


**MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT) UNTUK GENERATOR
DC**

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan
Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun Oleh :

Marsyandha Widyanurrahmah NIM : 0031914

Silpita Maras Tika NIM : 0031927

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI

BANGKA BELITUNG

TAHUN 2022

LEMBAR PENGESAHAN

MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT) UNTUK GENERATOR DC

Oleh:

Marsyandha Widyanurrahmah NIM: 0031914

Silpita Maras Tika NIM: 0031927

Laporan ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Program Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Menyetujui,

Pembimbing 1



I Made Andik Setiawan, M.Eng, Ph.D

Pembimbing 2



Zanu Saputra, M.Tr.T.

Penguji 1



Surojo, M. T.

Penguji 2



Yudhi, M. T.

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa 1: Marsyandha Widyanurrahmah NIM: 0031914

Nama Mahasiswa 2: Silpita Maras Tika NIM: 0031927

Dengan Judul: MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT)
GENERATOR DC

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia diberikan sanksi berlaku.

Sungailiat, 02 Agustus 2022

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

1. Marsyandha Widyanurrahmah

.....


2. Silpita Maras Tika

.....


ABSTRAK

Generator DC yaitu sebuah alat yang mampu mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Untuk dijadikan energi listrik, dibutuhkan energi mekanis yang berasal dari putaran rotor dari generator DC. Putaran dari generator DC ini selalu berubah-ubah atau tidak konstan. Sehingga daya yang keluaran dari putaran rotor tersebut tidak maksimum. Salah satu cara untuk memaksimalkan daya dari keluaran generator DC yaitu dengan mencari titik daya maksimum pada keluaran generator DC tersebut. Proyek akhir ini memiliki tujuan yaitu dapat mencari titik maksimum pada keluaran generator DC ,maksimum power point tracking (MPPT) dengan menggunakan algoritma Perturb and Observe (PO). Dalam mencari titik maksimum pada proyek akhir ini dibutuhkan komponen yaitu generator DC, Buck-Boost Converter XLSEMI 6019, Sensor Tegangan, Sensor Arus INA219, serta resistor sebagai load yang akan dikontrol dengan Arduino Mega 2560. Dengan menggunakan algoritma PO proyek akhir ini dibuat dapat menampilkan daya maksimum, arus maksimum, dan tegangan maksimum.

Kata Kunci: Generator DC, MPPT, algoritma Perturb and Observe (PO)

ABSTRACT

DC generator is a device that can change over mechanical energy into electrical energy. To be utilized as electrical energy, a mechanical energy is required that comes from the revolution of the rotor from a DC generator. The rotation of this DC generator is always changing or not constant. So that the power that comes out of the rotation of the rotor isn't ideal. One way to maximize the power from the DC generator output is to find the maximum power point at the DC generator output. This final project has the objective of being able to discover the greatest point at the DC generator output, maximum power point tracking (MPPT) utilizing the Perturb and Observe (PO) algorithm. To find the maximum point in the final project, components are needed, namely a DC generator, Buck-Boost Converter XLSEMI 6019, connection sensor, INA219 Current Sensor, and a resistor as a load that will be controlled by Arduino Mega 2560. By using the PO algorithm this final project can be made to display maximum power, maximum current, and maximum voltage.

Keywords: DC generator, MPPT, Perturb and Observe (PO) algorithm

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Penulis panjatkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT. atas limpahan rahmat, taufik, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Proyek Akhir ini dengan judul “*Maximum Power Point Tracking (MPPT) Generator DC*” dengan baik dan tepat waktu.

Agar terpenuhinya syarat dan kewajiban untuk menyelesaikan program Diploma III di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung merupakan alasan penulis membuat Laporan Proyek Akhir ini. Laporan ini penulis buat berdasarkan kegiatan yang telah dilakukan penulis selama melakukan pembuatan Proyek Akhir

Penulisan Laporan Proyek Akhir ini tentunya dapat terlaksana dan tersusun dengan baik, tentunya karena adanya bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, yang selalu memberikan rahmat, berkah, dan karunia-Nya sehingga kami selalu mendapatkan kemudahan serta kelancaran dalam menyelesaikan Proyek Akhir dan pembuatan laporan ini.
2. Kedua orangtua serta keluarga yang kami cintai, yang selalu memberikan doa, kasih sayang serta dukungan kepada penulis baik itu secara moral maupun secara materil sehingga Proyek Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng, Ph.D. selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung dan juga sekaligus pembimbing I atas segala tenaga, bimbingan, pikiran, serta waktu yang telah diberikan kepada penulis dalam pengarahan untuk pembuatan Proyek Akhir dan penulisan Laporan Proyek Akhir ini.

4. Bapak Zanu Saputra ,M.Tr.T. selaku pembimbing II yang telah bersedia untuk memberikan saran serta solusi dari masalah yang dihadapi penulis selama proses pembuatan Proyek Akhir dan juga dalam penulisan laporan.
5. Bapak M. Iqbal Nugraha, M. Eng. selaku Ka. Jurusan Teknik Elektro dan Informatika.
6. Bapak Ocsirendi, M.T. selaku Ka. Prodi DIII Teknik Elektronika Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
7. Seluruh staf pengajar yang ada di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
8. Teman-teman mahasiswa yang ada di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah mendukung dan membantu dalam proses pembuatan Proyek Akhir.
9. Sahabat dan teman seperjuangan yang selalu memberi dukungan, nasehat, serta motivasi kepada penulis agar selalu semangat dan pantang menyerah dalam pembuatan Proyek Akhir dan penulisan Laporan Proyek Akhir ini.

Penulis juga tetap sadar tentang banyaknya kekurangan dalam penulisan Laporan Proyek Akhir ini karena penulis juga manusia biasa yang terdapat banyak kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran demi perbaikan laporan ini di masa yang akan datang. Penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan dapat dijadikan referensi kedepannya. Terima Kasih.

Sungailiat, 02 Agustus 2022

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Proyek Akhir	2
BAB 2 DASAR TEORI	3
2.1. Generator DC	3
2.2. Algoritma MPPT	4
2.3. Algoritma <i>Perturb and Observe</i> (P&O)	7
BAB 3 METODE PELAKSANAAN	9
3.1. Komponen yang digunakan	10
3.1.1. Generator DC	11
3.1.2. Arduino Mega 2560	12
3.1.3. <i>Buck-Boost Converter</i>	13
3.1.4. Sensor Tegangan	15

3.1.5	Sensor Arus INA219	15
BAB 4	PEMBAHASAN	17
4.1	Pengujian <i>Buck-boost Converter</i>	17
4.2	Pengujian Sensor Tegangan	19
4.3	Pengujian Sensor Arus INA219	21
4.4	Pengujian Titik Daya Maksimum dengan <i>Power Supply</i>	29
4.5	Pembuatan Dudukan Komponen	36
4.6	Pengujian Titik Daya Maksimum dengan Generator Turbin Angin	36
BAB V	PENUTUP.....	48
5.1	Kesimpulan.....	48
5.2	Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	51

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi Arduino Mega 2560[8]	12
Tabel 3. 2 Spesifikasi Buck-Boost Converter XLSEMI 6019[8]	14
Tabel 3. 3 Konfigurasi pin Buck-Boost Converter XLSEMI 6019[8].....	14
Tabel 3. 4 Spesifikasi Sensor Arus INA219[8].....	16
Tabel 4. 1 Data Pengujian Sensor Tegangan	20
Tabel 4. 2 Data hasil pengujian sensor arus INA219.....	24
Tabel 4. 3 Data Pengujian Titik Maksimum dengan Power Supply	30
Tabel 4. 4 Rekap data titik daya maksimum dengan generator turbin angin. ...	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Grafik MPPT pada kurva P-V[6]	4
Gambar 2. 2 Grafik algoritma Perturb and Observe (P&O)[5].....	7
Gambar 2. 3 Flowchart algoritma Perturb and Observe (P&O) [9].....	8
Gambar 3. 1 Blok Diagram Proyek Akhir	10
Gambar 3. 2 Turbin angin	11
Gambar 3. 3 Performance Graph of WGS300	12
Gambar 3. 4 Arduino Mega 256	12
Gambar 3. 5 Buck-Boost Converter XLSEMI 6019.....	14
Gambar 3. 6 Konfigurasi pin XLSEMI 6019[8].....	15
Gambar 3. 7 Sensor Tegangan	15
Gambar 3. 8 Sensor Arus INA219	16
Gambar 4. 1 Blok Diagram Pengujian Buck-boost Converter.....	17
Gambar 4. 2 Rangkaian Buck-boost Converter	18
Gambar 4. 3 Grafik Output Buck-boost Converter terhadap Duty Cycle.....	18
Gambar 4. 4 Grafik Pengujian Sensor Tegangan terhadap Duty Cycle.....	21
Gambar 4. 5 Blok diagram pengujian sensor arus INA219	22
Gambar 4. 6 Rangkaian pengujian sensor arus INA219.....	23
Gambar 4. 7 Grafik output arus dari sensor arus INA219 terhadap duty cycle....	29
Gambar 4. 8 Grafik output daya dari sensor arus INA219 terhadap duty cycle ...	29
Gambar 4. 9 Grafik Titik Maksimum Tegangan terhadap Duty Cycle.....	35
Gambar 4. 10 Grafik Titik Maksimum Arus terhadap Duty Cycle	35
Gambar 4. 11 Grafik Titik Maksimum Daya terhadap Duty Cycle.....	35
Gambar 4. 12 Dudukan komponen MPPT untuk Generator DC	36
Gambar 4. 13 Grafik Titik Tegangan Maksimum dengan RPM 178.....	37
Gambar 4. 14 Grafik Titik Arus Maksimum dengan RPM 178.....	37
Gambar 4. 15 Grafik Titik Daya Maksimum dengan RPM 178.....	37
Gambar 4. 16 Grafik Titik Tegangan Maksimum dengan RPM 215.....	38
Gambar 4. 17 Grafik Titik Arus Maksimum dengan RPM 215.....	38
Gambar 4. 18 Grafik Titik Daya Maksimum dengan RPM 215	39

Gambar 4. 19 Grafik Titik Tegangan Maksimum dengan RPM 240.....	39
Gambar 4. 20 Grafik Titik Arus Maksimum dengan RPM 240.....	40
Gambar 4. 21 Grafik Titik Daya Maksimum dengan RPM 240	40
Gambar 4. 22 Screenshot serial monitor untuk RPM 178 dengan beban 50R.....	44
Gambar 4. 23 Screenshot serial monitor untuk RPM 178 dengan beban 100R....	44
Gambar 4. 24 Screenshot serial monitor untuk RPM 215 dengan beban 50R.....	45
Gambar 4. 25 Screenshot serial monitor untuk RPM 178 dengan beban 100R....	45
Gambar 4. 26 Screenshot serial monitor untuk RPM 215 dengan beban 50R.....	46
Gambar 4. 27 Screenshot serial monitor untuk RPM 240 dengan beban 100R....	46



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup (Perorangan).....	52
Lampiran 2 List Program	54
Lampiran 3 Data Sheet.....	58



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Generator DC yaitu alat yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Dua bagian utama dari generator DC adalah rotor dan stator, yaitu bagian yang dapat berputar dan bagian yang tidak bergerak secara berurutan. Pada rotor dirancang untuk memiliki medan magnet atau bisa juga dengan cara memberikan arus DC pada rotor[1]. Oleh karena itu, apabila suatu material konduktor bergerak dengan kecepatan yang berubah-ubah dan ketika medan magnet telah dilewati, maka material itu yang bergerak tadi akan diinduksi oleh medan magnet dan menghasilkan tegangan listrik[1]. Namun, untuk kecepatan rotor pada generator DC dapat berubah-ubah sehingga daya yang dikeluarkan akan berbanding lurus dengan pergerakan generator DC tersebut. Maka, agar titik nilai maksimum didapatkan akan digunakan *Maximum Power Point Tracking* (MPPT).

Maximum Power Point Tracking (MPPT) digunakan untuk mendapatkan titik nilai daya maksimum pada keluaran generator DC. Terdapat banyak algoritma pada MPPT, antara *Incremental Conductance*, *Perturb and Observe (PO) Dynamic Approach*, *Temperature Method*, dan lain-lain[2]. MPPT pada generator DC ini harus mampu mengatasi perubahan kecepatan rotor pada generator DC. Titik nilai maksimum sering ditentukan dengan menggunakan algoritma *Perturb and Observe* (PO), yang juga mudah digunakan pada *output* generator DC [3].

Dalam proyek akhir ini akan dirancang dan dibuat alat *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) dengan menggunakan algoritma PO dalam mencari titik nilai daya maksimum dari keluaran yang dihasilkan oleh generator DC sesuai dengan kecepatan putaran rotornya.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada proyek akhir ini yaitu bagaimana membuat alat yang dapat memaksimalkan keluaran daya yang dihasilkan generator DC dengan kecepatan putaran rotor dan jenis *load* yang berbeda.

1.3 Tujuan Proyek Akhir

Adapun tujuan dari pembuatan Proyek Akhir yang berjudul *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) Generator DC yaitu untuk mendapatkan rancangan alat yang dapat mengoptimalkan keluaran daya yang dihasilkan generator DC dengan kecepatan putaran rotor dan jenis *load* yang berbeda.



BAB 2

DASAR TEORI

2.1 Generator DC

Generator DC yaitu alat yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Ada dua macam generator DC, yang pertama generator penguat terpisah, dan yang kedua generator penguat sendiri. Untuk generator penguat sendiri seperti shunt generator, generator seri dan juga generator kompon. Generator kompon ini merupakan generator dengan kombinasai antara generator seri dan generator shunt. Pada dasarnya semua generator adalah sama. Namun generator yang sering dipakai yaitu jenis generator penguat terpisah[4].

Generator memiliki dua komponen yang penting berturut-turut , rotor dan stator. Rotor berupa komponen pada generator DC yang dapat bergerak sedangkan stator berupa komponen pada generator DC yang tidak bergerak. Ada 5 komponen dalam stator : belitan stator, sikat arang, rangka motor, kotak terminal, dan bantalan. Kipas rotor, komutator, poros, dan belitan rotor adalah empat komponen yang membentuk rotor [4].

Prinsip kerja dari generator DC ada 2 cara yaitu [4]:

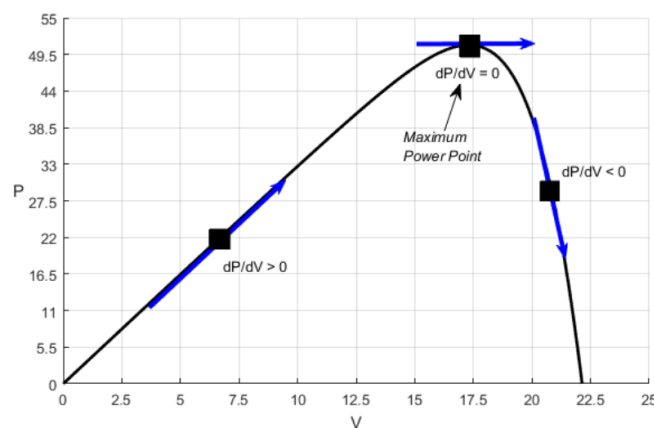
- a. Yang pertama digunakan cincin seret, dan dihasilkan tegangan AC.
- b. Yang kedua digunakan komutator, dan dihasilkan tegangan searah (DC).

Jika rotor berputar mengelilingi medan magnet, hal itu akan membuat terjadinya medan magnet yang berpotongan didalam lilitan kawat rotor itu sendiri. Untuk rotor yang ada di generator DC akan bergerak dan rotor itu akan dihasilkan tegangan AC dan akomutator disini untuk menyearahkan tegangan dari AC ke DC. Tegangan keluaran pada *output* generator DC berbanding lurus dengan kecepatan putaran rotor pada generator DC [4].

2.2 Algoritma MPPT

Maximum Power Point Tracking (MPPT) yaitu metode difungsikan sebagai pengontrol dalam optimalisasi daya keluaran berbagai pembangkit listrik yang salah satunya yaitu generator DC [5]. Untuk pembuatan Proyek Akhir ini, MPPT digunakan untuk mengoptimalkan daya keluaran yang dihasilkan oleh putaran rotor pada generator DC.

Berdasarkan bekerjanya, MPPT akan membaca tiap-tiap titik keluaran yang ada pada kurva karakteristik P-V pada generator DC. Untuk pengendalian, MPPT akan bekerja dengan diubahnya titik kerja agar *converter* akan memaksakan generator DC bekerja sesuai dengan kemampuannya [6]. Sehingga untuk keluaran generator DC akan selalu mencapai titik daya maksimumnya.



Gambar 2. 1 Grafik MPPT pada kurva P-V[6]

MPPT mempunyai 2 unsur pendukung dalam proses pengoperasiannya yaitu tegangan *input* (V) dan arus *input* (V). Apabila dua unsur ini dikombinasikan akan menghasilkan daya P. Berikut dapat dilihat pada Persamaan (1):

$$P = V \times I \dots \dots \dots (1)$$

Dalam MPPT terdapat dua metode yaitu metode konvensional dan metode AI (*Artificial Intelligent*)[2]:

1. Metode Konvensional

Sensor tegangan dan arus diperlukan agar prosedur pengukuran mencapai titik maksimum. Dibandingkan dengan metode MPPT lainnya, metode ini juga cukup sederhana untuk diterapkan[2]. Terdapat beberapa algoritma dalam metode ini, termasuk:

a. Algoritma CVC

Tegangan keluaran dari masukan dijaga konstan dengan menggunakan algoritma CVC. Pada algoritma ini digunakan sensor tegangan. Algoritma ini memiliki kelemahan yaitu tegangan operasi *input* akan menyimpang dari titik tertingginya jika karakteristik *inputnya* bervariasi[2].

b. Algoritma PO (*Perturb and Observe*)

Algoritma MPPT yang sangat umum yaitu algoritma PO. Dalam penggunaan sebenarnya, input aplikasi digunakan untuk menerapkan tegangan referensi atau sinyal arus[6]. Tegangan *input* digunakan sebagai tegangan referensi dalam algoritma PO. Algoritma ini bertujuan untuk memaksa tegangan referensi sebagai tegangan titik daya maksimum dari *input*.

c. Algoritma IC (*Incremental Conductance*)

Ketika titik maksimum tercapai, perubahan daya atau perubahan tegangan adalah nol sesuai dengan algoritma IC, yang memiliki kemiringan kurva daya dan tegangan *array*[6]. Algoritma ini mencari peningkatan konstan dan kemampuan beradaptasi dengan segala kondisi. Algoritma MPPT ini harus dapat menentukan apakah *duty cycle* harus dinaikkan atau diturunkan berdasarkan tegangan dan arus keluaran dari inputannya.

2. Metode AI (*Artificial Intelligent*)

Dengan mengubah nilai kenaikan atau penurunan tegangan dalam metode AI, MPPT ditingkatkan sehingga sistem hanya beresilasi disekitar titik maksimum. Metode AI memiliki manfaat sebagai respons yang sesuai untuk kondisi lingkungan yang berubah dengan cepat. Namun, terdapat juga kelemahan yakni sistemnya lebih kompleks dibandingkan dengan metode konvensional[2].

Pada metode AI terdapat 3 macam algoritma yakni sebagai berikut :

a. Algoritma FLC (*Fuzzy Logic Control*)

Algoritma fuzzy mencatat daya maksimum berdasarkan prinsip penting bahwa arus referensi harus menunjuk ke arah yang berlawanan apabila perubahan terbaru dalam arus referensi menghasilkan penurunan daya[7]. Keuntungan dari algoritma ini yaitu dapat berfungsi dengan input yang tidak terbatas dan melakukan perhitungan dengan cepat dan akurat tanpa memerlukan persamaan matematis untuk membangun sistem.

b. Algoritma ANN (*Artificial Neural Network*)

Algoritma ANN terinspirasi oleh sistem saraf pusat otak yang digambarkan sebagai jaringan neuron yang saling berhubungan yang menyerupai jaringan saraf biologis[2]. Keuntungan dari algoritma ini adalah dapat secara tepat menghitung titik daya maksimum tanpa input apapun dari parameter model. Selain itu, kekurangan algoritma ini adalah dibutuhkan banyak pelatihan untuk menjadi sistem algoritma yang dapat dipercaya.

c. Algoritma Adaptive Neuro Fuzzy Interference (ANFIS)

Algoritma digunakan untuk menggambarkan sistem kompleks nonlinier yang menggabungkan pembelajaran adaptif dari algoritma ANN[2]. Algoritma ANFIS cukup akurat dalam mencapai titik daya maksimum dan merespon dengan baik terhadap perubahan keadaan lingkungan. Namun, kompleksitas sistem algoritma ANFIS ditambah kebutuhan akan pengontrol fitur yang kuat membuatnya rentan.

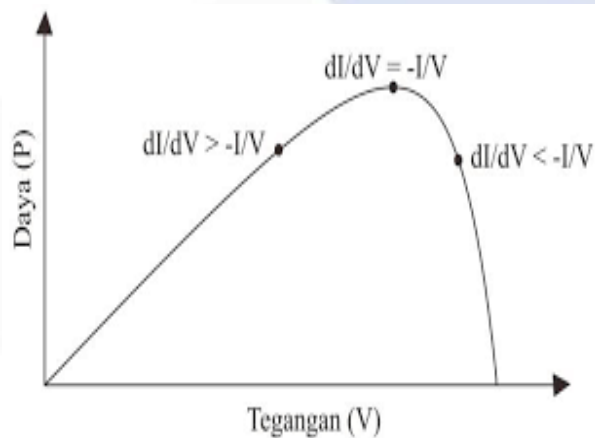
Pada proyek akhir ini memiliki kondisi daya keluaran yang dihasilkan oleh generator DC bergantung dengan kecepatan putaran rotor pada generator DC. Oleh karena itu, algoritma PO (*Perturb and Observe*) adalah algoritma MPPT yang cocok digunakan untuk mengatur putaran rotor generator DC agar titik daya selalu berada pada titik maksimum dalam segala kondisi.

Panel surya, turbin angin, turbin air, dan jenis sumber energi lainnya semuanya dapat digunakan sebagai *input* untuk MPPT dalam aplikasinya. Turbin angin yang digunakan di sini memiliki generator DC sebagai inputnya. Rotor generator DC dapat digerakkan untuk menghasilkan energi listrik menggunakan tenaga turbin angin. Karena energi angin tidak selalu konstan, listrik yang dihasilkan oleh putaran rotor tidak stabil. Angin akan berfluktuasi antara kuat dan lambat. Untuk

mendapatkan daya yang maksimum oleh generator DC dalam berbagai keadaan, MPPT diterapkan.

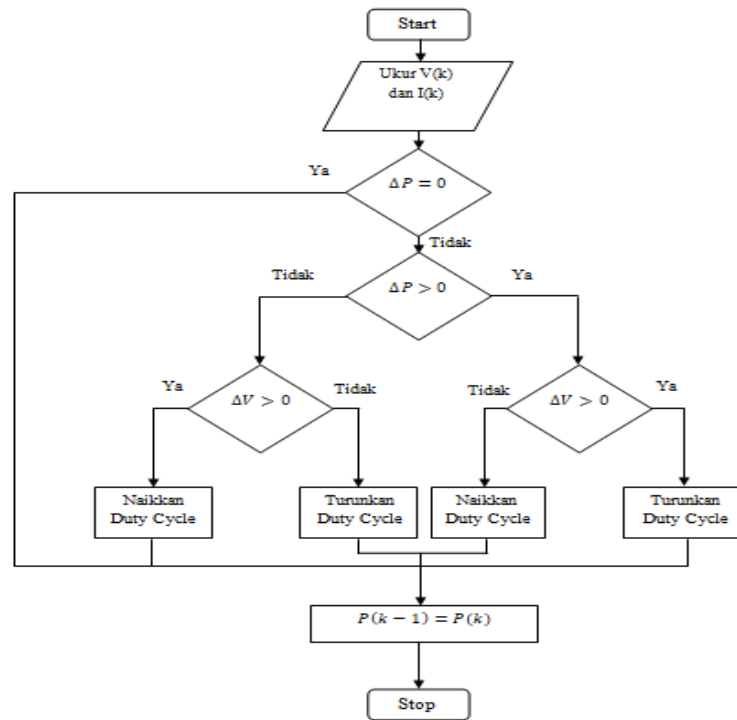
2.3 Algoritma *Perturb and Observe* (P&O)

Dalam penggunaan algoritma *Perturb and Observe* (P&O) mempunyai 2 tahapan, yaitu *perturb* yang berarti mengubah dan *observe* yang berarti menghitung apakah terdapat perubahan pada daya yang disebabkan adanya kondisi *perturb* sebelumnya. *Perturb* akan tetap dengan arah yang sama ketika terdapat perubahan positif, namun sebaliknya *perturb* akan dialihkan jika terdapat perubahan negatif [8].



Gambar 2. 2 Grafik algoritma *Perturb and Observe* (P&O)[5]

Berikut *Flowchart* dari algoritma *Perturb and Observe* (P&O):



Gambar 2. 3 Flowchart algoritma Perturb and Observe (P&O) [9]

Berdasarkan *flowchart* diatas, dapat dilihat, dalam kondisi tidak ada perubahan daya yang ada pada keluaran generator DC, *duty cycle* tidak berubah. Jika ada peningkatan daya dan tegangan pada keluaran generator DC, maka *duty cycle* akan diturunkan. Jika terdapat peningkatan daya tetapi tegangan tetap atau berkurang, *duty cycle* akan dinaikkan. Dan apabila keluaran generator DC menghasilkan daya dan tegangan berkurang, maka *duty cycle* akan diturunkan. Jika daya berkurang tetapi tegangan meningkat, maka *duty cycle* akan dinaikkan.

BAB 3

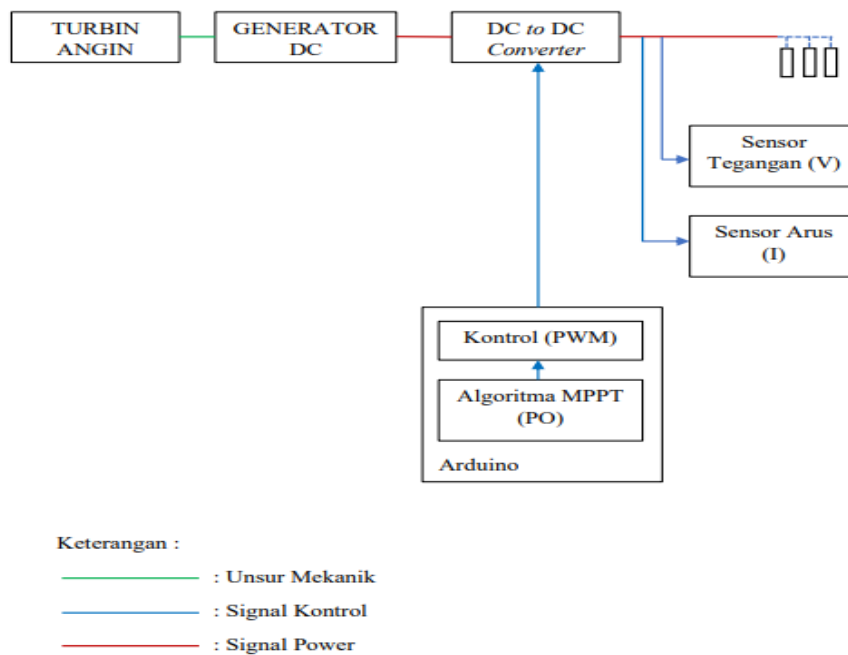
METODE PELAKSANAAN

Dalam Bab 3 ini akan dibahas secara rinci tentang metode pelaksanaan dalam pembuatan Proyek Akhir yang berjudul “*Maximum Power Point Tracking (MPPT) Generatot DC*”.

Terdapat parameter-parameter yang akan dibahas penting untuk pembuatan Proyek Akhir ini, sebagai berikut :

1. Daya *output* yang dihasilkan dapat berubah-ubah atau variabel sesuai dengan beban yang digunakan dan juga kecepatan rotor yang berputar pada generator.
2. Daya *output* dapat mendekati atau turun serta tidak melebihi daya input yang diberikan..
3. Titik maksimum daya pada keluaran generator DC harus dapat ditemukan secara otomatis.
4. Dapat menampilkan daya maksimum, arus maksimum, dan tegangan maksimum dari keluaran generator DC pada monitor.

Berikut blok diagram dalam pembuatan Proyek Akhir ini :



Gambar 3. 1 Blok Diagram Proyek Akhir

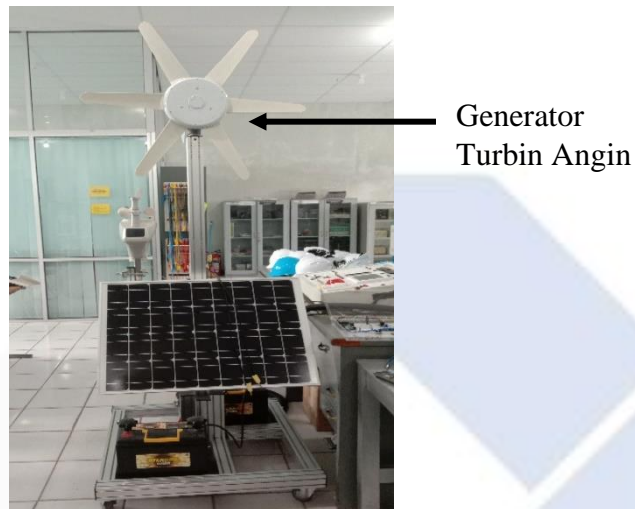
Berdasarkan blok diagram sebelumnya, turbin air/angin berfungsi sebagai penggerak rotor pada generator DC. Kemudian ,generator DC sebagai input dari DC to DC Converter, inputannya tergantung dengan kecepatan putaran rotor pada generator DC. DC to DC Converter berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan tegangan sesuai dengan frekuensi PWM yang diberikan. Kemudian, tegangan keluaran dari DC to DC Converter akan dialirkan ke beban. untuk mendapat nilai daya maksimum dari daya keluaran generator DC secara otomatis akan digunakan algoritma MPPT. Algoritma yang dipakai yaitu *Perturb and Observe (PO)*.

3.1 Komponen yang digunakan

Berikut spesifikasi komponen yang digunakan dalam pembuatan Proyek Akhir yang diberi judul “*Maximum Power Point Tracking (MPPT) Generator DC*”, sebagai berikut:

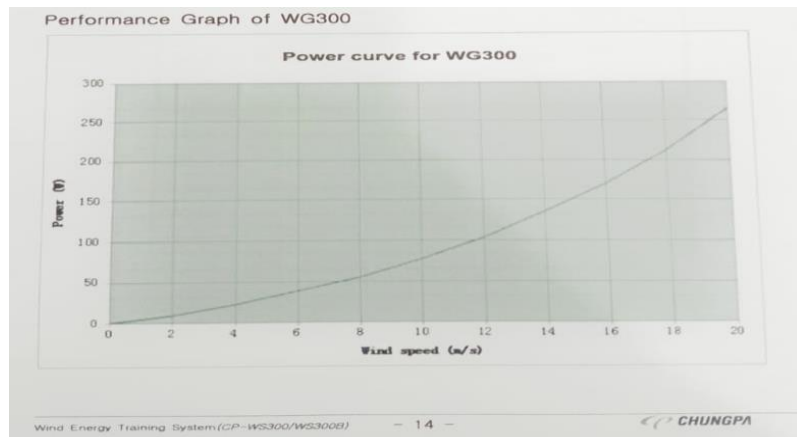
3.1.1 Generator DC

Pada pembuatan proyek akhir ini digunakan generator DC dengan penggerak dengan menggunakan angin. Generator pembangkit angin ini dirancang untuk mengoperasikan arus udara yang bergerak bebas dan yang menghasilkan daya ke baterai pada kecepatan angin 3 m/s. Daya 12V DC yang dihasilkan secara langsung terhubung langsung dengan kecepatan turbin angin.



Gambar 3. 2 Turbin angin

Turbin angin berputar berdasarkan sumber angin yang diberikan. Ketika turbin angin berputar akan menggerakkan rotor yang terdapat pada generator yang ada didalam turbin angin. Kemudian putaran rotor tersebut akan menghasilkan daya listrik yang akan mejadi input dari MPPT.



Gambar 3. 3 Performance Graph of WGS300

3.1.2 Arduino Mega 2560

Pada pembuatan proyek akhir ini digunakan Arduino Mega 2560 sebagai pengontrol untuk alat yang dibuat. Arduino Mega 2560 ini merupakan mikrolontroler yang menggunakan IC Atmega 2560 yang terdapat 54 pin yaitu pin *input/output* digital (diantara 54 pin tersebut terdapat 15 pin yang difungsikan untuk output PWM), tombol reset, 4 UART *hardware port serial*, koneksi USB, colokan listrik, osilator kristal 16 MHz, 16 pin *input* analog, dan *header ICSP*.



Gambar 3. 4 Arduino Mega 256

Spesifikasi dari Arduino Mega 2560, sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Spesifikasi Arduino Mega 2560[8]

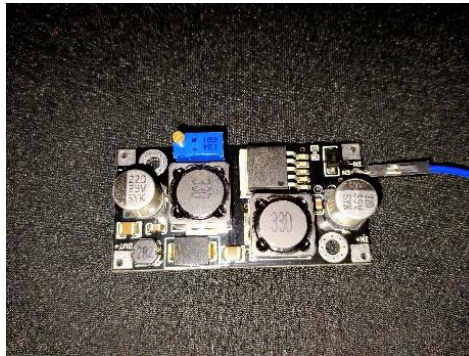
Komponen	Spesifikasi
Chip mikrokontroler	Atmega 2560

Komponen	Spesifikasi
Tegangan operasi	5V
Tegangan input (yang direkomendasikan)	7V-12V
Tegangan input (limit)	6V-20V
Digital I/O pin	54 buah, 6 diantaranya menyediakan PWM output
Analog input pin	16 buah
Arus DC per pin I/O	20 mA
Arus DC pin 3.3 V	50 mA
Memori flash	256 KB, 8 KB telah digunakan <i>bootloader</i>
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock speed	16 MHz
Dimensi	101.5 mm x 53.4 mm
Berat	37 g

Berdasarkan spesifikasi diatas, arduino mega 2560 ini sangat cocok digunakan dalam pembuatan proyek akhir ini karena arduino jenis ini memiliki kapasitas memori yang besar untuk mengontrol banyak komponen dalam satu rangkaian.

3.1.3 *Buck-Boost Converter*

Dalam pembuatan Proyek Akhir ini, digunakan *Buck-Boost Converter* jenis XLSEMI 6019 yang berguna sebagai pengontrol tegangan sumber dan juga menaikkan tegangan sesuai dengan yang dibutuhkan. *Buck-Boost converter* disini berguna untuk mengkonversi atau mengubah tegangan DC to DC, dengan menggabungkan 2 prinsip dari *buck* dan *boost converter*, dimana tegangan *outputnya* dapat lebih atau kurang dari *output* tegangan *inputnya*[8].



Gambar 3. 5 *Buck-Boost Converter XLSEMI 6019*

Spesifikasi *Buck-Boost Converter XLSEMI 6019* dapat dilihat pada Tabel dibawah ini:

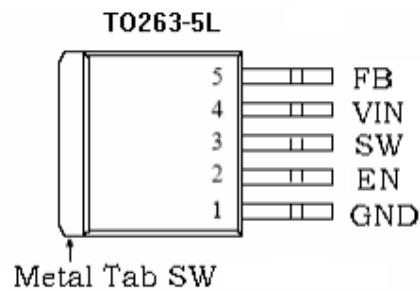
Tabel 3. 2 Spesifikasi *Buck-Boost Converter XLSEMI 6019*[8]

No	Pin	Keterangan
1	Tegangan input	5 V sampai 40 V
2	Tegangan referensi	1.25 V
3	Frekuensi switching	180 KHz
4	Arus maksimum	5 A

Buck-Boost converter yaitu rangkaian penghubung DC to DC yang berfungsi untuk meningkatkan dan mengurangi tegangan DC. Berikut merupakan konfigurasi pin pada komponen *Buck-Boost Converter XLSEMI 6019*.

Tabel 3. 3 Konfigurasi pin *Buck-Boost Converter XLSEMI 6019*[8]

No	Pin	Keterangan
1	Pin -(Gnd)	Dihubungkan ke ground atau Vin
2	Pin +(Enb)	Dihubungkan ke pin enable
3	Pin Switch (SW)	Dihubungkan ke pin output sakelar
4	Pin input (IN)	Diberikan tegangan sumber 5V-40V DC
5	Pin feedback (FB)	Dihubungkan dengan pin feedback(FB)

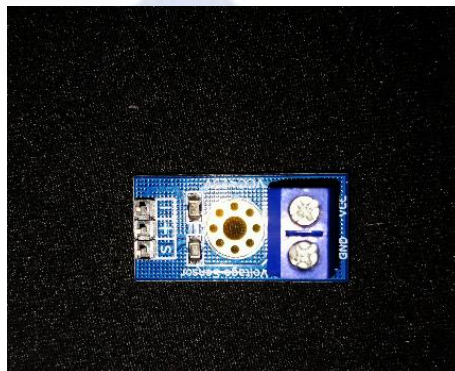


Gambar 3. 6 Konfigurasi pin XLSEMI 6019[8]

Pada Proyek Akhir ini dipakai modul Buck-boost converter jenis XLSEMI 6019 karena modul jenis ini dapat menghasilkan tegangan output yang stabil walaupun diberikan tegangan input yang berbeda-beda.

3.1.4 Sensor Tegangan

Pada pembuatan Proyek akhir ini digunakan sensor tegangan jenis Modul sensor tegangan 25 VDC arduino yang berfungsi untuk mengukur *output* dari *Buck-Boost Converter XLSEMI 6019*.

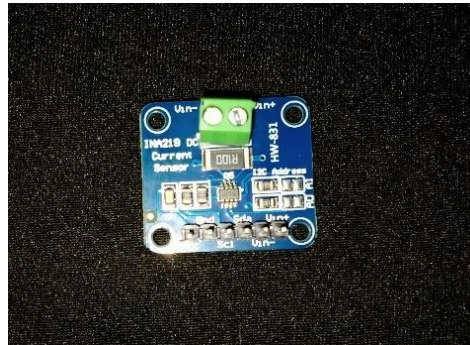


Gambar 3. 7 Sensor Tegangan

3.1.5 Sensor Arus INA219

Pada pembuatan Proyek Akhir ini digunakan sensor arus jenis INA219. Sensor arus jenis INA219 merupakan suatu sensor yang berfungsi untuk membaca nilai tegangan dan arus suatu rangkaian listrik. Sensor arus INA219 ini dilengkapi oleh interface I2C dan mampu mengukur arus $\pm 3,2$ A dan tegangan 26 VDC yang digunakan seolah-olah 5 V atau 3 V. Sensor arus INA219 pada Proyek Akhir ini

digunakan dalam mengukur keluaran dari DC to DC Converter XLSEMI 6019 pada pemrograman arduino. Sensor arus INA219 ini mempunyai library tersendiri dalam pemrograman arduino ini.



Gambar 3. 8 Sensor Arus INA219

Berikut spesifikasi dari sensor arus INA219 :

Tabel 3. 4 Spesifikasi Sensor Arus INA219[8]

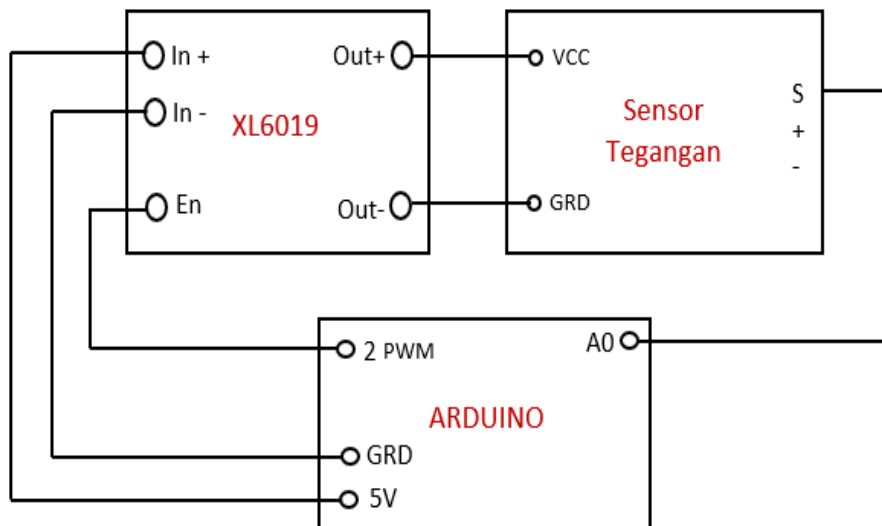
Spesifikasi
<ul style="list-style-type: none">• Dilengkapi resistor current sense 0.1 ohn 1% 2W• Pengukuran tegangan hingga 25 VDC• Pengukuran arus hingga 3.2A current measurement dengan resolusi 0.8 mA• Dimensi board 2 x 2.2 cm• Chip I2C 7-bit addresses 0x40, 0x41, 0x44, 0x45 (bisa dipilih dengan memindah posisi jumper)

BAB 4 PEMBAHASAN

Dalam Bab 4 ini akan membahas tentang cara dan juga proses dalam pembuatan Proyek Akhir yang berjudul *Maximum Power Point Tracking (MPPT) Generator DC*. Proses dalam pembuatan Proyek Akhir terdapat beberapa tahap mulai dari perencanaan, perancangan, serta pembuatan sistem kontrol, alat, dan program beserta pengujian sistem. Berikut adalah penjelasannya.

4.1 Pengujian *Buck-boost Converter*

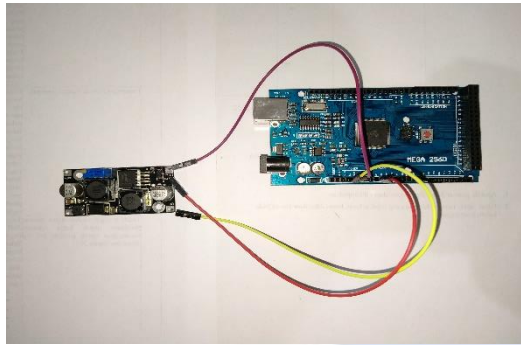
Pada Proyek Akhir ini digunakan *Buck-boost Converter* tipe XL6019. XL6019 berfungsi untuk mengonversi atau mengubah tegangan DC to DC, dengan menggabungkan 2 prinsip dari *buck* dan *boost converter*, dimana tegangan outputnya bisa lebih atau berkurang dari *output* tegangan *input*nya. Berikut blok diagram pengujian *Buck-boost Converter* :



Gambar 4. 1 Blok Diagram Pengujian *Buck-boost Converter*

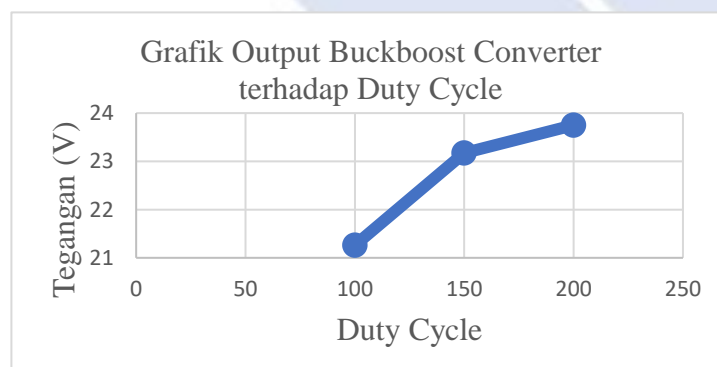
Pengujian pertama dilakukan terhadap XL6019 untuk melihat cara kerja dan juga tingkat keakuratan dari *converter* sebelum akan digunakan. Dalam pengujian

ini digunakan tegangan input yang diambil dari arduino. Kemudian potensio yang berada pada *converter* akan di putar manual agar didapatkan tegangan maksimum *output* dari *converter* . Tegangan maksimum keluarannya yakni 25 V. Berikut merupakan gambar rangkaian dari pengujian *Buck-boost Converter* :



Gambar 4. 2 Rangkaian *Buck-boost Converter*

Pin *enable* pada *converter*, yang terhubung ke pin 2 PWM pada Arduino Mega 2560, akan memberikan pemicu PWM, jadi lakukan pengujian menggunakan itu. Pin *enable* dalam hal ini digunakan untuk menghidupkan dan mematikan *converter*. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan nilai potensial tegangan keluaran konverter. *Converter* menggunakan tiga level PWM yang berbeda dalam pengujian ini: 100, 150, dan 200. Dibawah ini merupakan grafik hasil pengujiannya:



Gambar 4. 3 Grafik *Output Buck-boost Converter* terhadap *Duty Cycle*

Adapun list program yang dipakai untuk pengujian ini adalah sebagai berikut:

```

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  int sensorValue = analogRead(A0);
  float voltage = sensorValue *( 5.0 / 1023.0);
  Serial.println(voltage);
}

```

} Penerimaan data melalui port serial dengan kecepatan 9600 bit per detik (9600 bps).

} Membaca nilai input pada sensor tegangan dengan menggunakan rumus. Kemudian ditampilkan nilai tegangan input yang terbaca.

4.2 Pengujian Sensor Tegangan

Dalam pengujian ini digunakan sensor tegangan DC 25 V sebagai alat untuk mengukur tegangan *output* dari *Buck-boost Converter*. Pada pengujian ini dikerjakan dengan menghubungkan sensor tegangan dengan *Buck-boost Converter* XL6019 dalam satu rangkaian pemrograman arduino. Untuk rangkaian pengujiannya sama seperti rangkaian pengujian *Buck-Boost Converter* diatas.

Dalam pengujian ini, input 5 V Arduino dihubungkan ke pin in + *converter*, dan pin *ground* Arduino terhubung ke pin in - *converter*. Selanjutnya, sambungkan pin *enable converter* ke pin 2 pada Arduino, yang merupakan pin PWM. Keluaran + dari *converter* dihubungkan ke pin VCC dari sensor tegangan, sedangkan keluaran - dihubungkan ke pin *ground* sensor tegangan. Pin S dari sensor tegangan dihubungkan ke pin analog Arduino A0 sebagai outputnya.

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai keluaran dari *DC-DC converter* berdasarkan *duty cycle* yang diberikan yaitu dari 1 sampai 255. Sesuai dengan *duty cycle* yang ditentukan, program yang digunakan dalam pengujian ini akan secara otomatis menampilkan tegangan keluaran dari *Buck-boost converter*. Programnya sebagai berikut:


```

void loop() {
for (int XaL_Dc=0; XL_Dc < 255; XL_Dc+=1)  →  Looping nilai duty cycle 1
{
  Vdc11 = analogRead(A0); Vdc11 = analogRead(A0); }  Rumus membaca tegangan di pin A0 dengan sumber tegangan 25 V
  Float Vdc1=Vdc11 * (25.0/1023.0);
  analogWrite(pwm, XL_Dc);
  Serial.println(XL_Dc);
  Serial.println("\t");
  Serial.print (Vdc1) ;
  Serial.print("\t");
  delay(1000);
}
}

```

Berikut Tabel 4.1 merupakan tabel data yang dihasilkan dalam pengujian sensor tegangan.

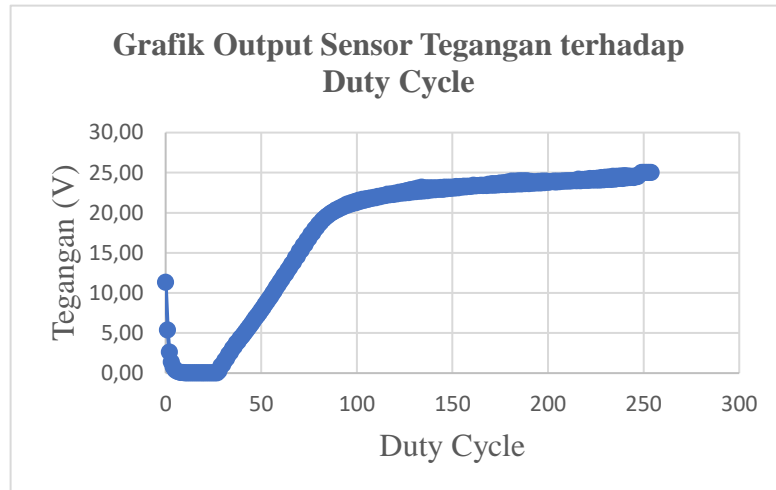
Tabel 4. 1 Data Pengujian Sensor Tegangan

DC	VDC	Multimeter	Error(%)
0	11,3	0	100
50	7,84	9,01	14,92
100	21,3	21,66	1,88
150	23,2	23,18	0,04
250	25	25,05	0,2
255	25	25,03	0,12

Berdasarkan pada Tabel 4.1 diatas , didapati hasil nilai tegangan output dari sensor tegangan akan berbanding lurus dengan kenaikan *duty cycle* yang diberikan. Besarnya nilai *duty cycle* akan mempengaruhi seberapa besar nilai dari tegangan outputnya. Pada Tabel 4.1 didapatkan bahwa saat diberikan *duty cycle 255* maka

tegangan *output* yang terbaca yaitu 25 V dimana 25 V merupakan spesifikasi dari batas tegangan yang dapat dibaca dari sensor tegangan itu sendiri.

Berikut ini merupakan grafik yang dihasilkan dari pengujian sensor tegangan:

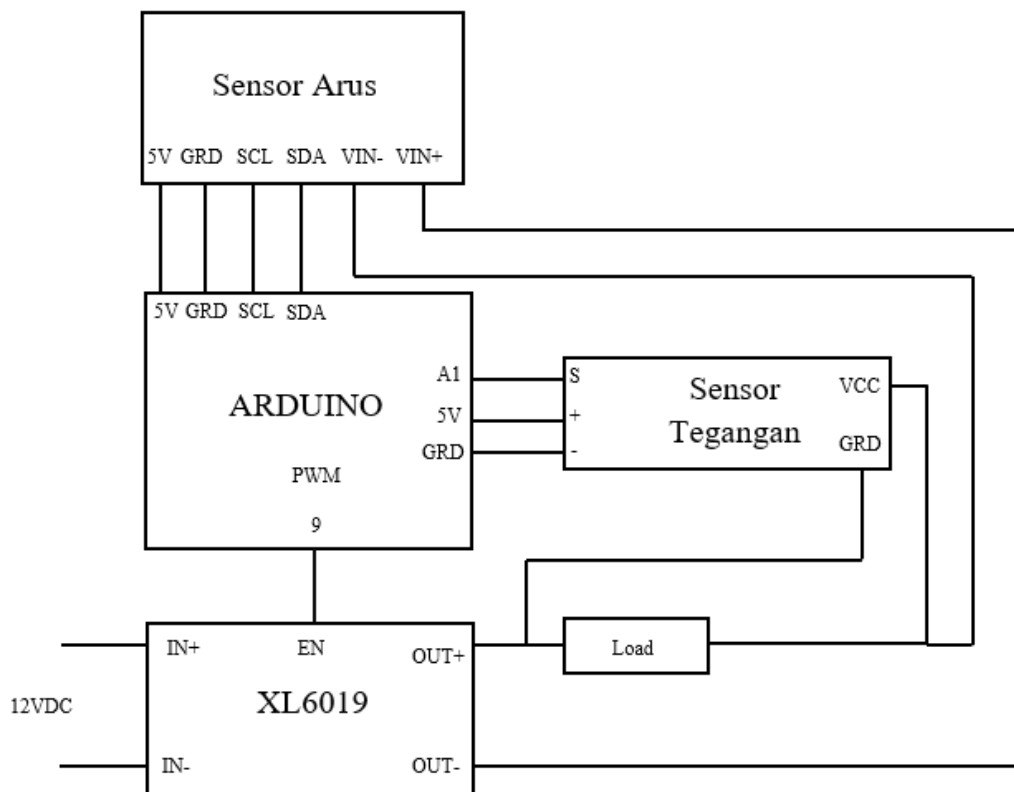


Gambar 4. 4 Grafik Pengujian Sensor Tegangan terhadap *Duty Cycle*

Berdasarkan Gambar 4.4 , dapat dianalisa bahwa sensor tegangan dapat membaca tegangan dari *Buck-boost converter*, apabila PWM yang diberikan lebih besar maka akan lebih tinggi tegangan *output* yang dapat dibaca oleh sensor tegangan hingga batas maksimal pembacaan yaitu 25 V. Dapat dilihat bahwa saat pertama tegangan *input* diberikan, tegangan yang terbaca yaitu lompatan tegangan yang melebihi 10 V, hal ini dapat saja terjadi dikarenakan sensor tegangan mendapat tegangan kejut pada awal pemberian tegangan inputnya. Kenaikan tegangan *output* berdasarkan PWM tidak berbanding lurus. Kenaikan tegangan *output* yang signifikan dapat dilihat pada grafik dimulai dari *duty cycle* yang ke-30. Lalu, kenaikan tegangan output mulai melambat dimulai dari *duty cycle* yang ke-100.

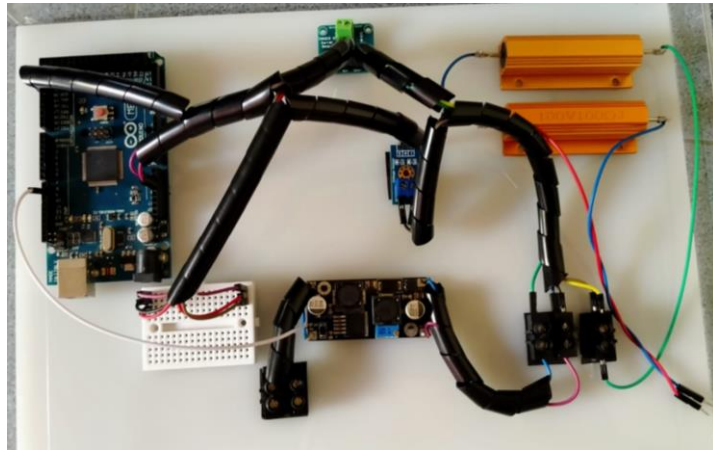
4.3 Pengujian Sensor Arus INA219

Dalam pengujian ini menggunakan sensor arus tipe INA219 yang berfungsi untuk mengukur besarnya arus *output* pada rangkaian menggunakan *Buck-boost Converter* dengan menambahkan resistor 1000R sebagai beban pada pemrograman arduino. Berikut blok diagram rangkaian pada pengujian ini:



Gambar 4. 5 Blok diagram pengujian sensor arus INA219

Dalam pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan sensor arus INA219 secara seri ke DC-DC *converter* untuk mengukur resistor dengan menggunakan program arduino. Kemudian terdapat pin I2C yaitu pin SCL dan pin SDA pada arduino sebagai pin serial komunikasi dihubungkan dengan pin SCL dan pin SDA yang terdapat pada sensor arus INA219. Pada pemrograman sensor arus agar dapat terbaca arus keluarannya perlu menggunakan *library* tersendiri yaitu Adafruit_INA219 yang dapat diinstal secara langsung pada software arduino. Pada arduino pin 5V dan *Ground* dihubungkan dengan pin 5V dan Ground pada sensor arus INA219. Untuk pin PWM yang digunakan yaitu pin PWM 9 pada arduino. Pada pengujian ini, program yang dipakai yaitu program gabungan antara program sensor tegangan dan program sensor arus. Berikut rangkaian dari pengujian ini:



Gambar 4. 6 Rangkaian pengujian sensor arus INA219

Adapun list program yang digunakan dalam pengujian sensor arus ini sebagai berikut.

```

void loop () {
for (int dutyCycle = 0; dutyCycle <=255;dutyCycle+=1)
{
current_mA = ina219.getCurrent_mA();
shuntvoltage = ina219.getShuntVoltage_mV();
busvoltage = ina219.getBusVoltage_V();
power_mW = ina219.getPower_mW();
loadvoltage = busvoltage + (shuntvoltage / 1000);
voltage1=analogRead(13);
float voltage = voltage1 * (25.0 / 1023.0);

analogWrite(pinPwm, dutyCycle);

Serial.print(dutyCycle);

Serial.print("\t")
Serial.print("\t");
Serial.print(voltage);
}
}

```

→ *Looping nilai
duty cycle 1*

} Rumus membaca arus sensor arus dan tegangan.

} Menampilkan nilai *duty cycle*, arus, dan tegangan dengan *delay* 0,5 s

```

Serial.print("\t")
Serial.print(current_mA);
Serial.print("\t")
delay (500);}

```

} Menampilkan nilai
duty cycle, arus, dan
tegangan dengan delay
0,5 s

Tabel 4.2 merupakan data hasil pengujian dari sensor arus INA219 berupa tegangan *output*, arus *output*, serta daya *output* :

Tabel 4. 2 Data hasil pengujian sensor arus INA219

DC	V	I(mA)	P(mW)	DC	V	I(mA)	P(mW)
0	24,46	486,5	12094	20	0	-0,7	0
1	0	-0,3	0	21	0	-0,4	0
2	0	-0,4	0	22	0	-0,5	0
3	0	-0,4	0	23	0	-0,3	0
4	0	-0,7	0	24	0	-0,6	0
5	0	-0,3	0	25	0	-0,7	0
6	0	-0,4	0	26	0	-0,6	0
7	0	-0,4	0	27	0	-0,3	0
8	0	-0,5	0	28	0	-0,4	0
9	0	-0,7	0	29	0	-0,3	0
10	0	-0,6	0	30	0	0	0
11	0	-0,5	0	31	0	0,4	0
12	0	-0,5	0	32	0,02	1,1	0
13	0	-0,5	0	33	0,1	3,4	0
14	0	-0,7	0	34	0,2	5,4	0
15	0	-0,3	0	35	0,24	5,1	0
16	0	-0,4	0	36	0,34	7,6	4
17	0	-0,6	0	37	0,39	8,4	4
18	0	-0,5	0	38	0,51	10,2	6
19	0	-0,6	0	39	0,59	12,1	6

DC	V	I(mA)	P(mW)
40	0,68	14,1	10
41	0,76	14,7	10
42	0,71	16,4	14
43	0,76	17,7	16
44	0,83	19,1	20
45	0,9	20,7	22
46	1	22,1	26
47	1,08	23,6	30
48	1,15	25,4	30
49	1,22	27	30
50	1,32	28,9	32
51	1,39	27,5	36
52	1,49	29	40
53	1,56	30,3	42
54	1,66	31,5	50
55	1,76	32,4	62
56	1,83	33,6	66
57	1,96	38,5	72
58	1,76	39,9	76
59	1,74	41,1	82
60	1,83	42,2	86
61	1,93	43,8	86
62	2	45,1	92
63	2,1	46,5	98
64	2,2	43,7	104
65	2,32	45,1	114
66	2,39	46,3	122
67	2,47	47,8	132
68	2,59	49,1	138
69	2,66	50,7	148
70	2,79	52,2	154

DC	V	I(mA)	P(mW)
71	2,88	54	164
72	2,98	55,8	170
73	3,1	61,2	180
74	3,18	62,2	186
75	3,32	64	196
76	3,42	65,5	206
77	3,54	67,1	216
78	3,64	68,8	226
79	3,96	70,1	236
80	3,79	71,3	276
81	3,67	73,2	292
82	3,64	74,5	304
83	3,64	76,2	322
84	3,67	81,6	338
85	3,74	83,8	354
86	3,81	86,2	370
87	3,89	88,3	386
88	4,01	90,5	406
89	4,13	93,2	422
90	4,25	95,2	442
91	4,35	97	462
92	4,45	99	406
93	4,59	101,6	430
94	4,69	103,1	442
95	4,77	105,5	468
96	4,86	106,5	484
97	4,94	108,6	512
98	5,03	109,9	530
99	5,13	111,8	558
100	5,18	113,3	576
101	5,28	115,9	610

DC	V	I(mA)	P(mW)
102	5,33	117	632
103	5,4	119,1	662
104	5,47	120,6	684
105	5,6	122	720
106	5,69	124,1	744
107	5,84	126,1	780
108	5,96	127,4	806
109	6,16	129,7	846
110	6,35	131	830
111	6,55	133	856
112	6,84	134,5	878
113	7,21	136,7	904
114	7,72	137,9	920
115	7,5	139,9	954
116	7,58	141,2	970
117	7,6	143,2	1002
118	7,65	144,7	1026
119	7,67	147	1058
120	7,72	148,7	1088
121	7,77	150,8	1124
122	7,82	151,9	1154
123	7,84	167,7	1190
124	7,87	170,3	1218
125	7,92	173,3	1264
126	7,94	174,9	1304
127	7,99	178	1354
128	8,09	179,5	1554
129	8,21	181,5	1592
130	8,36	182,4	1608
131	8,58	184,8	1648
132	8,87	186	1672

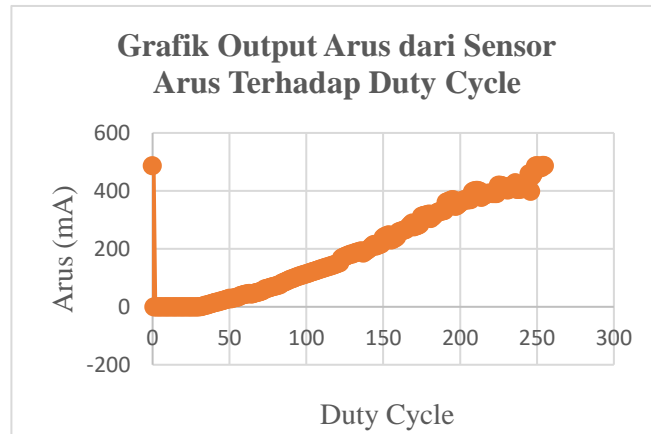
DC	V	I(mA)	P(mW)
133	9,29	188,2	1718
134	9,9	189,6	1744
135	10,02	192	1786
136	9,92	193,3	1812
137	9,85	185,2	1854
138	9,78	188,1	1878
139	9,7	192,4	2048
140	9,75	196	2110
141	9,78	200,9	2186
142	9,82	205,6	2244
143	9,9	210,2	2320
144	10,04	214,8	2382
145	10,48	209,8	2460
146	11,61	211	2514
147	11,51	213,7	2274
148	11,34	214,6	2316
149	11,22	217	2386
150	11,07	238,3	2432
151	11	242,4	2520
152	11,05	244	2880
153	11,36	247,3	2946
154	12,22	247,9	2966
155	12,73	230,4	3028
156	12,56	232,1	3040
157	12,39	235,7	3044
158	12,24	237,6	3130
159	12,12	241,4	3240
160	12,15	257,8	3326
161	12,39	260,1	3438
162	13,12	261,4	3332
163	14,03	263,8	3394

DC	V	I(mA)	P(mW)
164	13,81	265,2	3444
165	13,59	267,1	3506
166	13,42	272,3	3562
167	13,27	277,5	4034
168	13,32	283,9	4142
169	13,54	289,2	4240
170	14,3	276,1	4326
171	15,69	278,1	4418
172	15,1	280,3	3998
173	14,91	281,7	4090
174	14,71	284,5	4200
175	14,54	312,5	4312
176	14,47	314,3	4450
177	14,64	315,3	4808
178	15,18	316,9	4872
179	16,42	317,7	4898
180	16,45	319,8	4974
181	16,18	304,3	5000
182	15,96	309,5	5282
183	15,74	313,3	5394
184	15,66	319,6	5558
185	15,76	323,9	5650
186	16,15	327,7	5810
187	17,28	328,7	5934
188	17,82	330,3	5442
189	17,5	331,4	5518
190	17,18	332,6	5600
191	16,98	360,5	5702
192	16,79	363	5810
193	16,86	363,1	6518
194	17,01	367,7	6524

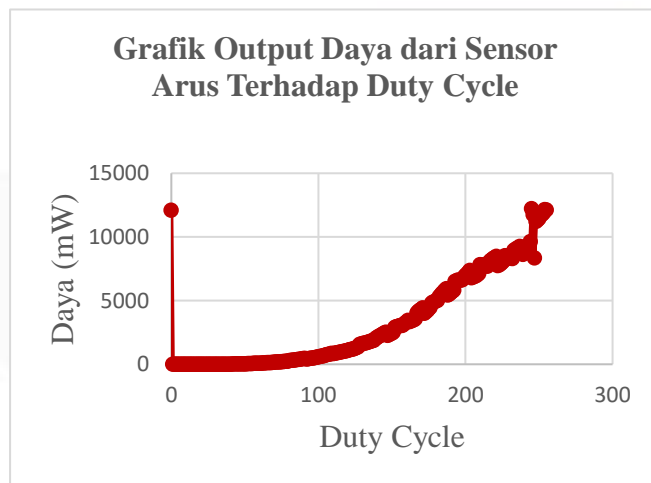
DC	V	I(mA)	P(mW)
195	17,89	369,4	6602
196	19,09	368,5	6594
197	18,74	346	6622
198	18,38	349,1	6626
199	18,11	352,8	6836
200	17,82	357,2	6956
201	17,82	361,8	7082
202	17,84	368,7	7222
203	18,5	369,5	7376
204	19,5	369,1	6780
205	19,84	369	6828
206	19,4	369,2	6888
207	19,06	369,8	6950
208	18,74	396,7	7022
209	18,57	399,1	7118
210	18,55	400,1	7816
211	18,91	401,5	7790
212	19,82	400,7	7792
213	20,67	398,8	7744
214	20,11	377,7	7724
215	19,77	381,4	7694
216	19,38	384,8	7982
217	19,16	387,9	8114
218	19,09	392,3	8222
219	19,31	391,8	8324
220	20,04	391,5	8366
221	21,14	390,5	8468
222	20,77	390,8	7754
223	20,38	390,9	7798
224	19,99	390,7	7890
225	19,72	419,6	7988

DC	V	I(mA)	P(mW)	DC	V	I(mA)	P(mW)
226	19,55	419,1	8114	241	20,75	408	8904
227	19,72	418,6	8524	242	20,7	410	9112
228	20,23	416,4	8464	243	20,58	415,1	9296
229	21,31	414,3	8412	244	21,11	425,2	9640
230	21,33	412,8	8362	245	21,43	459,4	12206
231	20,94	402,4	8330	246	24,76	398,3	11732
232	20,5	405,3	8294	247	22,68	451,8	8346
233	20,21	411,5	8962	248	23,46	462,6	11210
234	20,01	416,6	9024	249	23,29	486	11334
235	20,11	423	9112	250	23,51	486,4	11450
236	20,53	428,2	9152	251	24,12	485,5	11712
237	21,46	405,2	9250	252	24,54	484,7	11738
238	21,9	405	9208	253	24,9	480,2	11866
239	21,51	406,1	8624	254	24,88	487,6	12130
240	21,04	406,4	8778	255	24,51	487	12114

Dapat dilihat dari Tabel 4.2 bahwa untuk nilai tegangan dan arus berpengaruh dari bertambahnya *duty cycle*. Nilai tegangan dan juga arus yang dihasilkan dipengaruhi oleh nilai *duty cycle* yang diberikan. Untuk besarnya nilai tegangan dan arus pada *duty cycle* 1, itu merupakan tegangan kejut sehingga tegangan dan arus pada awal langsung muncul. Kemudian pada *duty cycle* yang ke-31 barulah muncul tegangan dan arus yang akan bertambah seiring bertambahnya *duty cycle* yang diberikan. Dibawah ini merupakan grafik dari hasil pengujian sensor arus INA219 :



Gambar 4. 7 Grafik *output* arus dari sensor arus INA219 terhadap *duty cycle*



Gambar 4. 8 Grafik *output* daya dari sensor arus INA219 terhadap *duty cycle*

4.4 Pengujian Titik Daya Maksimum dengan *Power Supply*

Pada pengujian ini akan dicari nilai/titik daya maksimum yang diambil dari keluaran *power supply*. Dengan menggunakan rangkaian yang sama seperti pengujian sensor arus. Tabel 4.3 dibawah ini merupakan data dari hasil pengujian titik maksimum dengan *power supply*:

Tabel 4. 3 Data Pengujian Titik Maksimum dengan *Power Supply*

DC	V	I(mA)	P(mW)	DC	V	I(mA)	P(mW)
0	11,07	232,1	2740	29	0	-0,3	0
1	0,12	4,3	0	30	0	-0,5	0
2	0,07	2,8	0	31	0	-0,6	0
3	0	0,2	0	32	0	0,9	0
4	0	-0,1	0	33	0,1	2,1	0
5	0	-0,1	0	34	0,15	4,2	0
6	0	-0,1	0	35	0,24	6,5	0
7	0	-0,6	0	36	0,32	6,2	4
8	0	0	0	37	0,34	9,2	4
9	0	-0,4	0	38	0,44	10	4
10	0	-0,2	0	39	0,54	10,8	6
11	0	-0,4	0	40	0,61	12,9	6
12	0	-0,5	0	41	0,61	13,9	10
13	0	-0,3	0	42	0,68	16,5	14
14	0	-0,2	0	43	0,78	16,2	14
15	0	-0,3	0	44	0,9	17,4	16
16	0	-0,7	0	45	1,12	20,1	20
17	0	-0,5	0	46	0,93	21,8	22
18	0	-0,4	0	47	1,03	21,7	26
19	0	-0,5	0	48	1,17	23,9	26
20	0	-0,7	0	49	1,27	24,6	30
21	0	-0,5	0	50	1,15	28,2	40
22	0	-0,6	0	51	1,3	29,3	36
23	0	-0,5	0	52	1,39	27,2	40
24	0	-0,6	0	53	1,52	28,2	46
25	0	-0,6	0	54	1,76	31,8	50
26	0	-0,4	0	55	1,47	32,9	56
27	0	-0,4	0	56	1,61	35,6	52
28	0	-0,3	0	57	1,76	34,3	56

DC	V	I(mA)	P(mW)
58	1,91	35,5	72
59	1,69	39,8	76
60	1,83	40,7	78
61	1,98	38,6	86
62	2,15	42	86
63	2,42	43,1	104
64	2,05	48,1	112
65	2,2	49	102
66	2,37	45,5	112
67	2,54	46,4	124
68	2,74	51,9	128
69	2,39	52,2	144
70	2,54	56,1	158
71	2,76	54,5	144
72	2,96	54,8	150
73	3,1	61,3	180
74	2,76	61,9	180
75	2,96	58,8	196
76	3,15	62,3	194
77	3,35	64,1	196
78	3,52	64,8	240
79	3,13	72,9	252
80	3,32	73,1	236
81	3,57	67,4	256
82	3,79	69,2	266
83	4,06	75,3	272
84	3,54	78,4	318
85	3,76	83	338
86	3,96	77,1	302
87	4,23	78,2	354
88	4,52	86,7	358

DC	V	I(mA)	P(mW)
89	3,96	87,5	374
90	4,2	85,3	404
91	4,45	91,1	376
92	4,72	89,6	390
93	4,96	89,6	468
94	4,45	99,7	478
95	4,59	99,9	462
96	4,91	93,8	494
97	5,18	101,3	492
98	5,5	102	502
99	4,91	109,3	590
100	5,03	113,4	620
101	5,28	113,9	560
102	5,52	104,9	602
103	5,79	106,5	632
104	6,11	115,6	642
105	5,65	115,8	720
106	5,55	123,5	764
107	5,77	127,8	676
108	6,06	117,4	718
109	6,33	118,1	764
110	6,67	120,8	810
111	6,67	130	812
112	6,21	130,4	914
113	6,28	138,3	964
114	6,57	143,1	858
115	6,87	131,6	902
116	7,18	132,4	1016
117	7,53	145,4	1020
118	7,36	145,4	1020
119	6,96	145,7	1140

DC	V	I(mA)	P(mW)
120	7,04	154	1196
121	7,28	159,8	1072
122	7,58	147,1	1118
123	7,89	148	1190
124	8,26	150,5	1264
125	8,94	162,4	1264
126	7,94	162,3	1402
127	7,8	169,8	1464
128	7,97	176,7	1528
129	8,28	179,5	1364
130	8,63	164,6	1454
131	8,94	166,2	1540
132	9,34	179,2	1550
133	9,38	178,7	1546
134	8,8	179,2	1782
135	8,7	193,7	1836
136	8,97	197,8	1658
137	9,31	180,5	1750
138	9,7	183,5	1854
139	10,09	187,4	1864
140	10,48	196,7	1878
141	10,22	196,5	2134
142	9,78	211,9	2212
143	9,73	216,3	2252
144	9,95	216,2	2098
145	10,29	200,6	2216
146	10,65	205,6	2340
147	11,02	212,9	2242
148	11,44	215	2264
149	12	214,3	2622
150	11,12	236,1	2680

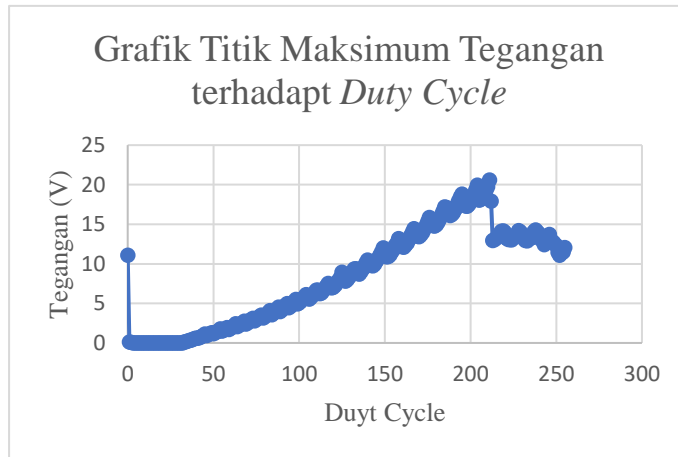
DC	V	I(mA)	P(mW)
151	10,87	235,5	2668
152	10,9	235,5	2644
153	11,12	223	2756
154	11,49	231,7	2910
155	11,8	241,4	2674
156	12,27	233,7	2730
157	12,61	233,5	2792
158	13,17	235,2	3162
159	12,59	254,8	3130
160	12,15	254,6	3264
161	12,1	253,1	3392
162	12,34	262,6	3536
163	12,63	271	3192
164	13,07	253,5	3294
165	13,51	254,4	3440
166	13,98	258,1	3676
167	14,44	274,7	3654
168	14	274,2	3660
169	13,44	273,2	4116
170	13,42	292,7	4240
171	13,61	298,4	3830
172	13,93	299	4008
173	14,37	278,1	4220
174	14,83	283	4244
175	15,32	295,1	4250
176	15,86	294,3	4260
177	15,44	293,7	4892
178	14,83	320,4	4952
179	14,76	320,9	4958
180	14,91	318,7	4856
181	15,25	304,5	5082

DC	V	I(mA)	P(mW)
182	15,64	312,3	5266
183	16,18	325,2	4908
184	16,67	313,7	4952
185	17,2	314,9	5678
186	17,11	342,6	5646
187	16,35	340,3	5600
188	16,1	338,2	5786
189	16,23	334,1	5996
190	16,47	345,4	6190
191	16,89	356,8	5632
192	17,38	335,2	5774
193	17,89	336,4	6004
194	18,43	339,4	6302
195	18,82	357,1	6210
196	17,89	354,9	6636
197	17,3	351,6	6806
198	17,28	373,8	6938
199	17,47	379	6294
200	17,84	350,8	6530
201	18,28	353,3	6800
202	18,77	359,1	6728
203	19,31	368,9	6682
204	19,92	366,1	6648
205	18,04	389,6	7504
206	18,16	393,1	6820
207	18,43	363,9	7032
208	18,82	366,2	7268
209	19,28	370,9	7156
210	19,75	379	7062
211	20,58	376,1	7026
212	17,89	391,3	7360

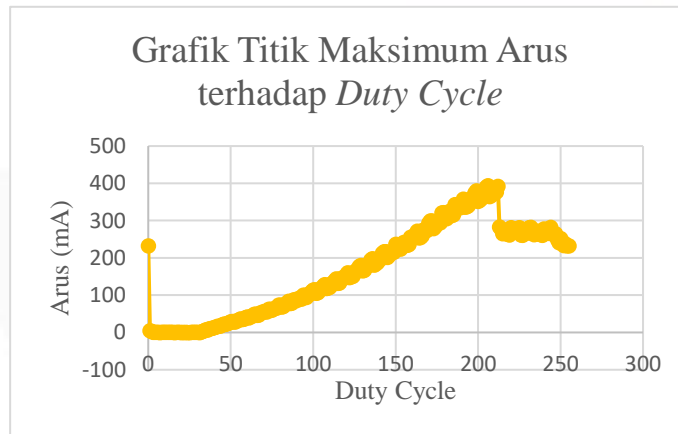
DC	V	I(mA)	P(mW)
213	12,95	282,2	3618
214	13,05	277,6	3696
215	13,25	264	3766
216	13,54	269,1	3526
217	13,78	264,2	3484
218	14,1	263,6	3474
219	14,13	260,8	3884
220	13,93	280,8	3808
221	13,22	276,4	3648
222	13,07	270,8	3818
223	13,05	273,7	3870
224	13,03	278,3	3896
225	13,29	280,3	3450
226	13,59	261	3588
227	13,71	259,9	3778
228	14,2	273,6	3614
229	14,03	270,2	3612
230	13,69	265,8	3840
231	13,17	280,8	3854
232	12,93	281,5	3856
233	12,88	273,4	3512
234	13,34	262	3730
235	13,22	264,2	3788
236	13,32	271,4	3650
237	14,08	263,9	3640
238	14,25	261,8	3880
239	14	260,4	3946
240	13,73	277,5	3884
241	13,1	274	3772
242	13,39	268,4	3864
243	12,39	264,9	3608

DC	V	I(mA)	P(mW)
244	13,25	281,2	3470
245	13,54	266,8	3424
246	13,71	261,5	3602
247	12,85	264,7	3286
248	12,78	248,7	2868
249	12,51	240,5	3166
250	12,29	251,7	3120
251	11,44	243,9	2952
252	11,09	232,3	2752
253	11,41	237,1	2822
254	11,49	231,9	2742
255	12,05	231,7	2730

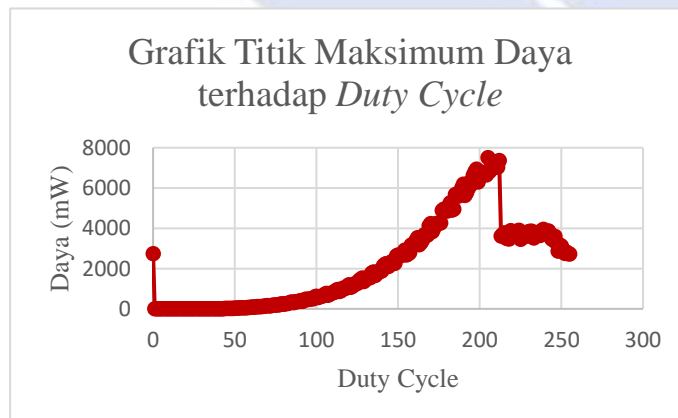
Dapat dilihat dari Tabel 4.3, bahwa pada awal terdapat tegangan kejut kemudian besarnya nilai *duty cycle* yang diberikan maka akan berbanding lurus besarnya dengan daya yang dihasilkan. Saat *duty cycle* yang diberikan bernilai 211 tegangan yang dihasilkan yaitu 20.58 yang merupakan titik maksimum dari data ini. Kemudian ,saat diberikan *duty cycle* 212 dan seterusnya sampai *duty cycle* nya mencapai 255 maka tegangan akan turun seiring bertambahnya *duty cycle*. Pada pengujian ini didapatkan nilai daya maksimum sesuai dengan algoritma Perturb and Observe (P&O) karena saat nilai daya saat ini tidak sama dengan titik nilai daya maksimum maka akan diberikan pengurangan atau peningkatan tegangan yang sesuai dengan tegangan referensi yang ditentukan. Hasil pengujian ini memberikan hasil bahwa terdapat titik maksimum pada pengujian ini. Berikut grafik dari hasil pengujian titik maksimum dengan *power supply*:



Gambar 4. 9 Grafik Titik Maksimum Tegangan terhadap *Duty Cycle*



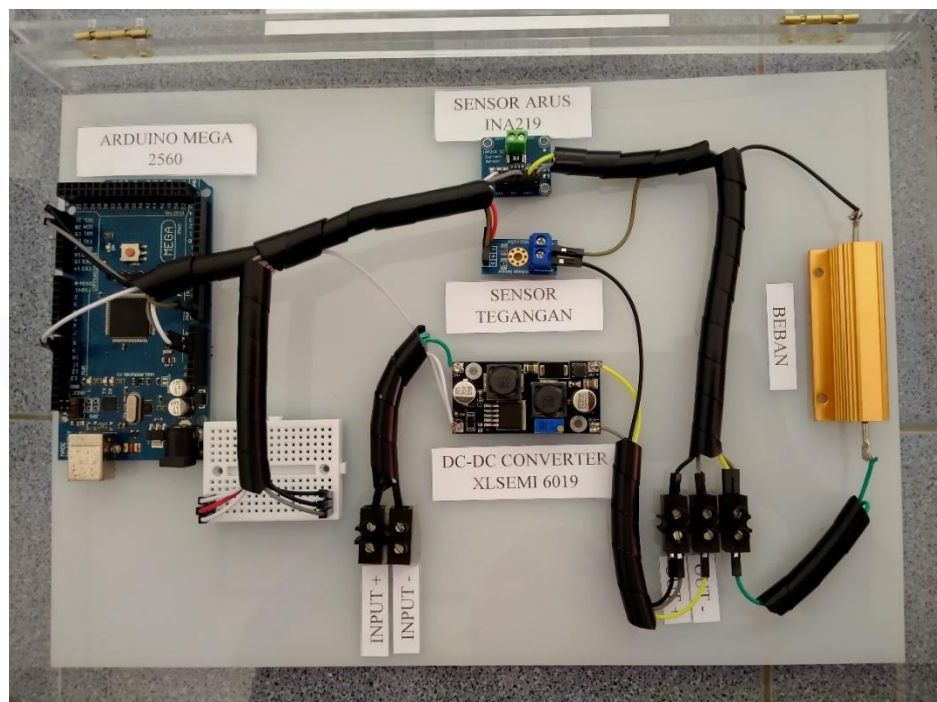
Gambar 4. 10 Grafik Titik Maksimum Arus terhadap *Duty Cycle*



Gambar 4. 11 Grafik Titik Maksimum Daya terhadap *Duty Cycle*

4.5 Pembuatan Dudukan Komponen

Dalam pembuatan dudukan komponen digunakan sebuah kotak akrilik sebagai tempat penyimpanan dan meletakkan komponen. Tata letak pemasangan komponen pada dudukan komponen sesuai dengan blok diagram rangkaian sebelumnya. Berikut merupakan bentuk fisik dari dudukan komponen untuk alat proyek akhir *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) untuk Generator DC.

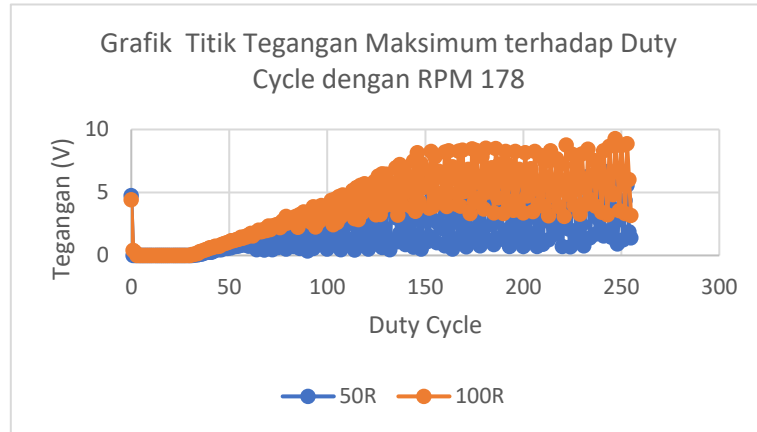


Gambar 4. 12 Dudukan komponen MPPT untuk Generator DC

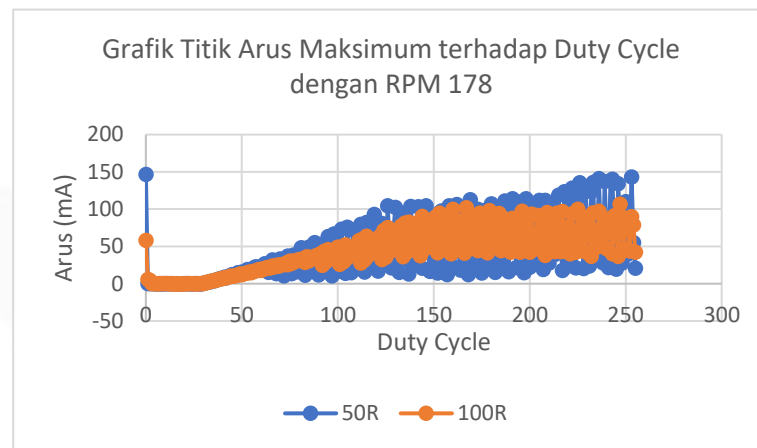
4.6 Pengujian Titik Daya Maksimum dengan Generator Turbin Angin

Pada pengujian titik daya maksimum dengan inputan dari generator turbin angin ini menggunakan rangkaian yang sama dengan rangkaian untuk pengujian sensor arus dan pengujian titik daya maksimum dengan *power supply*. Pada pengujian ini digunakan beban bervariasi dan juga RPM dari generator yang bervariasi. Untuk beban yang dipakai yaitu 50R dan juga 100R. Untuk RPM digunakan yaitu berturut-turut 178 RPM, 215 RPM, dan 240 RPM.

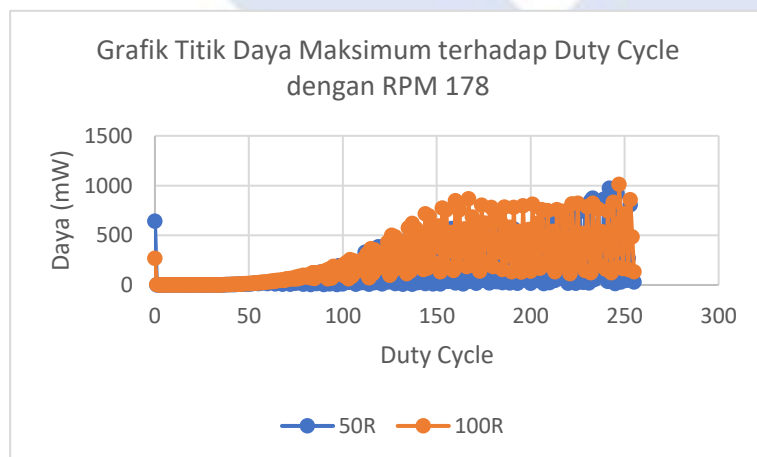
Berikut grafik yang didapatkan dari hasil pengujian dengan nilai RPM yang diberikan yaitu 178 RPM dan juga beban bervariasi yaitu 50R dan 100R :



Gambar 4. 13 Grafik Titik Tegangan Maksimum dengan RPM 178



Gambar 4. 14 Grafik Titik Arus Maksimum dengan RPM 178

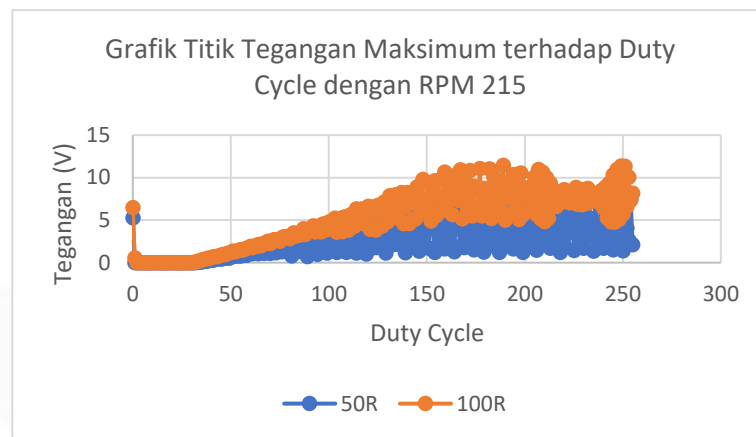


Gambar 4. 15 Grafik Titik Daya Maksimum dengan RPM 178

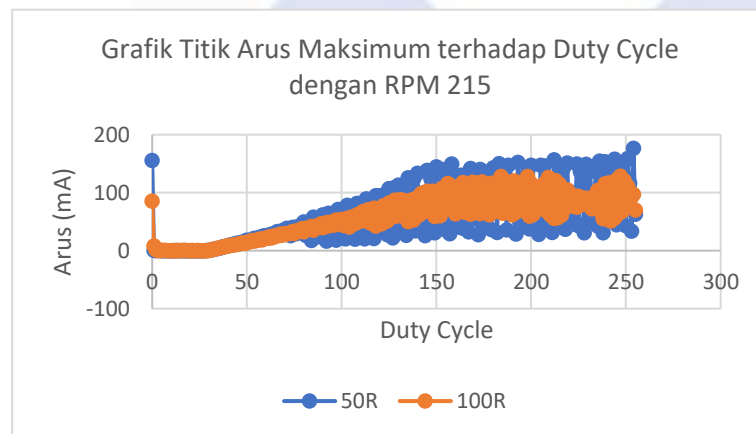
Berdasarkan Gambar 4.13, Gambar 4.14, dan Gambar 4.15, dapat dilihat bahwa terdapat titik maksimum tegangan, arus, serta daya yang dihasilkan dengan RPM dari generator yang diberikan yaitu bernilai 178. Dari hasil pengujian dapat

dilihat bahwa titik daya maksimum dari keluaran generator DC telah ditemukan. Dari pengujian ini juga dapat dilihat pada grafik, dengan menggunakan beban 50R maka tegangan yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan beban 100R. Begitupun sebaliknya, untuk nilai arusnya apabila digunakan beban 50R maka arus yang dihasilkan akan lebih kecil dibandingkan beban 100R.

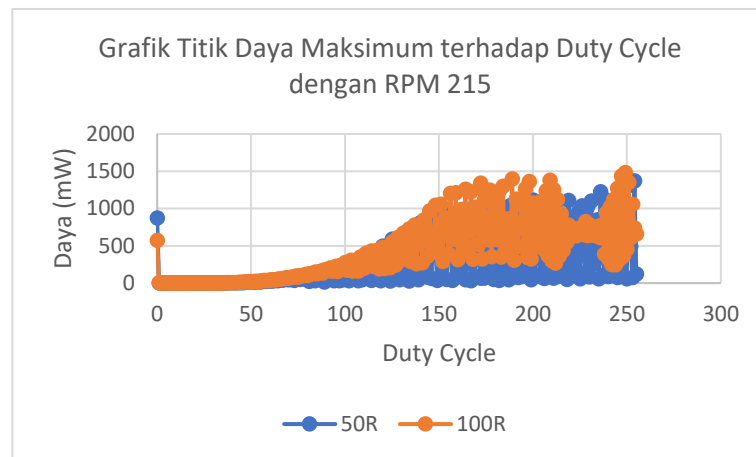
Kemudian ,berikut ini merupakan hasil pengujian dengan nilai RPM yang diberikan yaitu 240 RPM dengan beban bervariasi yaitu 50 Ohm dan 100 Ohm :



Gambar 4. 16 Grafik Titik Tegangan Maksimum dengan RPM 215



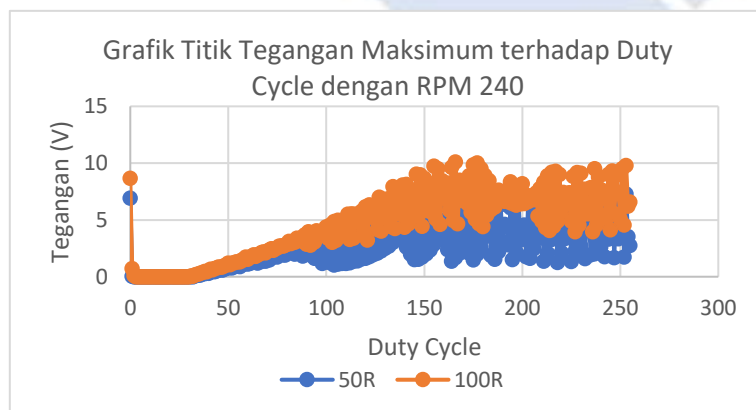
Gambar 4. 17 Grafik Titik Arus Maksimum dengan RPM 215



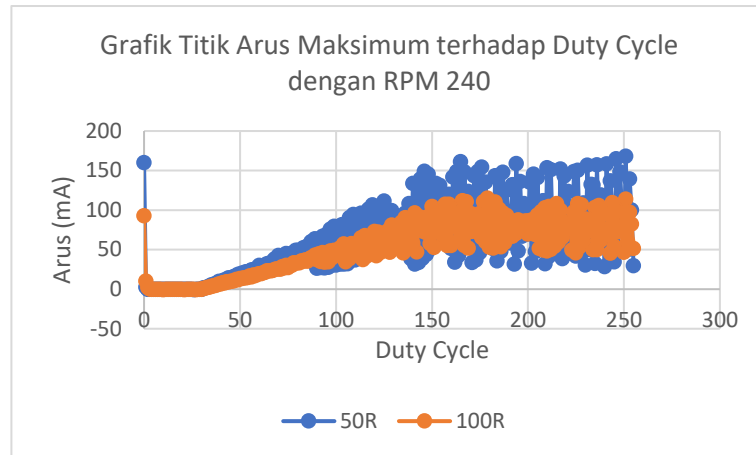
Gambar 4. 18 Grafik Titik Daya Maksimum dengan RPM 215

Berdasarkan dari hasil pengujian dengan nilai RPM yang diberikan yaitu 215 RPM dan juga beban bernilai 50R dan 100R dapat diketahui bahwa terdapat titik tegangan maksimum, arus maksimum, dan daya maksimum yang dihasilkan dan juga sama seperti hasil pengujian dengan nilai RPM 178 yaitu untuk nilai tegangan dan arus yang dihasilkan berturut-turut berbanding terbalik sesuai dengan besarnya beban yang digunakan. Namun, dalam hal ini dapat dilihat untuk hasil pengujian dengan menggunakan beban dengan nilai 100 ohm maka hasil dari pengujian lebih baik untuk hasil nilai titik maksimum yang didapatkan.

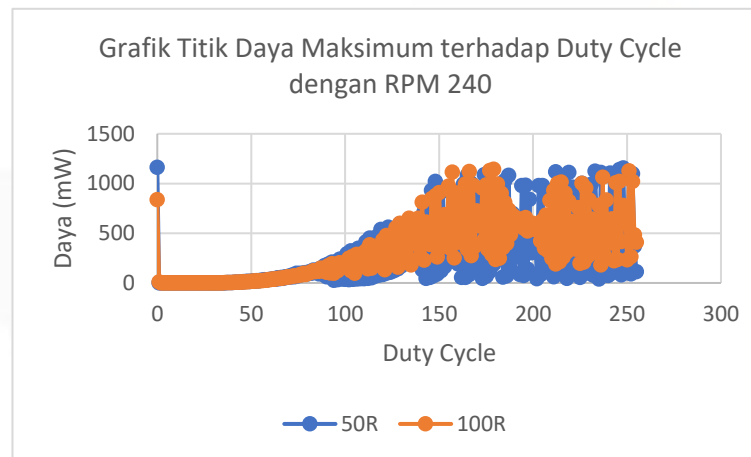
Berikut merupakan grafik dari hasil pengujian titik daya maksimum dengan nilai RPM yang diberikan yaitu 240 RPM dengan beban bervariasi yaitu 50R dan 100R :



Gambar 4. 19 Grafik Titik Tegangan Maksimum dengan RPM 240



Gambar 4. 20 Grafik Titik Arus Maksimum dengan RPM 240



Gambar 4. 21 Grafik Titik Daya Maksimum dengan RPM 240

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa dengan RPM yang diberikan yaitu 240 RPM juga dapat menghasilkan titik tegangan, arus, dan daya maksimum. Dengan beban yang diberikan berbeda maka titik daya maksimumnya juga berbeda. Pada pengujian ini dengan menggunakan beban yang bernilai 100R akan mengasilkan titik daya maksimum yang lebih baik dibandingkan jika beban yang diberikan bernilai 50R. Hal ini dikarenakan, dengan RPM yang lebih besar maka nilai titik daya maksimumnya juga berbeda daripada pengujian sebelumnya dengan menggunakan RPM yang lebih kecil.

Jadi, pada pengujian mencari titik maksimum (MPPT) dengan inputan dari putaran rotor generator DC ini bergantung dengan tegangan input yang diberikan dari keluaran generator DC. Saat daya *input* dari generator DC besar maka dapat mengakibatkan arus dan tegangan terdapat titik maksimum. Begitu pun sebaliknya,

apabila daya *input* dari generator DC yang dihasilkan kecil maka algoritma MPPT akan menemukan titik maksimum dari keluaran generator DC yang sangat bergantung dengan kecepatan putaran rotor generator DC.

Berdasarkan algoritma MPPT yang dipakai yaitu *Perturb and Observe* (P&O), saat daya pada keluaran generator DC yaitu daya yang diukur dengan menggunakan sensor tegangan dan arus lebih kecil daripada daya maksimum, maka *duty cycle* akan terus mencari titik daya maksimum dari keluaran generator DC tersebut. Berikut program MPPT untuk mencari titik daya maksimum pada keluaran generator DC:

```
void setup() {  
  pinMode (pinPwm), OUTPUT);  
  Serial.begin(9600);  
  Serial.print("DutyCycle");  
  Serial.print("\t");  
  Serial.print("Voltage");  
  Serial.print("\t");  
  Serial.print("Current");  
  Serial.print("\t");  
  Serial.println("Power");  
  Serial.print("\t");  
  while(!Serial){  
    delay(1);}  
  uint32_t currentFrequency;  
  ina219.begin();  
  vmaks=0;}  
}
```

Program untuk mengatur pinPWM sebagai output.

Program untuk mengirim dan mencetak data hasil dari pembacaan nilai duty cycle, voltage, current dan power dan adanya pengulangan dengan delay 0,001 s

Memulai pembacaan data dengan sensor arus INA219

```
void loop() {
  float current_mA = 0
  float shuntvoltage = 0;
  float busvoltage = 0;
  float power_mW = 0;
  float loadvoltage = 0;
```

→ Fungsi pengulangan

Variabel yang digunakan untuk pembacaan nilai pengukuran dengan tipe nilai desimal

```
for (int dutyCycle = 0; dutyCycle <=255; dutyCycle+=1)
{
  current_mA = ina219.getCurrent_mA();
  shuntvoltage = ina219.getShuntVoltage_mV();
  busvoltage = ina219.getBusVoltage_V();
  powe_mW = ina219.getPower_mW();
  loadvoltage = busvoltage + (shuntvoltage / 1000);
  voltage1=analogRead(A1);
  float voltage = voltage1 * (25.0 / 1023.0);
  analogWrite (pinPwm, dutyCycle);
  Serial.print(dutyCycle);
  Serial.print("\t");
  Serial.print(voltage
  Serial.print("\t");
  Serial.print(current_mA);
  Serial.print("\t");
```

→ Pengulangan pembacaan data dari duty cycle 0 sampai 255.

Rumus untuk pembacaan sensor arus dan tegangan.

Menampilkan nilai *duty cycle*, arus, dan tegangan .

```

Serial.print(power_mW);

Serial.print;n("");

if (voltage>vmaks){

    vmaks=voltage;

    currentmaks=current_mA;

    dayamaks=vmaks*currentmaks;

    Dcmaks=dutyCycle;

    Serial.print("vmaks = ");

    Serial.print(vmaks);

    Serial.println("\t");

    Serial.print("currentmaks = ");

    Serial.print(currentmaks);

    Serial.println("\t");

    Serial.print("dayamaks =");

    Serial.print(dayamaks);

    Serial.println("\t");

    Serial.print("Dcmaks = ");

    Serial.print(Dcmaks);

    Serial.println("\t");}

delay (50);}

```

Rumus pembacaan titik tegangan, arus, dan daya maksimum dari keluaran generator DC

Menampilkan nilai tegangan, arus, dan daya maksimum dengan *delay* 0,05 s

Jika daya keluaran dari generator DC masih lebih kecil daya daya maksimum maka daya keluaran generator DC akan dibandingkan dengan daya maksimum. Apabila daya keluaran generator DC sama dengan daya maksimum maka *duty cycle* akan berhenti mencari daya maksimum dan saat daya keluaran generator DC lebih besar dibandingkan daya maksimum maka tegangan akan *drop* dikarenakan titik

daya maksimum pada keluaran generator DC telah ditemukan. Namun, saat titik daya maksimum pada generator DC ini untuk hasil pengujiannya nilai dari tegangan, arus, dan daya maksimumnya tidak stabil karena seperti yang telah disebutkan bahwa putaran rotor pada generator DC tidak selalu konstan tetapi tetap dapat menemukan titik daya maksimum dari keluaran generator DC.

Berikut ini merupakan gambar dari hasil pengujian ini yang diambil dari serial monitor untuk data tegangan, arus dan daya maksimum dengan RPM yang bervariasi:

```

239  6.45  86.00  522.00
240  3.42  46.70  158.00
241  8.31  86.70  744.00
242  5.67  77.10  422.00
243  3.23  40.00  124.00
244  8.65  91.10  830.00
245  5.03  66.40  348.00
246  4.81  36.70  176.00
247  9.26  106.70  1012.00
vmaks = 9.26
currentmaks = 106.70
dayamaks = 988.25
DCmaks = 247
248  6.77  89.40  626.00
249  3.54  47.70  164.00
250  8.70  83.60  718.00
251  6.33  85.20  518.00
252  3.32  44.00  154.00
253  8.85  89.70  858.00
254  6.01  78.50  484.00
255  3.18  42.30  132.00

```

Gambar 4. 22 Screenshot serial monitor untuk RPM 178 dengan beban 50R

```

238  2.96  27.90  92.00
239  6.09  137.10  862.00
240  2.08  60.00  132.00
241  1.54  21.60  36.00
242  6.65  137.90  974.00
vmaks = 6.65
currentmaks = 137.90
dayamaks = 916.64
DCmaks = 242
243  5.91  140.00  884.00
244  1.96  59.60  108.00
245  1.44  19.60  14.00
246  6.40  134.20  918.00
247  2.66  82.80  210.00
248  0.90  27.80  30.00
249  5.84  108.50  714.00
250  3.74  110.00  436.00
251  1.25  39.40  46.00
252  4.37  58.00  268.00
253  5.57  143.10  806.00
254  1.88  54.90  112.00

```

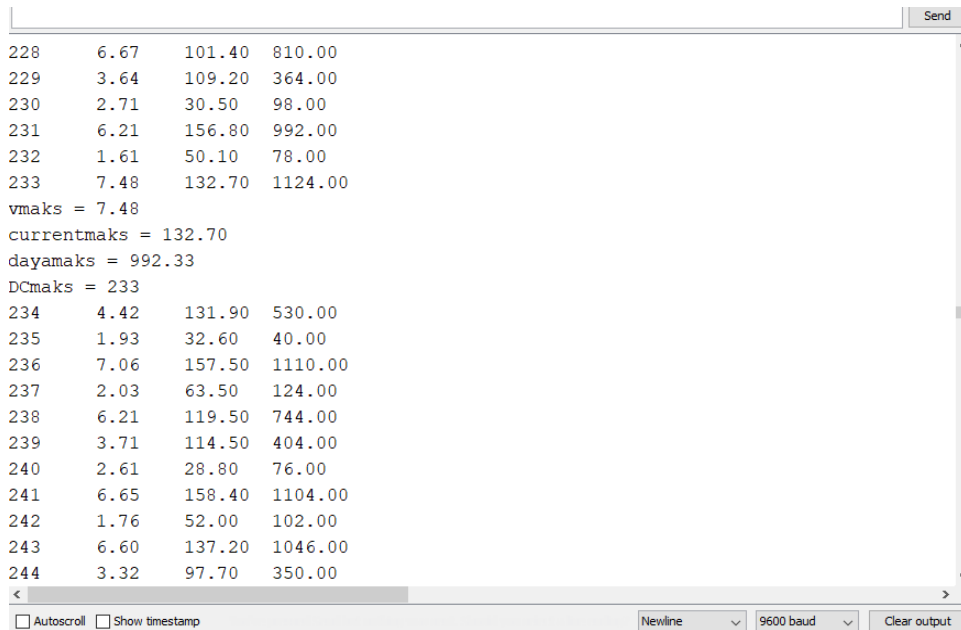
Gambar 4. 23 Screenshot serial monitor untuk RPM 178 dengan beban 100R

```
Send
185 6.62 64.10 420.00
186 7.67 103.80 766.00
187 9.63 92.80 862.00
188 6.18 83.20 494.00
189 11.44 118.10 1396.00
vmaks = 11.44
currentmaks = 118.10
dayamaks = 1350.70
DCmaks = 189
190 5.03 61.60 304.00
191 9.31 120.10 1124.00
192 7.60 65.80 492.00
193 7.65 103.70 766.00
194 10.36 95.10 1046.00
195 6.13 82.80 492.00
196 10.41 119.20 1264.00
197 5.08 68.90 344.00
198 10.53 127.50 1360.00
199 5.62 59.20 322.00
200 8.80 115.50 1074.00
201 7.72 62.20 476.00
```

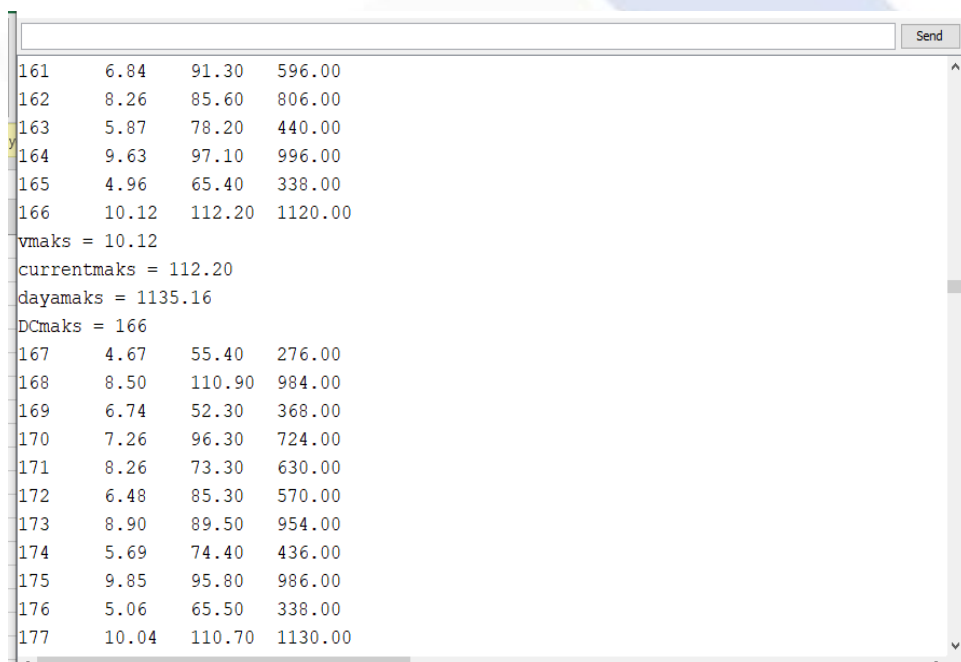
Gambar 4. 24 Screenshot serial monitor untuk RPM 215 dengan beban 50R

```
Serial
234 5.21 146.30 846.00
235 1.37 42.20 56.00
236 7.50 154.30 1226.00
vmaks = 7.50
currentmaks = 154.30
dayamaks = 1157.63
DCmaks = 236
237 3.67 108.20 360.00
238 3.01 30.50 108.00
239 6.55 153.20 1114.00
240 1.69 52.90 88.00
241 7.11 133.10 996.00
242 3.18 97.40 292.00
243 4.28 50.60 236.00
244 5.87 157.80 950.00
245 1.52 44.60 76.00
246 7.45 146.80 1268.00
247 2.81 80.90 240.00
248 5.35 69.00 502.00
249 5.35 152.00 856.00
250 1.39 42.70 56.00
```

Gambar 4. 25 Screenshot serial monitor untuk RPM 215 dengan beban 100R



Gambar 4. 26 Screenshot serial monitor untuk RPM 240 dengan beban 50R



Gambar 4. 27 Screenshot serial monitor untuk RPM 240 dengan beban 100R

Berikut merupakan tabel rekapan dari gambar-gambar screenshot serial monitor diatas :

Tabel 4. 4 Rekapan data titik daya maksimum dengan generator turbin angin.

NO	RPM	Resistor	DCmaks	Vmaks (V)	Imaks (mA)	Pmaks (mW)
1	178	50R	247	9.26	106.70	988.25
		100R	242	6.65	137.90	916.64
2	215	50R	236	7.50	154.30	1157.63
		100R	189	11.44	118.10	1350.70
3	240	50R	233	7.48	132.70	992.33
		100R	166	10.12	112.20	1135.16



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pembuatan proyek akhir yang berjudul “*Maximum Power Point Tracking (MPPT) Generator DC*” ini dapat disimpulkan bahwa alat ini mampu menampilkan keluaran daya maksimum, arus maksimum, tegangan maksimum dan juga duty cycle maksimum secara otomatis sesuai dengan algoritma yang dipakai yaitu Perturb and Observe (PO). Dapat dilihat pada Tabel 4.4 rekapan data pengujian titik daya maksimum dengan menggunakan generator turbin angin bahwa alat ini mampu mencari titik daya maksimum dengan menggunakan beban yang bervariasi yaitu 50R dan 100R serta dengan RPM yang bervariasi juga yaitu 178, 215, dan 240. Berdasarkan hasil data tersebut diketahui semakin besar RPM yang digunakan maka semakin besar pula titik daya maksimum yang dihasilkan.

5.2 Saran

Pada pembuatan proyek akhir yang berjudul “*Maximum Power Point Tracking (MPPT) Generator DC*” ini terdapat beberapa kekurangan. Dari kekurangan inilah yang akan penulis jadikan saran untuk selanjutnya agar lebih baik lagi. Diantara sarannya sebagai berikut :

1. Dari pemasangan kabel perlu diperhatikan agar dalam pengujian pembacaan nilai dari sensor dan komponen lainnya tidak terjadi error.
2. Dalam penggunaan pengaturan RPM dari generator DC harus lebih bervariasi dan konstan agar pembacaan nilai daya maksimumnya lebih stabil.
3. Dalam penggunaan algoritma dalam MPPT dapat menggunakan algoritma selain algoritma PO.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Adam, P. Harahap, and M. Nasution, "Analisa pengaruh perubahan kecepatan angin pada pembangkit listrik tenaga angin (PLTA) terhadap daya yang dihasilkan generator DC," 2019, Accessed: Aug. 01, 2022. [Online]. Available: <http://journal.umsu.ac.id/index.php/RELE/article/view/3648>
- [2] J. A. Hamonangan, "Review Perbandingan Teknik Maximum Power Point Tracker (MPPT) untuk Sistem Pengisian Daya menggunakan Sel Surya," *J. Teknol. Dirgant.*, vol. 16, no. 2, p. 111, Apr. 2019, doi: 10.30536/J.JTD.2018.V16.A2998.
- [3] D. Ernadi, "Desain Maximum Power Point Tracking untuk Turbin Angin Menggunakan Modified Perturb & Observe (P&O) Berdasarkan Prediksi Kecepatan Angin," 2016, Accessed: Jun. 26, 2022. [Online]. Available: <https://repository.its.ac.id/817/>
- [4] M. Martua, D. Setiawan, and H. Yuvendius, "Analisa Karakteristik Generator dan Motor DC," *academia.edu*, vol. 1, no. 1, 2021, Accessed: Jul. 08, 2022. [Online]. Available: https://www.academia.edu/download/52523796/Analisis_Karakteristik_Generator_dan_Motor_DC.pdf
- [5] "Maximum Power Point Tracking (MPPT) Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Buck-Boost Converter | Otong | Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer." <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jis/article/view/1563/1233> (accessed Jun. 26, 2022).
- [6] "Analisis Perbandingan Kinerja Algoritme Perturb And Observe (P&O) Dan Incremental Conductance (Ic) Pada Sistem Kendali Maximum Power Point Tracker (Mppt) Untuk Sistem Photovoltaic (Pv) Paralel." <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/10131> (accessed Jul. 20, 2022).
- [7] I. B. Hermawan and A. Harumwidiah, "A Perbandingan Daya Listrik Panel Surya Menggunakan MPPT P&O terhadap MPPT Logika Fuzzy," *J.*

JEETech, vol. 2, no. 1, pp. 15–23, May 2021, doi: 10.48056/JEETECH.V2I1.148.

- [8] “Maximum Power Point Tracking (Mppt) Untuk Solar Panel - Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.” <http://repository.polman-babel.ac.id/id/eprint/181/> (accessed Jun. 26, 2022).
- [9] A. Huda, A. Huda, and W. Siraju, “Desain Simulasi Maksimum Power Point Tracking Metode P&O Pada Panel Surya Di Azzahra Hidroponik Juata Tarakan,” *Elektr. Borneo*, vol. 7, no. 1, pp. 5–10, Sep. 2021, doi: 10.35334/jeb.v7i1.2107.





LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup (Perorangan)

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap :Silpita Maras Tika
Tempat, Tanggal Lahir :Belinyu, 09 Oktober 2001
Jenis Kelamin :Perempuan
Alamat :Jalan.Lurus, Belinyu
Email :marastikasilpita@gmail.com
Agama :Islam



2. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 4 Belinyu	Lulus 2013
SMP Negeri 1 Belinyu	Lulus 2016
SMA Negeri 1 Belinyu	Lulus 2019
Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung	2019-Sekarang

3. Pengalaman Kerja

Praktik Kerja Lapangan di PT.Timah, Tbk	2021-2022
---	-----------

4. Pengetahuan Bahasa : Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris

Sungailiat, 02 Agustus 2022

Silpita Maras Tika

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Marsyandha Widyaurrahmah
Tempat, Tanggal Lahir : Pangkalpinang, 10 Agustus 2001
Jenis Kelamin : Perempuan
Alamat : Jl.Semar Bukit Tani
Email : Nandapkp2015@gmail.com
Agama : Islam



2. Riwayat Pendidikan	SD Negeri 46 Pangkalpinang	Lulus 2013
	SMP Negeri 2 Pangkalpinang	Lulus 2016
	SMK Negeri 1 Pangkalpinang	Lulus 2019
	Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung	2019-Sekarang

3. Pengalaman Kerja

Praktik Kerja Lapangan di
PT Dok dan Perkapalan Air Kantung Galangan Selindung 2021-2022

4. Pengetahuan Bahasa : Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris

Sungailiat, 02 Agustus 2022

Marsyandha Widyaurrahmah

Lampiran 2 *List* Program

```
#include <Wire.h>

#include <Adafruit_INA219.h>

Adafruit_INA219 ina219 (0X40);

int pinPwm = 9;

float voltage;

float voltage1;

float vmaks;

float currentmaks;

float dayamaks;

int DCmaks;

void setup() {

pinMode (pinPwm , OUTPUT);

Serial.begin(9600);

Serial.print("DutyCycle");

Serial.print("\t");

Serial.print("Voltage");

Serial.print("Current");Serial.print("\t");

Serial.print("\t");

Serial.println("Power");

Serial.print("\t");
```

```
while (!Serial) {  
    delay(1);  
}  
uint32_t currentFrequency;  
ina219.begin();  
vmaks=0;  
}  
  
void loop() {  
    float current_mA = 0;  
    float shuntvoltage = 0;  
    float busvoltage = 0;  
    float power_mW = 0;  
    float loadvoltage = 0;  
  
    for (int dutyCycle = 0; dutyCycle <=255; dutyCycle += 1)  
    {  
        current_mA = ina219.getCurrent_mA();  
        shuntvoltage = ina219.getShuntVoltage_mV();  
        busvoltage = ina219.getBusVoltage_V();  
        power_mW = ina219.getPower_mW();  
        loadvoltage = busvoltage + (shuntvoltage / 1000);  
    }  
}
```

```
voltage1=analogRead(A1);

float voltage = voltage1 * (25.0 / 1023.0);

analogWrite (pinPwm, dutyCycle);

Serial.print(dutyCycle);

Serial.print("\t");

Serial.print(voltage);

Serial.print("\t");

Serial.print(current_mA);

Serial.print("\t");

Serial.print(power_mW);

Serial.println("");

if (voltage>vmaks){

    vmaks=voltage;

    currentmaks=current_mA;

    dayamaks=vmaks*currentmaks;

    DCmaks=dutyCycle;

    Serial.println(vmaks);

    Serial.print("\t");

    Serial.println(currentmaks);

    Serial.print("\t");

    Serial.println(dayamaks);

    Serial.print("\t");

    Serial.println(DCmaks);
```

```
Serial.print("\t");  
  
}  
delay (50);  
}}
```



180KHz 60V 5A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter

Features

- Wide 5V to 40V Input Voltage Range
- Positive or Negative Output Voltage Programming with a Single Feedback Pin
- Current Mode Control Provides Excellent Transient Response
- 1.25V reference adjustable version
- Fixed 180KHz Switching Frequency
- Maximum 5A Switching Current
- SW PIN Built in Over Voltage Protection
- Excellent line and load regulation
- EN PIN TTL shutdown capability
- Internal Optimize Power MOSFET
- High efficiency up to 94%
- Built in Frequency Compensation
- Built in Soft-Start Function
- Built in Thermal Shutdown Function
- Built in Current Limit Function
- Available in TO263-5L package

Applications

- EPC / Notebook Car Adapter
- Automotive and Industrial Boost / Buck-Boost / Inverting Converters
- Portable Electronic Equipment

General Description

The XL6019 regulator is a wide input range, current mode, DC/DC converter which is capable of generating either positive or negative output voltages. It can be configured as either a boost, flyback, SEPIC or inverting converter. The XL6019 built in N-channel power MOSFET and fixed frequency oscillator, current-mode architecture results in stable operation over a wide range of supply and output voltages.

The XL6019 regulator is special design for portable electronic equipment applications.



TO263-5L

Figure1. Package Type of XL6019

180KHz 60V 5A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter

Pin Configurations

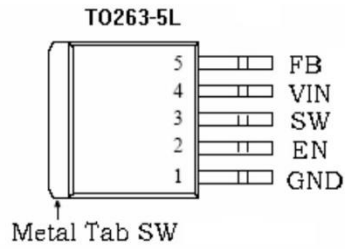


Figure2. Pin Configuration of XL6019 (Top View)

Table 1 Pin Description

Pin Number	Pin Name	Description
1	GND	Ground Pin.
2	EN	Enable Pin. Drive EN pin low to turn off the device, drive it high to turn it on. Floating is default high.
3	SW	Power Switch Output Pin (SW).
4	VIN	Supply Voltage Input Pin. XL6019 operates from a 5V to 40V DC voltage. Bypass Vin to GND with a suitably large capacitor to eliminate noise on the input.
5	FB	Feedback Pin (FB). Through an external resistor divider network, FB senses the output voltage and regulates it. The feedback threshold voltage is 1.25V.

180KHz 60V 5A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter

Function Block

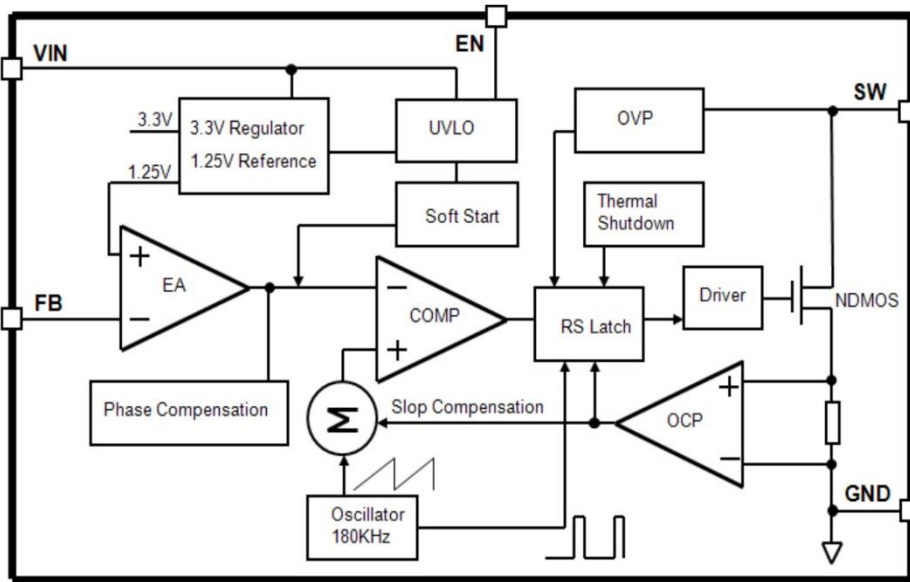


Figure3. Function Block Diagram of XL6019

Typical Application Circuit

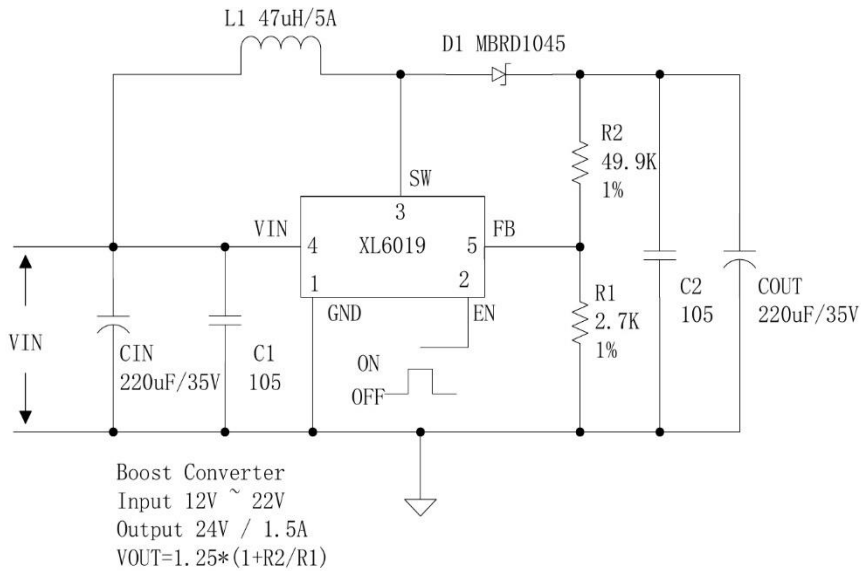


Figure4. XL6019 Typical Application Circuit (Boost Converter)

180KHz 60V 5A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter

Ordering Information

Order Information	Marking ID	Package Type	Packing Type Supplied As
XL6019E1	XL6019E1	TO263-5L	800 Units on Tape & Reel

XLSEMI Pb-free products, as designated with “E1” suffix in the par number, are RoHS compliant.

Absolute Maximum Ratings (Note1)

Parameter	Symbol	Value	Unit
Input Voltage	V _{in}	-0.3 to 45	V
Feedback Pin Voltage	V _{FB}	-0.3 to V _{in}	V
EN Pin Voltage	V _{EN}	-0.3 to V _{in}	V
Output Switch Pin Voltage	V _{Output}	-0.3 to 60	V
Power Dissipation	P _D	Internally limited	mW
Thermal Resistance (TO263-5L) (Junction to Ambient, No Heatsink, Free Air)	R _{JA}	30	°C/W
Maximum Junction Temperature	T _J	-40 to 150	°C
Operating Junction Temperature	T _J	-40 to 125	°C
Storage Temperature	T _{STG}	-65 to 150	°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec)	T _{LEAD}	260	°C
ESD (HBM)		>2000	V

Note1: Stresses greater than those listed under Maximum Ratings may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect reliability.

180KHz 60V 5A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter

XL6019 Electrical Characteristics

T_a = 25°C; unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
System parameters test circuit figure4						
VFB	Feedback Voltage	V _{in} = 12V to 20V, V _{out} =24V I _{load} =0.1A to 1A	1.213	1.25	1.287	V
η	Efficiency	V _{in} =12V, V _{out} =24V I _{out} =1A	-	93	-	%

Electrical Characteristics (DC Parameters)

V_{in} = 12V, GND=0V, V_{in} & GND parallel connect a 100uf/50V capacitor; I_{out}=0.5A, T_a = 25°C; the others floating unless otherwise specified.

Parameters	Symbol	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Input operation voltage	V _{in}		5		40	V
Shutdown Supply Current	I _{STBY}	V _{EN} =0V		70	100	uA
Quiescent Supply Current	I _q	V _{EN} =2V, V _{FB} =V _{in}		2.5	5	mA
Oscillator Frequency	F _{osc}		144	180	253	KHz
SW OVP	V _{SW}	V _{FB} =0V		60		V
Switch Current Limit	I _L	V _{FB} =0V		5		A
Output Power NMOS	R _{dson}	V _{in} =12V, I _{SW} =5A		110	120	mohm
EN Pin Threshold	V _{EN}	High (Regulator ON)		1.4		V
		Low (Regulator OFF)		0.8		V
EN Pin Input Leakage Current	I _H	V _{EN} =2V (ON)		3	10	uA
	I _L	V _{EN} =0V (OFF)		3	10	uA
Max. Duty Cycle	D _{MAX}	V _{FB} =0V		90		%

Typical System Application (Recommend output current safe work range)

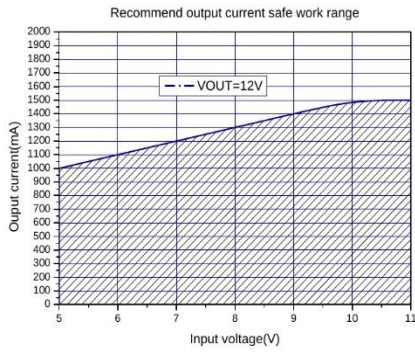


Figure5.Max output current (VOUT=12V)

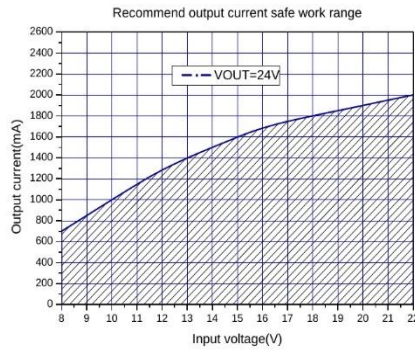


Figure6.Max output current (VOUT=24V)

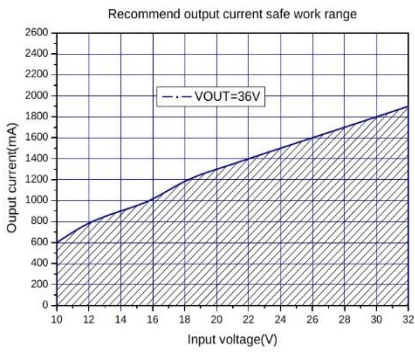


Figure7.Max output current (VOUT=36V)

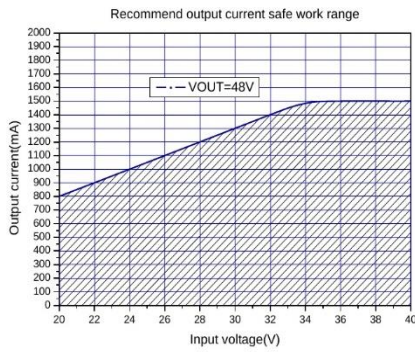


Figure8.Max output current(VOUT=48V)

180KHz 60V 5A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter

Typical System Application(VIN=12V,VOUT=24V)

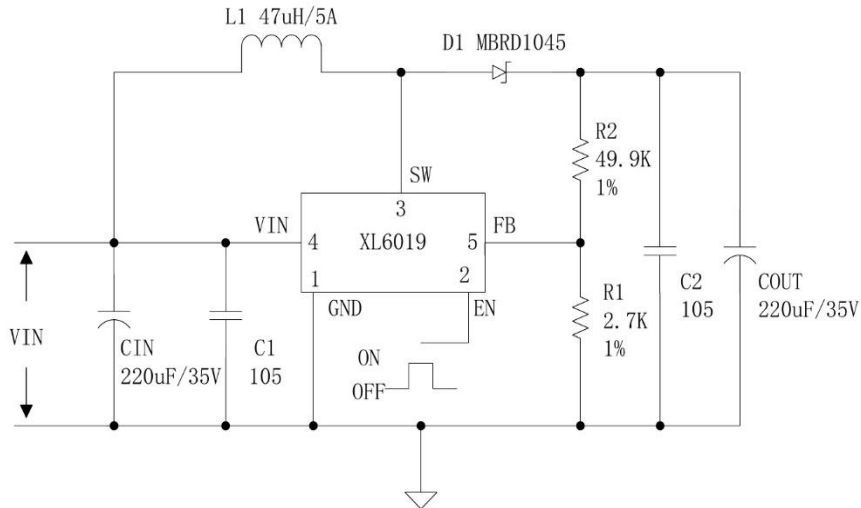


Figure9. XL6019 Typical System Application (VIN=12V,VOUT=24V)

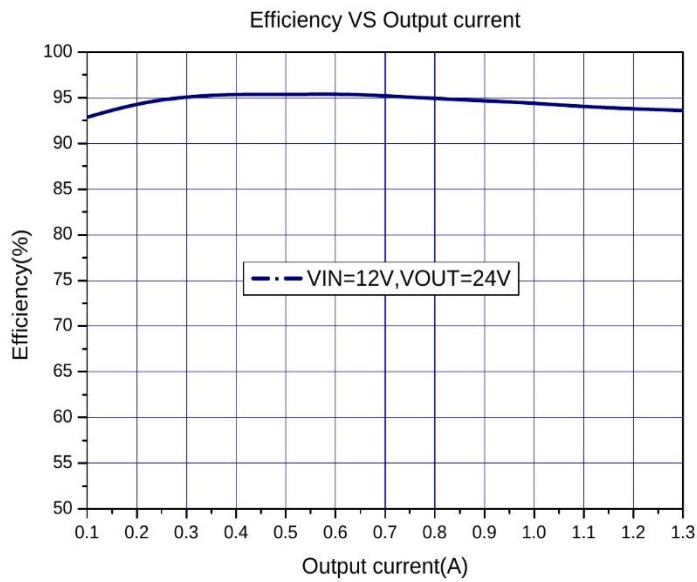


Figure10. XL6019 System Efficiency Curve (VIN=12V, VOUT=24V)

180KHz 60V 5A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter

Typical System Application(VIN=5V,VOUT=12V)

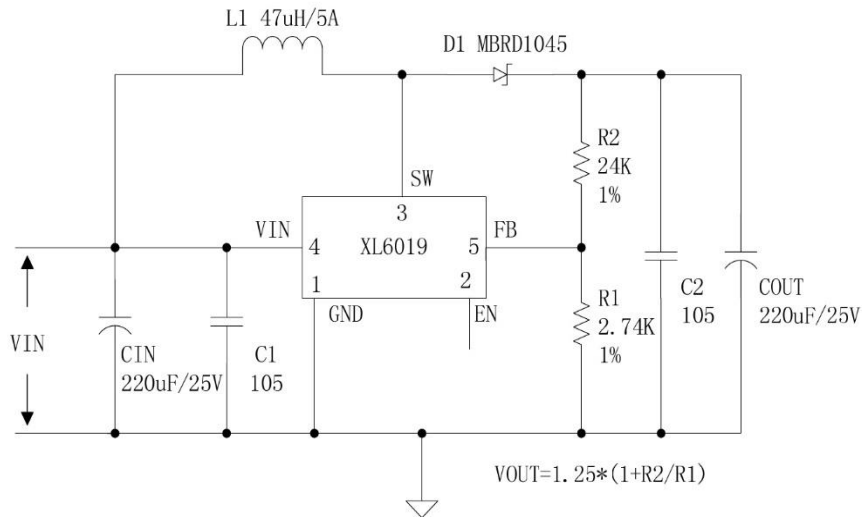


Figure11. XL6019 Typical System Application (VIN=5V,VOUT=12V)

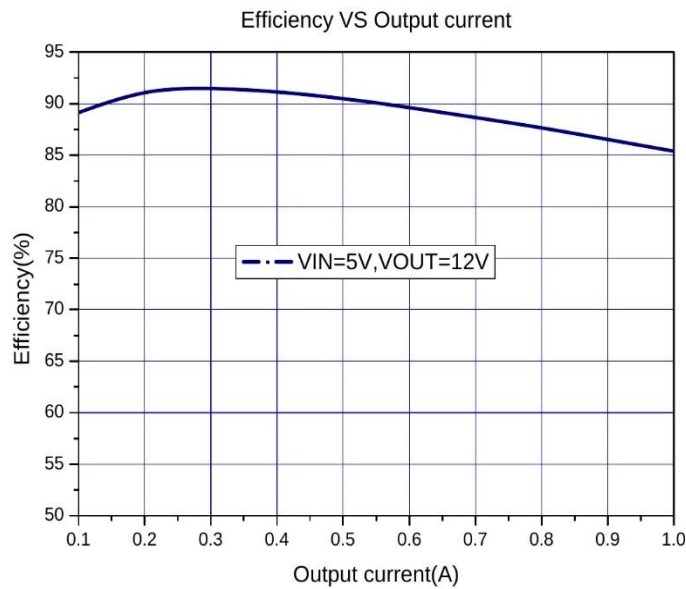


Figure12. XL6019 System Efficiency Curve (VIN=5V, VOUT=12V)

180KHz 60V 5A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter

Typical System Application(VIN=10~32V,VOUT=36V)

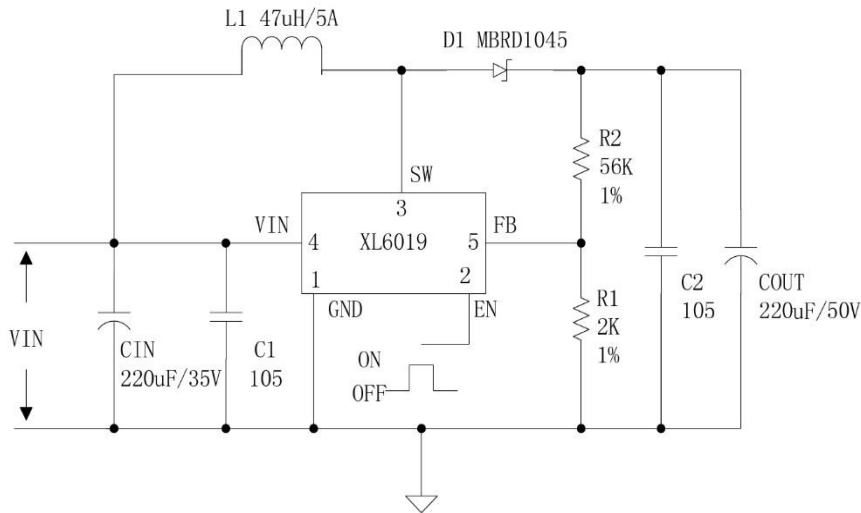


Figure13. XL6019 Typical System Application (VIN=10~32V,VOUT=36V)

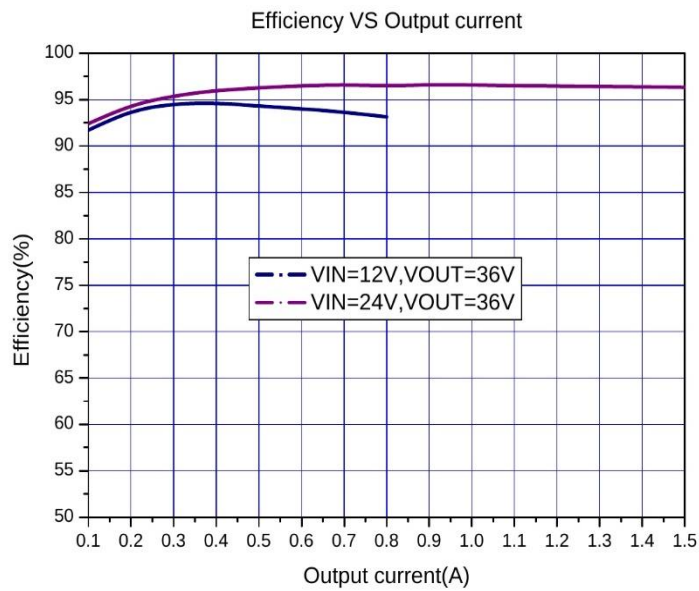


Figure14. XL6019 System Efficiency Curve (VIN=10~32V, VOUT=36V)

180KHz 60V 5A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter

Typical System Application(VIN=20~40V,VOUT=48V)

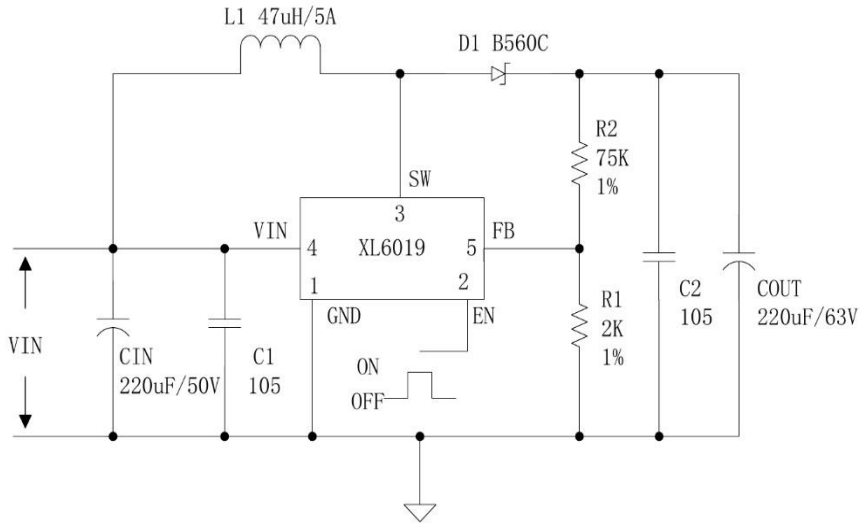


Figure15. XL6019 Typical System Application (VIN=20~40V,VOUT=48V)

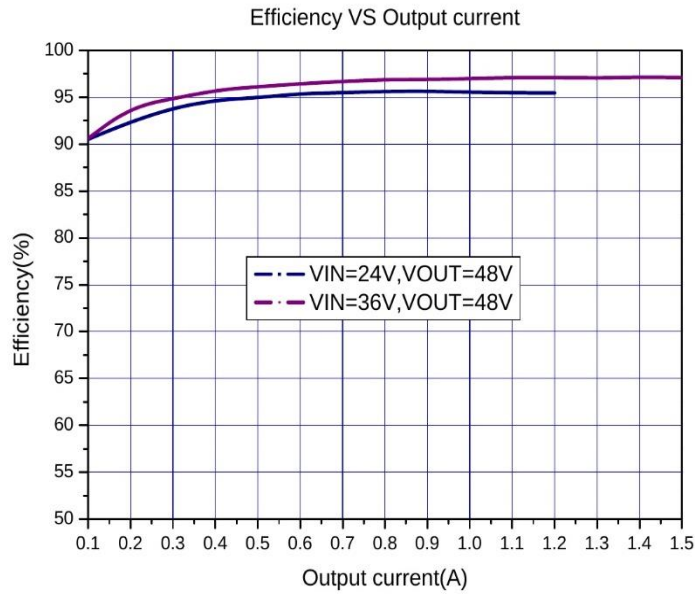


Figure16. XL6019 System Efficiency Curve (VIN=20~40V, VOUT=48V)

180KHz 60V 5A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter

Typical System Application(VIN=10~30V,VOUT=12V)

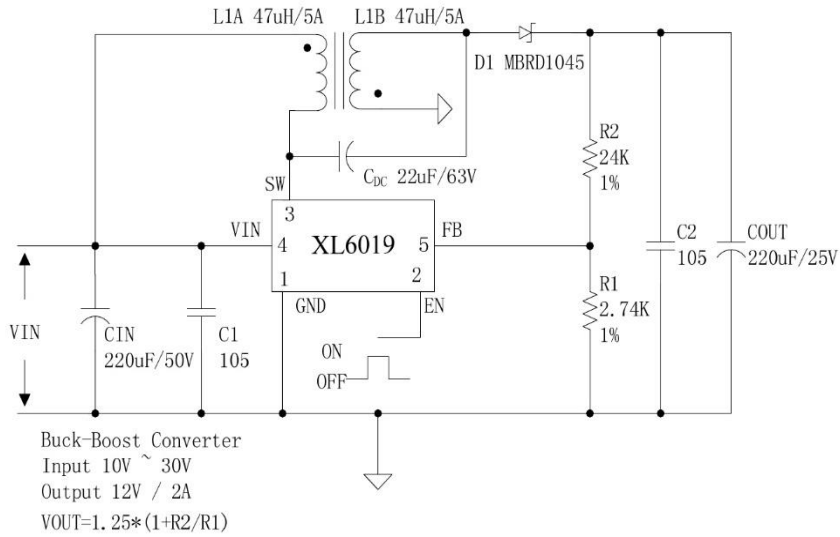


Figure17. XL6019 Typical System Application (VIN=10~30V,VOUT=12V)

Typical System Application(VIN=10~30V,VOUT=± 12V)

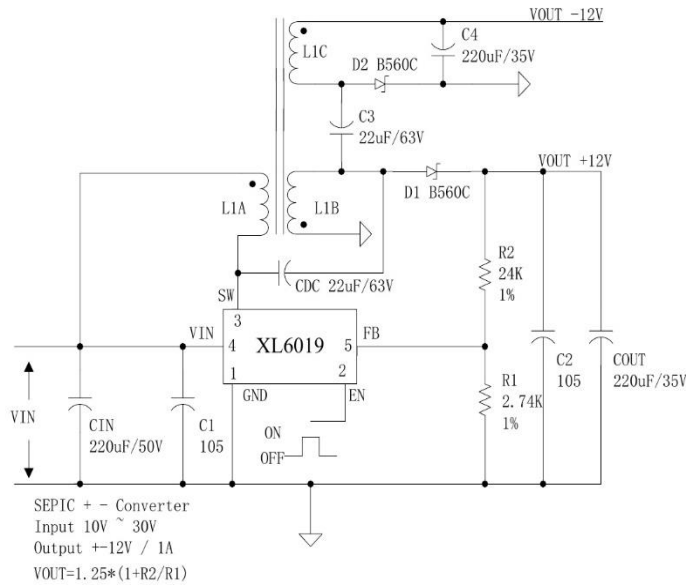
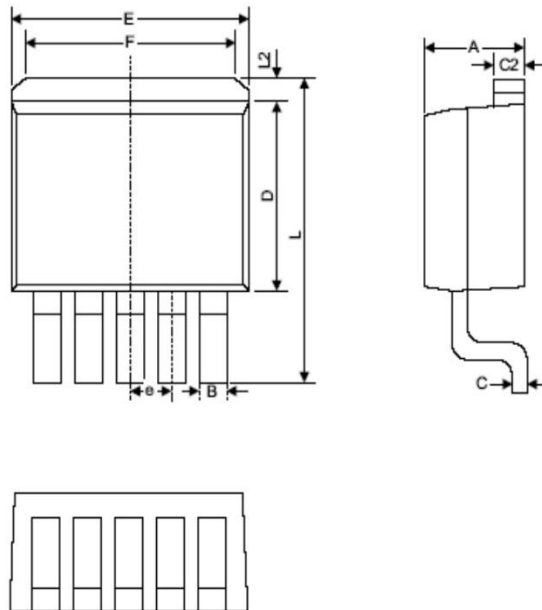


Figure18. XL6019 Typical System Application (VIN=10~30V,VOUT=± 12V)

180KHz 60V 5A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter

Package Information
TO263-5L



Symbol	Dimensions In Millimeters			Dimensions In Inches		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
A	4.440	4.570	4.650	0.175	0.180	0.183
B	0.710	0.870	0.970	0.028	0.034	0.038
C	0.360	0.380	0.640	0.014	0.015	0.025
C2	1.255	1.270	1.285	0.049	0.050	0.051
D	8.390	8.640	8.890	0.330	0.340	0.350
E	9.960	10.160	10.360	0.392	0.400	0.408
e	1.550	1.700	1.850	0.061	0.067	0.073
F	6.360	6.860	7.360	0.250	0.270	0.290
L	13.950	14.350	14.750	0.549	0.565	0.581
L2	1.120	1.270	1.420	0.044	0.050	0.056

180KHz 60V 5A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter

Important Notice

XLSEMI reserve the right to make modifications, enhancements, improvements, corrections or other changes without notice at any time. XLSEMI does not assume any liability arising out of the application or use of any product described herein; neither does it convey any license under its patent rights, nor the rights of others. XLSEMI assumes no liability for applications assistance or the design of Buyers' products. Buyers are responsible for their products and applications using XLSEMI components. To minimize the risks associated with Buyers' products and applications, Buyers should provide adequate design and operating safeguards. XLSEMI warrants performance of its products to the specifications applicable at the time of sale, in accordance with the warranty in XLSEMI's terms and conditions of sale of semiconductor products. Testing and other quality control techniques are used to the extent XLSEMI deems necessary to support this warranty. Except where mandated by applicable law, testing of all parameters of each component is not necessarily performed.

For the latest product information, go to www.xlsemi.com.