

**Bidang Ilmu\* : Energi**

**LAPORAN PENELITIAN REGULER**



**PENINGKATAN DAYA PV TERHUBUNG KE GRID DENGAN  
KOORDINASI KONTROL MPPT**

**Oleh :**

**Dr.Adhi Kusmantoro, ST, MT  
Bambang Hadi Kunaryo, ST, MT**

**NPP. 147301432  
NPP. 107601271**

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
UNIVERSITAS PGRI SEMARANG  
2022**

## LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN

**Judul Penelitian** : PENINGKATAN DAYA PV TERHUBUNG KE GRID DENGAN KOORDINASI KONTROL MPPT

**Skema Penelitian** : Reguler

**Kode>Nama Rumpun Ilmu** : Ilmu Teknik - Teknik Elektro Dan Informatika - Teknik Elektro

**Bidang Unggulan PT** : Bidang Teknik dan Lingkungan - Transportasi dan energy

**Topik Unggulan** : Integrasi Fokus Riset Energi - Energi Baru dan Terbarukan - Teknologi Konservasi Energi - Pengembangan sistem microgrid dalam manajemen energi terbarukan.

**Ketua Peneliti**

a. Nama Lengkap : Dr. Adhi Kusmantoro, S.T., M.T

b. NIDN : 0619047301

c. Jabatan Fungsional : Lektor

d. Program Studi : Teknik Elektro - S1

e. Nomor HP : 085731228374

f. Alamat Surel (e-mail) : adhiteknik@gmail.com

**Anggota Peneliti (1)**

a. Nama Lengkap : Bambang Hadi Kunaryo, S.T., M.T.

b. NIDN : 0609067602

c. Perguruan Tinggi : Universitas PGRI Semarang

**Mahasiswa yang terlibat**

a. Nama/NPM : Fachrudin / 18660013

b. Nama/NPM : Aldo Dwiki Mahendra / 18660002

**Lama Penelitian Keseluruhan** : 6 Bulan

**Total Biaya** : Rp. 15.000.000

**Sumber Biaya**

a. LPPM UPGRIS : Rp. 5.000.000

b. Sumber lain : Rp. 5.000.000 / in kind : Rp. 5.000.000



Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik dan Informatika

Dr. Slamet Supriyadi, M.Env.St  
NIDN. 0028125901

Semarang, 29 Maret 2022

Ketua Tim Pengusul

Dr. Adhi Kusmantoro, S.T., M.T  
NIDN. 0619047301



Menyetujui,  
Ketua LPPM Universitas PGRI Semarang

Dr. Sengwarsito, M.Pd.  
NIDN. 0023086101

Ringkasan penelitian tidak lebih dari 500 kata yang berisi latar belakang penelitian, tujuan dan tahapan metode penelitian, luaran yang ditargetkan, serta uraian TKT penelitian yang diusulkan.

## RINGKASAN

Salah satu sumber potensi energi terbarukan yang sangat besar di Indonesia adalah energi matahari. Untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik digunakan PV (*Photovoltaic*). Selain itu energi listrik yang dibangkitkan berubah secara berkala sesuai dengan terjadinya perubahan cuaca. MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) adalah sebuah algoritma yang diterapkan pada DC-DC konverter untuk mengekstraksi keluaran daya maksimum dari PV. Hal terpenting dari sebuah algoritma MPPT adalah kecepatan dalam mencari titik daya maksimum PV dan akurasi dalam menemukan nilai titik daya maksimum PV, terutama ketika radiasi matahari berubah-ubah. Dalam penelitian ini diusulkan metode baru, yaitu koordinasi kontrol MPPT dari PV yang terhubung secara parallel. Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan stabilitas tegangan dan daya ke beban. Dengan metode ini jika terjadi perubahan daya pada salah satu PV, maka MPPT yang lain akan menyuplai daya ke grid. Karena pemakaian tenaga listrik setiap tahun terus meningkat dan jumlah sumber energi fosil terus menurun maka pemakaian energi terbarukan di Indonesia terus ditingkatkan, hal ini merupakan urgensi dalam penelitian ini. Energi matahari di Kota Semarang sangat berpotensi untuk dikembangkan menjadi pembangkit listrik. Berdasarkan observasi dan pengukuran pada bulan September 2021, daya keluaran PV mampu mencapai 6,5 kWh. Sedangkan daya keluaran PV terendah pada bulan Januari sebesar 4,3 kWh. Dalam penelitian ini kebutuhan beban sebesar 4.400 Wh, sehingga jumlah baterai yang digunakan dalam penelitian ini adalah 8 baterai. Baterai yang digunakan jenis MF (*Maintenance Free*), kapasitas 12V, 100 Ah. Sedangkan kebutuhan panel surya (PV) 100 Wp dibutuhkan 8 panel surya monocrystalline. Tegangan keluaran boost konverter menggunakan algoritma MPPT logika fuzzy (FLC) lebih cepat mencapai nilai referensi 48 V DC jika dibandingkan menggunakan algoritma MPPT P&O. Algoritma MPPT FLC lebih cepat mengatasi perubahan intensitas radiasi matahari. Dalam waktu 0.003 detik algoritma MPPT FLC mencapai tegangan DC bus, sedangkan algoritma P&O mencapai tegangan DC bus dalam waktu 0.15 detik. Algoritma MPPT P&O kurang cepat dalam mengatasi perubahan intensitas radiasi matahari. Koordinasi kontrol MPPT dalam penelitian ini mampu mengatasi perubahan intensitas radiasi matahari dan perubahan beban DC. Dalam waktu 0.02 detik sampai dengan 0.15 detik DC bus disuplai konverter menggunakan algoritma MPPT P&O, dan dalam waktu 0.15 detik sampai dengan 2 detik DC bus disuplai menggunakan algoritma MPPT FLC. Dengan tersedianya daya DC bus maka inverter satu fasa dapat memberikan daya ke beban.

Kata kunci maksimal 5 kata

MPPT, Photovoltaic, Koordinasi Kontrol, Boost Konverter, Solar Power Meter

Latarbelakang penelitian tidak lebih dari 500 kata yang berisi latar belakang dan permasalahan yang akan diteliti, tujuan khusus, dan urgensi penelitian. Pada bagian ini perlu dijelaskan uraian tentang spesifikasi khusus terkait dengan skema.

## LATAR BELAKANG

Salah satu sumber potensi energi terbarukan yang sangat besar di Indonesia adalah energi matahari. Untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik digunakan PV (*Photovoltaic*). Pengembangan penggunaan PV dalam skala besar digunakan pada mikro grid atau smart grid. Salah satu penyediaan energi listrik menggunakan PV dilakukan dengan sistem on-grid atau PV terhubung ke grid. Hal ini digunakan untuk membantu penyediaan energi dari grid. Permasalahan utama pada penggunaan PV adalah pembangkitan energi listrik yang rendah, terutama pada kondisi radiasi matahari yang rendah. Selain itu energi listrik yang dibangkitkan berubah secara berkala sesuai dengan terjadinya perubahan cuaca. MPPT (Maximum Power Point Tracking) adalah sebuah algoritma yang diterapkan pada DC-DC konverter untuk mengekstraksi keluaran daya maksimum dari PV. Dengan memakai MPPT maka titik MPP dari energi matahari dapat dicapai. Hal terpenting dari sebuah algoritma MPPT adalah kecepatan dalam mencari titik daya maksimum PV dan akurasi dalam menemukan nilai titik daya maksimum PV, terutama ketika radiasi matahari berubah-ubah. MPPT harus mampu menemukan titik daya maksimum global tanpa terjebak di titik maksimum lokal. Selain untuk membantu kerja MPPT, DC-DC konverter juga berfungsi untuk menurunkan atau menaikkan tegangan masukannya menjadi nilai tegangan yang diinginkan.

Beberapa penelitian sebelumnya terkait MPPT, yaitu Penelitian [1] ini menyajikan pendekatan kontrol daya maksimum berbasis model fuzzy terpadu T-S untuk meningkatkan efisiensi dan ketahanan pembangkit fotovoltaik (PV). Pertama, skema kontrol berbasis tegangan daya maksimum dan skema kontrol daya maksimum langsung diperkenalkan untuk pelacakan titik daya maksimum (MPPT). Dengan menggunakan representasi model fuzzy T-S, kedua skema kontrol MPPT diformulasikan ke dalam masalah kontrol pelacakan keluaran dalam bentuk yang terpadu. Kemudian, pengontrol fuzzy T-S dikembangkan untuk mencapai MPPT asimtotik untuk sistem PV dengan radiasi yang berubah. Penelitian berikutnya [2] menyajikan strategi kontrol droop  $V-dp/dv$ , yang memungkinkan sumber PV bekerja dalam mode pelacakan titik daya maksimum (MPPT), serta berperilaku sebagai sumber tegangan untuk berfungsi dalam pengaturan tegangan dc bus. Metode droop  $V-dp/dv$  menyatukan pengaturan tegangan MPPT dan dc bus. Selanjutnya, operasi terkoordinasi dari beberapa sumber PV di microgrid dc, termasuk peralihan mode otonom dan terutama pembagian daya, dicapai dengan strategi kontrol yang diusulkan tanpa komunikasi apa pun.

Penelitian yang dilakukan [3] mengusulkan sistem PV yang berbasis submodul integrasi konverter. Metode yang dilakukan mensimulasikan dan mengontrol sistem PV grid-tie satu fasa yang didasarkan pada konfigurasi submodul PV. Pendekatan ini mencakup model sel PV yang disederhanakan dan model rata-rata untuk konverter daya, yang mempertimbangkan semua interaksi dinamis antara pelacakan titik daya maksimum (MPPT), regulasi tegangan submodul PV, kontrol tegangan dc-link, dan riak frekuensi.

Pengembangan strategi koordinasi kontrol terdesentralisasi [4] menerapkan konsep droop V-I untuk bekerja sama beberapa sumber PV dalam mikro grid dc. Metode yang diusulkan memungkinkan sumber PV untuk mengatur tegangan bus dc dan membagi daya keluarannya dalam proporsi yang diharapkan. Selanjutnya, fungsi pelacakan titik daya maksimum (MPPT) disatukan dalam metode kontrol yang disarankan dengan regulator  $dp/dv$ , yang berarti beberapa sumber PV dapat bekerja dalam mode MPPT saat terhubung ke jaringan. Penelitian berikutnya [5] diusulkan pendekatan kontrol terkoordinasi dan terintegrasi generator PV surya dengan kontrol pelacakan titik daya maksimum (MPPT) dan kontrol penyimpanan baterai untuk memberikan dukungan tegangan dan frekuensi (V-f) ke mikro grid. Untuk meningkatkan pelacakan titik daya maksimum (MPP) dilakukan [6] metode modifikasi MPPT konduktansi incremental.

Di antara berbagai algoritma MPPT yang dikembangkan hingga saat ini, algoritma Perturb and Observe (P&O) dan Incremental Conductance (InC) paling banyak digunakan, terutama karena kesederhanaan dan kemudahan implementasinya. Namun, keduanya memiliki kelemahan berupa osilasi kondisi tunak dan pelacakan yang tidak efisien jika terjadi perubahan iradiasi yang cepat. Oleh karena itu diusulkan algoritma SOFT-MPPT untuk meningkatkan baik keadaan tunak maupun kinerja pelacakan dari kedua algoritma P&O dan InC [7]. Untuk meningkatkan kerja MPPT juga telah dilakukan penelitian [8] menggunakan konsep pengontrol mode geser integral ganda (DISMC). Desain sistem DISMC-MPPT dengan mempertimbangkan ketidakpastian kondisi cuaca dan variasi beban. MPPT ini telah diimplementasikan menggunakan konverter dc/dc yang dikontrol modulator lebar pulsa untuk menjaga frekuensi switching konstan.

Penelitian lainnya [9] mengusulkan kontrol MPPT sistem terpusat Manfaat teknis dari pendekatan yang diusulkan adalah konfigurasi sistem pengontrol PV yang terdiri dari prosesor sinyal digital tunggal (DSP), pengontrol analog berbiaya rendah, dan beberapa periferal komunikasi wajib yang digunakan untuk memantau multimodul terdistribusi. Juga, metode ini sangat diinginkan untuk pengawasan dan pemantauan sistem secara keseluruhan karena struktur kontrolnya yang terpusat. Penelitian selanjutnya [10] mengatasi masalah interharmonik. Interharmonik adalah tantangan kualitas daya yang muncul dalam sistem fotovoltaik (PV) yang terhubung ke grid. Metode yang diusulkan memodifikasi algoritma MPPT dengan cara memilih secara acak laju sampling antara nilai cepat dan lambat. Dengan demikian, interharmonik dalam arus keluaran dapat dikurangi secara efektif karena distribusi spektrum frekuensi. Di sisi lain, kinerja MPPT dari metode yang diusulkan dapat dipertahankan serupa dengan kasus ketika menggunakan laju pengambilan sampel MPPT yang cepat. Untuk meningkatkan kerja MPPT dengan metode P&O dirancang metode adaptif yang dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu algoritma perturbasi arus (CPA), algoritma kontrol adaptif (ACA), dan algoritma perturbasi variabel (VPA) [11]. Beberapa penelitian lainnya tentang peningkatan daya PV dengan meningkatkan akurasi arah panel surya dan mengoptimalkan keluaran panel surya. Metode ini dilakukan dengan meningkatkan sudut penyinaran matahari (insolasi) menggunakan solar tracker dengan sensor kamera dan komputer mini Raspberry Pi. Penggunaan kamera ditujukan untuk mengurangi kesalahan sistem berbasis LDR dan penggunaan Raspberry Pi menggantikan kerja komputer ukuran penuh [12]. Untuk meningkatkan daya keluaran PV dalam menemukan titik daya maksimum dengan cepat telah digunakan metode

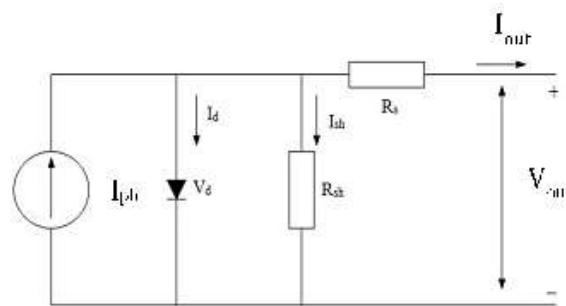
Bayesian. Metode ini untuk klasifikasi input PV tanpa pengawasan, deteksi kurva, dan segmentasi citra, untuk mencapai daya keluaran optimum dalam waktu singkat. Dengan menggunakan algoritma ini, daya keluaran total PV dimaksimalkan serta meminimalkan osilasi kondisi tunak dan waktu pelacakan [13]. Penelitian berikutnya dengan penyimpanan baterai yang dikendalikan oleh sistem manajemen energi (EMS) menjadi teknik yang memungkinkan untuk meningkatkan daya pembangkit PV. Dalam penelitian ini, EMS mengontrol penyimpanan baterai untuk menggantikan pembangkit PV yang berfluktuasi menjadi daya yang relatif konstan dan mendukung beban puncak. Metode desain terintegrasi yang diusulkan mempertimbangkan ukuran baterai dan manfaat EMS dan biaya utilitas. Manfaat utilitas untuk pembangkit listrik, dukungan daya puncak, dan kerugian saluran berkurang. Biaya penyimpanan baterai ditentukan oleh ukuran dan masa pakai berdasarkan model baterai yang akan dikembangkan [14]. Dalam penelitian ini diusulkan metode baru, yaitu koordinasi kontrol MPPT dari PV yang terhubung secara parallel. Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan stabilitas tegangan dan daya ke beban. Dengan metode ini jika terjadi perubahan daya pada salah satu PV, maka MPPT yang lain akan menyuplai daya ke grid. Karena pemakaian tenaga listrik setiap tahun terus meningkat dan jumlah sumber energi fosil terus menurun maka pemakaian energi terbarukan di Indonesia terus ditingkatkan, hal ini merupakan urgensi dalam penelitian ini.

Tinjauan pustaka tidak lebih dari 1000 kata dengan mengemukakan *state of the art* dan peta jalan (*road map*) dalam bidang yang diteliti. Bagan dan *road map* dibuat dalam bentuk JPG/PNG yang kemudian disisipkan dalam isian ini. Sumber pustaka/referensi primer yang relevan dan dengan mengutamakan hasil penelitian pada jurnal ilmiah dan/atau paten yang terkini. Disarankan penggunaan sumber pustaka 10 tahun terakhir.

## TINJAUAN PUSTAKA

### A. Model PV

Sel surya atau PV adalah komponen non-linier yang dapat ditunjukkan pada gambar 1 sebagai model sumber arus.  $I_{ph}$  adalah arus sel,  $I_D$  adalah arus *shunt* intrinsik dioda,  $R_{sh}$  adalah resistansi *shunt*,  $R_s$  adalah resistansi seri sel surya, dan  $I_{sh}$  adalah sumber arus paralel. Nilai  $R_{sh}$  biasanya sangat besar, dan nilai  $R_s$  sangat kecil, sehingga analisis dapat diabaikan. Sel-sel PV dikelompokkan menjadi unit-unit besar yang disebut modul PV yang juga terhubung membentuk PV array atau pembangkit PV dalam konfigurasi seri dan paralel [15].



Gambar 1. Model rangkaian ekivalen sel PV.

Persamaan tegangan arus dari sebuah sel surya dengan persamaan sebagai berikut

$$I = I_{ph} - I_s \left\{ \exp \frac{(V + IR_s)}{(nV_t CN_s)} - 1 \right\} - \frac{V + IR_s}{R_{sh}} \quad (1)$$

dimana  $I_{ph}$  adalah *photocurrent* yang tergantung pada sel dan suhu operasi radiasi matahari seperti yang ditetapkan dalam persamaan 1.

$$I_{ph} = \frac{(I_{sc} + Ki(T_{op} - T_{ref}))\lambda}{1000} \quad (2)$$

Arus saturasi dari perubahan suhu dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$I_s = I_{rs} \left\{ \frac{T_{op}}{T_{ref}} \right\}^3 \exp \left\{ \frac{qE_g}{nK} \left[ \frac{1}{T_{op}} - \frac{1}{T_{ref}} \right] \right\} \quad (3)$$

$$I_{rs} = \frac{V + IR_s}{R_{sh}} \quad (4)$$

$$I_{sh} = \frac{V + IR_s}{R_{sh}} \quad (5)$$

$$I_d = \left\{ \exp \frac{(V + IR_s)}{(nV_t CN_s)} - 1 \right\} I_s N_p \quad (6)$$

Model rangkaian PV untuk mengevaluasi arus array, di mana sel N paralel ( $N_p$ ) dan N seri ( $N_s$ ) dinyatakan sebagai berikut:

$$I = N_p I_{ph} - N_p I_s \left\{ \exp \frac{\left( \frac{V_{pv}}{N_s} + \frac{IR_s}{N_p} \right)}{KT_{op}m} - 1 \right\} - \frac{N_p V_{pv} + IR_s}{R_p} \quad (7)$$

Dimana  $I_s$  adalah arus saturasi sel,  $N_s$  dan  $N_p$  adalah jumlah panel PV seri dan paralel,  $C$  adalah jumlah sel dalam panel PV,  $R_s$  adalah resistansi seri,  $R_{sh}$  adalah resistansi shunt,  $T_{op}$  adalah suhu operasi sel pada 25°C,  $V_{oc}$  adalah tegangan rangkaian terbuka PV,  $m$  adalah faktor idealitas,  $K$  adalah konstanta Boltzmann ( $1,38 \times 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$ ), dan  $q$  adalah muatan elektron ( $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ). Parameter berikut menggambarkan sel surya [16]:

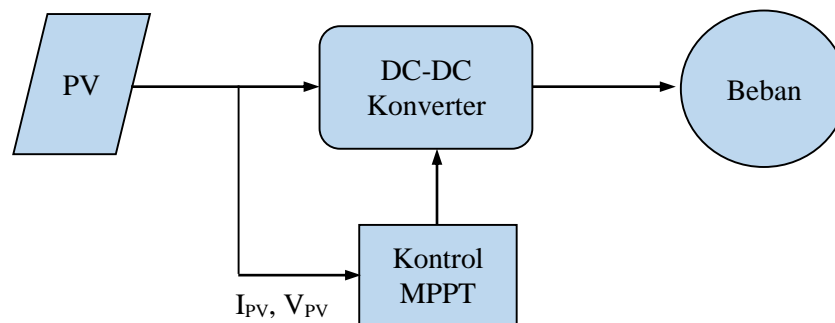
1. Arus tertinggi yang dihasilkan oleh sel selama kondisi  $V=0$  ditentukan oleh arus hubung singkat.
2. Tegangan rangkaian terbuka adalah karena penurunan tegangan melalui dioda saat  $I_{ph}$  mengalir, di mana  $I_D = I_{ph}$  dan arus yang dihasilkan adalah nol.

Untuk memastikan kinerja sistem yang optimal, parameter sistem tertentu harus dipertimbangkan dalam desain:

1. Efisiensi photovoltaic (PV) rendah, hal ini disebabkan oleh pengaruh internal resistansi seri dan shunt serta efek rekombinasi pada fotovoltaiik.
2. Karena kinerja modul PV dipengaruhi oleh suhu permukaan, maka koefisien suhu modul (TC) harus dipertimbangkan. Untuk Modul Silikon, faktor koreksi suhu sekitar  $-0,5\%/^\circ\text{C}$ , sehingga TC aman untuk diambil sebesar 0,80 [17].
3. Efisiensi bagian-bagian perangkat lain termasuk output dari *charging controller*, kinerja DC-AC (inverter) dan output dari penyimpanan baterai.

## B. MPPT (*Maximum Power Point Tracking*)

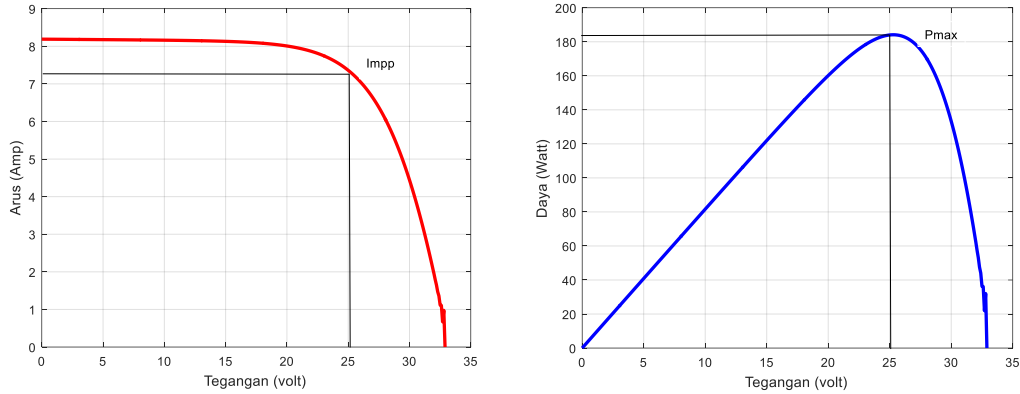
Ada dua jenis sistem PV, sistem yang terisolasi dan sistem yang terkoneksi dengan jaringan. Sistem PV yang terisolasi dirancang untuk memberikan daya listrik AC/ DC ke beban. MPPT (*maximum power point tracking*) digunakan antara PV array dan beban untuk membantu mendapatkan daya keluaran maksimum dan juga penyesuaian impedansi beban listrik pada keluaran daya maksimum PV. Sebuah metode kontrol digunakan untuk meningkatkan kinerja sistem PV dan untuk melacak titik daya maksimum. Algoritma MPPT menghitung MPP (*maximum power point*) di setiap waktu untuk setiap radiasi dan suhu. MPP berubah karena kondisi lingkungan. Ada beberapa teknik untuk mengimplementasikan MPPT dan Metode yang paling banyak digunakan adalah *Perturbe and Observe* yang terkenal dengan P&O. Metode ini didasarkan pada perubahan tegangan keluaran PV dan mengamati daya yang diperoleh dengan memodifikasi *duty cycle* konverter DC/DC untuk mencapai daya maksimum. Teknik kontrol lain yang juga digunakan adalah metode kontrol proporsional dan integral (PI). Kontrol ini mudah diimplementasikan dengan mengontrol tegangan input konverter *buck-boost* sesuai dengan tegangan referensi, sehingga menghasilkan daya maksimum [18].



Gambar 2. MPPT pada sistem PV.

Untuk setiap sistem PV daya keluaran dapat ditingkatkan dengan melacak MPP dari modul PV dengan menggunakan pengontrol yang terhubung ke DC-DC konverter (biasanya menggunakan konverter *boost*). Namun, MPP berubah dengan tingkat radiasi dan suhu karena karakteristik nonlinear dari PV modul. Setiap jenis modul PV memiliki spesifikasinya masing-masing. Secara umum ada satu titik pada kurva V-I atau kurva V-P yang disebut MPP, di mana sistem PV beroperasi dengan efisiensi maksimum dan menghasilkan daya keluaran maksimumnya. Titik ini dapat ditemukan dengan bantuan MPPT. Sistem PV dengan kontrol MPPT ditunjukkan pada gambar 2 [19].





Gambar 3. Kurva PV (PV and IV).

Untuk pelacakan MPP dengan logika fuzzy melalui empat tahapan yaitu fuzifikasi, rule base, inferensi fuzzy dan defuzifikasi. Pola pencarian dilakukan melalui penyesuaian *duty cycle boost converter* yang disediakan oleh kontroler logika fuzzy sesuai dengan variasi dari dua input berikut  $e$  dan  $\Delta e$ .

$$e = \frac{\Delta P_{PV}}{\Delta I_{PV}} = \frac{\Delta V_{PV}}{\Delta I_{PV}} * I_{PV} + V_{PV} \quad (8)$$

$$\Delta e = e(k) - e(k-1) \quad (9)$$

Dimana  $\Delta V_{PV}$  dan  $\Delta I_{PV}$  adalah perubahan tegangan PV dan perbedaan arus pada dua waktu sampling  $k$  dan  $(k-1)$ . Persamaan error (persamaan 8) menggambarkan kondisi konduktansi inkremental yang konvergen ke nol setelah melacak titik optimal. Untuk menghindari perhitungan yang sulit, logika fuzzy menggunakan fungsi keanggotaan segitiga untuk input dan output yang diperlihatkan pada gambar 4. Untuk memungkinkan pelacakan yang akurat dari titik optimum MPP, dengan perubahan radiasi yang besar, digunakan empat puluh sembilan aturan fuzzy dengan variabel linguistik. Dalam fungsi keanggotaan tersebut NB berarti Negatif Besar, NM berarti Negatif Sedang, NS berarti Negatif Kecil, ZE berarti Zero, PS berarti Positif Kecil, PM berarti Positif Sedang dan PB berarti Positif Besar.

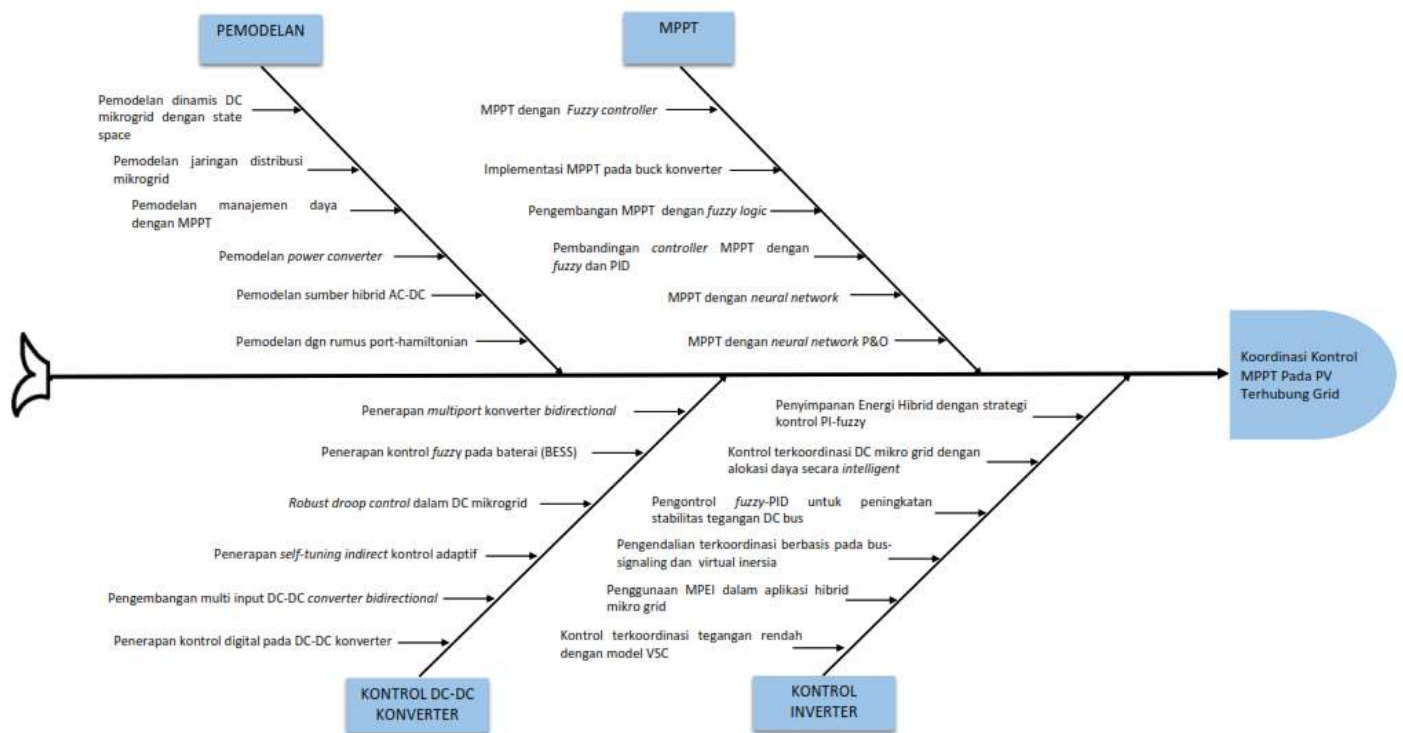
Perubahan daya PV ( $\Delta P$ ) bertambah atau berkurang ke arah positif atau negatif dengan nilai yang kecil atau besar hingga mendekati MPP dan errornya hampir nol. Langkah inferensi fuzzy dilakukan dengan menggunakan metode Mamdani yang terlihat pada tabel 1, sedangkan defuzzifikasi menggunakan metode center of gravity untuk menghitung duty cycle  $\Delta \alpha$ .

$$\Delta \alpha = \frac{\sum_{i=1}^n (d\alpha_i * u_i)}{\sum_{i=1}^n u_i} \quad (10)$$

Normalisasi gain  $K_{11}$ ,  $K_{12}$  dan  $K_{13}$  memungkinkan konversi nilai input menjadi nilai fuzzy yang memberikan nilai nyata dari jumlah keluaran fuzzy [20].

Tabel 1. Rule base algoritma MPPT FLC.

$\Delta e$ \ e	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
	NB	NB	NB	NB	NB	NM	NS
NM	NB	NB	NB	NM	NS	ZE	PS
NS	NB	NB	NM	NS	ZE	PS	PM
ZE	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
PS	NM	NS	ZE	PS	PM	PB	PB
PM	NS	ZE	PS	PM	PB	PB	PB
PB	ZE	PS	PM	PB	PB	PB	PB



Gambar 4. Road map penelitian.

Metode atau cara untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan ditulis tidak melebihi 600 kata. Bagian ini dilengkapi dengan diagram alir penelitian yang menggambarkan apa yang sudah dilaksanakan dan yang akan dikerjakan selama waktu yang diusulkan. Format diagram alir dapat berupa file JPG/PNG. Bagan penelitian harus dibuat secara utuh dengan penahapan yang jelas, mulai dari awal bagaimana proses dan luarannya, dan indikator capaian yang ditargetkan. Dibagian ini harus juga mengisi tugas masing-masing anggota pengusul sesuai tahapan penelitian yang diusulkan.

## METODE

Metode penelitian yang dipergunakan dalam penelitian ini terdiri dari langkah-langkah berdasarkan kajian pustaka yang mendukung dalam menyelesaikan masalah MPPT, yang dapat digambarkan dengan diagram alir pada gambar 5.

Pada bulan pertama dilakukan observasi data intensitas radiasi matahari di Kota Semarang. Tujuannya adalah untuk mengetahui potensi energi listrik yang dapat dibangkitkan menggunakan PV. Selain itu juga dicari data suhu, karena juga mempengaruhi daya keluaran PV.

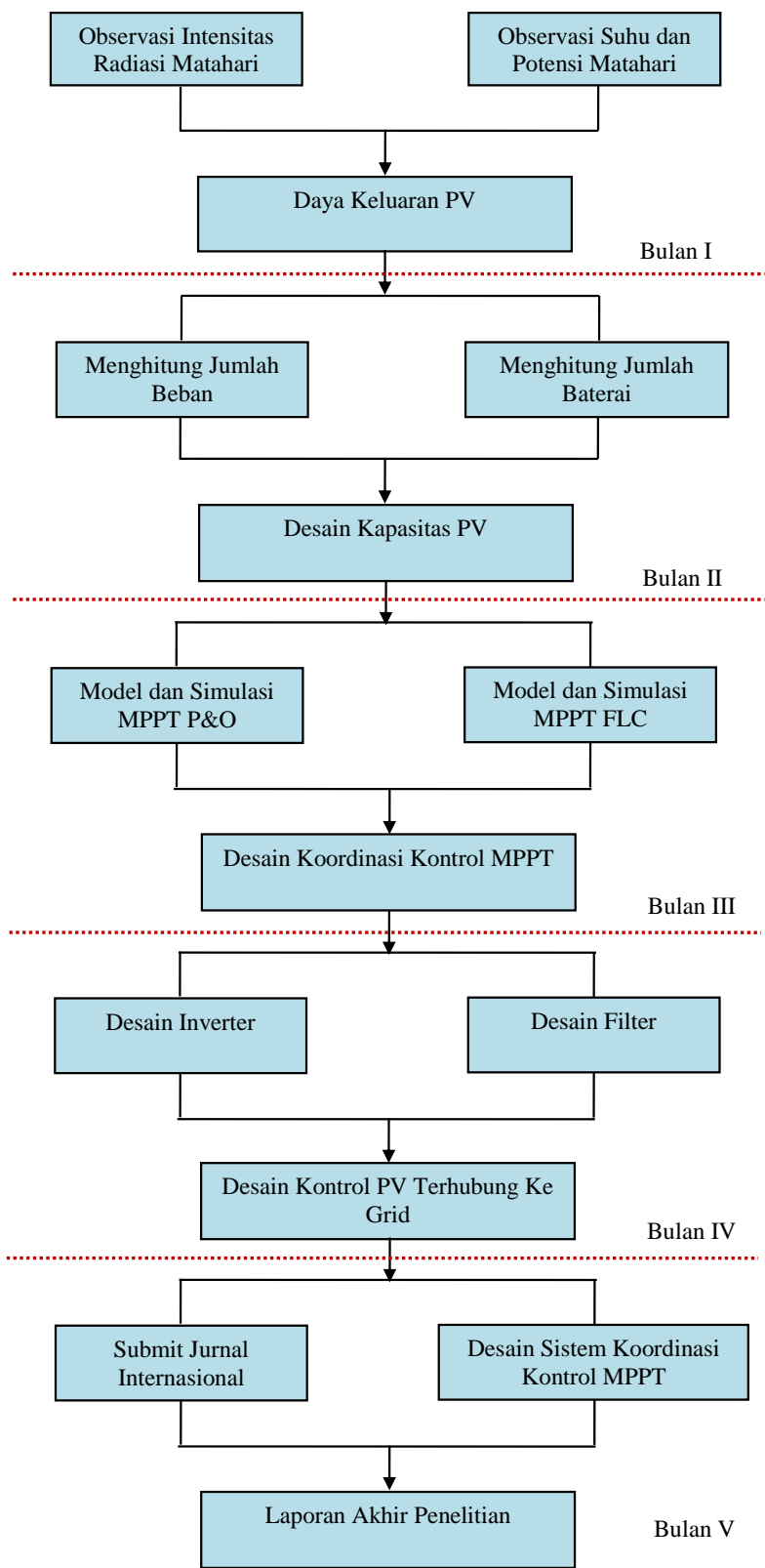
Pada bulan kedua dilakukan perhitungan jumlah beban dan jumlah baterai. Hal ini digunakan untuk menghitung kapasitas PV yang akan digunakan dalam penelitian ini. Pada bulan ketiga dilakukan rancangan MPPT P&O dan logika fuzzy (FLC) yang berupa model simulasi dan hardware. Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap dua metode MPPT yang telah didesain. Pada tahap ini juga dilanjutkan mendesain koordinasi kontrol MPPT dalam menyuplai daya DC ke DC bus.

Pada bulan keempat didesain inverter satu fasa menggunakan strategi kontrol PLL. Desain filter digunakan untuk menurunkan harmonic pada tegangan keluaran inverter. Pada tahap ini inverter terhubung ke sumber generator diesel, yang merupakan referensi tegangan dan arus inverter.

Pada bulan kelima artikel yang sudah ditulis sejak bulan pertama disubmit ke jurnal internasional. Pada bulan ini juga dihasilkan karya desain teknologi berupa desain kontrol MPPT terhubung ke grid.

Tabel 2. Tugas dan Tanggung Jawab Peneliti.

No	Nama	Peran Penelitian	Tugas dan Tanggung Jawab
1	Dr. Adhi Kusmantoro, ST, MT	Ketua	Mendesain MPPT, inverter, koordinasi kontrol MPPT, menyusun artikel dan laporan akhir penelitian
2	Bambang Hadi Kunaryo, S.T., M.T	Anggota 1	Membantu penyusunan laporan dan artikel penelitian
3	Facrudin	Mahasiswa 1	Membantu observasi data potensi intensitas radiasi, suhu dan potensi daya keluaran PV di Kota Semarang
4	Aldo Dwiki Mahendra	Mahasiswa 2	Membantu mendesain model simulasi MPPT, inverter, dan strategi kontrol MPPT.



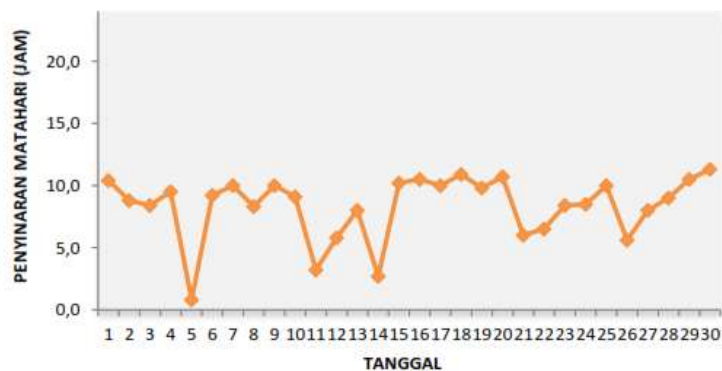
Gambar 5. Diagram alir penelitian.

Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian meliputi data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini

## HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN

### A. Pengukuran Intensitas Radiasi Matahari

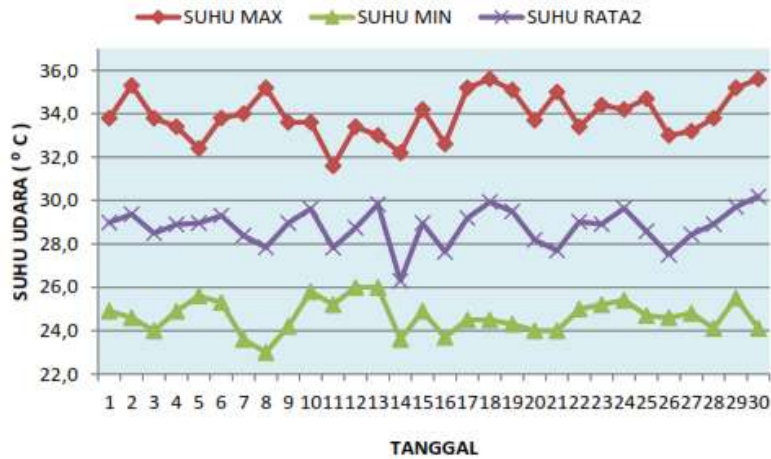
Pengukuran penyinaran matahari dilakukan untuk mengetahui lama atau durasi penyinaran matahari yang terjadi selama satu hari dalam 12 jam, yaitu jam 06.00 – 18.00 waktu setempat. Sedangkan dalam mengukur durasi penyinaran matahari dinyatakan dalam persen (%) untuk kepentingan Klimatologi dan dalam Jam untuk kepentingan Meteorologi. Campbell Stokes adalah alat untuk mengukur durasi penyinaran matahari. Pada bulan September 2021, durasi (lama) penyinaran matahari berkisar antara 0,0% hingga 90 % atau sekitar 0,0 – 10 jam. Rata – rata penyinaran matahari 8,3 jam. Lama penyinaran matahari tertinggi 11,3 jam terjadi pada tanggal 30 September 2021. Sedangkan lama penyinaran matahari terendah 0,8 jam terjadi pada tanggal 5 September 2021 Hal ini mengindikasikan bahwa tutupan awan pada siang hari di wilayah Semarang pada bulan ini relatif lebih tinggi / banyak jika dibandingkan dengan bulan sebelumnya.



Gambar 6. Grafik penyinaran matahari, September 2021.

### B. Pengukuran Suhu Udara

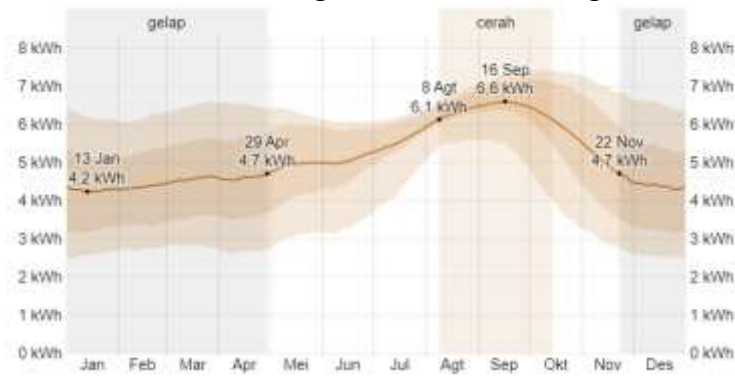
Suhu udara didefinisikan sebagai keadaan pada pada suatu benda dan atau luasan pada suatu saat dan waktu. Faktor utama yang menjadi penyebab adanya suhu udara adalah sinar matahari terhadap benda/bidang atau luasan tertentu. Suhu adalah jumlah fisik yang mencirikan rata-rata gerakan acak dari molekulmolekul pada benda fisik. Suhu udara permukaan yang diukur pada ketinggian 1.20 – 1,25 m dari permukaan tanah. Satuan suhu udara permukaan dinyatakan dalam derajat Celcius ( $^{\circ}\text{C}$ ). Alat ukur yang digunakan untuk mengukur suhu udara permukaan adalah Thermometer. Suhu Udara maximum adalah suhu udara tertinggi yang diamati dan dicatat, yang terjadi pada hari itu. Suhu udara maximum diamati sekali dalam 1 hari. Suhu Udara minimum adalah suhu udara terendah yang diamati dan dicatat, yang terjadi pada 1 hari itu. Temperatur rata – rata berkisar antara  $26,3^{\circ}\text{C}$  –  $30,2^{\circ}\text{C}$ . Temperatur Maksimum rata-rata  $33,9^{\circ}\text{C}$  dengan temperatur maksimum terbesar  $35,6^{\circ}\text{C}$  terjadi tanggal 30 September 2021. Temperatur Minimum rata-rata  $24,7^{\circ}\text{C}$  dengan Temperatur minimum terendah  $23,0^{\circ}\text{C}$  terjadi tanggal 8 September 2021.



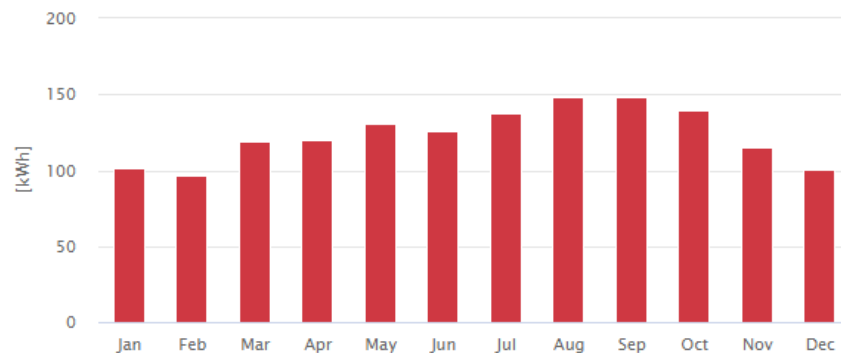
Gambar 7. Grafik suhu udara, September 2021.

### C. Tenaga Surya

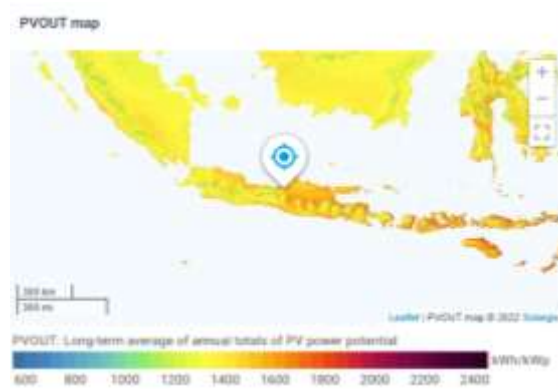
Masa lebih cerah dalam setahun berlangsung selama 2,2 bulan, dari 8 Agustus sampai 14 Oktober 2021, dengan insiden energi gelombang pendek harian rata-rata per meter persegi di atas 6,1 kWh. Bulan paling terang dalam setahun di Kota Semarang adalah September, dengan rata-rata 6,5 kWh. Masa lebih gelap dalam setahun berlangsung selama 5,2 bulan, dari 22 November sampai 29 April 2021, dengan insiden energi gelombang pendek harian rata-rata per meter persegi di bawah 4,7 kWh. Bulan paling gelap dalam setahun di Kota Semarang adalah Januari, dengan rata-rata 4,3 kWh.



Gambar 8. Intensitas radiasi harian rata-rata di Semarang.



Gambar 9. Total daya keluaran PV Monthly averages.



Gambar 10. Daya rata-rata dari total daya potensial PV.

Tabel 3. Total daya keluaran PV *Average hourly*.

Jam	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Juni	Juli	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5-6	1	-	-	-	-	-	-	-	4	10	14	6
6-7	57	46	57	79	81	66	61	74	114	132	121	84
7-8	172	172	214	246	257	239	238	266	310	309	273	210
8-9	296	303	366	409	419	401	409	447	487	466	415	331
9-10	388	404	471	512	529	514	532	578	612	575	511	416
10-11	452	485	540	565	591	583	605	657	680	629	553	462
11-12	477	517	570	588	608	599	629	677	691	628	548	473
12-13	462	496	542	557	582	570	510	651	647	590	491	432
13-14	394	432	457	463	494	498	539	572	558	500	399	351
14-15	295	311	332	322	360	379	419	453	435	367	279	250
15-16	175	188	190	184	214	235	271	293	278	220	159	143
16-17	81	89	87	74	79	91	115	123	107	79	61	62
17-18	18	21	11	4	3	3	7	8	5	3	7	7
18-19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah	3268	3464	3837	4003	4217	4178	4335	4799	4928	4508	3831	3227

#### D. Menghitung Beban dan Kebutuhan Komponen

Perhitungan daya beban berdasarkan pemakaian daya yang dibutuhkan oleh masing-masing peralatan di rumah tinggal dan berapa lama (jam) digunakan setiap hari. Hasil dari perhitungan tersebut akan menghasilkan daya dalam satuan Watt-jam/ hari. Selanjutnya dihitung jumlah baterai yang dibutuhkan sesuai dengan hasil perhitungan daya yang dipergunakan per hari. Langkah berikutnya adalah menghitung berapa daya keluaran (Wp)

panel surya yang diperlukan untuk pengisian sejumlah baterai yang diperoleh dari hasil perhitungan jumlah baterai. Tabel 4 memperlihatkan kebutuhan energi listrik untuk beban yang digunakan dalam rumah tinggal.

Tabel 4. Kebutuhan energi listrik.

No	Beban	Jumlah	Waktu (Jam)	Energi Beban (Wh)
1	Lampu 10 W	6	12	720
2	Lampu 20 W	2	12	480
3	TV 100 W	1	5	500
4	Pompa air 150 W	1	4	600
5	Kulkas 100 W (kompresor 1/3 watt)	1	24	800
6	Kipas angin 100 W	1	7	700
7	Rice Cooker 200 W	1	3	600
Jumlah				4.400

#### E. Menghitung Jumlah Baterai

Baterai yang digunakan dalam penelitian ini 12V, 100 Ah. Kebutuhan baterai harus juga mempertimbangkan waktu atau hari dimana sinar matahari tidak bisa keluar sempurna karena cuaca, misalnya mendung selama 2 hari berturut-turut. Dalam penelitian ini digunakan baterai jenis MF (Maintenance Free).

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baterai yang dibutuhkan} &= \text{Total Energi Beban} : \text{Tegangan Baterai} : \text{Ah Baterai} \\ &= 4.400 \text{ Wh} : 12\text{V} : 100 \text{ Ah} = 3,6 \approx 4 \text{ buah baterai} \end{aligned}$$

Dalam penelitian ini digunakan 4 Baterai 100Ah. Dalam pemakaian baterai digunakan hanya 50% dari kapasitas baterai, maka jumlah baterai yang diperlukan sebagai berikut

$$\text{Jumlah baterai (pemakaian 50\%)} = 2 \times 4 = 8 \text{ baterai.}$$

#### F. Menghitung Kebutuhan Panel Surya

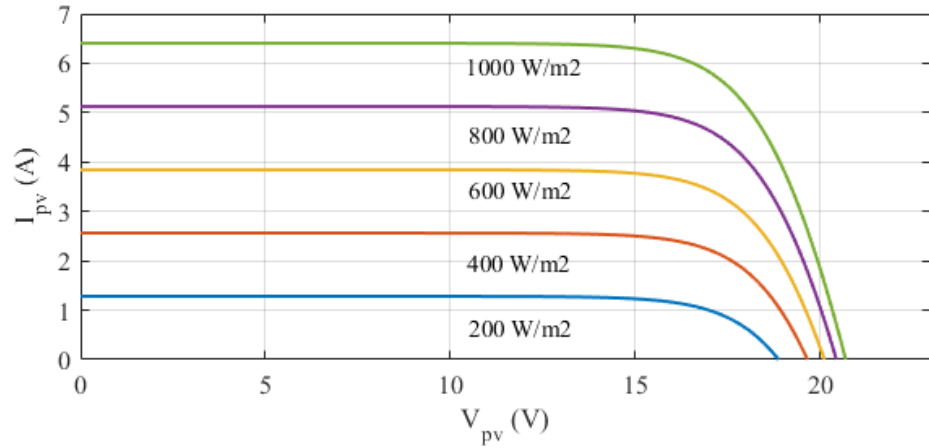
Penelitian menggunakan panel surya 100 Wp. Di Indonesia rata-rata maksimum energi surya yang dapat diserap oleh panel surya dan dikonversi menjadi energi listrik rata-rata adalah 5 jam perhari, pada jam 09.00 sampai dengan jam 14.00. Jumlah kebutuhan panel surya dapat ditentukan sebagai berikut

$$\text{Jumlah panel surya} = 4400 \text{ Wh} : 5 \text{ jam} : 100 \text{ Wp} = 8,8 \approx 8 \text{ panel surya}$$

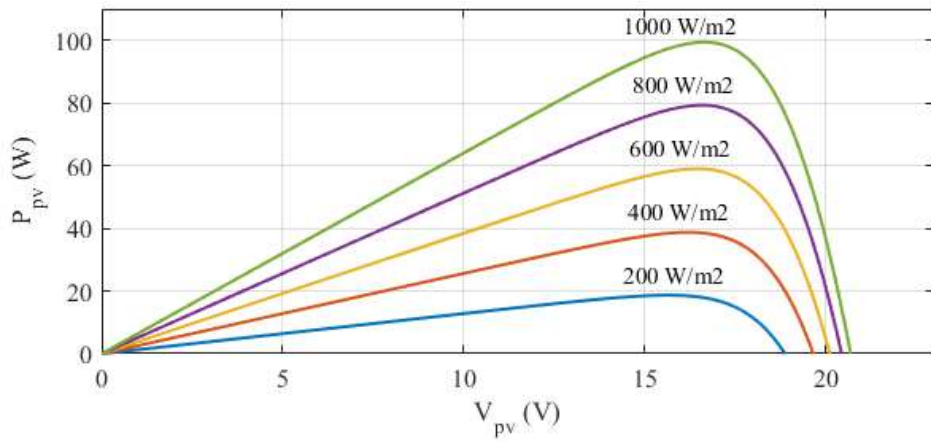
Tabel 5. Spesifikasi PV.

Deskripsi	Nilai
Tipe Panel Surya	Monocrystalline
Maximum power (Pmax)	100 W
Voltage at Pmax (Vmp)	17.2 V
Current at Pmax (Imp)	5.81 A
Short circuit current (Isc)	6.46 A
Open circuit voltage (Voc)	21.6 V
Maximum system voltage	1000 V dc

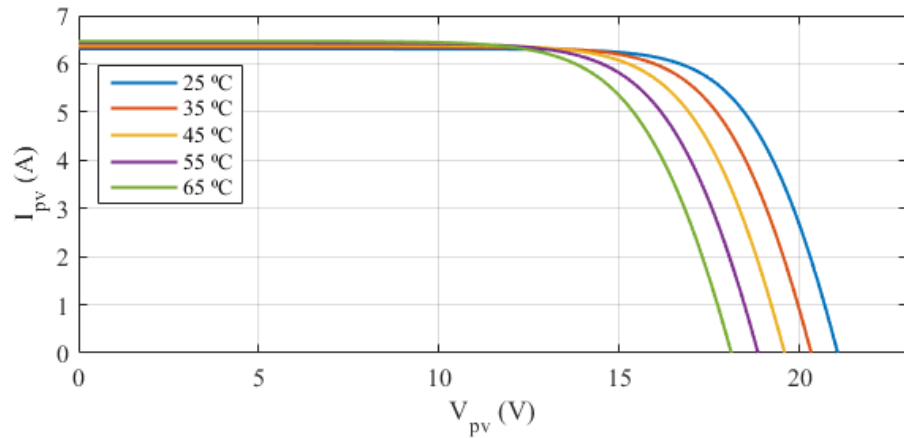




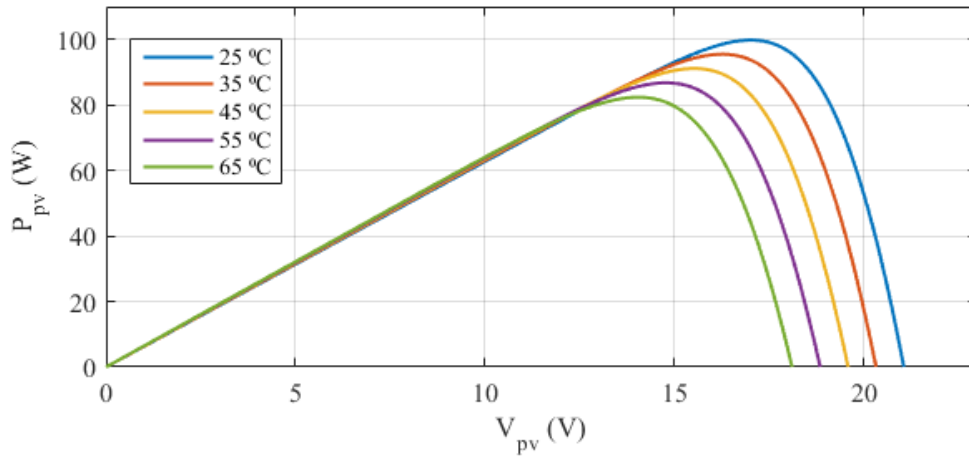
Gambar 11. Karakteristik I-V PV.



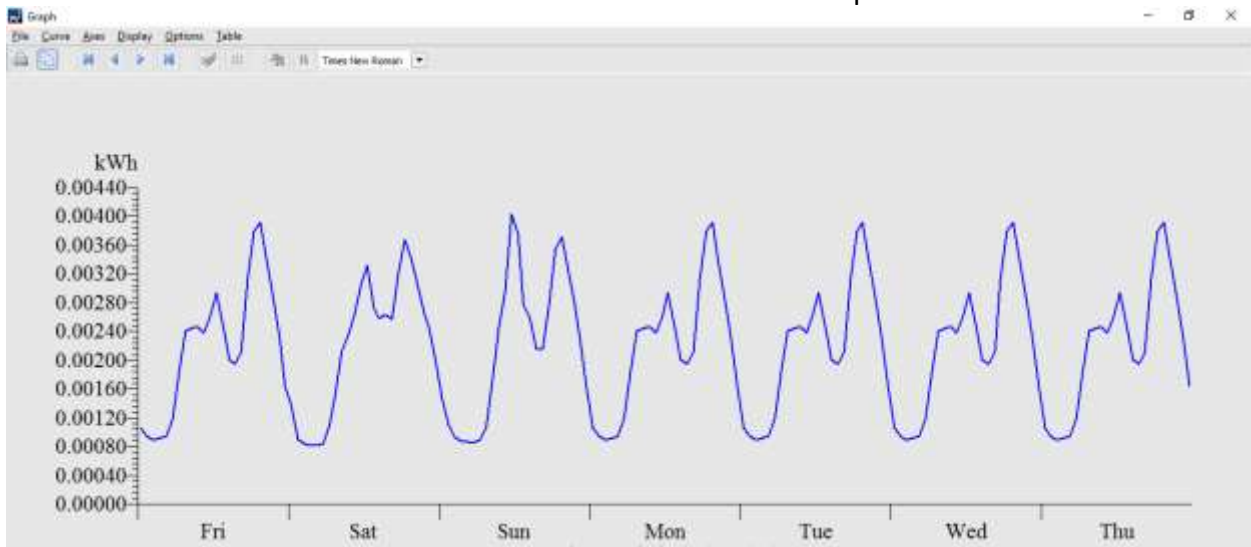
Gambar 12. Karakteristik P-V PV.



Gambar 13. Karakteristik I-V terhadap suhu.



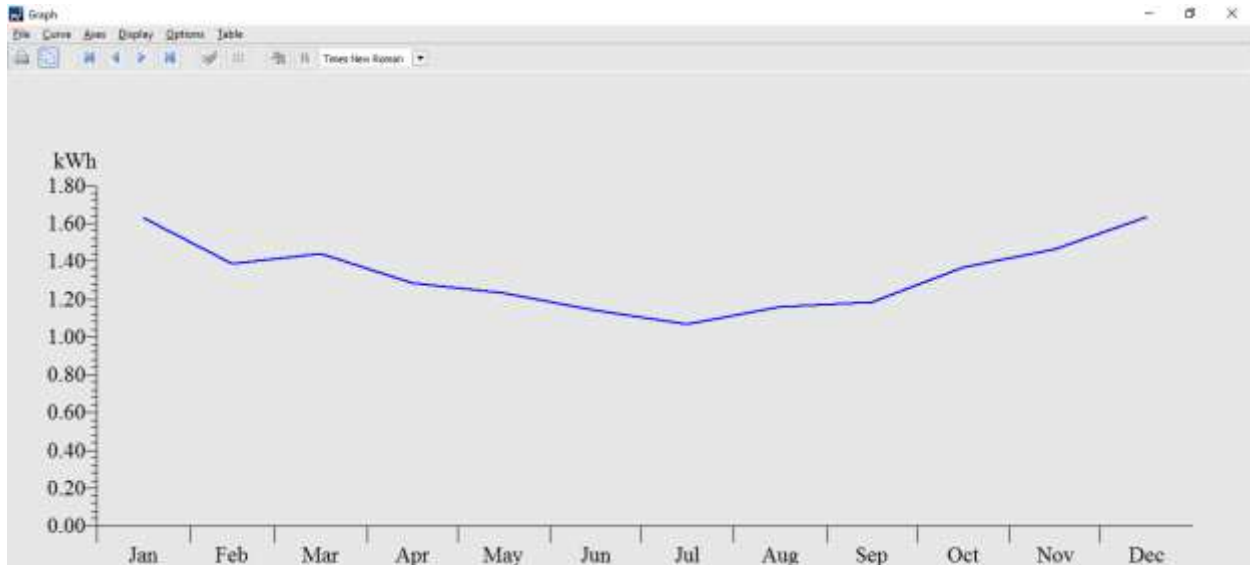
Gambar 14. Karakteristik P-V terhadap suhu.



Gambar 15. Grafik beban dalam satu minggu.



Gambar 16. Grafik beban dalam satu bulan.

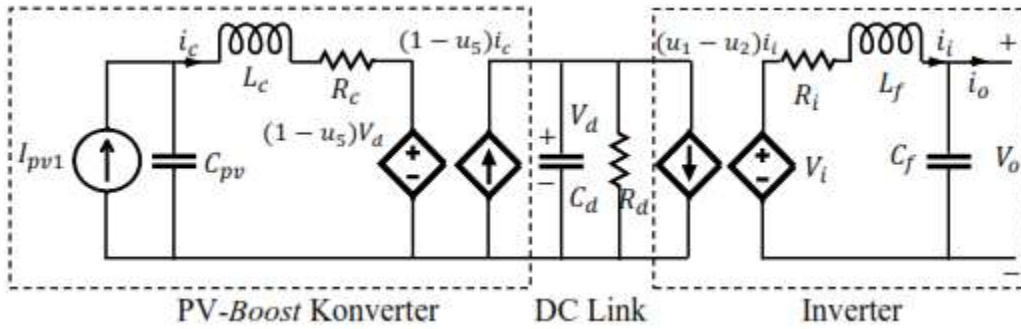


Gambar 17. Grafik beban dalam satu tahun.

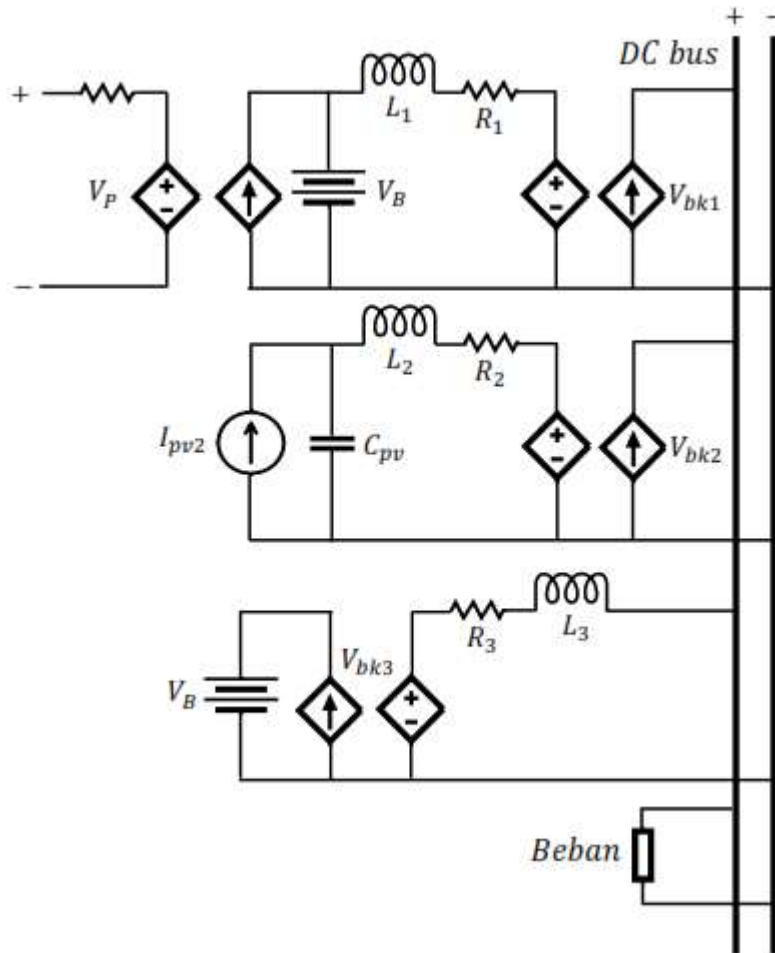
### G. Desain MPPT

Daya keluaran PV pada dasarnya merupakan respon terhadap perubahan intensitas radiasi matahari dan suhu, yang merupakan faktor lingkungan. Pelacakan Titik Daya Maksimum terhadap panel surya (PV) sangat bermanfaat untuk digunakan pada PLTS dan mikrogrid. Intensitas radiasi matahari dan suhu adalah faktor utama yang menyebabkan daya listrik yang disuplai menggunakan PV berubah-ubah. Berbagai teknik MPPT telah banyak diteliti tetapi algoritma Perturb & Observe (P&O) paling banyak diterima. Algoritma P&O juga telah terbukti mampu memberikan pelacakan titik daya maksimum dengan perubahan intensitas radiasi matahari dengan baik. Algoritma P&O banyak digunakan karena memiliki struktur kontrol yang sederhana dan hanya pengukuran parameter  $I_{PV}$  dan  $V_{PV}$  yang diperlukan untuk pelacakan titik daya. Metode ini menyebabkan kehilangan daya yang akan bertambah sesuai dengan setiap proses step size perturbation. Namun, dengan step size perturbation yang lebih kecil, kerugian kehilangan daya akan berubah lebih rendah. Algoritma MPPT ini merespon dengan cepat terhadap perubahan mendadak dalam kondisi operasi.

Logika fuzzy atau teori himpunan fuzzy merupakan metode lain yang digunakan untuk mengendalikan MPPT dalam memperoleh titik daya maksimum. Terdapat tiga bagian dalam menggunakan metode logika fuzzy, yaitu fuzzifikasi, inferensi fuzzy, defuzzifikasi. Dalam fuzzifikasi terjadi perubahan dari variabel real ke variabel fuzzy. Tegangan ( $V$ ) dan arus ( $I$ ) aktual dari keluaran PV dapat diukur secara terus menerus dan daya keluaran dapat dihitung ( $P = V \times I$ ). Masukan pengontrol logika fuzzy (FLC) adalah error ( $e$ ) dan perubahan error ( $\Delta e$ ). Keluaran pengontrol logika fuzzy digunakan untuk mengatur perubahan duty ratio DC-DC konverter. Dalam penelitian ini digunakan 25 rule base dan masing-masing input mempunyai 5 fungsi keanggotaan. Defuzzifikasi merupakan proses perubahan dari himpunan fuzzy menjadi himpunan tegas. Himpunan ini dibutuhkan DC-DC converter, karena converter ini membutuhkan kontrol duty ratio yang tepat. Defuzzifikasi dalam penelitian ini digunakan dengan algoritma *Center of Area* (COA). Metode defuzzifikasi ini paling sering digunakan dalam menentukan himpunan tegas.



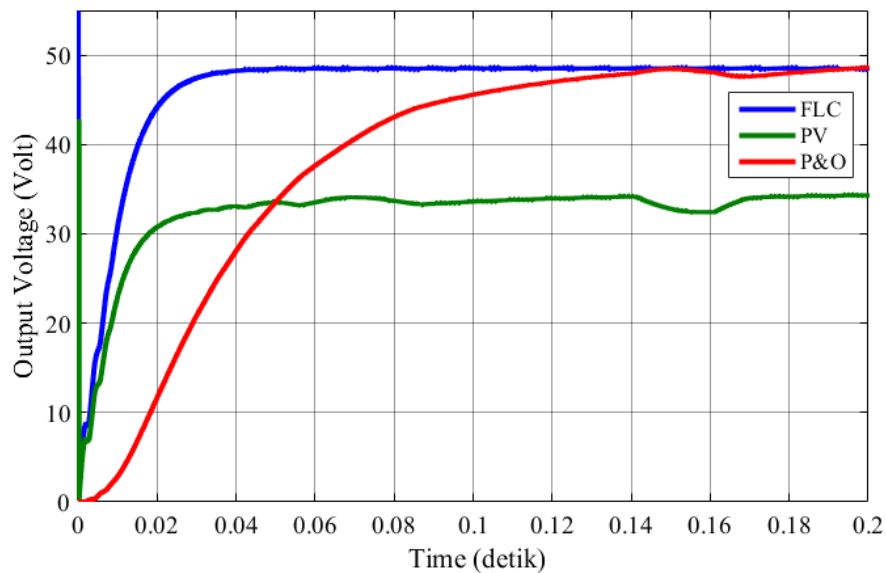
Gambar 18. Koordinasi kontrol MPPT.



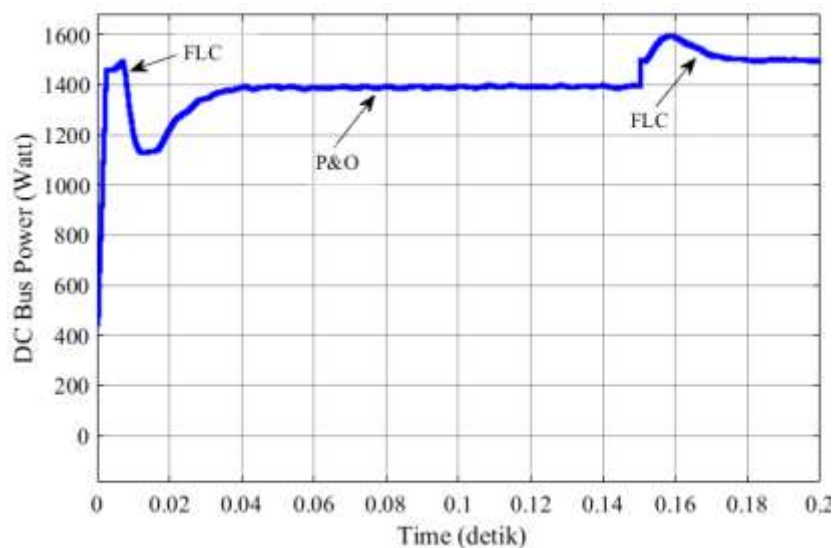
Gambar 19. Sistem PV array terhubung grid.

Dalam penelitian ini, kontrol terkoordinasi MPPT dan pengaturan tegangan DC dilakukan menggunakan regulator tegangan DC. Pengoperasian konverter ini memungkinkan tegangan keluaran DC sesuai yang diinginkan. Selain itu, efisiensi sistem secara keseluruhan meningkat karena pengurangan tahap konversi. Penelitian ini menggunakan algoritma Perturb dan observasi dan logika fuzzy untuk mengekstrak daya puncak dari panel surya atau PV. Kontrol tegangan DC dilakukan dengan membandingkan tegangan DC referensi dengan tegangan

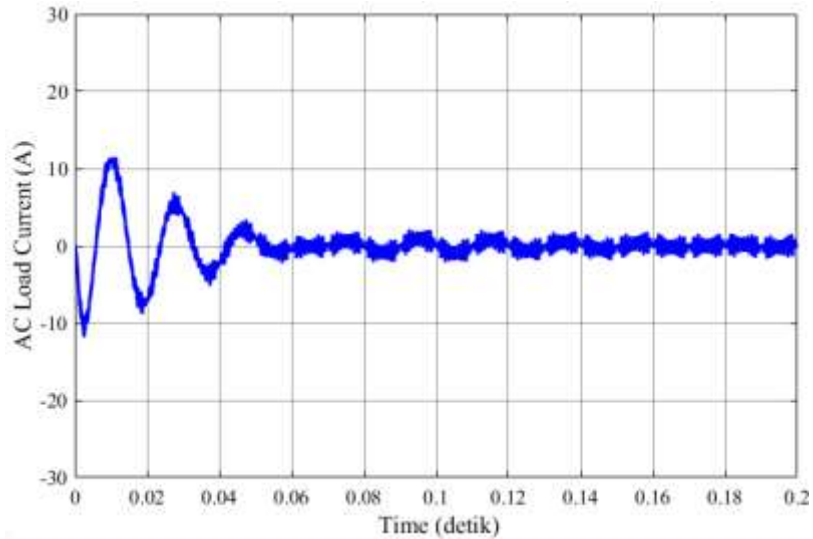
keluaran boost konverter. Keuntungan utama dari kontrol terkoordinasi yang diusulkan adalah bahwa, beban DC disuplai dari DC bus, walaupun salah satu PV terputus selama terjadi gangguan. Dengan metode ini beban AC tetap disuplai melalui inverter satu fasa, yang terhubung secara langsung pada DC bus. Selain itu inverter yang digunakan menggunakan filter sehingga mendukung pengurangan harmonik dan kompensasi daya reaktif, dengan factor daya mendekati satu. Kontrol terkoordinasi MPPT dan regulator tegangan DC dimodelkan menggunakan Matlab. Konfigurasi sistem koordinasi kontrol yang diusulkan dalam sistem PV terhubung ke grid ditunjukkan pada Gambar 18. Sistem yang diusulkan terdiri dari panel surya (PV), DC-DC konverter, inverter satu fasa, filter LCL, PLL, baterai, beban DC dan AC, dan sumber grid dari Genset.



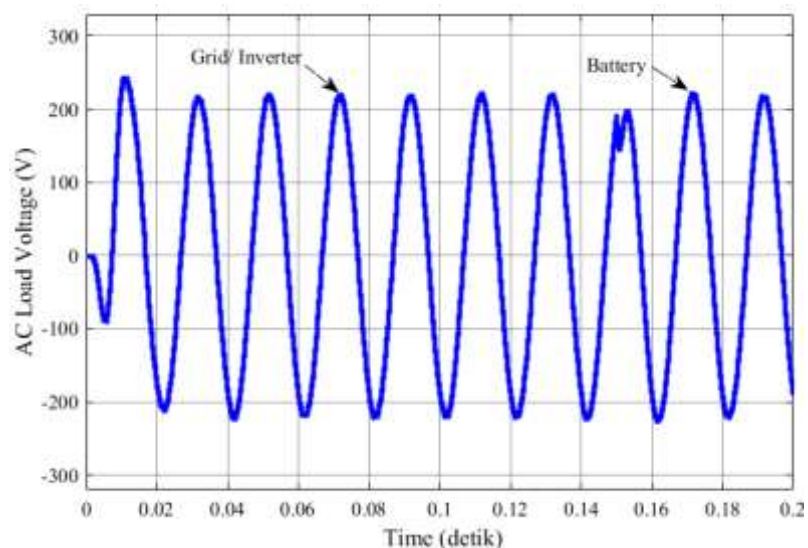
Gambar 20. Tegangan keluaran PV dan masing-masing boost konverter.



Gambar 21. Koordinasi kontrol MPPT.



Gambar 22. Arus beban AC.



Gambar 23. Strategi kontrol baterai dan inverter.

Tuliskan secara ringkas kesimpulan penelitian yang dilakukan sesuai dengan tujuan penelitian.

#### KESIMPULAN

Energi matahari di Kota Semarang sangat berpotensi untuk dikembangkan menjadi pembangkit listrik. Berdasarkan observasi dan pengukuran pada bulan September 2021, daya keluaran PV mampu mencapai 6,5 kWh. Sedangkan daya keluaran PV terendah pada bulan Januari sebesar 4,3 kWh. Dalam penelitian ini kebutuhan beban sebesar 4.400 Wh, sehingga jumlah baterai yang digunakan dalam penelitian ini adalah 8 baterai. Baterai yang digunakan jenis MF (Maintenance Free), kapasitas 12V, 100 Ah. Sedangkan kebutuhan panel surya (PV) 100 Wp dibutuhkan 8 panel surya monocrystalline. Tegangan keluaran

boost konverter menggunakan algoritma MPPT logika fuzzy (FLC) lebih cepat mencapai nilai referensi 48 V DC jika dibandingkan menggunakan algoritma MPPT P&O. Algoritma MPPT FLC lebih cepat mengatasi perubahan intensitas radiasi matahari. Dalam waktu 0.003 detik algoritma MPPT FLC mencapai tegangan DC bus, sedangkan algoritma P&O mencapai tegangan DC bus dalam waktu 0.15 detik. Algoritma MPPT P&O kurang cepat dalam mengatasi perubahan intensitas radiasi matahari. Koordinasi kontrol MPPT dalam penelitian ini mampu mengatasi perubahan intensitas radiasi matahari dan perubahan beban DC. Dalam waktu 0.02 detik sampai dengan 0.15 detik DC bus disuplai konverter menggunakan algoritma MPPT P&O, dan dalam waktu 0.15 detik sampai dengan 2 detik DC bus disuplai menggunakan algoritma MPPT FLC. Dengan tersedianya daya DC bus maka inverter satu fasa dapat memberikan daya ke beban.

Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, hasil pengujian atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta unggah bukti dokumen ketercapaian luaran wajib dan luaran tambahan melalui simpelmasV2.

#### STATUS LUARAN

No.	Jenis Luaran (Seminar/ Jurnal/ Buku/ HKI)	Uraian	Tanggal	Status
<b>Luaran Wajib</b>				
1	Jurnal Internasional	International Journal of Computer Engineering and Sciences Research	23 Februari 2022	Submit
2				
<b>Luaran Tambahan</b>				
1	Rancangan Teknologi	Rancangan Koordinasi Kontrol MPPT	20 Februari 2022	Draft Rancangan
2				

Daftar pustaka disusun dan ditulis berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada usulan penelitian yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. C. Song Chiu; Y.L Ouyang, "Robust Maximum Power Tracking Control of Uncertain Photovoltaic Systems: A Unified T-S Fuzzy Model-Based Approach", IEEE Transactions on Control Systems Technology, Vol. 19, Issue: 6, 2011.
2. H. Cai; J. Xiang; W. Wei; M. Z. Q. Chen, "V- dp/dv Droop Control for PV Sources in DC Microgrids", IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 33, Issue: 9, 2018.
3. O. Khan; W. Xiao, "An Efficient Modeling Technique to Simulate and Control Submodule-Integrated PV System for Single-Phase Grid Connection", IEEE Transactions on Sustainable Energy, Vol. 7, Issue: 1, 2016.

4. H. Cai; J. Xiang; W. Wei, "Decentralized Coordination Control of Multiple Photovoltaic Sources for DC Bus Voltage Regulating and Power Sharing", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 65, Issue: 7, 2018.
5. S. Adhikari; F. Li, "Coordinated V-f and P-Q Control of Solar Photovoltaic Generators With MPPT and Battery Storage in Microgrids" IEEE Transactions on Smart Grid, Vol. 5, Issue: 3, 2014.
6. Wu Libo; Zhao Zhengming; Liu Jianzheng, "A Single-Stage Three-Phase Grid-Connected Photovoltaic System With Modified MPPT Method and Reactive Power Compensation", IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 22, Issue: 4, 2007.
7. S. Bhattacharyya; D. S. Kumar P; S. Samanta; S. Mishra, "Steady Output and Fast Tracking MPPT (SOFT-MPPT) for P&O and InC Algorithms", IEEE Transactions on Sustainable Energy, Vol. 12, Issue: 1, 2021.
8. R. Pradhan; B. Subudhi, "Double Integral Sliding Mode MPPT Control of a Photovoltaic System", IEEE Transactions on Control Systems Technology, Vol. 24, Issue: 1, 2016.
9. S. Moon; S-G. Yoon; J-H. Park, "A New Low-Cost Centralized MPPT Controller System for Multiply Distributed Photovoltaic Power Conditioning Modules", IEEE Transactions on Smart Grid, Vol. 6, Issue: 6, 2015.
10. A. Sangwongwanich; F. Blaabjerg, "Mitigation of Interharmonics in PV Systems With Maximum Power Point Tracking Modification, IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 34, Issue: 9, 2019.
11. S. Kumar Kollimalla; M.K. Mishra, "Variable Perturbation Size Adaptive P&O MPPT Algorithm for Sudden Changes in Irradiance", IEEE Transactions on Sustainable Energy, Vol. 5, Issue: 3, 2014.
12. A. Suryanto, N. Hudallah, T. Andrasto, C. F. Adhiningtyas, S. A. Khusniasar, "Optimalisasi Keluaran Panel Surya Menggunakan Solar Tracker Berbasis Kamera Terintegrasi Raspberry Pi", Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Vol. 10, No. 3, 2021.
13. F. Keyrouz, "Enhanced Bayesian Based MPPT Controller for PV Systems", IEEE Power and Energy Technology Systems Journal, Vol. 5, Issue. 1, 2018.
14. Y. Yang, Q. Ye, L. J. Tung, M. Greenleaf, H. Li, "Integrated Size and Energy Management Design of Battery Storage to Enhance Grid Integration of Large-Scale PV Power Plants", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 65, Issue. 1, 2018.
15. A. Keyhani, "Automatic Generation Control Structure for Smart Power Grids", IEEE Transactions on Smart Grid, Vol.3 , No.3, 2012,
16. M. Makhlouf, F. Messal, H. Benalla, " Modeling and Control of a Single-Phase Grid Connected Photovoltaic System", Journal of Theoretical and Applied Information Technology, Vol. 37 No. 2, 2012.
17. N. Agarwal and A. Kumar, "Optimization of grid independent hybrid PV–diesel–battery

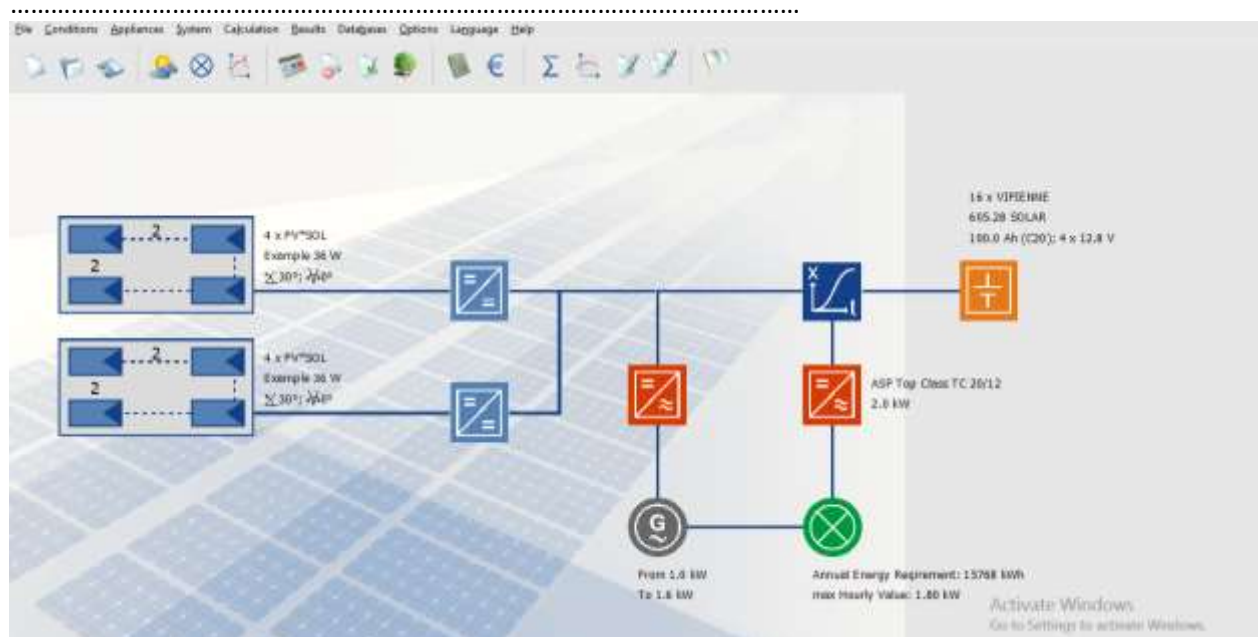


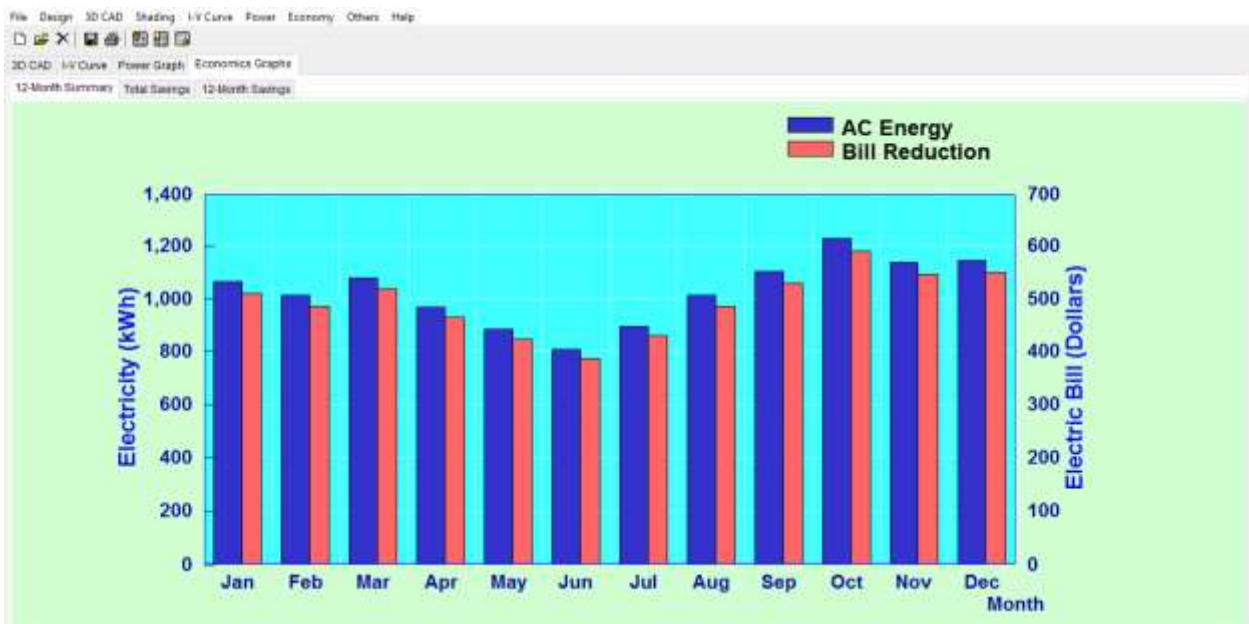
system for power generation in remote villages of Uttar Pradesh, India”, Energy for Sustainable Development, Vol. 17, No. 3, 2013.

18. A. D. Martin and J. R. Vazquez, “MPPT algorithms comparison in PV systems: P&O, PI, neuro-fuzzy and backstepping controls,” *Proc. IEEE Int. Conf. Ind. Technol.*, pp. 2841–2847, 2015.
19. S. Kamalasan dan K.S. Al-Olimat, “Modeling and Control of a Micro Grid Set Up Using Photovoltaic Arrays,” 45th Southeastern Symposium on System Theory, pp. 80-87, 2013.

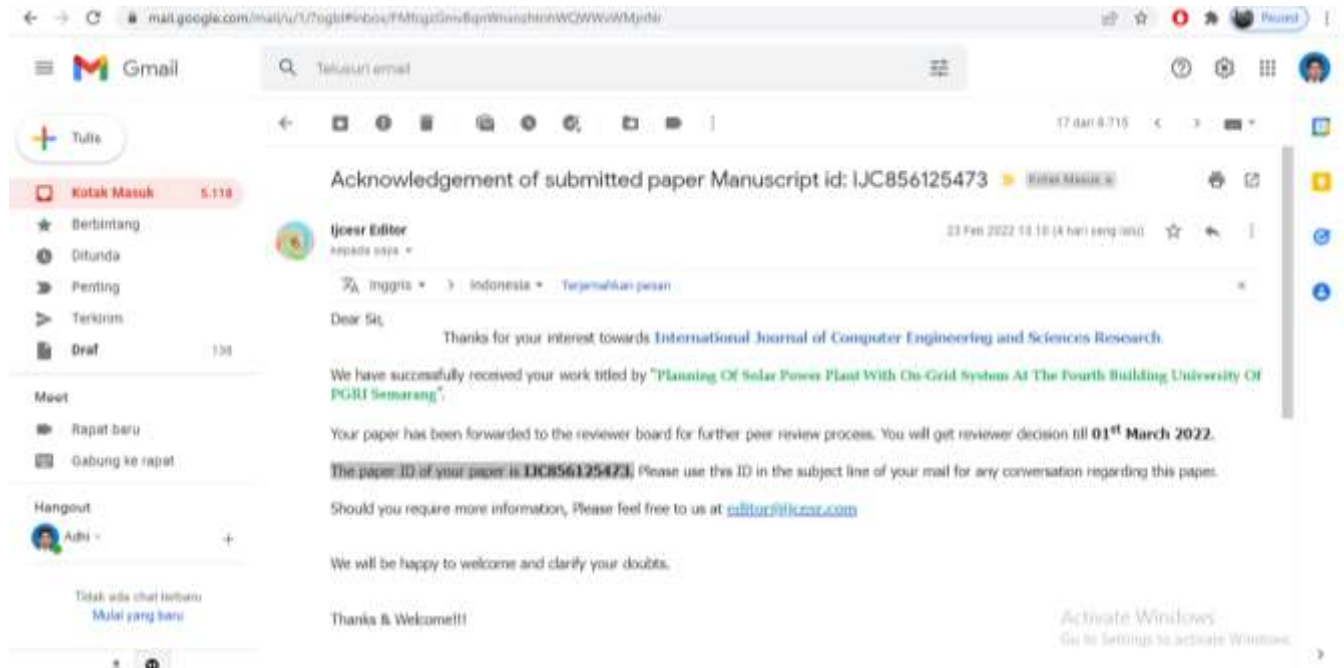
- Lampiran-lampiran yang terdiri dari
1. Surat Tugas yang sudah ditandatangani
  2. Foto kegiatan
  3. Lampiran lain yang dianggap perlu

## LAMPIRAN

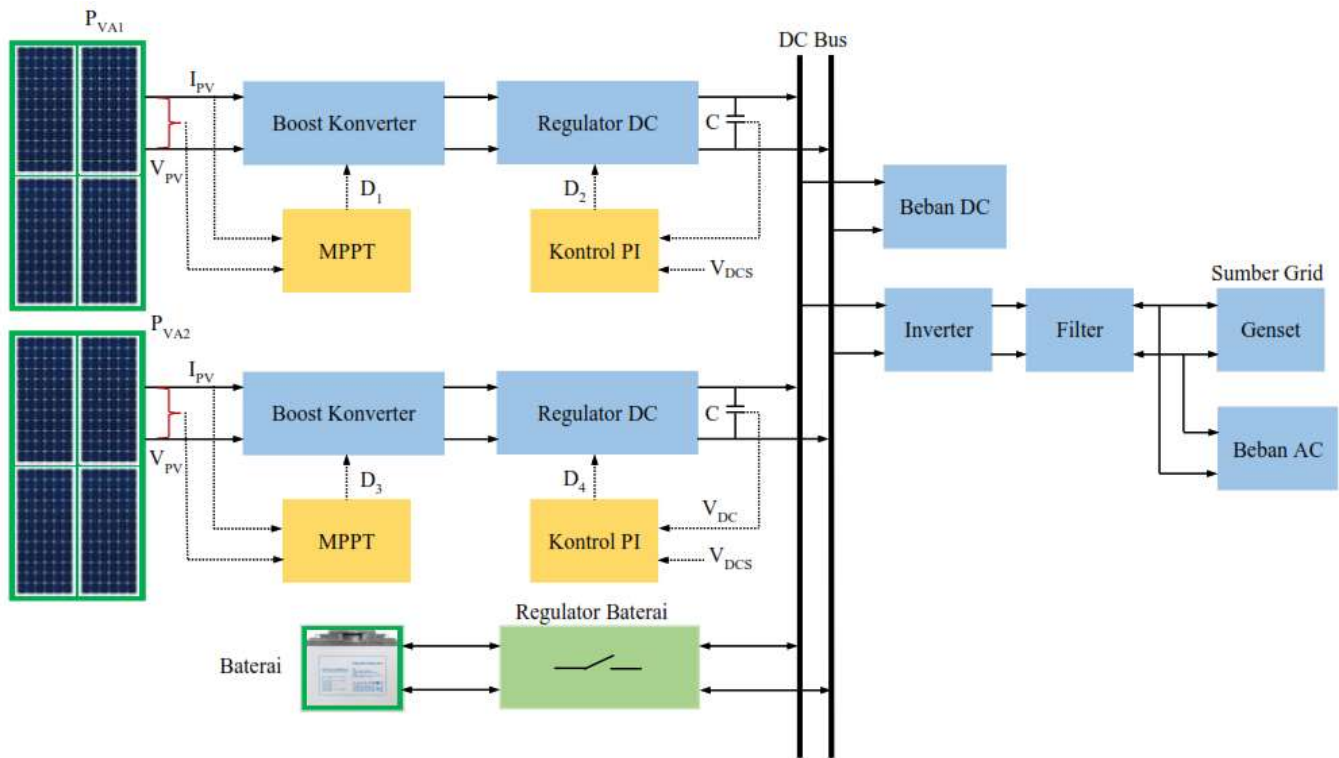




Submit: International Journal of Computer Engineering and Sciences Research



Rancangan/ Model Koordinasi Kontrol MPPT





**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
UNIVERSITAS PGRI SEMARANG**

Jl. Sidodadi Timur No. 24 - Dr. Cipto Semarang, Jawa Tengah - Indonesia  
Telp. (024)8316377, Fax. 8448217, Email: simpelmas@upgris.ac.id, Homepage: simpelmas2.upgris.ac.id

**SURAT TUGAS**

**Nomor: 658/ST/A/LPPM-UPGRIS/X/2021**

Dengan ini Ketua LPPM Universitas PGRI Semarang memberikan tugas kepada:

1. Nama : Dr. Adhi Kusmantoro, S.T., M.T  
NIDN : 0619047301  
Pangkat/Golongan : IIID / Penata Tingkat 1  
Jabatan Fungsional : Lektor  
Fakultas/Prodi : Teknik dan Informatika / Teknik Elektro - S1
2. Nama : Bambang Hadi Kunaryo, S.T., M.T.  
NIDN : 0609067602  
Pangkat/Golongan : IIIA / Penata  
Jabatan Fungsional : Asisten Ahli  
Fakultas/Prodi : Teknik dan Informatika / Teknik Elektro - S1

Untuk melaksanakan kegiatan Penelitian dengan judul:

**PENINGKATAN DAYA PV TERHUBUNG KE GRID DENGAN KOORDINASI KONTROL MPPT**

Waktu : 1 Oktober 2021 s/d 1 April 2022  
Tempat : Semarang

Demikian agar tugas ini dilaksanakan dengan sebaik-baiknya dan setelah selesai harap melaporkan hasilnya.

Telah melaksanakan tugas



**Dr. Slamet Supriyadi**  
NIP/NPP/NIDN.

Semarang, 03 Oktober 2021



Ketua LPPM Universitas PGRI Semarang

**Dr. Senowarsito, M.Pd.**  
NIDN. 0023086101



# LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT UNIVERSITAS PGRI SEMARANG

Jl. Dr. Cipto - Lontar No. 1 Semarang - Indonesia Telp. (024) 8451279, 8451824 Faks. 8451279  
Email : lppm@upgris.ac.id / lppmupgrismg@gmail.com Website : lppm.upgris.ac.id

## SURAT KONTRAK KERJA No: 064/SKK/ LPPM/ REGULER/X/2021

Yang bertanda tangan di bawah ini :

1. **Dr. Senowarsito, M.Pd.** : Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas PGRI Semarang, dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Rektor Universitas PGRI Semarang, selanjutnya disebut sebagai **Pihak I**
2. **Dr. Adhi Kusmantoro, S.T., M.T.** : Ketua Peneliti pada Penelitian Reguler Universitas PGRI Semarang, selanjutnya disebut sebagai **Pihak II**

**Pihak I dan Pihak II** sepakat untuk mengadakan kontrak kerja Penelitian Reguler yang dibiayai dari dana APBU Universitas PGRI Semarang tahun anggaran 2021, dengan judul "Peningkatan Daya PV Terhubung Ke Grid Dengan Koordinasi Kontrol MPPT".

### **HAK DAN KEWAJIBAN** **Hak dan Kewajiban Pihak I** Pasal 1

#### **Hak Pihak I**

Menerima hasil penelitian berupa CD dari **Pihak II** paling lambat tanggal **April 2022**

1. Laporan Penelitian Lengkap
2. Laporan Keuangan Asli, sesuai dengan sistem pelaporan yang berlaku.
3. Luaran Penelitian
4. Poster (dilampirkan dalam Laporan)

#### **Pasal 2**

#### **Kewajiban Pihak I**

1. Mencairkan biaya penelitian **Pihak II** yang bersumber dari APBU Universitas PGRI Semarang.
2. Melakukan money penelitian yang dilakukan **Pihak II**, pada bulan Maret 2021
3. Menyenggarakan seminar hasil penelitian yang dilakukan **Pihak II**.

**Hak dan Kewajiban Pihak II**  
**Pasal 3**

**Hak Pihak II**

1. Mendapatkan biaya penelitian yang dicairkan dari APBU Universitas PGRI Semarang sebesar **Rp 5.000.000,-** melalui 2 (dua) termin. Termin I sebesar 70% dari total biaya yang akan dicairkan setelah memasukkan revisi proposal, instrumen penelitian, dan menandatangani kontrak kerja, kemudian termin II sebesar 30% dari total biaya yang akan dicairkan setelah seluruh kewajiban **Pihak II** diselesaikan.

**Pasal 4**

**Kewajiban Pihak II**

1. Segera melakukan penelitian sesuai dengan proposal yang diajukan, dengan melibatkan mahasiswa.
2. Melaporkan proses/tahapan penelitian kepada Pihak I.
3. Menyampaikan hasil penelitian yang telah dicapai pada "Seminar Hasil Penelitian" yang diselenggarakan oleh LPPM Universitas PGRI Semarang
4. Menyerahkan laporan akhir hasil penelitian sebanyak 1 (Satu) eksemplar (di luar kebutuhan tim peneliti) kepada:
  - a) Perpustakaan Universitas PGRI Semarang.
  - b) Jurusan yang bersangkutan di lingkungan Universitas PGRI Semarang.
5. Menyerahkan Laporan Keuangan sesuai dengan sistem yang berlaku
6. Melaporkan Luaran yang dijanjikan melalui Simpelmas V2

**PENUTUP**  
**Pasal 5**

Pengumpulan laporan akhir paling lambat tanggal **30 April 2022**, keterlambatan pelaporan hasil penelitian akan dijadikan pertimbangan pembiayaan pada pengajuan proposal berikutnya.

Semarang, 04 Oktober 2021

**Pihak II**



**Dr. Adhi Kusmantoro, S.T., M.T.**  
NIDN. 0619047301

**Pihak I**



**Dr. Senowarsito, M.Pd.**  
NIP.196108231987031003