdasarkan arus minimum yang dibutuhkan untuk proses *charging* baterai yaitu sebesar 0.15 CA (*capacity ampere*) sehingga dengan kapasitas 4.5 Ah didapat arus minimum proses *charging* sebesar 0.6 A. sedangkan arus maksimal didapat dari besar arus *short circuit* pada pengujian modul TEG sebesar 1.5 Ampere. Untuk frekuensi yang dipergunakan sesuai dengan frekuensi PWM yang dihasilkan oleh mikrokontrol yaitu sebesar 124 kHz.

Nilai komponen konverter tipe SEPIC sesuai spesifikasi generator termoelektrik serta

sesuai dengan spesifikasi baterai yang digunakan. nilai parameter komponen sesuai persamaan matematis perhitungan komponen SEPIC terdapat pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter perancangan DC/DC SEPIC

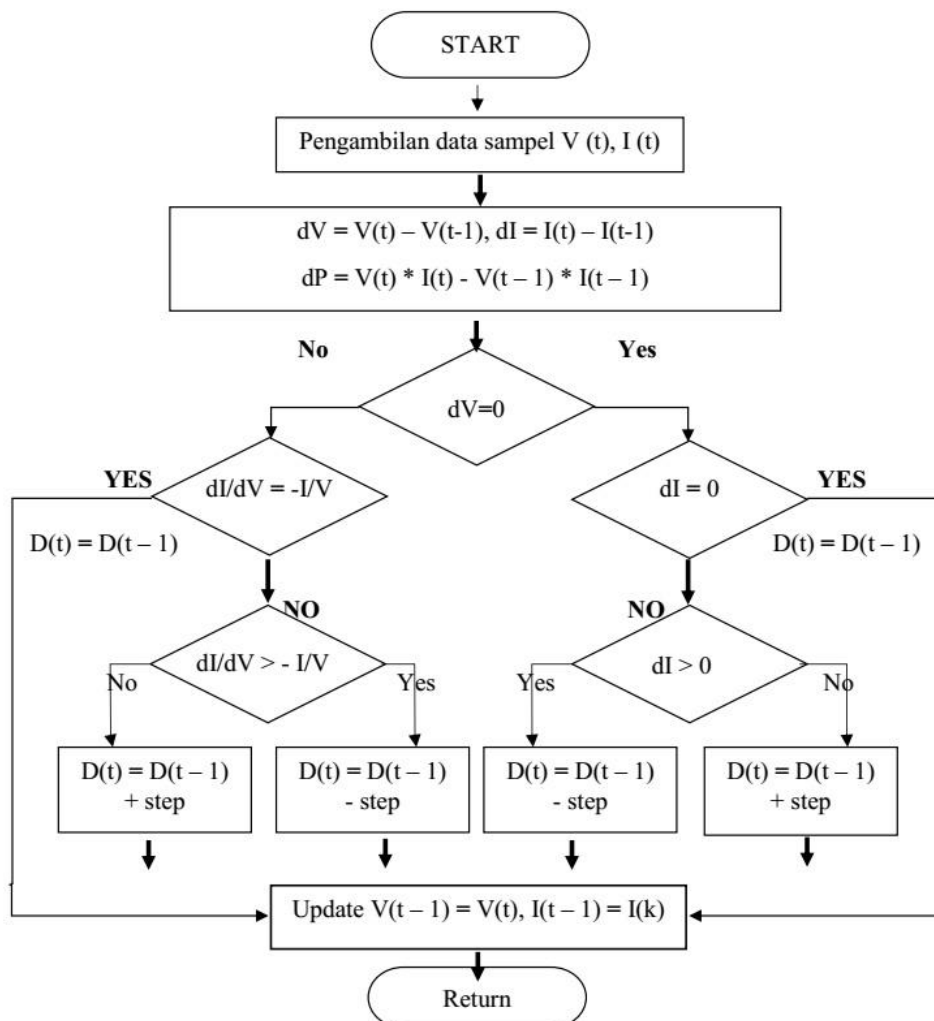
Parameter	Nilai
Tegangan <i>input</i>	3 – 9 Volt
Tegangan <i>output</i> (Vout)	7.4 Volt
Arus <i>output</i> (Iout)	1 A
Frekuensi <i>switching</i> (f)	124 kHz
Induktor 1 dan 2 (L1 dan L2)	900 uH
Kapasitor <i>output</i> (C2)	3000 uF
<i>Duty cycle</i> min	0.46
<i>Duty cycle</i> max	0.72

Pada penelitian ini akan dipakai algoritma MPPT yaitu *Incremental conductance* (InC). algoritma ini memanfaatkan perubahan *conductance* untuk mencari titik maksimum dari daya yang dihasilkan oleh generator termoelektrik. *Conductance* pada pembangkit merupakan perbandingan antara arus dan tegangan.

Metode MPPT ini memanfaatkan perubahan *conductance* atau *Incremental conductance* (InC) untuk mencari titik MPP pada tiap iterasi. Ada 3 kondisi penting yang terjadi pada MPPT InC ini. Yaitu ketika pada posisi MPP, *left of MPP*, *right of MPP*. MPP atau titik maksimum merupakan kondisi dimana dP/dV memiliki hasil yaitu sama dengan nol (0). *Left of MPP* merupakan kondisi dimana titik *tracking* bergeser kekiri dari titik MPP atau kondisi ini terjadi ketika nilai dari $dP/dV > 0$. Sedangkan *right of MPP* merupakan kondisi dimana titik *tracking* bergeser kekanan dari titik MPP atau kondisi ini terjadi ketika nilai dari $dP/dV < 0$. Pada gambar 3.5 menjelaskan bagaimana algoritma ini mencari titik maksimum dengan cara membandingkan perubahan *conductance* dari data lama dan dibandingkan dengan data baru.

Algoritma ini diawali dari pengambilan data tegangan dan arus oleh sensor. Data arus dan tegangan yang diambil merupakan data arus dan tegangan dari keluaran modul TEG. Data tersebut akan di inialisasi oleh variabel baru yaitu dV dan dI . Dimana nilai dV merupakan pengurangan dari tegangan baru dengan tegangan sebelumnya ($V(t) - V(t-1)$) sedangkan dI merupakan data baru pengurangan arus baru dengan arus sebelumnya ($dI = I(t) - I(t-1)$), serta variabel dP

pengurangan data daya baru dengan daya sebelumnya ($V(t) * I(t) - V(t-1) * I(t-1)$)
Berikut ini merupakan *flowchart* algoritma *Incremental conductance* seperti pada gambar 5.



Gambar 5. *Flowchart* Algoritma MPPT *Incremental conductance* (Inc)

Kondisi titik maksimum atau MPP terjadi ketika perbandingan antara dV dan dP bernilai nol. Hal ini akan lebih dirincikan kembali dengan pengambilan keputusan yaitu pada kondisi ketika dV bernilai nol. Ketika kondisi ini belum memenuhi maka algoritma akan melakukan proses pengambilan keputusan lagi yaitu $dI/dV = -I/V$. apabila kondisi terpenuhi, maka mikrokontrol akan mengirimkan *duty cycle* sama seperti *duty cycle* sebelumnya atau $D(t) = D(t-1)$. namun apabila kondisi tersebut belum memenuhi maka algoritma akan mengambil keputusan yaitu $dI/dV > -I/V$. kemudian algoritma akan melakukan pengambilan keputusan kembali yaitu ketika kondisi $dI/dV > -I/V$ Terpenuhi maka langkah selanjutnya yaitu memperbaharui *duty cycle*

yang akan dikirim mikrokontrol sebesar $D(t) = D(t-1) + \text{step}$. Namun apabila kondisi tidak terpenuhi maka *duty cycle* akan diperbaharui dengan nilai $D(t) = D(t-1) - \text{step}$. Kemudian ketika kondisi $dV = 0$ terpenuhi maka tahap selanjutnya yaitu pengambilan keputusan kembali dengan perintah $dI = 0$. Apabila kondisi $dI = 0$ terpenuhi maka sistem akan langsung mengirim *duty cycle* seperti nilai sebelumnya ($D(t) = D(t-1)$). Namun jika kondisi tersebut tidak terpenuhi maka akan dilakukan pengambilan keputusan kembali oleh sistem yaitu dengan perintah $dI > 0$. Jika perintah tersebut bernilai benar maka tahap selanjutnya yaitu memperbaharui nilai *duty cycle*. jika perintah tersebut bernilai benar maka nilai *duty cycle* ($D(t)$) adalah $D(t) = D(t-1) - \text{step}$.

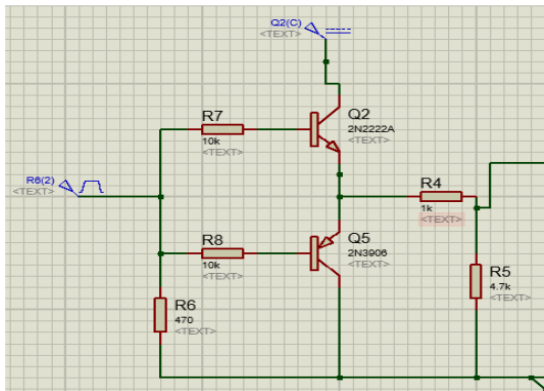
1) + step. Jika kondisi tersebut tidak terpenuhi maka *duty cycle* akan diperbaharui dengan nilai $D(t) = D(t - 1) - \text{step}$.

Tahap terakhir dari metode MPPT ini yaitu proses memperbaharui nilai tegangan dan arus. Yaitu dengan kondisi $V(t - 1) = V(t)$, $I(t - 1) = I(k)$. setelah proses update nilai data tegangan dan arus terbaru maka tahap selanjutnya yaitu proses kembali pada pembacaan data sensor tegangan dan arus.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil perancangan driver MOSFET

Driver MOSFET yang telah dirancang, bekerja pada frekuensi LF (3-300kHz). Memiliki gelombang PWM *non-inverting*. Rangkaian *driver* mosfet yang telah dibuat ditunjukkan pada gambar 6. *Driver* menggunakan dua buah transistor untuk kerja *switching* sehingga bekerja lebih cepat.



Gambar 6. *Driver* Mosfet

Tegangan *input driver* MOSFET yaitu 5 V DC, bekerja pada frekuensi 124 kHz, dengan tegangan *output* maksimal 4.46 V DC pada *duty cycle* 100%. Sedangkan arus maksimal sebesar 1 A.

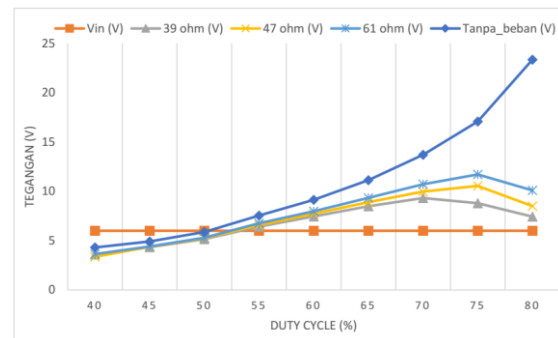


Gambar 7. Perbandingan Gelombang PWM Mikrokontrol (Kuning) Dan Gelombang PWM *Driver* MOSFET (Biru)

Gambar 7 menunjukkan perbandingan bentuk gelombang PWM mikrokontrol (kuning) dan bentuk gelombang *driver* MOSFET yang telah dibuat (biru). Terlihat bahwa, *ouput driver* memiliki gelombang yang tidak sempurna. Hal ini dikarenakan adanya rugi-rugi dari komponen *driver*.

2. Pengujian dan analisa konverter DC/DC tipe SEPIC

Pengujian pada konverter menggunakan power supply dengan tegangan dan beban bervariasi. Tegangan yang dipakai sebesar 6V serta beban meliputi 39 Ω, 47 Ω, dan 61 Ω. Pengujian menggunakan variasi *duty cycle* ($40\% < D < 80\%$) untuk mengetahui pengaruh tegangan, arus, daya, dan efisiensi konverter. Hasil pengujian ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik pengaruh *duty cycle* terhadap tegangan *output* pada beban

Kita dapat mengetahui dari gambar 8 bahwa semakin besar beban, maka tegangan *output* akan semakin besar. Pada beban 39 ohm memiliki tegangan *output* terbesar yaitu 9.32 V. pada beban 47 ohm memiliki tegangan *output* yaitu 10.55 V. Pada beban 61 memiliki tegangan *output* terbesar yaitu 11.71 V.



Gambar 9 Konfigurasi pengujian konverter DC/DC tipe SEPIC

Pengujian pengaruh *duty cycle* terhadap efisiensi pada konverter DC/DC tipe SEPIC saat berbeban 39Ω ditunjukkan pada tabel 1.

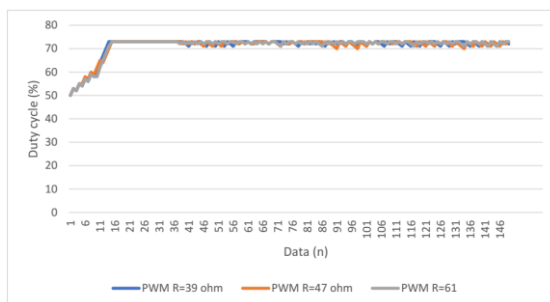
Tabel 1. Hasil Pengujian Pengaruh *Duty cycle* Pada Beban 39Ω

Duty cycle (%)	Input konverter			Output Konverter			Eff (%)
	Vin(V)	Iin (A)	Pin(W)	Vout (V)	Iout(A)	Pout(W)	
40	6	0,060	0,360	3,600	0,080	0,288	80
45	6	0,100	0,600	4,330	0,100	0,433	72
50	6	0,140	0,840	5,160	0,120	0,619	74
55	6	0,230	1,380	6,420	0,150	0,963	70
60	6	0,330	1,980	7,450	0,180	1,341	68
65	6	0,470	2,820	8,480	0,200	1,696	60
70	6	0,650	3,900	9,320	0,230	2,144	55
75	6	0,760	4,560	8,800	0,210	1,848	41
80	6	0,880	5,280	7,430	0,180	1,337	25

Kita dapat menarik kesimpulan bahwa efisiensi konverter DC/DC tipe SEPIC sangat sensitif terhadap *duty cycle*. Semakin besar *duty cycle* maka semakin kecil efisiensi.

3. Pengujian dan analisa MPPT *Incremental conductance* (INC)

Program MPPT INC dibuat sesuai dengan algoritma MPPT INC dengan menggunakan dua parameter utama yaitu perubahan arus (dI) dan perubahan tegangan (dV). Hasil pengujian MPPT yaitu berupa perubahan *duty cycle* secara otomatis tergantung pada tegangan *input*. Hasil pengujian MPPT INC ditunjukkan pada gambar 10 data tersebut merupakan respon perubahan *duty cycle* ketika beban berbeda-beda pada saat tegangan 6V.



Gambar 10. Respon *duty cycle* terhadap perubahan beban pada tegangan 6V

Berdasarkan gambar 10, dapat diketahui bahwa, untuk mencapai kondisi steady state pada titik daya maksimum, membutuhkan

kurang lebih 15 kali iterasi atau 5 detik. Perubahan beban pada kondisi tersebut menunjukkan hasil yang tidak begitu mempengaruhi respon dari perubahan *duty cycle*. Besar respon dipengaruhi oleh kecepatan pengambilan data *variable* dan pengaturan penambahan dan pengurangan *duty cycle*.

Selain itu gambar 10 menunjukkan bahwa terjadi osilasi ketika mencari titik daya maksimum. Besar osilasi ini juga dipengaruhi adanya pencarian titik daya maksimum melalui parameter tegangan dan arus yang kemudian dijadikan parameter besar penambahan dan pengurangan *duty cycle* tiap langkah (*cycle*). Algoritma MPPT akan terus mencari titik daya maksimum hingga terjadi kondisi dimana tidak ada perubahan tegangan, arus, maupun daya. Hingga saat itu terjadi, maka MPPT INC akan terus beresilasi disekitar titik daya maksimum. Pengaruh kontrol MPPT pada konverter DC/DC tipe SEPIC ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Pengujian MPPT Dengan Beban *Variable*

Beban (ohm)	Vin (V)	Pmax (W)	Direct (W)	MPPT		Efisiensi	
				Pin (W)	Pout (W)	Direct	MPPT
39	6	4,44	0,84	3,32	1,15	19%	26%
47	6	4,44	0,72	3,09	1,41	16%	32%
61	6	4,44	0,54	3,58	2,14	12%	48%

Pada tabel 2 dapat diketahui bahwa, hasil pengukuran daya pada beban 39 ohm saat tanpa MPPT bernilai 0.84 W, lalu pada beban 47 ohm dan 61 ohm daya terukur yaitu 0.72 W dan 0.54 W. namun ketika MPPT diterapkan pada beban, daya cenderung meningkat. Pada beban 39 ohm, besar daya ketika *direct* adalah 0.84 W dan ketika menggunakan MPPT sebesar 1.15 W. Ini membuktikan bahwa dengan diterapkannya MPPT, daya lebih dimaksimalkan. Pada beban 39 ohm, nilai efisiensi MPPT sebesar 26%, pada beban 47ohm efisiensi MPPT sebesar 32%, dan efisiensi daya terbesar yaitu pada beban 61 ohm yaitu 48%.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai “Desain Kontrol *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) menggunakan *Incremental Conductance* (InC)

pada DC/DC Tipe *Sepic*”, maka dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Performa konverter sangat dipengaruhi oleh *duty cycle* . Semakin besar *duty cycle* maka, akan semakin besar daya yang dapat ditransfer konverter DC/DC tipe SEPIC.
2. Kontrol MPPT yang ditambahkan pada konverter DC/DC tipe SEPIC dapat meningkatkan daya yang ditransfer ke beban. Besar kenaikan daya yang ditransfer sangat tergantung pada besar beban.
3. Nilai efisiensi daya yang ditransfer ke beban berbanding lurus dengan besarnya beban. Efisiensi terbesar terjadi pada saat beban 61 ohm yaitu sebesar 48%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini dilaksanakan dengan dana hibah Penelitian Produk Terapan tahun 2017 yang diberikan oleh DIKTI dengan nomer kontrak: 0455/UN25.3.1/LT/2017 tanggal 3 April 2017.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahiska, R., & Mamur, H. (2014). A Review: Thermoelectric Generators in Renewable Energy. *International Journal of Renewable Energy Research*, 133.
- Battery, B. B. (n.d.). *Valve Regulated lead Acid battery manual*. USA: B B. Battery.
- Eakburanawat, j., & Boonyaroonate, I. (2010). Development of a thermoelectric battery-charger with microcontroller-based maximum power point tracking technique.
- Gao, H. B., Huang, H. H., H.J. Li, Z. Q., & Zhang, Y. (2015). *Development of stove powered thermoelectric generators: a review*. china: Applied Thermal Engineering.
- Ian Laird, D. D.-C. (2013). High Step-Up DC/DC Topology and MPPT Algorithm for Use With a Thermoelectric Generator. *IEEE*, 28(7).
- Irwin, J. D. (2002). *The Power Electronic Handbook*. california: CRC Press.
- Julyanto, h. (2016, 12 1). *HJF Ringan*. Retrieved from <http://hjf-ringan.blogspot.co.id>: <http://hjf-ringan.blogspot.co.id/2012/08/kompor-kayu-kecil-ramah-lingkungan-dan.html>
- Khalily, J. (2015). *Pemanfaatan sumber air panas di blawan bondowoso sebagai pembangkit listrik alternatif berbasis TEC*. Jember: Digital repository Universitas Jember.
- Kok, T. S., Mekhilef, S., & Safari, A. (2013). Simple adn low cost incremental conductance maximum power point tracking using buck-boost converter. *journal of renewable energy and sustainable energy* 5, 1-12.
- Lokanadham, M., & Bhaskar, K. V. (2012). Incremental Conductance Based Maximum power point tracking (MPPT) for Photovoltaic System. *IJERA*, 1420-1424.
- Mamur, H., & Ahiska, R. (2015). Application of a DC-DC boost converter with maximum power point tracking for low power thermoelectric generators. *Science Direct*, 265-272.
- Montecucco, & Andrea. (2015). Maximum power point tracking converter base on the Open circuit voltage method for thermoelectetric. *IEEE*, 828-839.