

PERANCANGAN SISTEM *CHARGING CONTROL* *PHOTOVOLTAIC* DENGAN SISTEM MPPT MENGGUNAKAN METODE *INCREMENTAL CONDUCTANCE*

Randa Hardiansyah, Selamat Meliala

Program Studi Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik,
Universitas Malikussaleh Lhokseumawe.
Jl. Batam, Blang Pulo, Muara Satu, Kota Lhokseumawe, Aceh 24355.

E-mail : selamat.meliala@unimal.ac.id

Abstrak— *Photovoltaic* berfungsi untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Penggunaan *photovoltaic* memerlukan *charging controller* untuk meningkatkan kinerja dari PV agar semakin optimal. Bagian-bagian dari *charging controller* terdiri dari DC-DC converter dan *maximum power point tracking* (MPPT). DC-DC converter digunakan untuk mengubah nilai tegangan keluar dari *photovoltaic* untuk mencapai daya puncak dari *photovoltaic*. Untuk menentukan nilai daya puncak dari *photovoltaic* diperlukan MPPT dengan algoritma *incremental inductance*. DC-DC converter digunakan bertipe *buck-boost converter* dengan *frekuensi switching* 30000 Hz dan inductor sebesar 2.1 μ H. Algoritma *incremental conductance* tertanam di mikrokontroler bekerja dengan membandingkan perubahan arus dan tegangan untuk mendapatkan nilai daya puncak. Hasil dari mikrokontroler ini berupa gelombang *pulse* yang *duty cycle* berubah-ubah berdasarkan hasil dari algoritma tersebut. Gelombang *pulse* ini akan mengontrol *buck-boost converter*. Dari hasil penelitian ini *charging control* mampu bekerja dengan mengubah nilai *duty cycle*.

Keywords— *Photovoltaic, Buck-Boost Converter, dan Algoritma Incremental Conductance.*

I. PENDAHULUAN

Permintaan energi global diperkirakan akan terus tumbuh sejalan dengan pertumbuhan penduduk dan kemajuan inovasi. Menurut nya, kebutuhan energi diperkirakan akan meningkat 70% antara tahun 2000 dan 2030. Minyak tanah tercatat sebagai penyumbang pengeluaran energi terbesar, yang menyumbang 80% dari konsumsi energi absolut dunia. Permintaan kebutuhan energi yang berlanjut ke peningkatan dan pembatasan sumber energi dan untuk melindungi bumi dari kerusakan atmosfer yang berbahaya, penting untuk memahami inovasi lain yang tidak berbahaya bagi ekosistem. Kemajuan baru ini pada umumnya disinggung sebagai sumber daya yang ramah lingkungan [1].

Kontroler yang dapat digunakan buat menyeimbangkan tenaga yang dihasilkan sel surya dikenal dengan *Solar Charging Controller* (SCC). Tipe SCC yang digunakan untuk stabilisasi daya antara lain PWM (*Pulse Width Modulation*) dan MPPT (*Maximum Power Point Tracking*). Kontroler PWM memakai lebar tap untuk memperoleh nilai tegangan keluaran yang sempurna. Jenis MPPT memakai titik spesial yang biasa disebut dengan titik MPP (*maximum power point*). Selanjutnya, sel PV menghasilkan tegangan dan arus yang paling penting. Mengetahui SCC mana yang dapat menentukan hasil dengan lebih baik sangat penting untuk mereplikasi atau menampilkan setiap jenis[2].

Tujuan di balik perancangan atau demonstrasi adalah dengan tujuan agar hasil dari kedua jenis SCC tersebut dapat diteliti dan dilihat berdasarkan *charging controller* dirancang menggunakan MPPT dengan algoritma *incremental conductance* dan menggunakan *buck-boost converter*. Penggunaan *buck-boost converter* dilakukan karena cara kerja algoritma *incremental conductance* menaikkan dan menurunkan tegangan tergantung terhadap nilai daya, arus dan tegangan. Untuk pemilihan algoritma *incremental conductance* dikarenakan efisiensi.

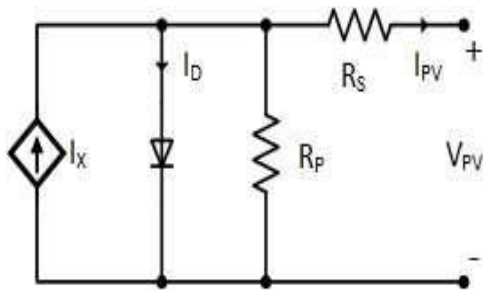
II. DASAR TEORI

2.1 Sel Surya

Sel surya adalah elemen dasar dalam PV array yang memiliki fungsi vital untuk mengubah radiasi matahari menjadi listrik secara langsung. Untuk menjalankan fungsinya dengan memuaskan, itu harus memiliki efisiensi konversi setinggi mungkin[3]. pada dasarnya harus dilakukan dengan perangkat yang dapat melakukan fungsi ini adalah dioda p-n *junction* karena bahan semikonduktor menyerap foton dan menghasilkan pasangan e-h, dan memiliki potensi pemisah di daerah transisinya, yang harus dibuat setinggi mungkin dibuktikan pada bagian sebelumnya. Jadi, p-n *junction* yang disinari dengan radiasi matahari dapat menghasilkan gaya gerak listrik yang menggerakkan beban listrik[4].

2.1.1 Prinsip Kerja Sel Surya

Prinsip operasi sel surya didasarkan pada kejutan fotolistrik. Pembangkitan potensial listrik yang menghubungkan dua bahan yang berbeda dalam menanggapi radiasi elektromagnetik. Efek fotolistrik berkaitan erat dengan efek fotolistrik, dan ketika suatu permukaan (biasanya logam) disinari dengan elektron, ia menyerap radiasi yang melebihi frekuensi *cut off* tergantung pada jenis permukaan. Efek ini dapat dijelaskan dengan mengasumsikan bahwa cahaya terdiri dari kuantum energi yang disebut foton. Energi foton diberikan persamaan $E = hv$. Dimana h adalah konstanta Planck dan v adalah frekuensi.[5]

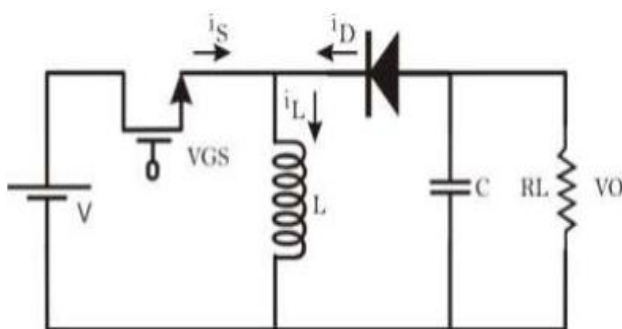


Gambar 2. 1 Rangkaian Ekuivalen Panel Surya

2.2 Buck-Boost Converter

Terdapatnya gangguan misalnya dari bayangan fraksional dalam kerangka sel berbasis sinar matahari juga penting. Untuk mempengaruhi tegangan hasil *charger* tenaga matahari, dibuatlah *converter* DC-DC, *Buck-boost converter* merupakan suatu rangkaian elektronika yang dapat menaikkan atau menurunkan tegangan keluaran dari generator dc magnet permanen. Untuk mengatur nilai tegangannya dapat diatur oleh nilai *duty cycle* yang sudah ditetapkan[6].

Gambar 2.2 Dibawah ini dapat dilihat pada gambar 2.2 ialah rangkaian *buck-boost converter* yang terdiri dari mosfet, *inductor*, dioda, kapasitor dan resistor.

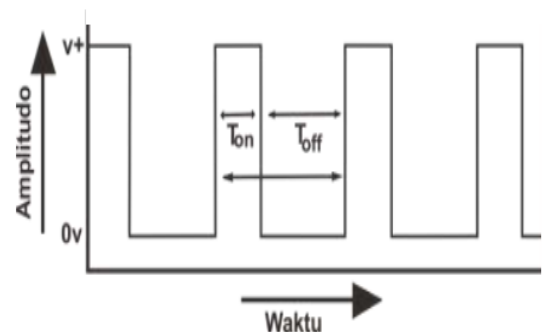


Gambar 2. 2 Rangkaian Buck-Boost Converter

2.3 Pulse Width Modulation (PWM)

Modulasi Lebar Pulsa ialah salah satu tata cara modulasi dengan memvariasikan lebar pulsa (*duty cycle*) dengan nilai amplitudo dan frekuensi yang tetap. Satu siklus pulsa ialah status besar dan setelah itu tetap terletak di wilayah transisi ke status rendah. Lebar pulsa PWM sebanding dengan amplitudo sinyal asli yang tidak termodulasi. Siklus kerja adalah persentasi dari kondisi logika tinggi untuk periode sinyal dan dinyatakan sebagai

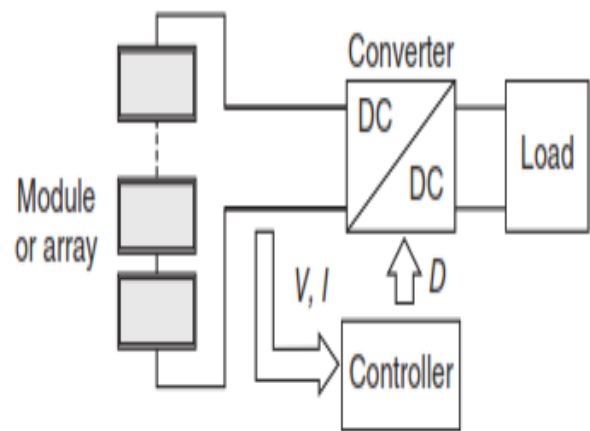
(%) dengan rentang dari 0% hingga 100%, misalnya jika sinyal berada pada kondisi tinggi terus menerus, ini berarti memiliki siklus tugas 100%. Jika status tinggi dari sinyal sama dengan status rendah, sinyal memiliki siklus kerja 50%.



Gambar 2. 3 Sinyal PWM

2.4 Maximum Power Point Tracker

Sebuah MPPT membutuhkan unit kontrol untuk mengatur *duty cycle* untuk menjaga tegangan pada solar sel pada MPP. Versi sederhana dari MPPT terdiri dari DC-DC *converter* sebagai sistem kontrol yang ditunjukkan pada Gambar 2.9. Pengontrol merasakan arus dan tegangan yang dikirimkan oleh solar sel dan menggunakan salah satu dari sejumlah kontrol yang memungkinkan mendekati, menyesuaikan *converter* agar paling cocok dengan output yang diinginkan ke beban.

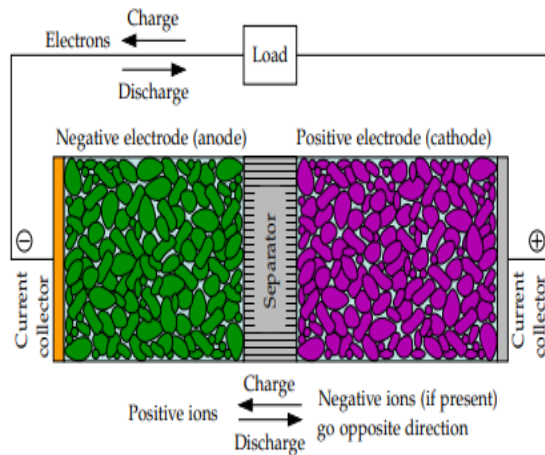


Gambar 2. 4 Blok Diagram MPPT

2.5 Baterai

Baterai merupakan komponen elektrik yang sering digunakan untuk menyimpan energi listrik. Ada berbagai tipe baterai diantaranya *lead acid*, *lithium-ion*, *nickel-cadmium*, dan *nickel metal hydride*. Salah satu jenis pemodelan baterai yang tepat digunakan dalam proses simulasi adalah pemodelan baterai dengan pemodelan rangkaian ekuivalen yang mengacu pada *Sheperd Mode*. Baterai memiliki dua reaksi elektrokimia charging dan discharging. Proses *charging* terjadi baterai berfungsi sebagai beban. Pada proses *charging* generator akan mensuplai baterai. Dan pada saat proses *discharging* batrai berfungsi sebagai sumber yang memberikan enegi lidtrik

ke beban. Gambar 2.5 menunjukkan proses *charging* dan *discharging*.



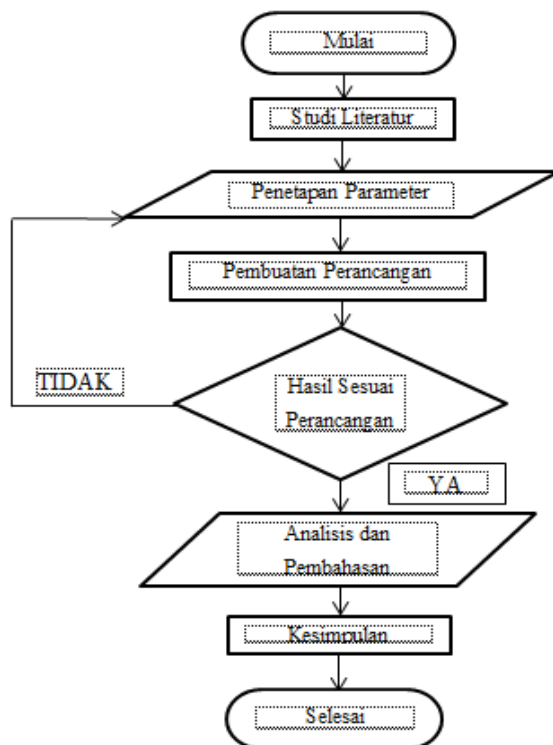
Gambar 2. 5 Proses Charge dan discharge baterai

III. ANALISA DAN PEMBAHASAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini membahas tentang perancangan Sistem *Charging Control Photovoltaic* dengan sistem MPPT menggunakan Metode *Incremental Inductance* Pada *Software* Matlab. Perangkat lunak yang saya digunakan adalah Matlab untuk mendesain perancangan simulasi. Adapun tujuan dari perancangan ini untuk mendapatkan nilai MPP (*Maximum Power Point*) dari *solar sell*.

Dalam proses penelitian perancangan dan pembuatan terdapat beberapa tahapan untuk merancang diantaranya sebagai berikut.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penyusunan Penelitian

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian berlangsung selama 5 (lima) bulan, yaitu dari bulan Oktober 2021 sampai Februari 2022. Lokasi penelitian Gedung Jurusan Teknik Elektro Universitas Malikussaleh.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Adapun metode pengumpulan data yang digunakan penulis pada penelitian ini adalah sebagai berikut yaitu:

1. Metode Observasi

Metode ini merupakan metode yang dilakukan penulis dengan cara mencari dan mengumpulkan data – data secara langsung mengenai permasalahan yang akan dibahas pada penelitian.

2. Metode Konsultasi

Pada metode ini, penulis berkonsultasi dan berdiskusi dengan cara mengarahkan penulis untuk menyelesaikan penelitian ini yang berjudul “Perancangan Sistem *Charging Control Photovoltaic* dengan Sistem MPPT Menggunakan Metode *Incremental Inductance* Berbasis *MATLAB Simulink R2015a*”.

3. Metode studi literatur dan studi pustaka

Pada metode ini penulis mencari berbagai informasi terkait penelitian ini pada buku, jurnal, dan sumber ilmiah lainnya yang relevan terhadap penelitian ini.

3.4 Data Referensi

Dalam penelitian ini, data yang digunakan berasal dari data lapangan dengan melakukan pengerjaan secara langsung. Adapun data yang diukur berupa daya, tegangan dan arus. Selanjutnya data tersebut disimulasikan menggunakan *software* *MATLAB simulink R2015a*. Adapun data yang dibutuhkan dalam *solar charging control* adalah sebagai berikut :

3.4.1 Data Parameter Sel Surya

Penentuan parameter – parameter sel surya yang digunakan dalam simulasi berdasarkan spesifikasi salah satu sel surya yakni model SP 120 – 18 M.

3.4.2 Data Parameter *Buck-Boost Converter*

Buck-boost converter dirancang dengan memperhitungkan nilai komponen berdasarkan sumber dan bebannya. Adapun komponen yang dicari nilainya ialah induktor dan kapasitor.

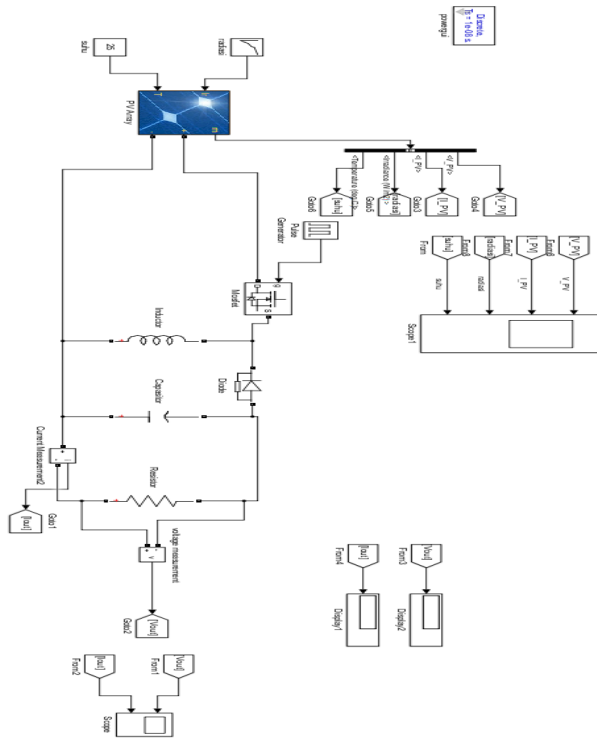
Tabel 3. 1 Spesifikasi *Buck – Boost Converter*

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan Masukkan	19,2 Volt
Tegangan Keluaran	13,5 Volt
Tegangan Nominal	12 Volt
Arus Keluaran Maksimum	2.5 A
Frekuensi <i>Switching</i>	30000 Hz

3.5 Pemodelan *Buck-Boost Converter*

Buck – boost converter yang digunakan ialah menggunakan kontrol PWM (*Pulse Widht Modulation*), dimana *buck-boost converter* berfungsi untuk mengatur nilai tegangan input menjadi nilai tegangan output yang lebih stabil. Terdapat beberapa komponen utama yang

digunakan pada rangkaian *buck-boost converter* yaitu mosfet, dioda, *inductor*, *capasitor* dan resistor. Dimana mosfet berfungsi sebagai saklar dan kontrol *switching* yang menggunakan PWM (*Pulse Widht Modulation*). *switching* PWM dapat beroperasi menggunakan algoritma MPPT *incremental conductance*. Perubahan yang terjadi pada tegangan output dikarenakan adanya perbedaan pada *duty cycle*.



Gambar 3. 2 Rangkaian *Buck-Boost Converter*

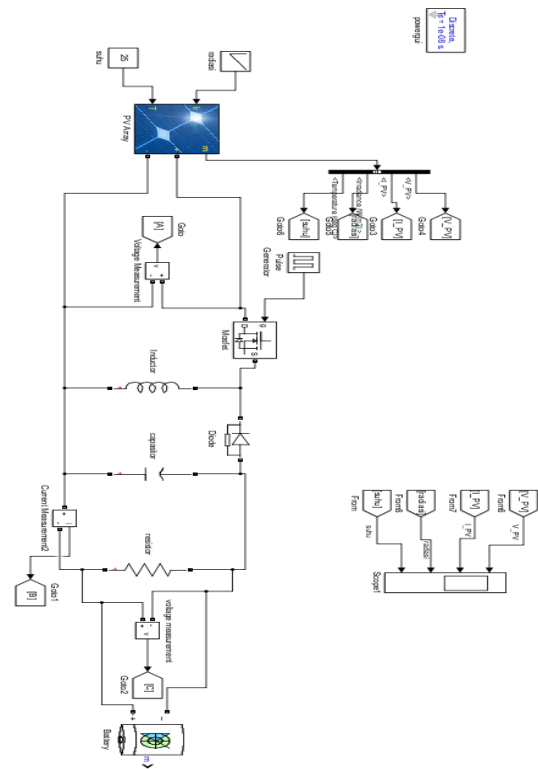
Pada penelitian ini digunakan *converter* jenis *buck-boost converter* yang nantinya tegangan dari *photovoltaic* dapat diturunkan dan dinaikkan dalam mencapai daya output maksimum (MPPT). *Buck-boost converter* seperti pada gambar di atas digunakan untuk mengontrol aliran daya dari *photovoltaic* menuju ke beban.

3.6 Data Parameter Baterai

Penentuan parameter – parameter baterai yang digunakan dalam simulasi berdasarkan spesifikasi salah satu baterai dengan tipe baterai VOZ yakni 12 V 100 AH.

3.6.1 Pemodelan Rangkaian Baterai

Baterai yang digunakan ialah tipe baterai lithium-ion dengan tegangan nominal 12 volt, kapasitas yang ternilai 80 Ah dan keadaan awal pengisian 80 %. Yang dimana baterai merupakan komponen elektrik yang sering digunakan untuk menyimpan energi listrik. Terdapat beberapa komponen utama yang digunakan dalam rangkaian baterai yaitu solar sel, mosfet, dioda, inductor, capasitor, dan resistor.

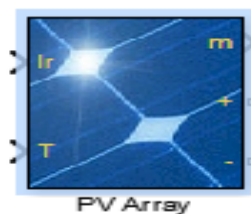


Gambar 3. 3 Rangkaian Baterai

3.7 Implementasi *Solar Charging Control* Pada *Software Simulink* MATLAB R2015a

Di bawah ini merupakan *block* simulasi *solar charging control* pada *software* MATLAB R2015a adalah sebagai berikut:

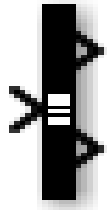
1. PV Array



Gambar 3. 4 PV Array

Blok *PV Array* mengimplementasikan *array* modul *fotovoltaik* (PV). *Array* dibangun dari *string* modul yang terhubung secara paralel, setiap *string* terdiri dari modul yang terhubung secara seri. Blok ini memungkinkan anda untuk memodelkan modul PV paralel dari model Penasihat Sistem Laboratorium Energi Terbarukan Nasional (NREL) (2018) serta modul PV yang anda tentukan. Blok *PV Array* adalah model lima parameter yang menggunakan sumber arus yang dihasilkan cahaya (IL), dioda, resistansi seri (Rs), dan resistansi shunt (Rsh) untuk mewakili karakteristik modul I-V yang bergantung pada radiasi dan suhu.

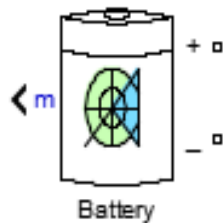
2. Bus Selector



Gambar 3. 5 Blok *Bus Selector*

Blok *bus selector* adalah salah satu jenis blok yang terdapat pada MATLAB *simulink* yang diimplementasikan sebagai blok sinyal pemisah

3. Battrey



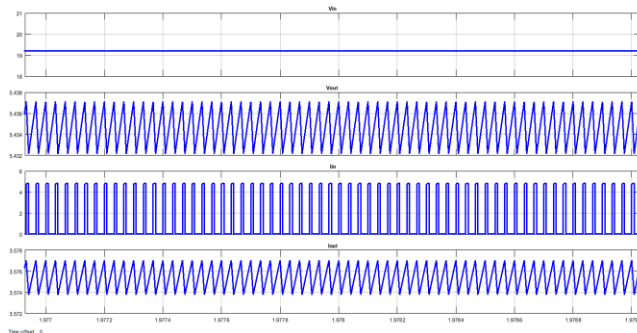
Gambar 3. 6 Blok *Battery*

Blok *Battrey* pada Matlab *Simulink* diimplementasikan sebagai model dinamis generik yang mewakili jenis *battrey* isi ulang paling populer. Gambar ini menunjukkan rangkaian *ekivalen* yang dimodelkan blok.

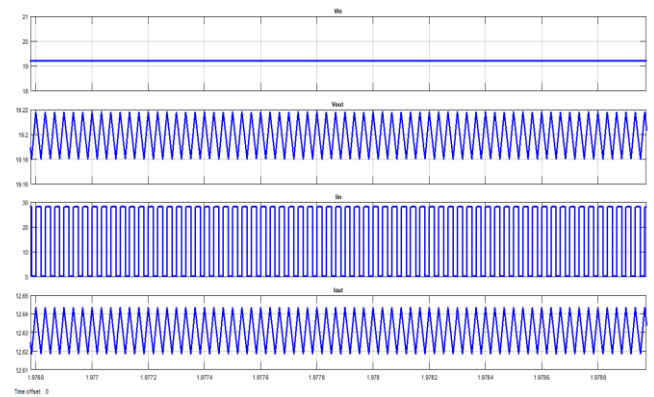
IV. HASIL DAN KESIMPULAN

4.1 Hasil Simulasi *Buck-Boost Converter*

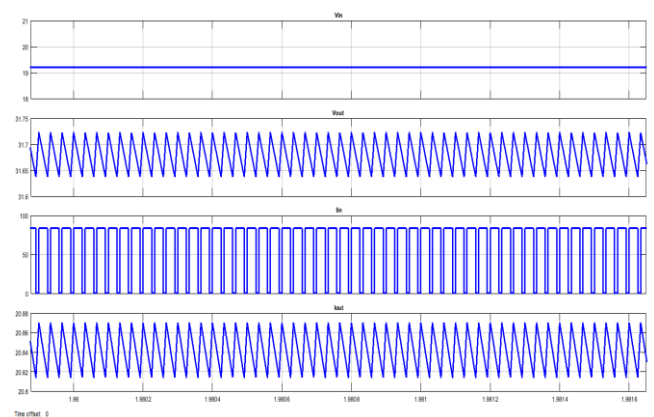
Hasil dari simulasi *buck-boost converter* didapat perubahan nilai tegangan output yang berbeda –beda. Perubahan tegangan output dipengaruhi oleh adanya *duty cycle* yang diatur dari pulse generator. Berikut hasil penelitian *buck-boost converter* pada simulasi *simulink* MATLAB seperti yang terlihat pada gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Hasil Simulasi *Buck-Boost Converter* Dengan *Duty Cycle* 25 %



Gambar 4. 2 Hasil Simulasi *Buck-Boost Converter* Dengan *Duty Cycle* 55 %



Gambar 4. 3 Hasil Simulasi *Buck-Boost Converter* Dengan *Duty Cycle* 75 %

Berdasarkan Gambar di atas pada simulasi *buck-boost converter* dengan memasukkan nilai *duty cycle* sebesar 25% dan resistor rata-rata 1,52 Ω dengan tegangan input rata-rata 19,2 V, tegangan output 5,436 V dan arus input 5 A, arus output 3,576. Hasil simulasi menunjukkan bahwa dengan *duty cycle* 50 % tegangan output meningkat menjadi 19,22 V dan arus input 30 A, arus output 12,64 A. Pada *duty cycle* 75 % tegangan output semakin meningkat menjadi 31,7 V dan arus input 80 A, arus output 20,87 A. Disini dapat diketahui pengertian dari *buck-boost converter* adalah dapat mengatur tegangan keluar lebih besar atau lebih kecil yang diatur dari nilai *duty cycle* yang diinginkan.

4.2 Pengujian Simulasi Sistem *Charging Control*

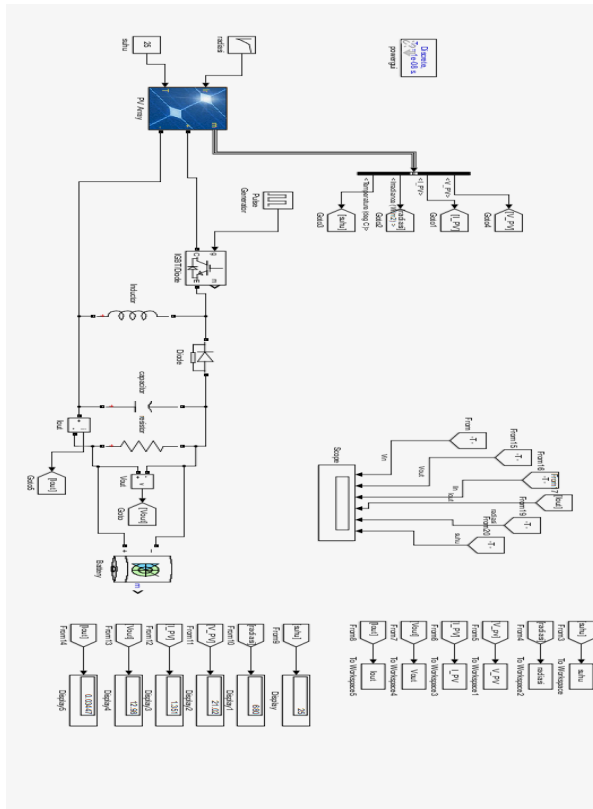
Solar charging Control (SCC) merupakan *device* elektronik yang digunakan untuk mengontrol arus listrik (*Current regulator*) baik arus yang masuk dari sel surya ke baterai maupun ke beban keluaran. Selain itu SCC juga bekerja untuk menjaga baterai dari kelebihan pengisian muatan sehingga baterai menjadi lebih tahan lama.

Pengujian dilakukan dengan metode simulasi menggunakan aplikasi MATLAB *Simulink* R2015a dengan data daya, tegangan dan arus. Sel surya yang digunakan adalah tipe SUNASIA penelitian saya ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara dua tipe SCC yang sering

digunakan dalam sistem PLTS yaitu tipe PWM dan tipe MPPT.

4.2.1 Solar Charging Control Tipe PWM

Solar charging control tipe PWM adalah metode yang digunakan untuk memanipulasi *width pulse* (lebar pulsa) tinggi dan rendah yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda untuk mendapatkan nilai tegangan rata-rata yang berbeda. Berikut pengujian SCC tipe PWM pada simulasi *simulink* MATLAB seperti yang terlihat pada gambar 4.4.

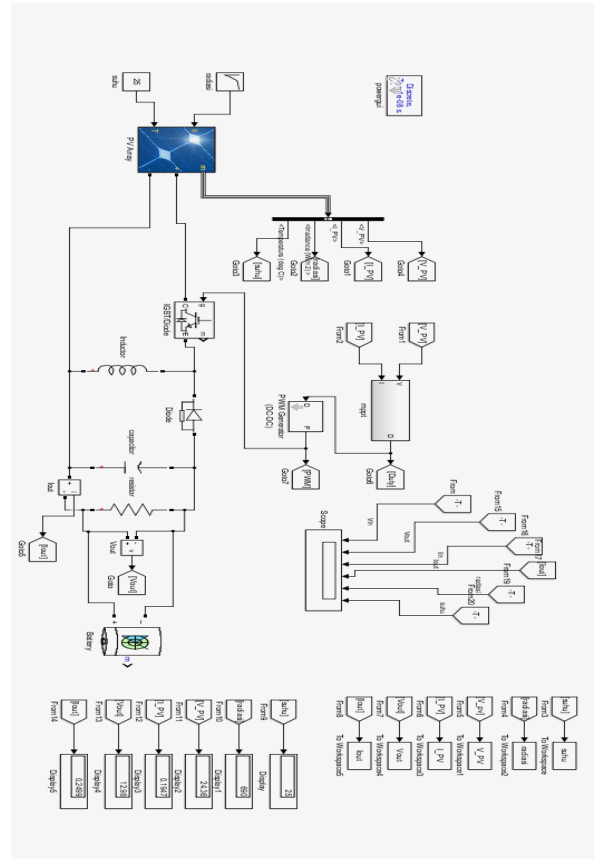


Gambar 4. 4 Rangkaian PWM

Pembangkit Sinyal PWM yang digunakan untuk simulasi adalah berupa *tools pulse* generator yang terdapat pada *block simulink* matlab. Kemudian masukan tersebut akan dikendalikan oleh mosfet, dioda yang melalui *inductor* dan sebagian akan diteruskan menuju ke *capasitor* dan ke keluaran. Keluaran tersebut menghasilkan tegangan yang stabil dengan sedikit *ripple*. Begitu pula untuk hasil keluaran yang lain yaitu berupa daya, tegangan dan arus.

4.2.2 Solar Charging Control Tipe MPPT

Tipe MPPT ini menggunakan algoritma *perturb* dan *observation* seperti yang telah dibahas pada BAB 3. Dibawah ini merupakan pengujian SCC tipe MPPT pada simulasi *simulink* dari algoritma yang telah dibangun.



Gambar 4. 5 Simulink algoritma MPPT

MPPT digunakan untuk mencari titik daya maksimum (MPP). Algoritma yang digunakan adalah algoritma *Pertrub* dan *Observe Method*. Pada metode ini kontroler mengatur parameter tegangan secara perlahan lalu mengukur besarnya daya pada tegangan tersebut. Jika daya naik, maka tegangan akan terus ditambah parameternya sampai nilai daya tidak naik lagi dan juga tidak turun. Pada saat sistem dijalankan dalam kondisi mulai, blok *input* akan memberikan sinyal masukan berupa tegangan $V(n)$ dan arus $I(n)$ pada waktu tersebut. Dari kedua nilai tersebut maka di dapat nilai daya $P(n)$. Nilai tegangan dan daya pada sel surya disimpan dalam blok *memory*, kemudian nilai berikutnya pada nilai $P(n+1)$ diukurlagi dan daya dihitung dari nilai yang diukur. Daya dan tegangan pada $V(n+1)$ dikurangi dengan nilai dari $V(n)$. Jika kita mengamati kurva tegangan daya modul sel surya kita melihat bahwa di kurva sisi kanan di mana tegangan hampir konstan kemiringan tegangan daya negatif ($dP/dV < 0$) di mana seperti di sisi kiri kemiringan positif. ($dP/dV > 0$).

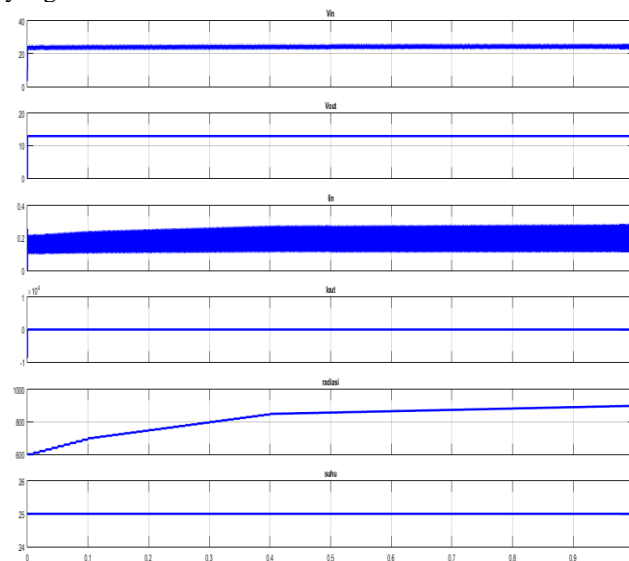
4.2.3 Perbandingan Daya Tegangan dan Arus Pada Sel Surya, SCC Tipe PWM dan Tipe MPPT

Berdasarkan pada hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat perbedaan antara nilai daya rata-rata, tegangan rata-rata, arus rata-rata, radiasi dan suhu pada *solar charging control* tipe PWM dan *solar charging control* tipe MPPT yang dapat dilihat pada tabel 4.1

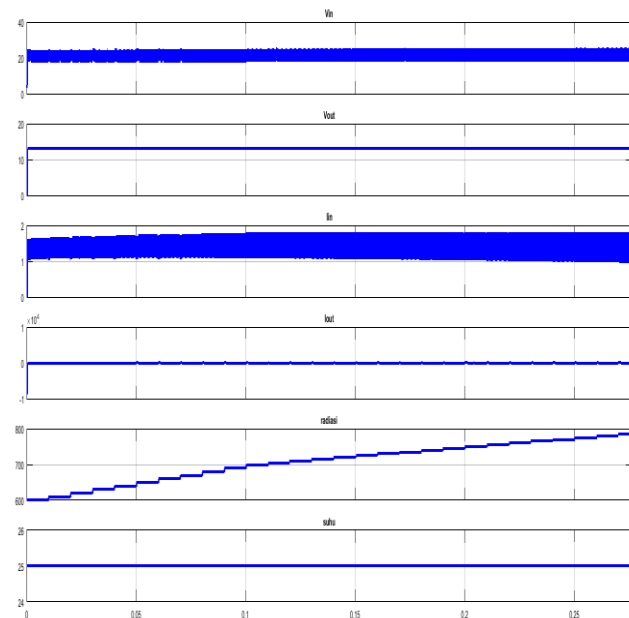
Tabel 4. 1 Perbedaan daya, tegangan, dan arus tipe PWM dan tipe MPPT

Control	Tegangan input	Tegangan Output	Arus Input	Arus Output
PWM	24,8 V	12,984 V	1,5 A	1,5 A
MPPT	24,8 V	12,982 V	0,28 A	0,48 A

Berdasarkan perhitungan simulasi diatas menunjukkan baik daya, tegangan, dan arus yang dihasilkan SCC tipe PWM selalu lebih tinggi dibandingkan dengan sistem SCC tipe MPPT. Berikut gambar 4.6 menunjukkan daya, tegangan, dan arus yang di hasilkan dari kedua SCC yang berbeda.



Gambar 4. 6 Grafik rangkaian SCC tipe MPPT



Gambar 4. 7 Grafik rangkaian SCC tipe PWM

V. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian ini berdasarkan hasil simulasi *solar charging control* tipe PWM dan MPPT menggunakan *software* MATLAB *simulink* R2015a adalah sebagai berikut, yaitu:

1. Daya yang dihasilkan oleh SCC tipe PWM adalah daya rata-rata 37,2 watt, tegangan rata-rata 12.986 volt, dan arus rata-rata 3 ampere, sedangkan daya yang dihasilkan oleh SCC tipe MPPT adalah daya rata-rata 6, atau 2. Ini Watt. , Tegangan rata-rata 12,982 volt, arus rata-rata 0,5 ampere.
2. *Buck-boost converter* yang dirancang dapat menaikkan tegangan atau menurunkan tegangan yang diatur oleh nilai duty cycle 10% sampai 80% dengan efisiensi tertinggi sebesar 50,76 % .
3. Pengontrol yang lebih baik untuk digunakan untuk sel surya adalah pengontrol jenis PWM karena memiliki keunggulan nilai daya 31 watt, tegangan 0,04 volt, dan arus 2,5 miliampere yang lebih tinggi dari Kontroler tipe MPPT sehingga kontroler tipe PWM lebih baik digunakan atau diterapkan pada sistem pembangkit listrik tenaga surya.

VI. REFERENSI

- [1] J. Kerr, *Renewable Energy Resources*. 2019.
- [2] A. Y. Perdana, "Analisis Efisiensi Solar Charger Controller Tipe Pwm Dan Mppt Dengan Metode Simulasi," pp. 1–78, 2020.
- [3] S. Meliala, R. Putri, S. Saifuddin, and M. Sadli, "Perancangan Penggunaan Panel Surya Kapasitas 200 WP On Grid System pada Rumah Tangga di Pedesaan," *JET (Journal Electr. Technol.*, vol. 5, no. 3, pp. 100–111, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/jet/article/view/3544>.
- [4] Y. Imene, *Advances in Renewable Energies and Power Technologies*. .
- [5] S. Meliala, S. Muhammad Jalil, W. Fuadi, and A. Asran, "Application of Off-Grid Solar Panels System for Household Electricity Consumptions in Facing Electric Energy Crisis," *Int. J. Eng. Sci. Inf. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 30–37, 2021, doi: 10.52088/ijesty.v2i1.199.
- [6] P. S. Fisika, F. Matematika, D. A. N. Ilmu, P. Alam, and U. S. Utara, "PHOTOVOLTAIC MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT) DENGAN METODE FUZZY LOGIC CONTROLLER BERBASIS ARDUINO PHOTOVOLTAIC MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT) DENGAN METODE FUZZY LOGIC CONTROLLER," 2019.