

SIMULASI CONTROL MPPT PADA BOOST CONVERTER DENGAN PI

Adhi Kusmanto¹, Margono²

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang
Jl. Sidodadi Timur No.24 – Dr.Cipto, Semarang
Email: adhiteknik@gmail.com

Abstrak

Teknologi konverter elektronika daya telah banyak digunakan pada kehidupan sehari-hari. Salah satunya yaitu dc–dc Converter. DC-DC Converter merupakan komponen penting dalam elektronika daya yang berfungsi untuk mengkonversikan daya listrik searah dari suatu bentuk menjadi bentuk daya listrik searah lainnya. Sorotan utama dari pekerjaan ini adalah bahwa PV dimodelkan menggunakan PSIM dan karakteristik V-I dan P-V untuk iradasi dan suhu yang berbeda diamati. Selanjutnya, untuk mendapatkan daya maksimum dari PV, kemudian diusulkan Boost Converter dirancang dan dihubungkan dengan PV. Operasional parameter converter dihitung dan hasilnya diverifikasi, pemodelan PV dilakukan menggunakan Power Simulator (PSIM) untuk mengekstrak daya maksimum dari PV, algoritma MPPT diterapkan. Seluruh rangkaian Boost Converter beserta PV adalah belajar di PSIM. Boost Converter yang diusulkan didukung oleh sumber Fotovoltaik (PV). Memeriksa pengaruh tegangan keluaran untuk

menaikkan tegangan masukan dari 24 ke 48 Volt. Studi simulasi converter yang diusulkan dengan perangkat lunak PSIM.

Kata Kunci : PV, Boost Converter, MPPT, Power simulator (PSIM)

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan masyarakat akan energy listrik untuk kehidupan sehari-hari semakin tinggi karena banyaknya alat-alat penunjang kehidupan kita yang menggunakan energy listrik. Konsumsi listrik dalam waktu tahun 2000-2014, mengalami pertumbuhan rata-rata 6,8% per tahun. Pada tahun 2004, rasio elektrifikasi nasional sebesar 84,4% atau meningkat 3,9% dari tahun 2013. Konsumsi listrik yang naik disebabkan oleh meningkatnya pendapat masyarakat dan rasio elektrifikasi sehingga penggunaan peralatan listrik seperti AC, mesin cuci, kulkas, setrika, lampu, dan lainnya bertambah. (BPPT, 2016).

Disisi lain, hampir seluruhnya kebutuhan energy listrik masih disokong oleh pembangkit tenaga listrik yang masih menggunakan sumber energy dari bumi yaitu bahan bakar fosil. Penggunaan bahan bakar fosil untuk membangkitkan energy tidak selamanya bisa dilakukan, apalagi bahan bakar fosil merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui, sehingga persediannya kian menipis.

Berbagai upaya telah diukur oleh pemerintah untuk mengurangi permasalahan penggunaan energy tak terbarukan tersebut dengan melibatkan berbagai pihak besar seperti kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Perusahaan Listrik Negara (PLN) serta Swasta, Lembaga Penelitian, Pengaruh Tinggi, dan masyarakat luas. Untuk saat ini pengembangan pembangkit tenaga listrik sudah merambah ke sumber energy terbarukan seperti air dengan pembangkit listrik tenaga air, serta matahari dengan pembangkit listrik tenaga surya.

System pembangkit listrik tenaga surya menggunakan panel Surya/*Solar cell* (solar sel) yang tidak membutuhkan bahan bakar minyak, tak menghasilkan polusi, serta biaya perawatan yang relative rendah dan emisi yang sangat kecil tentu akan sangat membantu kita dalam menyediakan sumber energy listrik. Akan tetapi, pemanfaatan solar sel ini memiliki kekurangan tersendiri yaitu tidak konstan stabil serta efisiensi yang relative rendah yang disebabkan oleh ketergantungannya terhadap intensitas cahaya matahari dan sudut (posisi) sinar matahari terhadap panel tersebut.

Maka dari itu, pada penelitian ini akan membahas Boost Converter dikontrol oleh MPPT (*Maximum Power Pointtracking*) agar keluaran tegangannya maksimal, dengan adanya perubahan intensitas / radiasi matahari. Sehingga produktivitas dan efisiensi dari penggunaan solar sel akan meningkat.

Pada dasarnya, efisiensi konversi sel surya dihitung pada sel surya bekerja di titik optimumnya. Jika sel surya tidak bekerja pada titik optimumnya maka efisiensi yang kecil tersebut akan semakin kecil. Cara untuk menjaga sel surya bekerja pada titik optimumnya adalah dengan menerapkan algoritma *maximum power point tracking* (MPPT). Rata-rata harian peningkatan daya yang dihantarkan MPPT adalah sebesar 16-43% disbanding tidak menggunakan MPPT.

Pada saat ini setidaknya terdapat 19 metode MPPT yang berada (Esrasm & Chapman, 2007). Karakteristik dari metode-metode MPPT yang telah dibahas oleh ESRAM & Chapman, 2007. *PV Array dependet* memiliki nilai 'Yes' jika metode MPPT yang digunakan tidak dapat bekerja untuk panel sel surya ataupun tempat meletakkan panel yang lain. *True* MPPT memiliki nilai 'Yes' jika titik kerja yang diberikan oleh metode tersebut bukan hasil prediksi dari penyederhanaan persamaan

matematis. *Periodic* tuning memiliki nilai 'Yes' jika parameter dari metode yang digunakan perlu disesuaikan kembali untuk setiap musim yang berbeda ataupun untuk penuaan alat. Metode *robust* dan sering digunakan adalah *Perturbation & Observation (P&Q)* dan *Incremental Conductance (ICM)*. Namun, kedua metode ini memiliki kelemahan yaitu pada waktu yang dibutuhkan untuk mencari titik kerja optimum dan osilasi titik kerja.

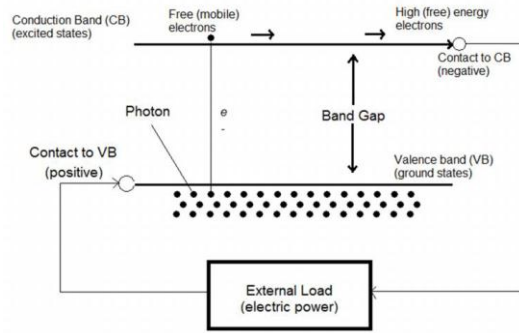
II. Landasan Teori

1. Prinsip Kerja Solar Sel (PV)

Sel Surya terbuat dari bahan semi konduktor memiliki electron yang terikat dalam lemah pada suatu pita energy yang disebut pita valensi. Ketika energy yang lebih besar dari batas *threshold (bond gab energy)* diberikan kepada electron di pita valensi tersebut. Maka ikatan electron tersebut akan putus. Kemudian electron tersebut bergerak bebas pada suatu pita energy baru yang disebut pita konduksi. Electron bebas pada pita konduksi dapat menghasilkan listrik. Energy yang dibutuhkan untuk membebaskan electron ini dapat berasal dari foton, yang mana merupakan partikel dari cahaya.

Gambar 2.1 menunjukkan proses yang terjadi pada sel surya ketika dipaparkan cahaya. Foton-foton yang merupakan partikel cahaya akan menabrak elektron. Ketika energi foton tersebut cukup maka elektron akan didorong keluar dari pita valensi (VB) melewati pita pemisah (*bond gap*) menuju pita konduksi (CB) kemudian suatu *selective contact* mengumpulkan elektron-elektron pada pita konduksi dan menggerakkan elektron-elektron tersebut. Elektron yang bergerak inilah yang disebut arus listrik. Energi dan arus listrik digunakan untuk mengerjakan berbagai hal sebelum kembali menuju pita valensi melalui *selective contact* yang kedua.

Sel surya yang dianggap sebagai suatu *pn junction* karena adanya “doping”. *Doping* ini menyebabkan salah satu *selective contact* menjadi sisi P (banyak muatan positif) dan yang lain menjadi sisi N (banyak sisi negatif). Pemodelan dan pemahaman prinsip kerja sel surya menjadi lebih sederhana dengan menggunakan konsep *pn junction*.



Gambar 2.1 Skema Efek *Photovoltaic*

2. Persamaan Karakteristik Sel Surya

Persamaan eksponensial untuk memodelkan sel *photovoltaic* diturunkan dari hukum fisika untuk *pn junction* dan secara umum diterima sebagai representasi karakteristik sel ditunjukkan oleh persamaan (2.1) (Nema, Nema, & Agnihotri, 2010).

$$I = I_{ph} - I_S \left(\exp \frac{q(V+IR_S)}{NKT} - 1 \right) - \frac{(V+IR_S)}{R_{sh}} \quad (2.1)$$

Dimana :

I_{ph} adalah arus hubung singkat

I_S adalah arus reverse saturation dari dioda (A),

q adalah muatan elektron ($1,602 \times 10^{-19}$ C),

V adalah tegangan dioda (V),

K adalah konstanta Boltzman ($1,381 \times 10^{-23} \frac{J}{K}$),

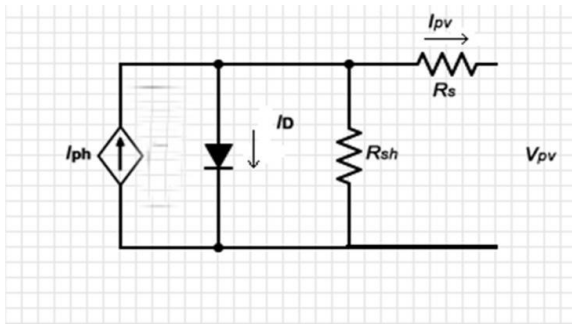
T adalah suhu junction dan kelvin (K),

N faktor idealitas dioda,

R_s adalah tahanan seri dari dioda,

R_{sh} adalah shunt dari dioda.

Dari persamaan (2.1), dapat digambarkan rangkaian pengganti dari sel *photovoltaic*, yaitu seperti ditunjukkan oleh Gambar 2.2.



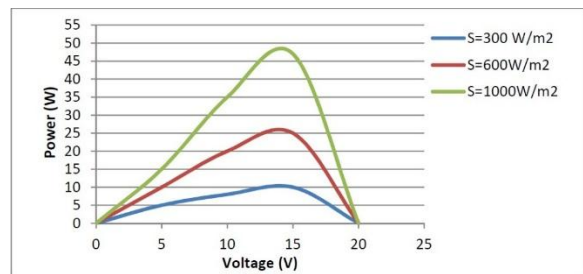
Gambar 2.2 Rangkaian Pengganti Sel Surya

Keluaran dari sel *photovoltaic* sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, yaitu radiasi matahari dan suhu sel. Dari persamaan (2.1), arus yang dibandingkan oleh foton, I_{ph} berubungan dengan radiasi matahari, λ sebagai berikut.

$$I_{ph} = [I_{SC} + K_I(T - 298)] \frac{\lambda}{100} \quad (2.2)$$

K_I adalah koefisien suhu arus hubungan singkat, I_{SC} adalah arus hubung singkat pada suhu 25°C, T adalah suhu sel, dan λ adalah

radiasi matahari dalam KW/m^2 . Berdasarkan persamaan (2.2), dapat dilihat pada saat suhu konstan, arus yang dibangkitkan oleh foton secara langsung proposional terhadap radiasi matahari pada kurva karakteristik $V-I$ dapat dilihat pada Gambar 2.3, I_{SC} adalah arus pada saat terjadi hubung singkat, dan biasanya nilai tegangannya nol. Pada Gambar 2.3, yang dimaksud I_{SC} adalah pada nilai tegangan nol. V_{OC} merupakan tegangan pada saat rangkaian terbuka, sehingga tidak ada arus yang mengalir. Pada Gambar 2.3, yang dimaksud V_{OC} adalah pada saat nilai arus nol. Radiasi matahari satu artinya sebesar $1000 W/m^2$, dst. Jika radiasi matahari yang jatuh ke sel *Photovoltaic* berkurang, I_{SC} dan V_{OC} juga berkurang, tetapi perubahan V_{OC} tidak terlalu signifikan seperti pada I_{SC} (Nema, Nema & Agnihotri, 2013).



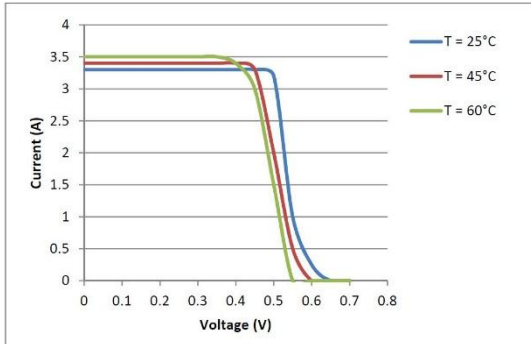
Gambar 2.3 Karakteristik Sel *Photovoltaic* Terhadap Perbedaan Radiasi

Suhu sel dapat mempengaruhi arus hubung singkat, I_{SC} , seperti diberikan oleh Persamaan (2.2) dan mengubah arus saturasi diode dalam *sel photovoltaic* seperti diberikan oleh Persamaan (2.3).

$$I_S(T) = I_S \left[\frac{T}{T_{nom}} \right]^3 \exp \left[\left(\frac{T}{T_{nom}} - 1 \right) \frac{E_g}{NV_t} \right] \quad (2.3)$$

$T_{nom} = 273 \text{ K}$, I_S adalah arus *reserve saturation*, E_g adalah *band gap energy* dari semikonduktor dan V_t adalah tegangan thermal pada suhu ruangan. Arus *reserve saturation* dapat diperoleh persamaan berikut

$$I_S = I_{SC} / \left(\exp \frac{qV_{oc}}{NKT} - 1 \right) \quad (2.4)$$



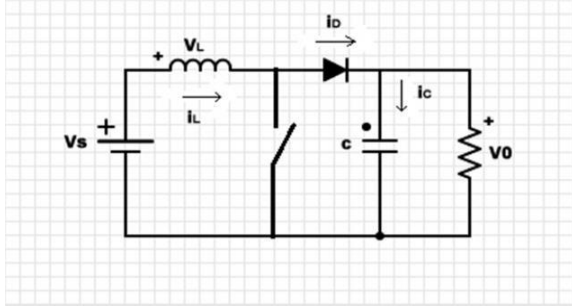
Gambar 2.4 Karakteristik Sel *Photovoltaic* Terhadap Perbedaan Suhu

Berdasarkan persamaan (2.3), sangat jelas arus saturasi dari dioda *sel photovoltaic* bergantung pada suhu, arus saturasi meningkat seiring peningkatan suhu sel. Gambar 2.4 menunjukkan pengaruh suhu sel

terhadap kurva karakteristik v-I, peningkatan arus saturasi akan memperkecil tegangan rangkaian terbuka, V_{oc} .

3. Boost Converter

Boost converter bekerja dengan menghasilkan tegangan keluaran yang lebih tinggi dari tegangan masukannya. Dalam perancangan proyek akhir ini *Boost Converter* yang akan dibuat dikehendaki memiliki kemampuan untuk menaikkan tegangan inputnya yang berasal dari DC Power Supply sebesar 24 Volt menjadi 48 Volt dengan arus output hingga mencapai 0,05 Ampere. Boost juga memiliki efisiensi tinggi, rangkaian sederhana, tanpa transformer dan tingkat ripple yang rendah pada arus masukan. Tetapi *boost converter* tidak memiliki isolasi antara masukan dan keluaran, hanya satu keluaran yang dihasilkan, dan tingkatan ripple yang tinggi pada tegangan keluaran. (sutedjo, efendi, & mursyida, tanpa tahun, hal. 2)

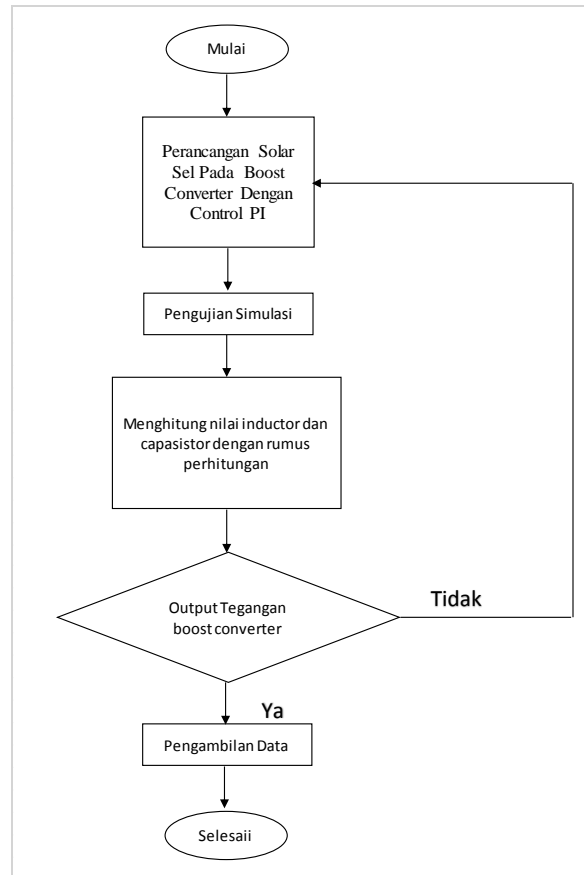


Gambar 2.5 Rangkaian *Boost Converter*

Untuk menganalisis hubungan tegangan dan arus pada rangkaian *boost converter*, digunakan beberapa asumsi, yaitu :

- a. Kondisi *steady-state* ada.
- b. Periode *switching* adalah T , dan *switch* tertutup untuk waktu DT dan terbuka untuk $(1 - D)T$.
- c. Arus inductor kontinyu (selalu bernilai positif)
- d. Kapasitor sangat besar, dan tegangan keluaran konstan.
- e. Komponen ideal.

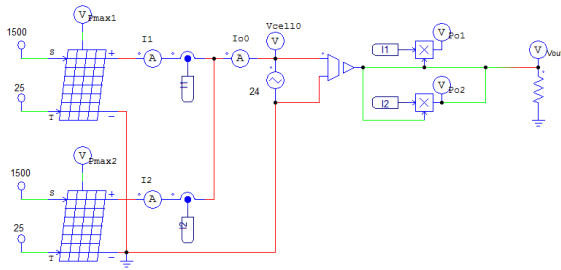
III. Metode Penelitian



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

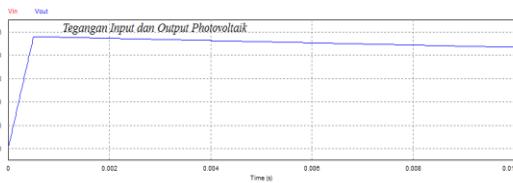
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi PV ditunjukkan pada Gambar 4.1 PV adalah terbuat dari sel yang terhubung dalam paralel. Untuk memodelkan secara matematis, ekuivalen sirkuit dapat di anggap sebagai sumber arus yang diikuti dengan membalikkan bias dioda secara paralel. Dari sirkuit setara, karakteristik PV bisa disimulasikan dalam PSIM.



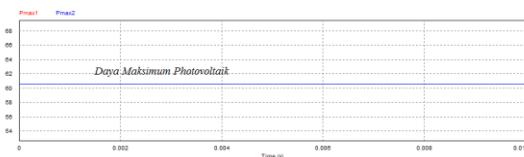
Gambar 4.1 Solar Modul in Pararel

PV tergantung pada parameter input seperti suhu dan radiasi. Jika parameter ini berubah, maka parameter output juga berubah sehubungan dengan itu. Kurva karakteristik panel surya yang dihasilkan Icell – Vcell agar mendapatkan daya maksimum.

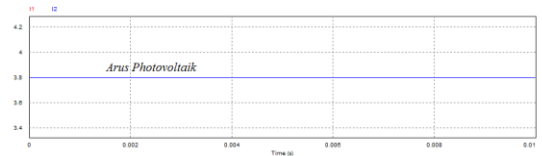


Gambar 4.2 Tegangan Input dan Output Pada Solar Sel

Berikut ini adalah hasil simulasi Daya maksimum yang dihasilkan pada rangkaian photovoltaik:



Gambar 4.3 Hasil Daya Maksimum Photovoltaik



Gambar 4.4 Hasil Arus Potovoltaik

Dari hasil pengujian rangkaian sistem photovoltaik, waktu yang dibutuhkan mencapai tegangan puncak yaitu 0,0005 secon. Berikut tabel hasil simulasi rangkaian photovoltaik yang dihasilkan dari energi intensitas cahaya matahari:

Untuk merancang boost converter ada beberapa parameter yang harus kita tentukan, yaitu daya yang akan disuplai oleh boost converter, frekuensi switching, riak tegangan dan arus inductor yang akan di perkenankan, adapun parameter perancangan boost converter yang ditentukan adalah agar dapat menentukan besaran komponen yang digunakan, tegangan input (V_{in}) 24 volt, daya output (P_o) 67,5 watt, frekuensi switching (F_s) 1000Hz, ripple tegangan 5%.

Adapun arus keluaran (I_o) pada boost converter adalah

$$I_o = \frac{P_o}{V_o} = \frac{67.5}{48} = 1,406 \text{ Ampere}$$

Untuk menentukan nilai duty cycle diambil tegangan yang paling kecil yang

akan diterapkan pada boost converter yaitu V_{in} sebesar 24 volt, sehingga nilai duty cycle adalah

$$\text{Menentukan Duty Cycle : } D = 1 - \frac{V_{in}}{V_o}$$

$$D = 1 - \frac{24}{48} = 0,5$$

Menentukan nilai inductor adalah:

$$I_L = \frac{I_o}{1-D}$$

$$I_L = \frac{1,406 \text{ Ampere}}{1-0,5} = 2,812 \text{ Ampere}$$

Untuk membuat operasi boost converter mode kontinyu dan desainnya memiliki respon transien beban yang baik, maka ditentukan riak arus inductornya yang dipilih 5% dari arus inductor yang dialirkan sebagai arus sumber boost converter. Ketetapan nilai riak arus yang diperkenankan mengalir pada boost converter, sehingga ditentukan nilai inductor yang harus digunakan pada boost converter.

$$L = \frac{V_{in}(V_o - V_{in})}{\Delta I_L \cdot f V_o}$$

$$L = \frac{24(48-24)}{0,1406 \times 1000 \times 48}$$

$$= \frac{576}{6.748,8}$$

$$= 0,085 \mu H$$

Menentukan nilai capasitor adalah:

$$C = \frac{I_o(V_o - V_{in})}{f V_o \cdot \Delta V_o}$$

$$= \frac{1,406(48-24)}{1000 \times 48 \times 24}$$

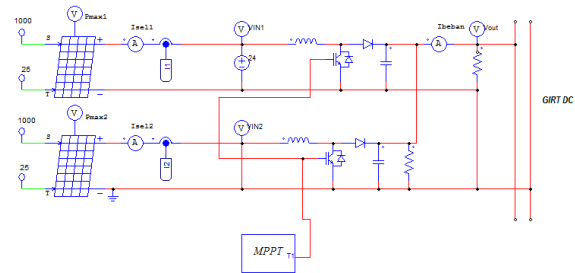
$$= 292,92 \mu F$$

Menentukan nilai Resistor adalah:

$$R = \frac{V_o}{I}$$

$$= \frac{48}{1,406} = 34,139 \text{ Ohm}$$

Gambar di bawah ini terdiri dari dua modul solar sel (PV), dua boost converter yang di paralel, Blok MPPT dan di Kontrol dengan PI.

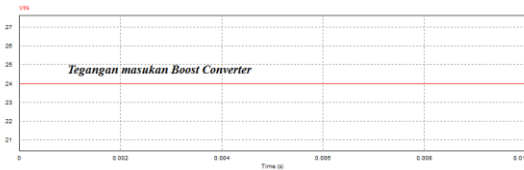


Gambar 4.5 Rangkaian Simulasi Boost Converter Dengan Solar Sel in Pararel

Untuk mengubah resistansi input panel agar sesuai dengan resistansi dengan memvariasikan Icel pada solar sel (PV). Dan sumber tegangan solar sel diperlukan double boost converter parallel untuk menaikkan tegangan keluaran boost converter untuk Grid DC. Inti dari model ini adalah blok MPPT yang membantu dalam menemukan daya maksimum dari panel surya. Ini dapat dilakukan dengan

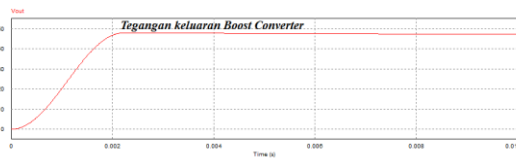
menggunakan algoritma MPPT yang pada gilirannya memberikan pulsa getting ke boost converter yang decontrol dengan PI.

Berikut ini hasil simulasi dari tegangan masukan 24 Volt boost converter yang terkontrol PI.



Gambar 4.6 Tegangan Input Boost Converter yang Terkontrol PI

Berikut ini hasil simulasi dari tegangan keluaran 48 Volt boost converter yang terkontrol PI.



Gambar 4.6 Tegangan Output Boost Converter yang Terkontrol PI

Bagian ini memberikan hasil eksperimental dan komparatif untuk kasus yang berbeda memvalidasi minimalisasi arus sirkulasi menggunakan metode yang diusulkan tabel 4.1 menunjukkan parameter yang diberikan boost converter.

Tabel 4.1 parameter Boost Converter

Parameter	Symbol	Value
Input voltage	V_{in}	24 V
Output voltage	V_{out}	48 V
Duty cycle	D	0,5
Filter inductor	L	0.048 uH
Filter capasitor	C	248.75 uF
Nominal switching Frequency	f_{sw}	1.000 kHz
Nilai arus inductor	I_L	5.97 A

Karakteristik solar sel untuk suhu dan iradiasi yang berbeda dengan MPPT ditunjukkan pada tabel 4.2 menunjukkan parameter yang diberikan solar sel.

Tabel 4.2 Parameter Solar Sel

No.	Suhu	Radiasi	Isel 1	Pmax 1
			Isel 2	Pmax 2
1.	25	1000	6.30	60.53
			3.80	60.53
2.	35	700	2.94	65.15
			3.77	65.15
3.	40	600	1.51	67.35
			3.76	67.35

V. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil simulasi dan pembahasan sebagai berikut :

1. Meningkatkan stabilitas tegangan grid DC digunakan double boost converter secara paralel. Daya maksimum dilacak dari PV dan hasilnya diverifikasi. Oleh karena itu, boost converter DC-DC yang diusulkan sangat cocok untuk sumber tegangan pada Solar Sel.
2. Pada rangkaian double boost converter paralel didapat hasil pengujian dengan efisiensi. V_{in} 24 Volt dan V_{out} 48 Volt dengan arus beban 0.05 A.
3. Dari Solar Sel untuk mengubah Suhu dan radiasi matahari dengan MPPT untuk mencapai daya maksimum.
4. Dari data yang di dapat, dilihat bahwa penggunaan PI controller dapat mengendalikan keluaran dari rangkaian boost converter agar lebih stabil. Sekalipun dengan kondisi tegangan masukan yang tidak seimbang.
5. PI controller juga dapat digunakan untuk mengendalikan kestabilan keluaran dari rangkaian yang disebabkan oleh pembebanan yang berubah-ubah pada saat rangkaian bekerja.

6. Aplikasi PSIM merupakan salah satu software yang berguna untuk mensimulasikan berbagai karakteristik elektronika dan system tenaga listrik yang berjalan pada sistem operasi MS Windows XP. PSIM lebih mudah digunakan dalam mensimulasikan, karena dapat menentukan hasil nilai yang efisien.

2. Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya, alangkah baiknya simulasi ini diaplikasikan dalam bentuk alat Implementasi Boost Converter.
2. Boost Converter harus dikembangkan lagi dengan menggunakan control yang berbeda dan tegangan yang berbeda.
3. Hasil dari simulasi diatas semoga dapat menjadi acuan untuk pembaca untuk membuat rancangan alat tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Achamad komarudin. (2014). *Desain Analisa Proposional Kontrol Buck-Boost Konverter Pada System Photovoltaik*. Teknik elektronika, Politeknik Negeri Malang.
- Akhmad Zaky Fanani dkk. (2014). *desain Dan Ssimulasi Konverter Boost Multilevel Sebagai Catu Daya Kendaraan Listrik*. Jurusan Teknik

- Elektro, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh November (ITS), Surabaya 60111 Indonesia.
- Dr. Seyezhay Ramalingam. (2017). *Design and Simulation of Superlift DC-DC Converter For PV Applications*. Internasional Journal of Advances in Computer and Electronics Engineering, volume 2.
- Eddy Hamdani dkk. (2017). *Perancangan Konverter DC Ke DC Menstabilkan Tegangan Keluaran Panel Solar Cell Menggunakan Teknologi Boost Converter*. Elektro Fakultas Teknik, universitas Riau.
- Esty Wulandari dkk. (2015). *Penggunaan Buck-Boost Converter Untuk Perbaikan Faktor Daya Pada rangkaian Penyearah Satu Fasa*. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Teknologi Sepuluh November (ITS), Surabaya 60111.
- Haris Abdul dkk. (2016). *Rancang Bangun Interleaved Boost Converter Berbasis Arduino*. Universitas Bandar Lampung.
- Herman Buntulayuk dkk. (2017). *Rancangan DC-DC Converter Untuk Penguatan Tegangan*. Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Sulawesi Selatan, 92171, Indonesia.
- Marselin Jamlay dkk. (2014). *Dual Feedback Control DC-DC Boost Converter Menggunakan PI Controller*. Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Surabaya (ITS), Jurusan teknik Elektro, Politeknik Negeri Bengkalis.
- Muhammad alfin Assyidig dkk. (2017). *Perancangan Boost Converter Menggunakan Voltage Feedback Pada Panel Surya*. Teknik Elektro Universitas Diponegoro.
- Rendi Ferianto. (2018). *Rancang Bangun Bosst Converter Untuk Proses Dicharging Baterai Pada Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya*. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.