

LAPORAN KERJA PRAKTEK

ANALISIS SISTEM KERJA DAN PERFORMA PV ROOFTOP 10 KWP BERBASIS SMART GRID PADA GEDUNG B2TKE BPPT PUSPIPTEK SERPONG



Oleh :

Weldino Panji Kurniadi

I0717041

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2019**

LAPORAN KERJA PRAKTEK

ANALISIS SISTEM KERJA DAN PERFORMA PV ROOFTOP 10 KWP BERBASIS SMART GRID PADA GEDUNG B2TKE BPPT PUSPIPTEK SERPONG

Diajukan untuk memenuhi persyaratan kelulusan

Mata Kuliah Kerja Praktek



/

Oleh :

Weldino Panji Kurniadi

I0717041

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA**

2020

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS SISTEM KERJA DAN PERFORMA PV ROOFTOP 10 KWP BERBASIS SMART GRID GEDUNG B2TKE BPPT PUSPIPTEK SERPONG

Oleh :

Weldino Panji Kurniadi
10717041

Kepala Bidang Teknologi Kelistrikan



Ir. Riza, M. Eng

Pembimbing Utama



Asih Kurniasari S.T

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS SISTEM KERJA DAN PERFORMA PV ROOFTOP
10 KWP BERBASIS SMART GRID PADA GEDUNG B2TKE
BPPT PUSPIPTEK SERPONG**


Oleh :

Weldino Panji Kurniadi
10717041

Koordinator Kerja Praktek

Pembimbing Kerja Praktek

Jaka Sulistya Budi, S.T.
NIP. 196710191999031001


Meiyanto Eko Sulistyo S.T., M.Eng.
NIP. 197705132009121004

Kepala Program Studi
Teknik Elektro

Feri Adriyanto, Ph.D.
NIP. 196801161999031001

ABSTRAK

ANALISIS SISTEM KERJA DAN PERFORMA PV ROOFTOP 10 KWP BERBASIS SMART GRID GEDUNG B2TKE BPPT PUSPIPTEK SERPONG

Weldino Panji Kurniadi

Sistem PV *rooftop* berkapasitas 10 kWp dengan menggunakan teknologi *smart grid* dipasang di bagian atas Gedung B2TKE BPPT PUSPIPTEK. Dimana Sistem mulai beroperasi pada Desember 2017. PV *rooftop* 10 kWp ini diintegrasikan ke jaringan PLN menggunakan on-grid inverter SMA Sunny Tripower TL10000 dengan kapasitas 10250 W. Sistem ini juga dilengkapi dengan baterai Li-ion 2×5 kWh dengan 3 buah Hybrid Inverter Sunny Island SI3.0M, dan didukung oleh SCADA system dan *Weather Station*. Sistem SCADA menggunakan perangkat lunak Atvise SCADA dengan beberapa fitur, yaitu pemantauan komponen smart microgrid status, rekaman produksi energi sistem PV, integrasi dengan Smart-meter BPPT dan *weather station*. Sistem *weather sistem* merekam beberapa cuaca parameter termasuk kelembaban, suhu udara, modul suhu, radiasi matahari dan kecepatan angin. Sistem PV *rooftop* ini bekerja pada tiga kondisi: kondisi normal, kondisi gangguan jaringan pada siang hari dan gangguan jaringan kondisi di malam hari. Sistem ini juga dilengkapi dengan beban fasilitas penumpahan. Dalam sistem pelepasan beban/ *load shedding system* ini, beban dipasok oleh baterai dapat disesuaikan dalam empat beban kategori berdasarkan kondisi kapasitas baterai. Banyak faktor yang mempengaruhi kinerja dari PV mulai dari pemilihan jenis PV, Pemilihan Inverter, Kelembaban Udara, Temperature Udara, Temperature PV, Radiasi Matahari. Kecepatan angin dan UV indeks. Pada laporan ini akan membahas faktor tersebut terhadap kinerja dari PV dan sistem kerja dari PV *rooftop* 10 kWp berbasis smart grid pada gedung B2TKE BPPT serpong.

Kata Kunci : PV rooftop; smart grid; SCADA system;load shedding;

ABSTRACT

ANALYSIS OF WORKING SYSTEM AND PERFORMANCE OF 10 KWP ROOFTOP PV BASED ON SMART GRID BUILDING B2TKE BPPT PUSPIPTEK SERPONG

Weldino Panji Kurniadi

A 10 kWp roofing PV system using smart grid technology is installed at the top of the BPPT PUSPIPTEK B2TKE Building. Where the system began operating in December 2017. This 10 kWp PV roof is integrated into the PLN network using an on-grid inverter SMA Sunny Tripower TL10000 with a capacity of 10250 W. This system is also equipped with a 2×5 kWh Li-ion battery with 3 Hybrid Inverters Sunny Island SI3.0M, and supported by the SCADA system and Weather Station. The SCADA system uses the SCADA Attribute software with several features, namely a smart microgrid distribution component, a recording of the PV energy system production, integration with a BPPT Smart-meter and a weather station. Weather parameters include weather, air temperature, temperature modules, solar radiation and wind speed. This roof PV system works on three conditions: normal conditions, network disruption conditions during the day and network disruption conditions at night. This system is equipped with shedding facilities. In a load release system, this load system is supplied by batteries which can be adjusted in four categories based on batteries. Many factors affect the performance of PV ranging from choosing the type of PV, Inverter selection, Air Humidity, Air Temperature, PV Temperature, Solar Radiation. Wind speed and UV index. In this report, this factor will discuss the performance of the PV and work systems of the smart grid-based 10 kWp PV roof on the B2TKE BPP Serpong building.

Keywords : PV rooftop; smart grid; SCADA system;load shedding

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT atas segala karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan dan menyelesaikan kerja praktek di Balai Besar Teknologi Konversi Energi BPPT Puspiptek Serpong.

Penulisan laporan kerja praktek ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu terselesaikannya laporan ini, yaitu kepada :

1. Bapak Feri Adriyanto, Ph.D. selaku kepala program studi teknik elektro fakultas teknik Universitas Sebelas Maret
2. Bapak Jaka Sulistya Budi, S.T. selaku koordinator kerja praktek program studi teknik elektro fakultas teknik Universitas Sebelas Maret
3. Bapak Meiyanto Eko Sulistyo S.T., M.Eng. selaku pembimbing kerja praktek
4. Balai Besar Teknologi Konversi Energi BPPT Puspiptek Serpong yang telah memberikan izin untuk pelaksanaan kerja praktek dan pembuatan laporan
5. Bapak Ir. Riza, M. Eng selaku kepala bidang Teknologi Kelistrikan dan Ibu Asih Kurniasari S.T selaku pembimbing lapangan yang telah membantu dalam pelaksanaan kerja praktek dan pembuatan laporan
6. Seluruh karyawan/staf Teknik Kelistrikan B2TKE BPPT yang telah memberikan ilmu dalam pelaksanaan kerja praktek ini
7. Kedua orang tua dan seluruh rekan-rekan yang senantiasa memberikan doa dan motivasi dalam menyelesaikan setiap tugas perkuliahan

Penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk menambah ilmu pengetahuan bagi kita semua. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Tangerang Selatan, 26 Februari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Kerja Praktek.....	2
1.3 Manfaat Kerja Praktek.....	3
1.4 Waktu dan Lokasi Kerja Praktek	3
1.5 Metodologi Penulisan	4
1.6 Sistematika Laporan Kerja Praktek	4
BAB II PROFIL PERUSAHAAN	6
2.1 Gambaran Umum Balai Besar Teknologi Konversi Energi.....	6
2.2 Logo Perusahaan	6
2.3 Visi dan Misi Perusahaan	7
2.3.1 Visi	7
2.3.2 Misi	7
2.4 Tugas dan Fungsi Perusahaan	7
2.5 Sejarah Balai Besar Teknologi Konversi Energi.....	7
2.6 Unit Kerja	11
2.7 Struktur Organisasi Perusahaan	15
BAB III TINJAUAN PUSTAKA	18
3.1 PLTS Rooftop	18
3.1.1 <i>Solar Cell</i>	19
3.1.2 Inverter.....	22
3.1.3 Baterai	24
3.2 Smart Grid	26
BAB IV PEMBAHASAN	34
4.1 Sistem Kerja PV <i>rooftop</i> 10 kWp B2TKE.....	34
4.1.1 Sistem PV <i>rooftop</i> 10 kWp dan on grid inverter	34
4.1.2 Sistem Hybrid Inverter dan Baterai.....	37
4.1.3 Sistem <i>Weather Station</i>	39
4.1.4 Sistem SCADA.....	39
4.1.5 Sistem Smart Grid	40
4.1.6 Sistem <i>Load Shedding</i>	45
4.2 Analisis Performa Pv Rooftop 10 kWp On Smart Grid	46
4.2.1 Produksi Energi Harian PV	47

4.2.2	Pengaruh Radiasi Matahari terhadap Daya Output PV	48
4.2.3	Effisiensi Inverter	51
4.2.4	Pengaruh Temperature Udara Terhadap Performa PV	53
4.2.5	Pengaruh Kelembaban Udara Terhadap Peforma PV	54
4.2.6	Pengaruh Indeks UV terhadap Performa PV	57
4.2.7	Pengaruh Intensitas Curah Hujan Terhadap Performa PV ..	59
4.3	Penambahan Beban Pada Sistem <i>Smart Grid</i>	60
4.4	Pengecekan terhadap sensor suhu pada modul PV	63
4.5	Membuat Monitoring Energy Pada Indusoft Web Studio	66
BAB V PENUTUP		68
5.1	Kesimpulan	68
5.2	Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA		71
LAMPIRAN.....		71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Logo B2TKE BPPT	7
Gambar 2. 2 Gedung B2TKE BPPT Puspiptek Serpong	8
Gambar 2. 3 Bagan Struktur Organisasi B2TKE BPPT	17
Gambar 3. 1 PLTS rooftop.....	19
Gambar 3. 2 Hirarki modul solar cell	20
Gambar 3. 3 Prinsip kerja Panel Surya	21
Gambar 3. 4 Rangkaian Inverter Gelombang penuh	23
Gambar 3. 5 Inverter	24
Gambar 3. 6 Baterai.....	26
Gambar 3. 7 Sistem Alur Smart Grid	27
Gambar 4. 1 PV rooftop 10 kWp B2TKE BPPT	35
Gambar 4. 2 Inverter on-grid SMA Sunny Tripower TL10000	36
Gambar 4. 3 Main Distribution Board.....	37
Gambar 4. 4 Maximum Transmission Unit.....	37
Gambar 4. 5 Hybrid inverter SMA sunny island 3.0 M.....	37
Gambar 4. 6 Li-ion Baterai 2x5 kWh.....	38
Gambar 4. 7 Fuse Box.....	38
Gambar 4. 8 Paraller kit.....	39
Gambar 4. 9 Weather Station	39
Gambar 4. 10 Arsitektur sistem SCADA	40
Gambar 4. 11 Single Line Diagram PV Rooftop.....	41
Gambar 4. 12 Simulasi Kondisi normal ketika baterai kurang dari 100 % .	41
Gambar 4. 13 Simulasi Kondisi normal ketika baterai full	41
Gambar 4. 14 Kondisi grid fault siang hari Hybrid Inverter memutus koneksi PLN.....	42
Gambar 4. 15 Kondisi grid fault siang hari Hybrid Inverter membentuk jaringan ke beban setelah 5 detik	42
Gambar 4. 16 Kondisi grid fault siang hari PV Inverter sinkron dengan jaringan	43
Gambar 4. 17 Kondisi grid fault siang hari Baterai Full	43
Gambar 4. 18 Kondisi grid fault malam hari Hybrid Inverter memutus koneksi PLN.....	44
Gambar 4. 19 Kondisi grid fault malam hari Hybrid Inverter membentuk jaringan ke beban setelah 5 detik	44
Gambar 4. 20 Kondisi grid fault malam hari SoC baterai lebih kecil dari pada setpoint pertama	44
Gambar 4. 21 Kondisi grid fault malam hari SoC baterai trip di batas aman	45
Gambar 4. 22 Tampilan Load Shedding Pada SCADA	45
Gambar 4. 23 Sistem Load Shedding	46

Gambar 4. 24 Grafik Produksi Energi PV per hari	47
Gambar 4. 25 Grafik Total Produksi Energi PV dengan total radiasi matahari.....	48
Gambar 4. 26 Grafik PV Output dan Radiasi Matahari 14 Desember 2019	50
Gambar 4. 27 Grafik PV output dan Kelembaban Udara 1-21 Desember 2019	55
Gambar 4. 28 Grafik PV output dan Kelembaban Udara 14 Desember 2019	56
Gambar 4. 29 Grafik PV out dan UV indeks 2 Desember 2019	58
Gambar 4. 30 Tampilan pada MDB.....	61
Gambar 4. 31 Kontaktor Omron.....	62
Gambar 4. 32 Proses Pemasangan komponen.....	63
Gambar 4. 33 Sensor Suhu pada Modul PV	64
Gambar 4. 34 Box Panel Weather Station	64
Gambar 4. 35 Proses pengecekan Sensor Suhu.....	66
Gambar 4. 36 Drive Sheet InduSoft	67
Gambar 4. 37 Screen Indusoft	67

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Spesifikasi Canadian Solar tipe CS6p-265P	34
Tabel 4. 2 Spesifikasi SMA Sunny Tripower TL10000	35
Tabel 4. 3 Data Harian PV rooftop 10 kWp	46
Tabel 4. 4 Data Daya Output PV dan Radiasi Matahari Tanggal 14 Desember 2019	49
Tabel 4. 5 Efisiensi PV tanggal 1-21 Desember 2019	50
Tabel 4. 6 Efisiensi Inverter	52
Tabel 4. 7 Daya Output PV dan Temperatur Udara Tanggal 14 Desember 2019	53
Tabel 4. 8 PV output dan Kelembaban Udara tanggal 14 Desember 2019	55
Tabel 4. 9 PV output dan Indeks UV tanggal 2 Desember 2019	57
Tabel 4. 10 Data PV dan weather station 2 Desember 2019	59
Tabel 4. 11 Pengukuran Awal tegangan pada Konektor Sensor	65
Tabel 4. 12 Pengukuran Akhir tegangan pada Konektor Sensor	65

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan tenaga listrik di Indonesia dan seluruh dunia setiap tahunnya selalu terjadi peningkatan. Di Indonesia sendiri dalam kurun waktu 17 tahun mulai dari tahun 2003 sampai 2020 total kebutuhan listrik diperkirakan naik sebesar 6,5 % per tahunnya dari 91,72 TWh pada tahun 2002 menjadi 272,34 TWh pada tahun 2020 (Muchlis & Permana, 2003). Kebutuhan tenaga listrik yang terus meningkat menyebabkan perlunya pasokan energi listrik agar terjadinya keseimbangan antara penawaran dan permintaan.

Pengoperasian sistem tenaga listrik yang handal memerlukan keseimbangan antara penawaran dan permintaan. Namun pada kenyataannya keseimbangan antara pasokan dan penawaran sulit untuk didapatkan karena tingkat pasokan listrik yang dihasilkan tidak tetap dan bisa berubah-ubah setiap saat dan begitu juga dengan permintaan terhadap tenaga listrik yang juga bisa berubah secara cepat dan tidak terduga. Perubahan tersebut disebabkan oleh banyak alasan, diantaranya pemadaman paksa, pemadaman pada transmisi dan distribusi kegagalan pembangkit dan perubahan beban secara tiba-tiba (Albadi and Elsaadany, 2008). Ada beberapa hal yang dapat dilakukan untuk meningkatkan keandalan dari sistem tenaga listrik, salah satunya dimungkinkannya konsumen untuk melakukan partisipasi aktif baik secara langsung maupun tidak langsung dan bertindak sebagai sumber penghasil tenaga listrik. Partisipasi aktif dari konsumen dapat dicapai melalui program pengelolaan sistem permintaan yang tepat (*demand side management* / DSM). Salah satu mekanisme dalam pengelolaan sisi permintaan dan memungkinkan keberlangsungan aktivitas jaringan cerdas atau biasa dikenal dengan istilah *smart grid*, dapat dilakukan melalui pengelolaan secara respon permintaan (*Demand Response*/ DR) (Shariatzadeh, F., et al., 2015). Salah satu bentuk dari respon permintaan/ DR yang paling nyata adalah *load*

shedding. *Load shedding* adalah Suatu bentuk tindakan pelepasan beban yang terjadi secara otomatis ataupun manual untuk pengamanan operasi dari Unit-unit pembangkit dari kemungkinan terjadinya padam total (Black out).

Balai Besar Teknologi Konversi Energi pada tahun 2017 telah menginstal sistem PV *rooftop* dengan menggunakan baterai berkapasitas 10 kWh. Energi matahari sangat potensial dikembangkan karena dalam kondisi puncak atau posisi matahari tegak lurus, sinar matahari yang jatuh di permukaan panel surya di Indonesia seluas satu meter persegi akan mampu mencapai 900 hingga 1000 Watt. Total intensitas penyinaran per hari di Indonesia mampu mencapai 4500 Wh/m² sehingga Indonesia termasuk daerah yang kaya akan energi matahari (Yuliarto, 2008). Sistem PV *rooftop* tersebut dilengkapi dengan sistem SCADA dan memiliki fasilitas *load shedding* yang dirancang mengarah pada implementasi dari respon permintaan/ DR. Energi dari PV *rooftop* akan disalurkan ke jaringan sehingga memungkinkan adanya transfer energi listrik dua arah.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya keluaran dari PV *rooftop* diantaranya adalah solar radiasi, kecepatan angin, UV indeks, Intensitas curah hujan, kelembaban, temperature udara dan temperature modul (Suryana, 2016). Semua data parameter tersebut akan diambil oleh sistem *weather station* yang dipasang di atas gedung yang dilengkapi dengan Modbus Ethernet sehingga bisa terintegrasi dengan sistem SCADA. Selain itu inverter yang digunakan juga dapat mempengaruhi keluaran daya yang dihasilkan oleh PV. Setiap inverter memiliki efisiensi yang berbeda-beda. Laporan ini akan membahas kinerja/ performa dari sistem PV *rooftop* 10 kWp dan pengaruh faktor-faktor diatas terhadap performa dari PV *rooftop* tersebut.

1.2 Tujuan Kerja Praktek

Kerja praktek ini bertujuan untuk :

1. Diharapkan dapat memberikan wawasan dan pengetahuan mengenai situasi, kondisi kerja dan permasalahan yang terdapat pada perusahaan dengan segala aspeknya. Serta mampu secara optimal untuk menyampaikan aspek bahasan dalam bentuk lisan dan tulisan.

2. Diharapkan mahasiswa dapat mengevaluasi dan meningkatkan kemampuan praktisnya sehingga bisa diterapkan saat memasuki dunia kerja dan menjadi SDM yang handal.
3. Penyusunan laporan kerja praktek ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh cuaca terhadap performa dari sistem PV *rooftop* 10 kWp berbasis *Smart Grid* pada Gedung Balai Besar Teknologi Konversi Energi BPPT Puspiptek Serpong.

1.3 Manfaat Kerja Praktek

Adapun manfaat kerja praktek ini adalah :

1. Bagi mahasiswa
 - a. Untuk menambah wawasan yang lebih dalam dari dunia kerja yang akan dihadapi suatu saat nanti
 - b. Untuk memperoleh kesempatan memperdalam ilmu maupun memahami profesi tentang teknik untuk menangani masalah yang ada
 - c. Untuk melatih mahasiswa dalam menerapkan ilmu yang telah didapatkan di bangku kuliah sesuai dengan kondisi yang ada di lapangan
2. Bagi institusi/universitas
 - a. Sebagai bahan evaluasi dalam meningkatkan mutu mahasiswa yang akan datang
 - b. Membina hubungan yang baik antara universitas dengan industri/perusahaan
 - c. Untuk menyiapkan lulusan yang baik dan siap kerja
3. Bagi industri atau perusahaan
 - a. Membina hubungan yang baik dengan pihak institusi/universitas dan mahasiswa
 - b. Untuk merealisasikan partisipasi dunia usaha terhadap dunia perkuliahan

1.4 Waktu dan Lokasi Kerja Praktek

Kerja Praktek dilaksanakan dari tanggal 20 Januari 2019 sampai dengan 29 Februari 2019 mengambil lokasi di Balai Besar Teknologi Konversi Energi BPPT, Kawasan Puspiptek, Serpong, Kota Tangerang Selatan.

1.5 Metodologi Penulisan

Dalam mendapatkan data guna penyusunan laporan kerja praktek di Balai Besar Teknologi Konversi Energi BPPT Puspiptek Serpong, penulis menggunakan metode penulisan sebagai berikut:

1. Pengamatan di lapangan

Pengamatan dimaksudkan untuk memperoleh gambaran sistem kerja secara langsung PV *rooftop* 10 kWp pada Balai Besar Teknologi Konversi Energi BPPT dengan:

2. Pengamatan pada Web SCADA B2TKE

Pengamatan dimaksudkan untuk memperoleh data-data yang diperlukan dalam menganalisis performa dari PLTS.

3. Wawancara

Penulis mendapatkan data yang diperlukan dengan melakukan wawancara langsung dengan narasumber dalam hal ini karyawan perusahaan yang memberikan penjelasan dan data yang berhubungan dengan objek penulisan dalam laporan ini.

4. Penelitian kepustakaan

Penelitian kepustakaan ini merupakan penelitian untuk landasan teori dari laporan ini dengan jalan membaca berbagai macam literatur baik yang bersumber dari buku-buku ilmiah milik pribadi maupun yang bersumber dari arsip kepustakaan milik perusahaan.

1.6 Sistematika Laporan Kerja Praktek

Laporan KP ini memiliki sistematika sebagai berikut:

Bab I : Pendahuluan

Pada bab ini memuat latar belakang kerja praktek, lokasi dan waktu kerja praktek, tujuan kerja praktek, metodologi penulisan serta sistematika laporan KP.

Bab II : Profil Perusahaan

Pada bab ini memuat gambaran umum perusahaan, logo perusahaan, visi dan misi, tujuan, serta sejarah Balai Besar Teknologi Konversi Energi BPPT.

Bab III : Tinjauan Umum sistem PV *rooftop* 10 kWp Smart Grid

Pada bab ini berisikan dasar-dasar teori yang didasarkan dari hasil studi literatur yang berhubungan dengan topik kerja praktek. Teori-teori yang disajikan berupa pengertian. Teori-teori tersebut diambil dari berbagai sumber seperti buku, survei lapangan dan dari internet. Bahan-bahan tersebut akan digabung menjadi sebuah tulisan yang menjadi dasar teori dari topik kerja praktek.

Bab IV : Pembahasan

Pada bab ini akan diuraikan pembahasan tentang sistem PV *rooftop* 10 kWp berbasis *Smart Grid* pada Gedung Balai Besar Teknologi Konversi Energi BPPT Puspiptek Serpong.

Bab V : Penutup

Pada bab ini berisikan tentang intisari ataupun kesimpulan yang didapatkan dalam proses penyusunan laporan kerja praktek dan hasil yang didapatkan. Bab ini akan menguraikan secara singkat hal-hal yang penting tentang hasil yang diperoleh.

BAB II

PROFIL PERUSAHAAN

2.1 Gambaran Umum Balai Besar Teknologi Konversi Energi

Balai Besar Teknologi Konversi Energi (B2TKE) merupakan salah satu unit kerja BPPT yang berada di bawah koordinasi Kedeputan Bidang Teknologi Informasi, Energi dan Material (TIEM). Sejumlah tugas dan fungsi yang diemban unit kerja ini, di antaranya adalah memberikan pelayanan teknologi di bidang kelistrikan dan konversi energi, serta melaksanakan koordinasi, penyusunan program dan kerja sama teknologi kelistrikan dan konversi energi. Fungsi lain yang tidak kalah pentingnya ialah melaksanakan pengujian, penerapan, dan penyebarluasan teknologi kelistrikan dan konversi energi.

Layanan jasa pengujian yang diberikan oleh B2TKE di antaranya adalah pengujian komponen dan sistem fotovoltaiik, meliputi modul surya, baterai, lampu DC, battery charge regulator (BCR), inverter serta perangkat solar home system. Layanan jasa pengujian juga dilaksanakan untuk uji emisi gas dan partikulat, uji lampu swaballast dan LED, uji piranti pendingin ruangan (air conditioner) serta uji pemanas air tenaga surya.

Sementara layanan jasa konsultasi juga mampu diberikan B2TKE untuk audit sistem kelistrikan, audit energi serta studi kelayakan pembangkit listrik, baik yang bersumber dari energi baru dan terbarukan maupun energi fosil.. B2TKE juga mendukung penguatan posisi Indonesia sebagai lumbung energi, dengan posisi strategis Indonesia yang berada di khatulistiwa dan di area cincin api (ring of fire).

2.2 Logo Perusahaan



Gambar 2. 1 Logo B2TKE BPPT

(Sumber : b2tke.bppt.go.id)

2.3 Visi dan Misi Perusahaan

2.3.1 Visi

Menjadi pusat unggulan inovasi serta layanan teknologi kelistrikan dan konversi energi dengan mengutamakan kemitraan yang berkualitas.

2.3.2 Misi

Mensinergikan dan memanfaatkan hasil pengkajian dan penerapan teknologi di bidang teknologi kelistrikan dan konversi energi untuk :

- a. Memberikan pelayanan publik yang berkualitas.
- b. Meningkatkan daya saing industri nasional.
- c. Meningkatkan kemandirian bangsa.

2.4 Tugas dan Fungsi Perusahaan

B2TKE mempunyai tugas melaksanakan kegiatan pelayanan teknologi konversi energi. Dalam melaksanakan tugas sebagaimana dimaksud, B2TKE menyelenggarakan fungsi:

1. Melakukan pelayanan teknologi di bidang kelistrikan dan konversi energi;
2. Melaksanakan koordinasi dan penyusunan program dan kerjasama teknologi kelistrikan dan konversi energi;
3. Melaksanakan pengujian, penerapan, dan penyebarluasan teknologi kelistrikan dan konversi energi; dan
4. Melaksanakan urusan ketatausahaan, perencanaan, keuangan, sumber daya manusia, rumah tangga, dan pelaporannya serta pengelolaan Techno Park dibidang energi.

2.5 Sejarah Balai Besar Teknologi Konversi Energi



Gambar 2. 2 Gedung B2TKE BPPT Puspipstek Serpong

(Sumber : b2tke.bppt.go.id)

Perjalanan B2TKE dimulai pada tahun 1979. Pada saat itu Direktorat Pengembangan Teknologi - suatu satuan kerja eselon 2 di lingkungan BPP Teknologi (singkatan resmi BPPT pada saat itu), dengan Ir. Harsono Djuned Puspongoro sebagai direktur – melakukan rintisan kegiatan yang berkaitan dengan rencana pembentukan Unit Pelaksana Teknis - Laboratorium Sumber Daya Energi (UPT-LSDE). Kegiatan tersebut dilakukan oleh Tim Pengembangan Laboratorium Sumber Daya Energi di bawah kepemimpinan Dr. Sudjana Sapii. Pada tahun tersebut di atas telah dimulai kegiatan penelitian dan pengembangan teknologi konversi energi di lingkungan BPP Teknologi, terutama di bidang energi terbarukan, antara lain energi surya dan limbah biomassa (kayu dan sekam padi). Kegiatan ini dilaksanakan bekerja sama dengan Pemerintah Republik Federal Jerman (RFJ) melalui Kantor Menteri Riset dan Teknologi (Bundesministerium für Forschung und Technologie/BMFT). Selanjutnya pada tahun 1980 dimulai penelitian teknologi fotovoltaik, tenaga panas surya, fermentasi, serta gasifikasi kayu dan sekam padi.

Kemudian, pada tanggal 2 Agustus 1982 ditandatangani suatu persetujuan bantuan dari Pemerintah Amerika Serikat dalam bentuk pinjaman lunak (soft loan) dan hibah (grant). Bantuan ini dimaksudkan untuk mendirikan UPT-LSDE sebagai institusi dan laboratorium yang bergerak di bidang teknologi

energi di lingkungan BPP Teknologi, lengkap dengan organisasi, program pengembangan teknologi dan sumberdaya manusia, serta pengadaan perangkat keras untuk penelitian (pembakaran batubara).

Pada tahun yang sama terjadi reorganisasi pada BPP Teknologi. Perubahan organisasi berdasarkan Keputusan Presiden Republik Indonesia (Keppres) Nomor 31 Tahun 1982, tanggal 28 Agustus 1982, antara lain Direktorat Pengembangan Teknologi ditingkatkan menjadi satuan kerja eselon 1 dengan nama Deputi Ketua BPP Teknologi Bidang Pengembangan Teknologi. Satuan kerja eselon 2 di bawahnya antara lain Direktorat Teknologi Konversi dan Konservasi Energi dengan sebutan singkat Dit. PT-KKE dipimpin oleh Dr. L.M. Panggabean sebagai direktur.

Pada tahun 1984, sehubungan dengan tugas baru yang diemban Dr. Sudjana Sapii, maka pimpinan Tim Pengembangan Laboratorium Sumber Daya Energi diserahkan kepada Dr. L.M. Panggabean yang kemudian menyelesaikannya. Pada tanggal 24 Februari 1987 proyek LSDE secara resmi dinyatakan menjadi UPT-LSDE – sebuah satuan kerja eselon 2 - berdasarkan Surat Keputusan (SK) Menteri Negara Riset dan Teknologi (Menristek)/Ketua BPP Teknologi No.SK/046/KA/BPPT/ II/1987. Dr. L.M Panggabean menjabat sebagai Kepala UPT-LSDE merangkap sebagai Direktur PT-KKE.

Pengembangan menuju sebuah institusi UPT-LSDE dilaksanakan dengan bantuan Konsultan Battelle Memorial Institute dari Columbus, Ohio, Amerika Serikat, yakni dalam hal pembuatan Master Plan yang memuat struktur organisasi, pengembangan personalia, pengembangan teknologi, dan sarana penelitian.

Pembangunan sarana penelitian dilakukan bekerjasama dengan berbagai institusi. Dengan TÜV (Technischer Überwachungsvereine, Rheinland, Jerman) di bidang fotovoltaiik, panas surya, gasifikasi biomassa, dan stasiun cuaca. Dengan NEDO (New Energy and Industrial Technology Development, Jepang) di bidang fotovoltaiik. Dengan British Petroleum (BP) Solar di bidang fotovoltaiik. Dengan R & S (Renewable Energy System) Eindhoven (Belanda) di bidang fotovoltaiik. Kerjasama dengan USAID (United States Agency for International Development, Amerika Serikat) melalui Battelle Memorial

Institute, Olympic Associates, Combustion Engineering International, IDEA, PT Rabana, dan PT Wifgasindo Instrument Engineering dilakukan di bidang teknologi gasifikasi unggun terfluidakan, teknologi pembuatan etanol dari sagu, teknologi pembakaran batubara, dan perlengkapan laboratorium kimia analitik.

Dengan GTZ (Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, Jerman), kerjasama dilakukan di bidang fotovoltaiik, khususnya dalam rangka pengkajian tekno-ekonomi dan pemasyarakatan sistem pompa air fotovoltaiik di tempat terpencil. Sedangkan di bidang konservasi energi, kerjasama dilakukan dengan Masyarakat Eropa.

Pengembangan sarana fisik dilaksanakan oleh PUSPIPTEK (Pusat Penelitian Ilmu Pengetahuan dan Teknologi) yang meliputi gedung perkantoran, ruang laboratorium, bangunan bubung tinggi (high bay) untuk penelitian karakteristik batubara, serta lapangan terbuka untuk penelitian dan pengujian sistem-sistem fotovoltaiik dan tenaga panas surya.

Fasilitas penelitian dan pengujian UPT-LSDE semakin lengkap, meliputi pengujian kualitas daya listrik, audit dan konsultasi konservasi energi, kinerja peralatan pengkonversi energi, sistem fotovoltaiik, pompa air tenaga surya (solar thermal pump/STP), pengering tenaga surya, kolektor panas surya (solar collector), pembakaran batubara, gasifikasi biomassa, dan analisa kimia batubara. Di samping itu, terdapat pula fasilitas penunjang, misalnya jaringan komputer lokal (local area network/LAN), perpustakaan, dan bengkel.

Pada tanggal 21 April 2004 kembali dilakukan reorganisasi di lingkungan BPPT (sejak tahun 1998 singkatan resmi BPP Teknologi diubah menjadi BPPT yang dipimpin oleh seorang kepala bukan lagi ketua) dan UPT-LSDE berganti nama menjadi Balai Besar Teknologi Energi disingkat B2TE berdasarkan SK Kepala BPPT Nomor 047/Kp/KA/IV/2004. B2TE mempunyai tugas melaksanakan pengkajian, pengujian, pengembangan, penerapan dan penyebarluasan teknologi energi yang efisien, handal, dan berwawasan lingkungan.

Setelah 11 tahun lebih B2TE melaksanakan tugas dan fungsinya, pada menjelang penghujung tahun 2015 BPPT kembali melakukan reorganisasi

terhadap beberapa satuan kerjanya, termasuk B2TE. Terhitung mulai tanggal 09 November 2015 B2TE resmi berganti nama menjadi B2TKE atau Balai Besar Teknologi Konversi Energi berdasarkan Peraturan Kepala BPPT Nomor 012 Tahun 2015, yang ditetapkan pada tanggal 19 Oktober 2015 dan diundangkan pada tanggal 09 November 2015.

2.6 Unit Kerja

a. Smart Grid

PT PLN (Persero) bekerja sama dengan kementerian ESDM, BPPT, dan instansi lainnya telah membangun beberapa PLTS di wilayah pedesaan. Beberapa diantaranya adalah PLTS desa Enem Papua dengan kapasitas sebesar 100kWp (2018), PLTS Kayubihi di desa Bangli Bali sebesar 1MWp (2018), dan PLTS Oelpuah di Kupang NTT sebesar 5MW (2015). Dibangun oleh BPPT, PLTS Bilacenge yang terletak di desa Bilacenge, Kecamatan Kodi Utara, Kabupaten Sumba Barat Daya, Nusa Tenggara Timur (NTT) menjadi pembangkit energi matahari terancang pertama di Indonesia, terintegrasi dengan baterai dan sistem komunikasi dan kontrol menjadi sistem smart micro grid. Pembangunan PLTS Bilacenge merupakan langkah awal dari upaya untuk mengadopsi dan menguasai teknologi smart grid di Indonesia. Perencanaan dan pembangunan pilot proyek ini telah dimulai sejak tahun 2011, yang berkorelasi dengan program PLN yang menjadikan Sumba sebagai pulau ikonik energi terbarukan (*iconic island of renewable energy*) sejak 2009.

Pada tahap awal pembangunan, PLTS Bilacenge memiliki kapasitas PV 500kWp, sistem penyimpanan energi VRB (Vanadium Redox Battery) 500 kWh, dan sub sistem smart genset kapasitas 2x135kVA, yang terhubung dan terkontrol dalam sistem komunikasi dan SCADA. Besarnya daya yang telah disuplai dari PLTS ke grid serta daya yang dikonsumsi dari grid oleh plant dapat dimonitor dengan kWh meter ekspor-impor (exim) yang dipasang pada akhir tahun 2014.

Sampai dengan tahun 2017, sistem PLTS Bilacenge telah beberapa kali dilakukan *maintenance* berupa pencucian modul, perbaikan re-wiring, dan penggantian komponen. BPPT bersama dengan Kyudenko Jepang telah

meng-*upgrade* sistem PLTS Bilacenge dengan menambahkan baterai bank berupa lead-acid berkapasitas 200 kWh dan *power conditioning unit* (PCU) beserta sistem kontrol dan monitoring *real-time* berupa *energy monitoring system* (EMS) sehingga dapat dimonitor dari Jakarta dan Jepang.

Skema daya dari PV yang masuk ke jaringan PLN pun telah diubah, yaitu stabil di 200kW selama 5 jam, sehingga total daya perhari yang dibangkitkan PLTS Bilacenge ke jaringan 20kV sudah mencapai 1 MW. Daya ini diperoleh dari output dua grup PV dengan kapasitas masing-masing grup sebesar 2x100 kW dan baterai sebagai kompensator yang mendapatkan daya input dari satu grup modul PV 100kW lainnya. Arus yang dihasilkan oleh masing-masing grup PV distabilkan untuk menghasilkan arus DC sebesar 380V dengan menggunakan PV converter 25kW. Arus yang akan masuk ke baterai atau inverter dikontrol oleh SPM. Kelebihan daya dari masing-masing grup PV akan otomatis disimpan dalam baterai. Skema seperti ini masih berlangsung sampai sekarang dengan total daya yang telah dihasilkan mencapai 1GW dan tidak mempengaruhi kestabilan jaringan.

Teknologi Smart Grid pertama di Indonesia saat ini digunakan sebagai upaya mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil (BBM) terutama pada daerah remote seperti di Pulau Sumba. Upaya peningkatan kapasitas pembangkit energi terbarukan ke dalam jaringan sistem kelistrikan terus dilakukan, namun perlu penanganan khusus karena karakteristik pembangkit tergantung pada kondisi alam.

Pertumbuhan ekonomi Indonesia yang pesat membutuhkan daya listrik lebih besar selama beberapa tahun ke depan guna mempertahankan laju pertumbuhannya. Banyak pulau di Indonesia diberkati dengan sumber daya energi terbarukan yang melimpah. Sumber energi terbarukan yang cukup, biaya bahan bakar minyak yang tinggi serta kekurangan energi menjadikan Indonesia sebagai tempat yang ideal untuk instalasi pembangkit terdistribusi dan jaringan kelistrikan skala kecil (*micro-grid*) dari sumber energi terbarukan. Namun mengintegrasikan sumber daya

energi terbarukan ke dalam jaringan distribusi baik skala utility maupun micro-grid menghadapi beberapa tantangan seperti investasi awal yang besar, intermittency, masalah stabilitas, dan biaya tambahan dari proses integrasi dengan generator konvensional. Oleh karena itu diperlukan penerapan jaringan listrik cerdas (smart grid), yaitu jaringan kelistrikan yang menggunakan teknologi ICT (Information and Control Technology) terbaru sehingga mampu mengoptimalkan pemanfaatan pembangkit EBT pada jaringan kelistrikan yang ada.

b. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi

Dalam rangka mendukung program prioritas nasional dalam bidang kelistrikan, BPPT menyiapkan inovasi teknologi rancang bangun Pembangkit Listrik Panas Bumi (PLTP) skala kecil. dalam skala nasional hasil inovasi teknologi PLTP ini dapat mengganti hingga total 300 Mega Watt (MW) PLTD, utamanya PLTD yang terletak di beberapa propinsi di bagian Indonesia Timur. Inovasi ini dikembangkan dengan menggunakan konsep teknologi Condensing Turbine dan Binary Cycle dengan memanfaatkan komponen dalam negeri secara maksimal. Dengan adanya inovasi ini, bahan bakar minyak (BBM) yang biasa dipakai dalam PLTD pun akan mampu dihemat. Bahkan potensi penghematannya bisa mencapai Rp 1 triliun per tahun, sesuai dengan nilai yang dikeluarkan pemerintah untuk membeli BBM bagi PLTD.

Saat ini BPPT telah berhasil membangun pilot plant PLTP kapasitas 3 MW tipe Condensing Turbine di lapangan panasbumi Kamojang, Garut, dan PLTP 50 Kilo Watt (KW) tipe Binary Cycle di lapangan Lahendong, Sulawesi Utara, yang berfungsi sebagai percobaan dan percontohan PLTP Skala Kecil.

c. Baron Techno Park

Pantai Baron, merupakan salah satu obyek wisata pantai andalan Kabupaten Gunungkidul. Daerah Parangracuk, yang terletak di sebelah barat dan berdampingan dengan pantai Baron, mempunyai potensi sumber daya Energi Baru Terbarukan (EBT) seperti gelombang laut, matahari, angin dan biomasa yang cukup besar. Dengan potensi sumber daya dan

daya tarik wisata yang dimiliki, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) menjadikan kawasan tersebut sebagai model pengembangan EBT dan sarana wisata edukasi yang diberi nama “Baron Techno Park”.

Baron Techno Park dibangun untuk mendukung Kebijakan Energi Nasional yang menargetkan pemanfaatan 23% EBT untuk kelistrikan pada tahun 2025. BPPT melalui Balai Besar Teknologi Konversi Energi (B2TKE), satuan kerja di bawah koordinasi Kedeputian Teknologi Informasi, Energi dan Material (TIEM) telah mengambil langkah awal melakukan diseminasi dan pelatihan pemanfaatan teknologi kelistrikan berbasis EBT di Baron Techno Park. Hingga akhir tahun 2016, tercatat lebih dari 4.000 pengunjung telah melakukan kunjungan dan memanfaatkan fungsi kawasan Baron Techno Park. Tingginya animo masyarakat terhadap kawasan wisata edukasi Baron Techno Park ini menginisiasi pelaksanaan kegiatan diseminasi intensif yang dikemas dalam agenda Baron Festival.

d. Lab Inovasi

Balai Besar Teknologi Konversi Energi mempunyai beberapa laboratorium dan pilot plant untuk inovasi ataupun pengkajian.

1. Teknologi Kelistrikan

Bidang Teknologi Kelistrikan mempunyai tugas melaksanakan pengujian, penerapan dan difusi, serta koordinasi kegiatan bidang energi kelistrikan.

Beberapa laboratorium pada Bidang Teknologi Kelistrikan yaitu: Laboratorium Optimasi Sistem Pembangkit Energi Terbarukan, Laboratorium Elektronika Daya (Power Electronics), Laboratorium Sistem Ketenagalistrikan (Power System), Laboratorium Mikroelektronika untuk Sistem Kelistrikan, Laboratorium SCADA untuk Smart Grid, Laboratorium Kualitas Daya (Power Quality), dan Laboratorium Tegangan Tinggi Arus Searah.

2. Konversi Energi

Bidang Konversi Energi mempunyai tugas melaksanakan penerapan, pengujian, difusi, dan koordinasikegiatan di bidang konversi energi.

Beberapa pilot plant dan laboratorium pada Bidang Konversi Energi yaitu: Pilot Plant PLTP Condensing System, Pilot Plant PLTP Binary Cycle, Laboratorium Desain dan Optimasi Energi, dan Laboratorium Penelitian Fuel Cell.

2.7 Struktur Organisasi Perusahaan

Manajemen B2TKE terdiri atas Pejabat Struktural mulai dari Eselon II sampai Eselon IV dan kelompok jabatan fungsional sesuai Perka BPPT No 012 Tahun 2015. B2TKE dipimpin oleh Kepala. Selain itu dibentuk juga Manajemen Mutu yang berfungsi untuk melakukan peningkatan dan pengendalian mutu kegiatan di B2TKE dan bertanggung jawab langsung kepada Kepala B2TKE. Susunan organisasi dari B2TKE terdiri dari, Bagian Umum, Bidang Layanan Jasa Teknologi, Bidang Teknologi Kelistrikan, dan Bidang Konversi Energi.

a. Bagian Umum

Bagian Umum mempunyai tugas melaksanakan urusan ketatausahaan, perencanaan, keuangan, sumber daya manusai, rumah tangga, dan pelaporannya. Dalam menjalankan tugasnya, Bagian Umum mempunyai fungsi sebagai berikut:

1. Pelaksanaan urusan tata usaha, sumber daya manusai, rumah tanggaa dan kelengkapan.
2. Pelaksanaan urusan program, perencanaan, dan administrasi keuangan, serta pelaporannya.

Bagian Umum terdiri dari:

1. Subbagian Tata Usaha, Sumber Daya Manusia, dan Rumah Tangga

Mempunyai tugas melakukan urusan surat menyurat, kearsipan, pengadaan, perjalanan dinas, pengembangan pegawai, mutasi, tata usaha kepegawaian, kesejahteraan pegawai, dokumentasi dan urusan protokol, melakukan urusan administrasi perlengkapan, pengelolaan

kendaraan, pemeliharaan sarana dan prasarana, keamanan dan keselamatan kerja.

2. Subbagian Program dan Keuangan.

Mempunyai tugas koordinasi perencanaanm penyusunan program, pengolahan dan penyajian data, monitoring, evaluasi dan pelaporan program penganggaran, perbendaharaan, verifikasi dan pelaporan keuangan.

b. Bidang Layanan Jasa Teknologi

Bidang Layanan Jasa Teknologi mempunyai tugas melaksanakan pelayanan teknologi di bidang kelistrikan dan konversi energi. Dalam menjalankan tugasnya, Bidang Layanan Jasa Teknologi menyelenggarakan fungsi sebagai berikut :

1. Pelaksanaan urusan pelayanan jasa teknologi.
2. Pelaksanaan pengelolaan *Techno Park* di bidang energi.

Bidang Layanan Jasa Teknologi terdiri atas:

1. Subbidang Layanan Jasa

Mempunyai tugas melakukan urusan pelayanan jasa teknologi dan kerjasama di bidang teknologi konversi energi, pemasaran, pengembangan usaham urusan legan dan kehumasan, dokumentasi ilmiah, serta pengembangan sistem informasi.

2. Subbidang Pengelolaan *Techno Park* Energi

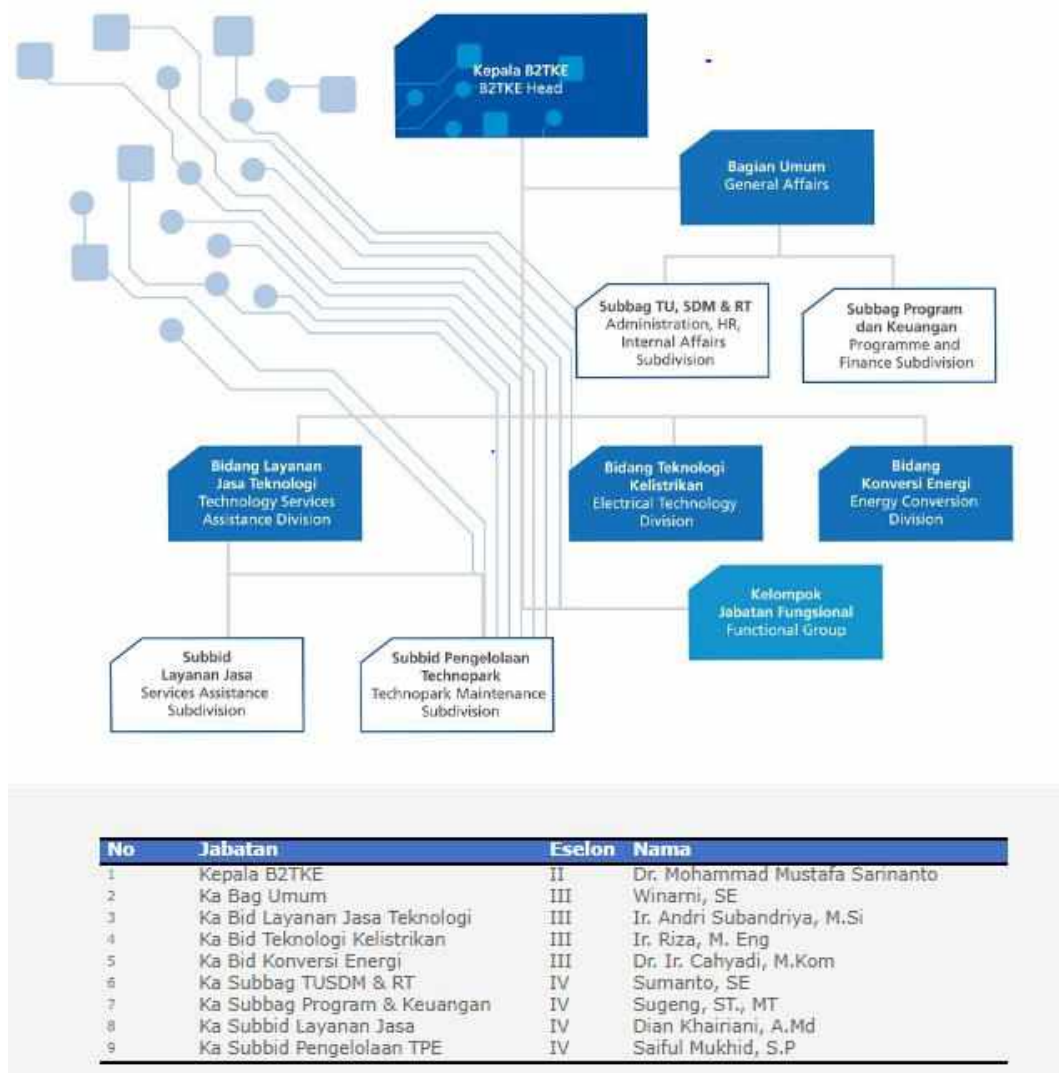
Mempunyai tugas melakukan urusan pengelolaan dan pemelihaaraan sarana dan prasarana kawasan *Techno Park* di bidang Energi.

c. Bidang Teknologi Kelistrikan

Bidang Kelistrikan mempunyai tugas melaksanakan pengujian, penerapan, dan difusi, serta koordinasi kegiatan bidang energi kelistrikan.

d. Bidang Konversi Energi

Bidang Konversi Energi mempunyai tugas melaksanakan penerapan, pengujian, difusi, dan koordinasi kegiatan di bidang konversi energi.



Gambar 2. 3 Bagan Struktur Organisasi B2TKE BPPT

(Sumber : b2tke.bppt.go.id)

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 PLTS Rooftop

Kebutuhan energi listrik di dunia setiap tahunnya terus meningkat. Begitu juga dengan Indonesia, selama kurun waktu 17 tahun dari tahun 2003 sampai dengan 2020 diperkirakan total kebutuhan listrik Indonesia akan meningkat sebesar 6.5% pertahunnya dari 91.72 TWh pada tahun 2002 diperkirakan akan menjadi 272.34 TWh pada tahun 2020 (Muchlis & Permana, 2003). Beberapa tahun terakhir sudah banyak pihak yang melakukan inovasi-inovasi untuk memenuhi kebutuhan listrik mereka dengan memanfaatkan energi terbarukan. Energi terbarukan dipilih sebagai alternative apabila suatu saat batubara dan minyak bumi persediaannya sudah tidak mencukupi. Salah satu energi terbarukan yang banyak dikembangkan adalah energi matahari.

Energi yang dihasilkan matahari terbagi menjadi dua bentuk yaitu energi panas dan energi cahaya, dimana keduanya dipergunakan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan hidup mereka. Energi cahaya atau radiasi yang dipancarkan oleh matahari ke bumi bergantung pada jarak antara matahari dan bumi yang dalam satu tahun berjarak antara 1.47×10^8 Km – 1.57×10^8 Km. Akibatnya radiasi matahari berfluktuasi antara 1325 W/m^2 dan 1412 W/m^2 . Nilai radiasi matahari tersebut ketika sampai bumi akan berkurang karena atmosfer bumi. Atmosfer bumi mengurangi insolasi melalui refleksi, penyerapan oleh ozon, uap air, oksigen dan karbon dioksida serta penyebaran yang disebabkan oleh molekul udara, partikel debu dan polusi. Ketika cuaca cerah pada siang hari, radiasi matahari bisa mencapai 1000 W/m^2 di permukaan bumi (Goswami, 2015).

Salah satu pengembangan pemanfaatan energi matahari adalah PLTS rooftop. PLTS rooftop adalah sebuah pembangkit listrik tenaga surya yang dipasang di atas atap rumah yang dimaksud untuk menghasilkan energi listrik guna untuk mereduksi penggunaan listrik dari PLN.

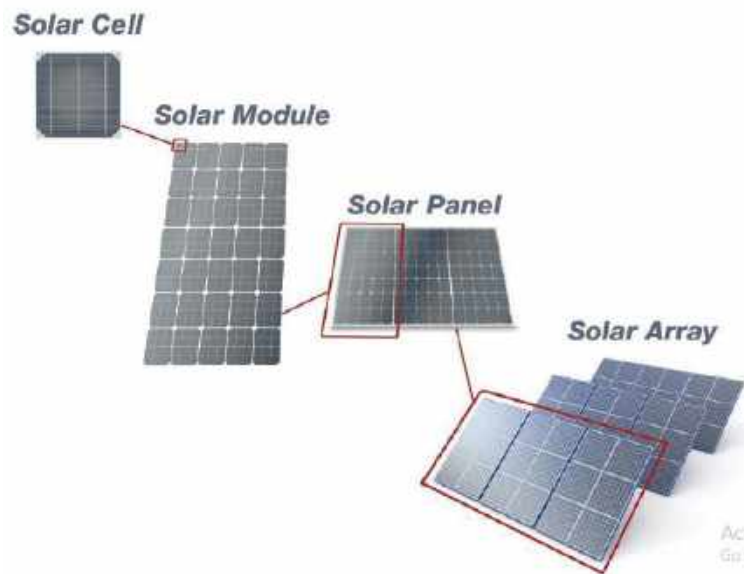


Gambar 3. 1 PLTS rooftop (Sumber : Sharma and Goei, 2017)

Berikut adalah beberapa komponen penting yang digunakan pada PLTS rooftop.

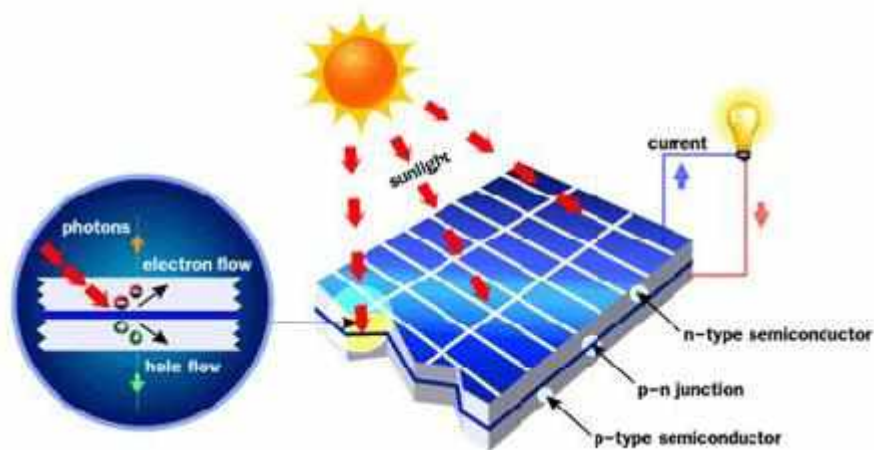
3.1.1 *Solar Cell*

Solar Cell merupakan komponen penting pada PLTS, Panel surya berfungsi mengkonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Solar cell biasanya dibuat dari bahan semikonduktor. Luas dari *solar cell* sekitar 10-15 cm². Solar cell memanfaatkan cahaya matahari yang kemudian diubah menjadi energi listrik DC. *Solar cell* memanfaatkan cahaya matahari jadi ketika mendung selagi ada cahaya solar cell akan tetap menghasilkan energi listrik. *Solar cell* terdiri dari lapisan-lapisan tipis yang terbuat dari semikonduktor silikon murni dan bahan semikonduktor lainnya. Gabungan beberapa *solar cell* dinamakan *solar module*. Dipasaran biasanya sudah banyak yang menjual dalam bentuk modul. Untuk menghasilkan energi listrik yang lebih besar beberapa *solar module* digabung yang dinamakan dengan *Solar Panel*. Untuk PLTS rooftop sendiri biasanya menggunakan beberapa *solar panel* untuk menghasilkan energi listrik yang lebih besar sehingga bisa memenuhi kebutuhan listrik harian, gabungan *solar panel* ini disebut dengan *Solar Array* (Depari, 2018)



Gambar 3. 2 Hirarki modul solar cell (Sumber : Depari, 2018)

Panel surya terdiri dari beberapa sel surya, dimana setiap sel surya terdiri dari dua lapisan silikon yang menempel yaitu silikon tipe-n dan tipe-p. Lapisan silikon tipe-n terdapat muatan negative yang berlebih, sedangkan dalam semikonduktor tipe-p, terdapat muatan positif yang berlebih di dalam struktur atomnya. Antara lapisan tipe-n dan p terdapat p-n junction yang berfungsi untuk membentuk medan listrik sehingga elektron (dan hole) bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan hole ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susunan p-n junction ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya hole bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang. Berikut adalah gambaran dari kerja panel surya.



Gambar 3. 3 Prinsip kerja Panel Surya (Sumber : Depari, 2018)

Ada dua jenis sel surya yang banyak digunakan pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya yaitu *monocrystalline* dan *polycrystalline*. Tipe *monocrystalline* memiliki efisiensi 16-17% dan ada yang sampai 20%. Ukuran dari *monocrystalline* juga lebih kecil namun biayanya lebih mahal. Selain itu tipe *monocrystalline* kurang berfungsi baik atau efisiensinya akan berkurang drastis jika cuaca berawan. Sedangkan *polycrystalline* memiliki efisiensi lebih rendah dan ukuran yang lebih besar dari pada tipe *monocrystalline*. Namun *polycrystalline* mampu bekerja dalam keadaan cuaca berawan dan harganya lebih murah (Hakim, 2017).

Daya yang dihasilkan panel surya berbanding lurus dengan besar intensitas cahaya matahari . Semakin besar intensitas cahaya matahari yang di terima panel surya maka daya yang di hasilkan panel surya semakin besar. Jika luas sel surya adalah (A) dengan intensitas (J) tertentu, maka daya input sel surya (P_{in}) adalah

$$P_{in} = J \times A \text{ (Watt) (Sumber : Depari, 2018)}$$

Dimana :

P_{in} = Daya masukan yang diterima dari cahaya matahari (Watt)

J = Intensitas matahari (W/m²)

A = Luas permukaan panel surya (m²)

Besar daya output sel surya (P_{out}) yaitu perkalian antara nilai tegangan terbuka (V_{oc}) yang dihasilkan panel surya dengan, arus hubung

singkat (I_{sc}) dan faktor pengisi pada panel surya (FF) yang ditunjukkan pada rumus berikut.

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \text{ (Sumber : Depari, 2018)}$$

Dimana :

P_{out} = Daya yang dibangkitkan oleh sel surya (watt)

V_{oc} = Tegangan rangkaian terbuka pada sel surya (volt)

I_{sc} = Arus hubung singkat pada sel surya (ampere)

FF = Fill Factor

Untuk mencari efisiensi dari PV tersebut dapat menggunakan rumus berikut.

$$\eta = \frac{E_{dc}}{H_t \times A} \times 100\% \text{ (Sumber : Sharma and Goei, 2017)}$$

Dimana,

η_{pv} = Efisiensi PV

E_{dc} = Total produksi Energi Harian PV (kWh)

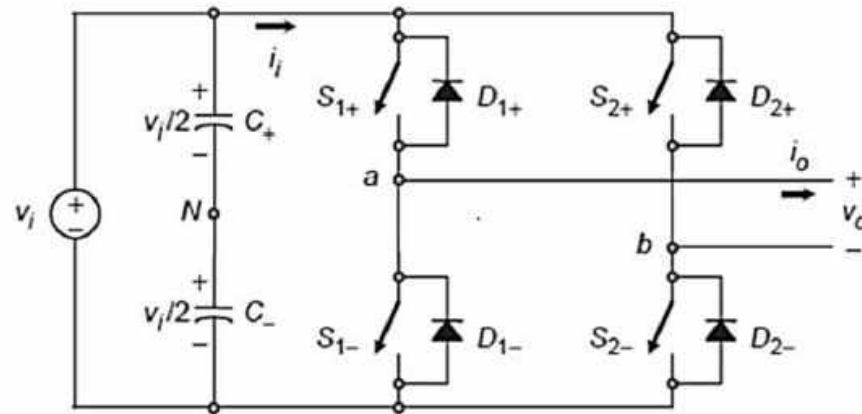
H_t = Total radiasi matahari per hari (kWh/m²)

A = Luas Area (40.(1.63x0.98)) m²

3.1.2 Inverter

Inverter adalah sebuah alat untuk mengubah sumber tegangan DC menjadi tegangan AC. Ada beberapa komponen semikonduktor daya yang dapat digunakan seperti SCR, MOSFET dan transistor yang beroperasi sebagai saklar dan pengubah. Inverter dapat diklasifikasikan dalam dua jenis, yaitu: inverter satu fasa dan inverter tiga fasa. Setiap jenis inverter tersebut dapat dikelompokkan dalam empat kategori ditinjau dari jenis rangkaian komutasi pada SCR, yaitu: (1) modulasi lebar pulsa, (2) inverter resonansi, (3) inverter komutasi bantu, dan (4) inverter komutasi komplemen. Inverter disebut sebagai inverter catu-tegangan (voltage-fed inverter-VFI) apabila tegangan masukan selalu dijaga konstan, disebut inverter catu-arus (current-fed inverter-CFI) apabila arus masukan selalu dipelihara konstan, dan disebut inverter variabel (variable dc linked inverter) apabila tegangan masukan dapat diatur. Selanjutnya, jika ditinjau dari proses konversi, inverter dapat dibedakan dalam tiga

jenis, yaitu inverter : seri, paralel, dan jembatan. Inverter jembatan dapat dibedakan menjadi inverter setengah-jembatan (half-bridge) dan jembatan (bridge). Dalam Bab ini akan difokuskan pada pembahasan inverter jembatan baik untuk inverter satu fasa maupun tiga fasa.



Gambar 3. 4 Rangkaian Inverter Gelombang penuh

Rangkaian inverter memerlukan dua buah kapasitor untuk menghasilkan titik N agar tegangan pada setiap kapasitor $V_i/2$ dapat dijaga konstan. Terdapat dua sisi sakelar, yaitu: sakelar S_{1+} dan S_{1-} serta S_{2+} dan S_{2-} . Masing-masing sisi sakelar ini, sakelar S_{1+} dan S_{1-} dan atau S_{2+} dan S_{2-} , tidak boleh bekerja secara serempak/ simultan, karena akan terjadi. hubung singkat rangkaian. Kondisi ON dan OFF dari kedua sisi sakelar ditentukan dengan teknik modulasi, dalam hal ini menggunakan prinsip PWM (Seaful Sulun, 2012).

Pada PLTS inverter yang digunakan adalah Solar Inverter. Solar Inverter berfungsi mengubah arus DC dari PV untuk diubah menjadi arus AC sehingga dapat dialirkan ke jaringan PLN atau langsung dihubungkan ke beban. Solar Inverter setidaknya mampu beradaptasi dengan naik turunnya tegangan panel surya, memaksimalkan produksi daya PLTS dan khusus untuk yang inverter grid tie, harus mampu *Anti-Islanding* yaitu pengaman otomatis untuk menjadi agar tidak ada arus yang dihasilkan ketika jaringan PLN tiba-tiba mati.

Solar Inverter berbagi menjadi *Stand-Alone/off grid Solar Inverter* dan *Grid-Tie/On grid Solar inverter*. *Stand-Alone Solar Inverter* berfungsi

untuk merubah arus DC yang berhasil dari PV ataupun baterai menjadi arus AC. Inverter ini dapat berfungsi tanpa harus terkoneksi ke jaringan PLN/ jaringan lainnya. Inverter ini agar bekerja maksimal harus ditambahkan Solar Charger Controller (SCC), baik tipe PWM ataupun MPPT untuk mengatur charge dan discharge. Sedangkan *Grid-Tie Solar Inverter/ Inverter on grid* adalah inverter yang digunakan untuk mengubah energi yang dihasilkan panel surya berupa arus searah (DC) menjadi arus bolak balik(AC) yang dapat digunakan secara bersama dengan penyedia jaringan listrik utama Perusahaan Listrik Negara (PLN) (Saodah and Utama, 2019) . Inverter ini ada yang dilengkapi dengan komunikasi speedwire/Modbus berbasis Ethernet yang akan terhubung ke SCADA sistem (Nurdiana dkk., 2013).



Gambar 3. 5 Inverter (Sumber : Hakim, 2017)

3.1.3 Baterai

Baterai adalah alat penyimpan tenaga listrik arus searah (DC). Ada beberapa jenis baterai/aki di pasaran yaitu jenis aki basah/konvensional, hybrid dan MF (Maintenance Free). Aki basah/konvensional berarti masih menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) dalam bentuk cair. Sedangkan aki MF sering disebut juga aki kering karena asam sulfatnya sudah dalam bentuk gel. Dalam hal mempertimbangkan posisi peletakkannya maka aki kering tidak mempunyai kendala, lain halnya dengan aki basah. Aki konvensional kandungan timbalnya (Pb) juga masih tinggi sekitar

2,5% untuk masing-masing sel positif dan negatif. Sedangkan jenis hybrid kandungannya sudah dikurangi menjadi masing-masing 1,7%, hanya saja sel negatifnya sudah ditambahkan unsur Calcium. Sedangkan aki MF/aki kering sel positifnya masih menggunakan timbal 1,7% tetapi sel negatifnya sudah tidak menggunakan timbal melainkan Calcium sebesar 1,7%. Pada Calcium battery Asam Sulfatnya (H_2SO_4) masih berbentuk cairan, hanya saja hampir tidak memerlukan perawatan karena tingkat penguapannya kecil sekali dan dikondensasi kembali. Teknologisekarang bahkan sudah memakai bahan silver untuk campuran sel negatifnya. Usia baterai tergantung dari DOD (Depth of Discharge). Semakin besar nilai DOD baterai maka akan semakin awet.

Ada beberapa pertimbangan dalam memilih baterai:

- a. Tata letak, apakah posisi tegak, miring atau terbalik. Bila pertimbangannya untuk segala posisi maka aki kering adalah pilihan utama karena cairan air aki tidak akan tumpah. Kendaraan off road biasanya menggunakan aki kering mengingat medannya yang berat. Aki ikut terguncang-guncang dan terbanting. Aki kering tahan guncangan sedangkan aki basah bahan elektrodanya mudah rapuh terkena guncangan.
- b. Voltase/tegangan, dipasaran yang mudah ditemui adalah yang bertegangan 6V, 12V dan 24V. Ada juga yang multipole yang mempunyai beberapa titik tegangan. Yang custom juga ada, biasanya dipakai untuk keperluan industri.
- c. Kapasitas aki yang tertulis dalam satuan Ah (Ampere hour), yang menyatakan kekuatan aki, seberapa lama aki tersebut dapat bertahan mensuplai arus untuk beban / load.
- d. *Cranking Ampere* yang menyatakan seberapa besar arus start yang dapat disuplai untuk pertama kali pada saat beban dihidupkan. Aki kering biasanya mempunyai cranking ampere yang lebih kecil dibandingkan aki basah, akan tetapi suplai tegangan dan arusnya relatif stabil dan konsisten. Itu sebabnya perangkat audio mobil banyak menggunakan aki kering.

- e. Pemakaian dari aki itu sendiri apakah untuk kebutuhan rutin yang sering dipakai ataukah cuma sebagai back-up saja. Aki basah, tegangan dan kapasitasnya akan menurun bila disimpan lama tanpa recharge, sedangkan aki kering relatif stabil bila di simpan untuk jangka waktu lama tanpa recharge.
- f. Harga karena aki kering mempunyai banyak keunggulan maka harganya pun jauh lebih mahal daripada aki basah. Untuk menjembatani rentang harga yang jauh maka produsen aki juga memproduksi jenis aki kalsium (calcium battery) yang harganya diantara keduanya.

Secara garis besar, baterai dibedakan berdasarkan aplikasi dan konstruksinya. Berdasarkan aplikasi maka battery dibedakan untuk automotif, marine dan deep cycle. Deep cycle meliputi baterai yang biasa digunakan untuk PV (Photo Voltaic) dan back up power. Sedangkan secara konstruksi maka baterai dibedakan menjadi type basah, gel dan AGM (Absorbed Glass Mat). Battery jenis AGM biasanya juga dikenal dgn VRLA (Valve Regulated Lead Acid).



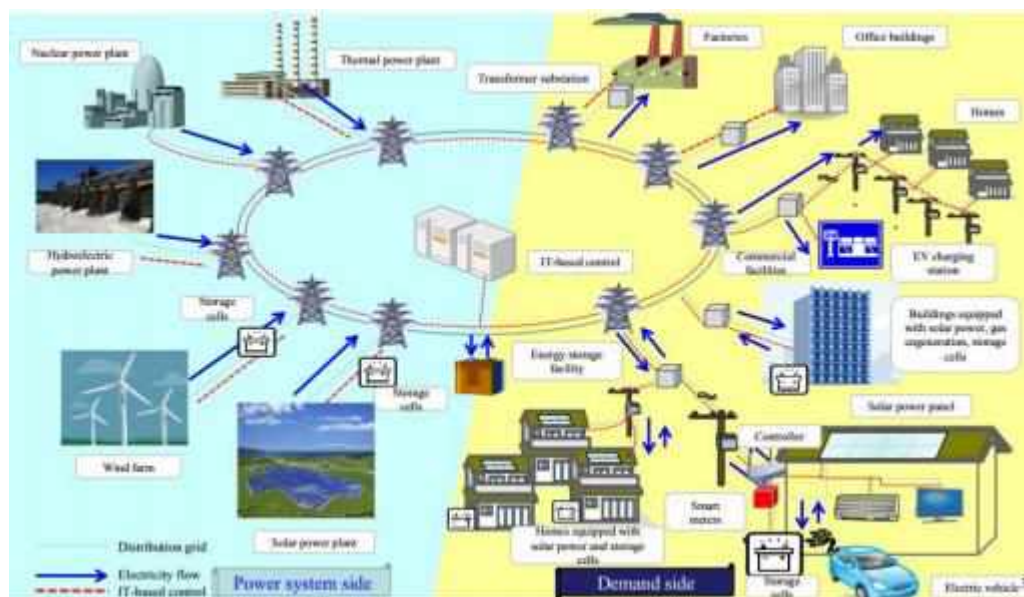
Gambar 3. 6 Baterai (Sumber : Hakim, 2017)

3.2 Smart Grid

Smart grid adalah pengelolaan energi listrik dengan konsep terintegrasi dan mengurangi tergantungan terhadap sumber daya alam yang berasal dari fosil. Integrasi ini memungkinkan adanya komunikasi dan pertukaran informasi antara pembangkitan, distribusi dan konsumsi energi listrik untuk membuat keputusan yang lebih cerdas mengenai konsumsi energi dan

produksi. Di dalam *smart grid* terdapat 3 unsur teknologi yaitu teknologi tenaga listrik, informasi, dan telekomunikasi. Ketiga unsur tersebut saling terintegrasi yang memungkinkan adanya komunikasi 2 arah antara perusahaan penyedia tenaga listrik seperti PLN dengan konsumen. Transfer energi listrik dalam *smart grid* ini tidak seperti sistem konvensional yang hanya satu arah tetapi juga dapat dilakukan sebaliknya. Apabila ternyata konsumen memiliki sumber energi listrik sendiri seperti panel surya yang dapat menghasilkan energi listrik dari cahaya matahari, maka saat energi listrik yang dihasilkan berlebih maka konsumen dapat mengirim energi listrik yang dihasilkan tersebut ke grid yang ada. Dari hal tersebut konsumen bukan hanya membayar tagihan listrik saja, tetapi juga dapat menghasilkan uang dari listrik yang dihasilkannya.

Pada *smart grid* apabila sumber energi listrik dari salah satu power plan tidak dapat mendistribusikan energi listrik, maka sumber energi listrik dapat dialihkan dan disitribusikan dari sumber lainnya. Berikut adalah gambaran dari sistem alur *smart grid*.



Gambar 3. 7Sistem Alur Smart Grid (Sumber : Afifah, 2016)

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Sistem Kerja PV *rooftop* 10 kWp B2TKE

4.1.1 Sistem PV *rooftop* 10 kWp dan on grid inverter

Pada sistem PV *rooftop* yang berkapasitas 10 kWp ini terdiri dari 40 buah modul PV *Polycrystalline* dengan merek Canadian Solar tipe CS6p-265P dengan daya nominal satu modul PV nya 265 Wp. 40 modul PV dibagi menjadi 2 string, dimana masing-masing dibagi menjadi 20 modul. PV *polycrystalline* memiliki efisiensi yang lebih rendah dan ukuran yang lebih besar dari tipe PV *monocrystalline* , namun tipe PV *polycrystalline* dapat menghasilkan energi listrik dalam keadaan berawan dan harganya pun lebih murah. Berikut spesifikasi dari modul PV Canadian Solar tipe CS6p-265P.

Tabel 4. 1 Spesifikasi Canadian Solar tipe CS6p-265P

Parameter	Spesifikasi
Daya Maksimum(Pmax)	265 W
Tegangan Operasi (Vmp)	30.6 V
Arus Operasi (Imp)	8.66 A
Tegangan open circuit (Voc)	37.7 V
Arus short circuit (Isc)	9.23 V
Efisiensi Modul	16.47 %
Suhu Operasi	- 40 °C~+80 °C
Tegangan sistem maksimum	1000 V (IEC)1000 V (UL)
Toleransi daya	0~+5 W



Gambar 4. 1 PV rooftop 10 kWp B2TKE BPPT

Spesifikasi di atas merupakan spesifikasi modul pada kondisi STC. Kondisi STC yaitu kondisi dimana radiasi matahari = 1000 W/m², spektrum AM 1,5 dan Suhu sel surya = 25 °C. Keluaran dari PV adalah arus DC karena *on grid* maka harus diubah ke arus AC dengan menggunakan inverter *on-grid* SMA Sunny Tripower TL10000 dengan kapasitas 10250 W.

Tabel 4. 2 Spesifikasi SMA Sunny Tripower TL10000

DC INPUT	Daya Maksimum DC pada $\cos \varphi = 1$	10.200 W
	Tegangan input Maksimum	1.000 V
	Range Tegangan MPP	320 V – 800 V
	Nilai Tegangan Input	600 V
	Tegangan input minimum	150 V
	Arus input minimum, input A	22.0 A
	Arus input minimum, input B	11.0 A
AC OUTPUT	Nilai daya pada 230 V, 50 Hz	10.000 W
	Daya semu AC maksimum $\cos \varphi = 1$	10.000 VA
	Nilai tegangan grid	3/N/PE,230/400V
	Range tegangan AC	160 V- 280 V
	Arus AC nominal pada 230 V	14.5 A
	Arus output maksimum	16.0 A



Gambar 4. 2 Inverter on-grid SMA Sunny Tripower TL10000

Pada sistem *PV rooftop* ini juga terdapat Panel MDB atau *Main Distribution Board* yang berfungsi untuk mendistribusikan daya dan pemutus sirkuit serta perangkat perlindungan. Pada MDB terdapat *distribution block* untuk mendistribusikan listrik dari PV, baterai dan jaringan PLN ke beban, selanjutnya terdapat MCB refleksi dan Relay serta terdapat Modbus untuk mengirimkan perintah dari MTU ke MDB. MTU atau *Master Terminal Unit* berbasis Ethernet. Semua data akan di kirim ke MTU sebelum di kirim ke Web SCADA.



Gambar 4. 3 *Main Distribution Board*Gambar 4. 4 *Maximum Transmission Unit*

4.1.2 Sistem Hybrid Inverter dan Baterai

Hybrid inverter adalah sebuah inverter yang dapat memberikan catuan daya dengan memanfaatkan Solar PV, PLN dan Baterai. *Hybrid inverter* akan bekerja sebagai converter AC-DC ketika menyalurkan daya ke baterai. Dan akan bekerja sebagai Inverter DC- AC ketika menyalurkan daya dari baterai ke beban. Pada *hybrid inverter* menggunakan 3 unit inverter merek SMA sunny island 3.0 M untuk masing-masing fasa. Penggunaan 3 fasa dimaksudkan untuk mensupply 3 beban (R,S,T).



Gambar 4. 5 Hybrid inverter SMA sunny island 3.0 M

Sedangkan untuk baterainya menggunakan 2 unit baterai jenis baterai *Lithium-Ion* dengan merek Hoppecke Sun Power Pack Premium dengan

masing masing kapasitasnya 5 kWh. Baterai juga dilengkapi dengan komunikasi *Speedwire/Modbus* berbasis Ethernet sehingga dapat terintegrasi dengan sistem SCADA. Selain itu baterai juga dilengkapi dengan BMS (*Battery Management System*)



Gambar 4. 6 Li-ion Baterai 2x5 kWh

Baterai juga dilengkapi dengan *Fuse* sebagai pengaman apabila sewaktu-waktu terjadi arus berlebih yang mengalir ke baterai. Daya dari inverter sebelum masuk ke baterai akan di parallel oleh parallel kit untuk kemudian di salurkan ke 2 buah baterai dan sebaliknya.



Gambar 4. 7 Fuse Box



Gambar 4. 8 Paraller kit

4.1.3 Sistem *Weather Station*

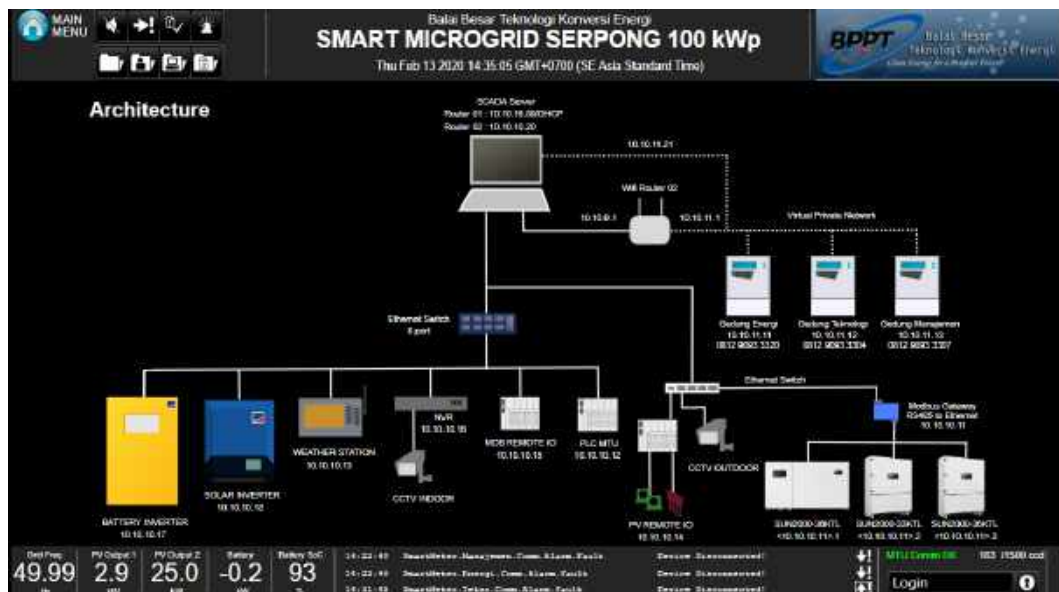
Sistem monitoring cuaca pada sistem PV rooftop ini diletakkan pada bagian atap gedung B2TKE BPPT Puspiptek. Sistem monitoring cuaca yang digunakan menggunakan alat Davis Weather Station Vantage Pro2 Plus. Dimana sistem ini dapat mengukur beberapa parameter diantaranya kelembaban, temperature udara, temperature modul, radiasi matahari, UV Indeks, Intensitas curah hujan dan kecepatan angin. Sistem Monitoring cuaca ini dilengkapi dengan Modbus gateway dan Link Cable sehingga dapat terintegrasi dengan sistem SCADA.

Gambar 4. 9 *Weather Station*

4.1.4 Sistem SCADA

Supervisory control and data Acquisition atau biasa dikenal dengan sebutan SCADA adalah dasar untuk otomatisasi distribusi sistem. Sistem SCADA biasanya terdiri dari sinyal I / O perangkat keras, pengontrol, perangkat lunak, Jaringan & komunikasi. Pada PV rooftop 10 kWp

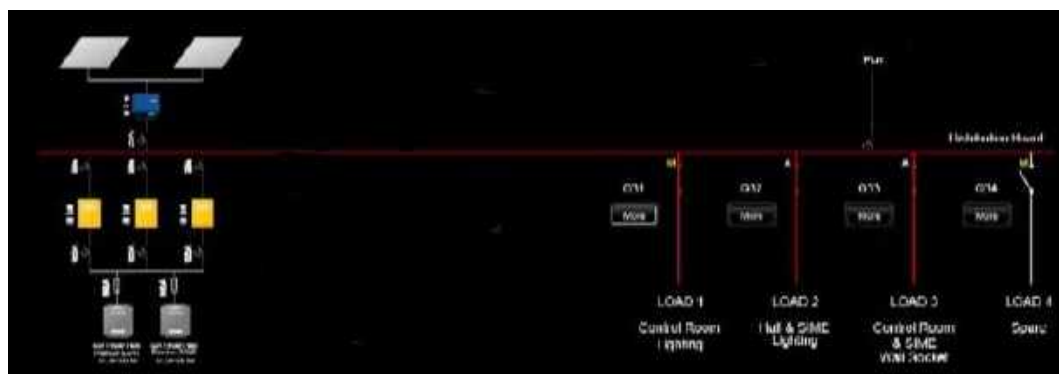
B2TKE BPPT sistem SCADA yang dikembangkan menggunakan software Atvise SCADA dengan terdiri dari beberapa fitur yaitu , monitoring status komponen smart grid, rekaman produksi energi sistem PV, sistem monitoring cuaca serta integrasi dengan Smart Meter BPPT. Sistem SCADA ini juga dapat mengendalikan output ke beban karena menggunakan MCB Reflex. Berikut arsitektur dari sistem SCADA.



Gambar 4. 10 Arsitektur sistem SCADA

4.1.5 Sistem Smart Grid

Sistem smart grid pada PV *rooftop* ini dapat bekerja pada beberapa kondisi ,mulai dari kondisi normal, kondisi *grid fault* pada siang dan malam hari dengan memprioritaskan beban kritis yang disuplai oleh sistem. Berikut Single Line Diagram PV *rooftop* 10 kWp on Smart Grid B2TKE BPPT serpong.



Gambar 4. 11 Single Line Diagram PV Rooftop

Pada Kondisi Normal, daya dari inverter dan PLN akan menyuplai daya ke baterai, beban dan kelebihan daya akan di kirim ke jaringan PLN. Jika baterai penuh maka daya dari inverter PV akan di alirkan ke beban dan sisanya akan di alirkan ke jaringan PLN. Berikut adalah simulasi dari kondisi normal ketika baterai Full dan kurang dari 100 %.



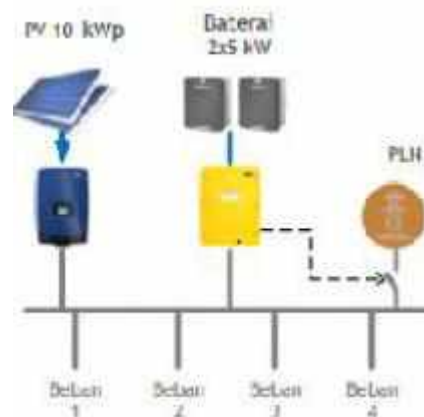
Gambar 4. 12 Simulasi Kondisi normal ketika baterai kurang dari 100 %



Gambar 4. 13 Simulasi Kondisi normal ketika baterai full

Pada saat kondisi PLN padam/ *grid fault* di siang hari, hybrid inverter akan mendeteksi *under frequensi* akibat *grid fault* dan memutus jaringan koneksi PLN. Disaat yang bersamaan, PV inverter akan mendeteksi *grid fault* dan akan *off* selama 30 detik sebelum kembali mencoba untuk sinkron dengan grid/jaringan. Hybrid inverter butuh waktu 5 detik untuk membentuk jaringan mengalirkan daya ke beban. Setelah PV inverter

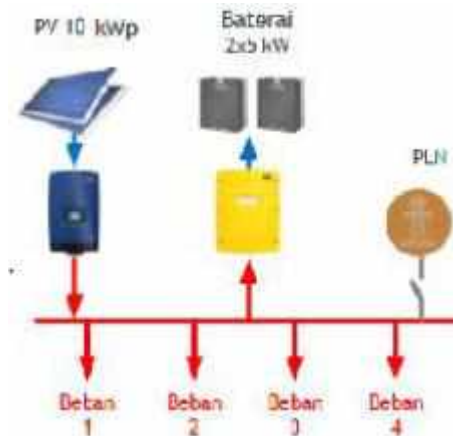
selasai sinkronisasi dengan *grid* , keluaran PV inverter akan menyuplai beban dan sisanya akan dialirkan ke baterai apabila masih berlebih. Apabila kurang maka hybrid Inverter akan mensuplai daya ke beban yang kekurangan daya. Simulasi kondisi PLN *grid fault* pada siang hari sebagai berikut.



Gambar 4. 14 Kondisi grid fault siang hari Hybrid Inverter memutus koneksi PLN



Gambar 4. 15 Kondisi grid fault siang hari Hybrid Inverter membentuk jaringan ke beban setelah 5 detik

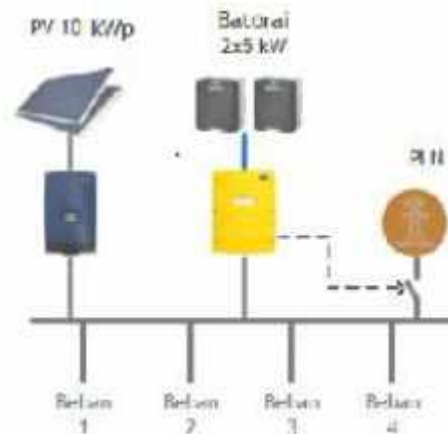


Gambar 4. 16 Kondisi grid fault siang hari PV Inverter sinkron dengan jaringan



Gambar 4. 17 Kondisi grid fault siang hari Baterai Full

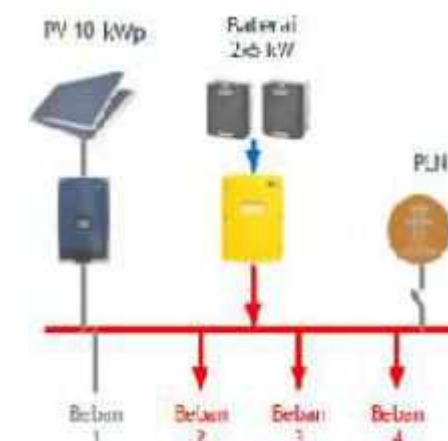
Pada saat kondisi PLN padam (*grid fault*) di malam hari, Inverter PV dalam keadaan *off* karena tidak ada sinar matahari. Karena inverter PV *off* dan jaringan PLN padam, maka hanya ada daya dari baterai. Untuk itu digunakan sistem *Load shedding*, sistem *load shedding* ini dimaksud agar baterai tidak digunakan sampai habis karena itu akan dapat merusak baterai dan membuat umur baterai menjadi berkurang. *Load shedding* akan melakukan pelepasan beban secara otomatis dengan acuan set point yang telah di atur berdasarkan beban prioritas. Pada sistem ini memiliki empat tingkatan dengan setpoint SoC (*State of Charge*) baterai. Ketika nilai SoC lebih rendah dari set point pertama maka beban pertama akan di *off* kan oleh sistem dan begitu juga sampai set point terakhir. Hybrid inverter akan trip di batas aman yaitu ketika SoC baterai 50 %.



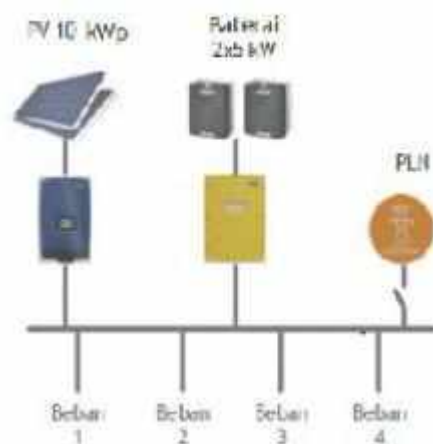
Gambar 4. 18 Kondisi grid fault malam hari Hybrid Inverter memutus koneksi PLN



Gambar 4. 19 Kondisi grid fault malam hari Hybrid Inverter membentuk jaringan ke beban setelah 5 detik



Gambar 4. 20 Kondisi grid fault malam hari SoC baterai lebih kecil dari pada setpoint pertama



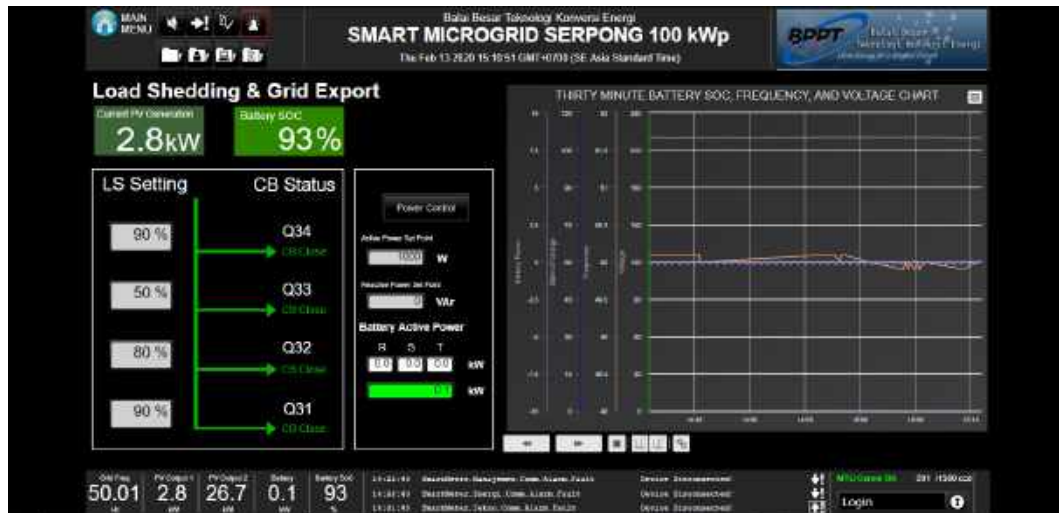
Gambar 4. 21 Kondisi grid fault malam hari SoC baterai trip di batas aman



Gambar 4. 22 Tampilan Load Shedding Pada SCADA

4.1.6 Sistem Load Shedding

Load Shedding merupakan suatu bentuk tindakan pelepasan beban yang terjadi secara otomatis ataupun manual untuk pengamanan operasi dari unit-unit pembangkit dari kemungkinan terjadinya padam total (Black Out). Pada sistem PV *rooftop* ini sistem load shedding digunakan untuk melepaskan beban dari hybrid inverter yang disupply dari baterai dengan prinsip beban prioritas. Dimana pelepasan beban terjadi secara otomatis dengan acuan persenan SOC baterai yang tersisa dan dapat diatur nilai persenan pelepasan bebannya pada sistem SCADA.



Gambar 4. 23 Sistem Load Shedding

4.2 Analisis Performa Pv Rooftop 10 kWp On Smart Grid

Performa dari PV *rooftop* ini dipengaruhi oleh beberapa faktor mulai dari efisiensi PV, efisiensi inverter, Kelembapan Udara, Temperature, Kecepatan angin, intensitas hujan dan lain sebagainya. Pada PV *rooftop* 10 kWp di Gedung B2TKE BPPT serpong menggunakan sistem Smart Grid, dimana Output PV akan terhubung ke jaringan PLN seperti pada gambar 4.11 single line diagram dari PV 10 kWp ini. Setelah melakukan pengamatan data per lima menit, berikut adalah data harian yang dihasilkan oleh PV *rooftop* dari tanggal 1-21 Desember 2019.

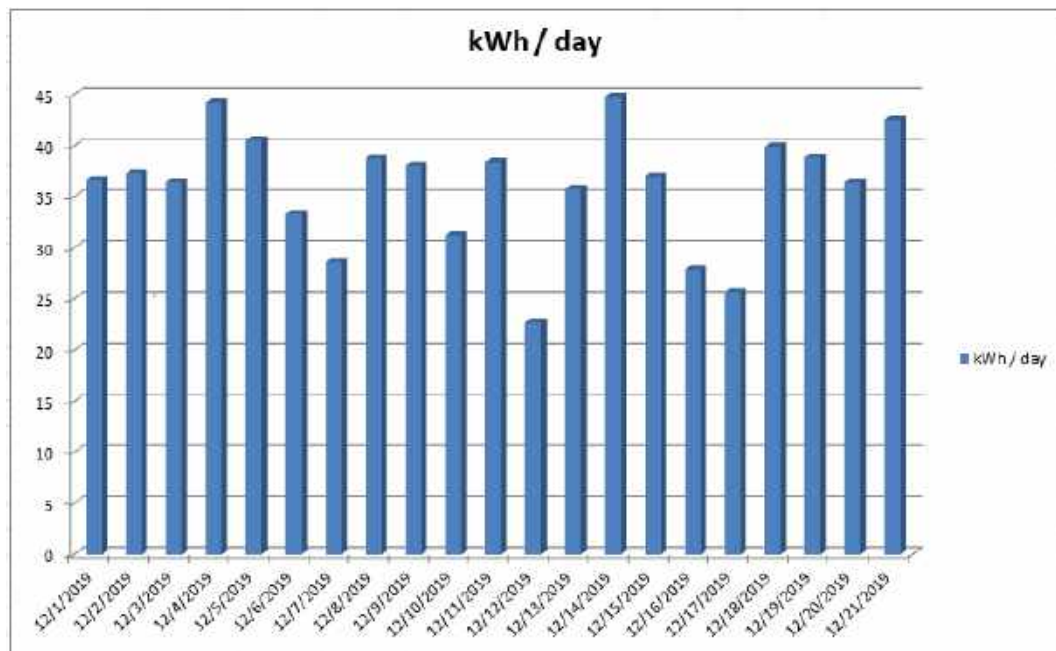
Tabel 4. 3 Data Harian PV rooftop 10 kWp

	PV DC out	Intensitas Cahaya (kWh/m ²)	Daya AC Inv	Out Hum	Out Temp	UV Indeks	Intensitas Hujan
12/1/2019	36.63	4.43	35.35	74.75	31.61	2.32	
12/2/2019	37.32	4.39	36.08	85.95	28.52	2.39	1.46
12/3/2019	36.44	4.34	35.67	81.08	29.49	2.29	
12/4/2019	44.22	5.11	43.11	76.4	31.02	2.82	
12/5/2019	40.53	4.63	39.87	79.25	30.31	2.37	
12/6/2019	33.31	3.6	32.27	84.22	29.14	1.78	
12/7/2019	28.63	3.03	28.01	85.93	27.9	1.78	
12/8/2019	38.75	4.45	37.39	79.76	29.57	2.51	
12/9/2019	38.07	4.48	36.72	76.74	30.4	2.35	
12/10/2019	31.24	3.49	30.11	87.09	27.68	1.74	0.09
12/11/2019	38.42	4.52	37.09	76.57	29.86	2.27	0.15

12/12/2019	22.7	2.44	21.86	87.17	27.14	1.14	
12/13/2019	35.78	4.07	34.36	78.46	30.11	2.31	
12/14/2019	44.8	5.25	43.67	78.22	30.04	2.42	
12/15/2019	36.97	4.37	36.11	82.47	28.96	2.31	
12/16/2019	27.9	3.01	27.02	86.68	28.22	1.67	
12/17/2019	25.69	3.01	24.57	92.44	26.38	1.71	0.11
12/18/2019	39.94	4.2	33.7	81.53	29.35	2.2	0.19
12/19/2019	38.87	4.49	37.71	83.42	29.08	2.04	0.32
12/20/2019	36.4	4.26	35.43	78.27	30.6	1.92	
12/21/2019	42.54	4.97	41.39	81.25	30.17	2.62	0.47

4.2.1 Produksi Energi Harian PV

Berikut adalah grafik produksi energi harian yang dihasilkan oleh PV rooftop 10 kWp on Smart Grid Gedung B2TKE BPPT Serpong.



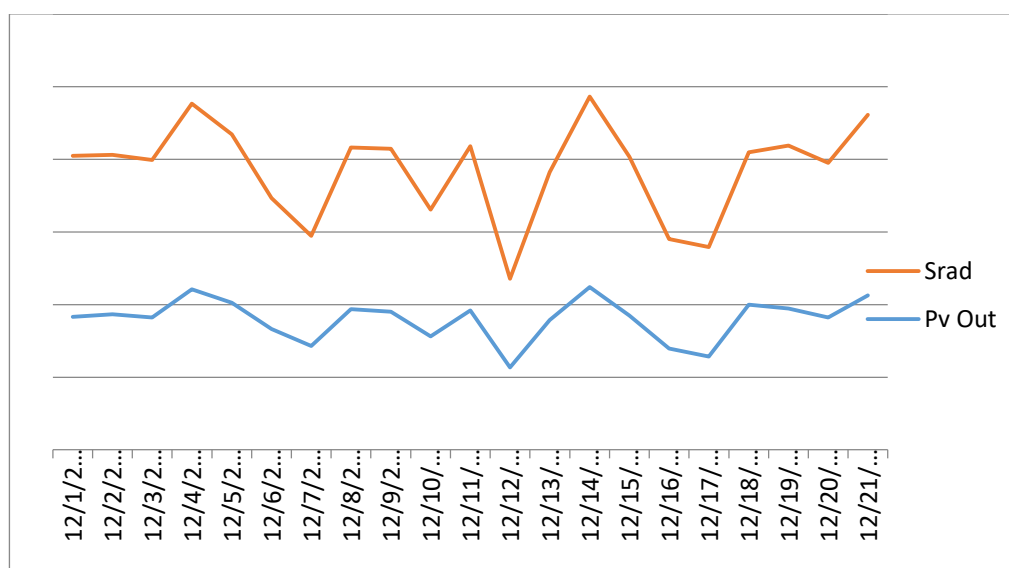
Gambar 4. 24 Grafik Produksi Energi PV per hari

Dari grafik diatas dan data pada tabel 4.3 dapat dilihat bahwa produksi energi rata-rata selama tanggal 1-21 Desember 2019 adalah 35.96 kWh/day. Dimana produksi energi terbesar terjadi pada tanggal 14 desember 2019 dengan total energi yang dihasilkan yaitu sebesar 44.8 kWh/d. Sedangkan produksi energi terendah terjadi pada tanggal 12 desember 2019 dengan total energi yang dihasilkan sebesar 22.7 kWh/d. Dari rata-rata produksi energi diatas dapat diketahui bahwa rata-rata PV

bekerja maksimal selama kurang lebih 3.59 Jam per harinya. Rata-rata PV bekerja maksimal ini didapatkan dari membagi rata-rata Produksi energi PV berharinya dengan daya puncak PV *rooftop* yaitu 10 kWp.

4.2.2 Pengaruh Radiasi Matahari terhadap Daya Output PV

Radiasi matahari adalah pancaran energi yang berasal dari proses thermonuklir yang terjadi di Matahari. Berdasarkan tabel 4.3 Rata-rata total radiasi matahari per harinya di serpong dari tanggal 1-21 Desember 2019 adalah 4.12 kWh/m²day. Jadi setiap harinya matahari mengeluarkan radiasi sebesar 4120 Watt hour/ m² atau rata-rata perjam nya 343.33 Watt/m². Berikut adalah grafik antara total produksi energi harian PV dengan total radiasi matahari perharinya selama tanggal 1-21 Desember 2019.



Gambar 4. 25 Grafik Total Produksi Energi PV dengan total radiasi matahari

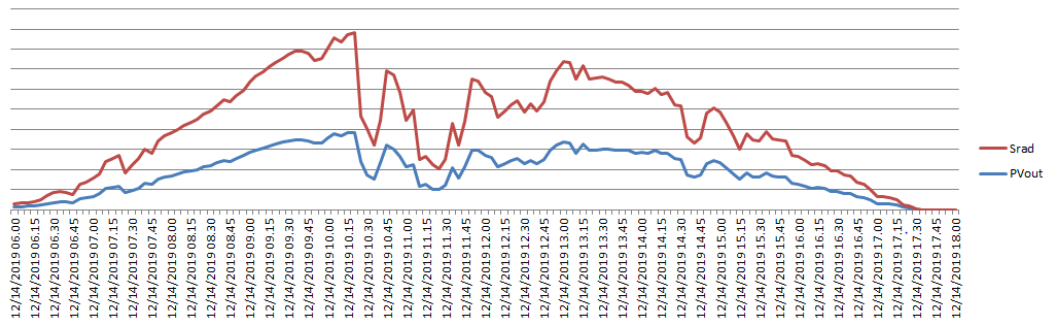
Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa radiasi matahari dan keluaran PV berbanding lurus, semakin besar radiasi matahari, semakin besar pula Daya keluaran PV yang dihasilkan. Itu dapat kita buktikan dengan melihat grafik pada gambar 4.25 dan Tabel 4.3 dimana Produksi energi harian terbesar terjadi pada tanggal 14 desember 2019 yaitu sebesar 44.8 kWh dan total radiasi matahari pada hari itu sebesar 5.25 kWh/m² yang merupakan total radiasi matahari terbesar dibandingkan dengan hari-hari lainnya. Begitu juga dengan total energi harian terkecil

terjadi pada tanggal 12 desember 2019 yaitu sebesar 22.7 kWh dengan total radiasi matahari pada hari itu sebesar 2.44 kWh/m² yang merupakan total radiasi matahari terkecil dibandingkan dengan hari-hari lainnya. Untuk lebih jelas dan lebih detailnya, berikut adalah data dan grafik Daya Output PV dan Radiasi matahari pada tanggal 14 desember 2019 yang datanya diambil sekali 5 menit dari pukul 06.00 – 18.00 WIB.

Tabel 4. 4 Data Daya Output PV dan Radiasi Matahari Tanggal 14 Desember 2019

Jam	Pv out	S Rad	Jam	Pv out	S Rad	Jam	Pv out	S Rad	Jam	Pv out	S Rad
06.00	0.26	29	09.05	5.97	731	12.05	5.2	606	15.05	4.15	450
06.05	0.31	35	09.10	6.17	761	12.10	4.27	491	15.10	3.58	380
06.10	0.32	35	09.15	6.37	789	12.15	4.61	522	15.15	3.03	297
06.15	0.39	40	09.20	6.54	812	12.20	4.91	555	15.20	3.66	387
06.20	0.48	49	09.25	6.72	841	12.25	5.06	582	15.25	3.3	364
06.25	0.6	76	09.30	6.9	858	12.30	4.54	515	15.30	3.25	363
06.30	0.72	97	09.35	7	879	12.35	4.9	563	15.35	3.69	404
06.35	0.77	105	09.40	6.99	884	12.40	4.63	520	15.40	3.32	372
06.40	0.74	99	09.45	6.85	875	12.45	5.01	571	15.45	3.3	362
06.45	0.71	78	09.50	6.65	823	12.50	5.91	687	15.50	3.22	361
06.50	1.06	146	09.55	6.69	836	12.55	6.42	740	15.55	2.58	287
06.55	1.17	158	10.00	7.16	894	13.00	6.72	802	16.00	2.48	278
07.00	1.32	179	10.05	7.6	954	13.05	6.63	805	16.05	2.34	255
07.05	1.63	192	10.10	7.38	935	13.10	5.64	735	16.10	2.13	232
07.10	2.07	271	10.15	7.66	977	13.15	6.52	782	16.15	2.2	239
07.15	2.21	290	10.20	7.65	997	13.20	5.92	707	16.20	2.09	232
07.20	2.29	309	10.25	4.76	454	13.25	5.95	717	16.25	1.82	200
07.25	1.67	194	10.30	3.5	454	13.30	6.07	717	16.30	1.82	202
07.30	1.93	258	10.35	3.06	338	13.35	6	698	16.35	1.63	179
07.35	2.13	301	10.40	4.69	418	13.40	5.92	682	16.40	1.61	179
07.40	2.67	332	10.45	6.45	740	13.45	5.97	670	16.45	1.34	142
07.45	2.49	309	10.50	6.05	737	13.50	5.93	652	16.50	1.2	132
07.50	3.01	385	10.55	5.32	636	13.55	5.64	617	16.55	0.96	109
07.55	3.23	413	11.00	4.3	456	14.00	5.67	610	17.00	0.61	69
08.00	3.39	429	11.05	4.52	547	14.05	5.59	601	17.05	0.6	69
08.05	3.54	446	11.10	2.33	271	14.10	5.88	626	17.10	0.56	65
08.10	3.75	469	11.15	2.55	281	14.15	5.57	591	17.15	0.46	51
08.15	3.88	483	11.20	2.05	248	14.20	5.64	608	17.20	0.24	28
08.20	3.99	497	11.25	1.97	206	14.25	5.1	534	17.25	0.15	21
08.25	4.26	522	11.30	2.41	255	14.30	5.04	536	17.30	0.03	7
08.30	4.42	545	11.35	4.15	443	14.35	3.45	381	17.35		

08.35	4.64	571	11.40	3.14	332	14.40	3.2	348	17.40		
08.40	4.91	601	11.45	4.26	459	14.45	3.48	371	17.45		
08.45	4.82	594	11.50	5.89	715	14.50	4.63	497	17.50		
08.50	5.15	624	11.55	5.88	694	14.55	4.91	519	17.55		
08.55	5.38	654	12.00	5.4	631	15.00	4.74	497	18.00		
09.00	5.71	701									



Gambar 4. 26 Grafik PV Output dan Radiasi Matahari 14 Desember 2019

Dari data diatas, pada jam 06.00 daya output PV sebesar 0.26 kW dengan radiasi matahari sebesar 29 W/m^2 , pada jam 08.00 Daya output PV sebesar 3.38 kW dengan radiasi matahari 429 W/m^2 , dan pada jam 10.00 Daya output PV sebesar 7.16 kW dengan radiasi matahari 894 W/m^2 . Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa, radiasi matahari mempengaruhi kinerja dari PV, dimana semakin besar radiasi matahari maka semakin besar pula daya keluaran dari PV.

Selain itu kita juga dapat mencari efisiensi dari PV tersebut dengan menggunakan rumus.

$$\eta_{pv} = \frac{E_{dc}}{H_t \times A} \times 100\%$$

Dimana,

η_{pv} = Efisiensi PV

E_{dc} = Total produksi Energi Harian PV (kWh)

H_t = Total radiasi matahari per hari (kWh/m²)

A = Luas Area (40.(1.63x0.98)) m²

Berikut adalah efisiensi dari PV *rooftop* 10 kWp Gedung B2TKE BPPT serpong pada tanggal 1-21 Desember 2019.

Tabel 4. 5 Efisiensi PV tanggal 1-21 Desember 2019

Tanggal	PV DC out	Intensitas Cahaya	Effisiensi PV
12/1/2019	36.63	4.43	12.836159
12/2/2019	37.32	4.39	13.197115
12/3/2019	36.44	4.34	13.034385
12/4/2019	44.22	5.11	13.433826
12/5/2019	40.53	4.63	13.589313
12/6/2019	33.31	3.6	14.363955
12/7/2019	28.63	3.03	14.668328
12/8/2019	38.75	4.45	13.518036
12/9/2019	38.07	4.48	13.191882
12/10/2019	31.24	3.49	13.895926
12/11/2019	38.42	4.52	13.195347
12/12/2019	22.7	2.44	14.442352
12/13/2019	35.78	4.07	13.647334
12/14/2019	44.8	5.25	13.247094
12/15/2019	36.97	4.37	13.13318
12/16/2019	27.9	3.01	14.389298
12/17/2019	25.69	3.01	13.2495
12/18/2019	39.94	4.2	14.762526
12/19/2019	38.87	4.49	13.439097
12/20/2019	36.4	4.26	13.264585
12/21/2019	42.54	4.97	13.287491

Dari data diatas kita dapat mengetahui bahwa rata-rata effisiensi PV selama tanggal 1-21 Desember 2019 adalah 13.6 %. Rata-rata effisiensi ini tidak jauh beda dengan Effisiensi PV yang ada spesifikasi PV yaitu 16.47 %. Effisiensi PV yang rendah disebabkan karena PV belum bisa memaksimalkan semua energi cahaya matahari yang diterimanya dan energi cahaya matahari dipantulkan kembali ke udara dan keadaan permukaan PV yang kotor serta pengaruh cuaca.

4.2.3 Effisiensi Inverter

Inverter digunakan untuk mengubah energi keluaran DC menjadi AC . Inverter yang digunakan pada *PV rooftop* ini adalah jenis Inverter *on grid* dimana keluaran dari inverter akan dihubungkan ke jaringan PLN. Pada saat energi listrik DC/ arus searah masuk ke inverter dan di ubah ke AC/ arus bolak-balik terjadi losses/ rugi-rugi daya. Besarnya rugi-rugi daya

tergantung kepada jenis inverter yang digunakan. Effisiensi daya Inverter dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut.

$$\eta_{inv} = \frac{E_{ac}}{E_{dc}} \times 100\%$$

Dimana,

η_{inv} = Effisiensi Inverter

E_{dc} = Total produksi Energi Harian PV (kWh)

E_{ac} = Total produksi Energi harian setelah keluar Inverter (kWh)

Berikut adalah effisiensi dari Inverter yang digunakan pada PV *rooftop* 10 kWp Gedung B2TKE BPPT serpong pada tanggal 1-21 Desember 2019.

Tabel 4. 6 Effisiensi Inverter

Tanggal	PV DC out	Inv AC out	Effisiensi PV
12/1/2019	36.63	35.35	96.505597
12/2/2019	37.32	36.08	96.677385
12/3/2019	36.44	35.67	97.886937
12/4/2019	44.22	43.11	97.489824
12/5/2019	40.53	39.87	98.371577
12/6/2019	33.31	32.27	96.877814
12/7/2019	28.63	28.01	97.834439
12/8/2019	38.75	37.39	96.490323
12/9/2019	38.07	36.72	96.453901
12/10/2019	31.24	30.11	96.382843
12/11/2019	38.42	37.09	96.538261
12/12/2019	22.7	21.86	96.299559
12/13/2019	35.78	34.36	96.031302
12/14/2019	44.8	43.67	97.477679
12/15/2019	36.97	36.11	97.67379
12/16/2019	27.9	27.02	96.845878
12/17/2019	25.69	24.57	95.640327
12/18/2019	39.94	33.7	84.376565
12/19/2019	38.87	37.71	97.015693
12/20/2019	36.4	35.43	97.335165
12/21/2019	42.54	41.39	97.296662

Dari data diatas dapat diketahui rata-rata dari efisiensi Inverter yaitu sebesar 96.35 %, dengan demikian terjadi rugi-rugi daya/ losses kurang lebih sebesar 3.65% dari Daya Output yang dihasilkan oleh PV.

4.2.4 Pengaruh Temperature Udara Terhadap Performa PV

Selain Radiasi matahari/ intensitas cahaya matahari, Temperature udara juga mempengaruhi kinerja dari PV. Berikut adalah temperature udara dan daya keluaran PV *rooftop* 10 kWp di B2TKE BPPT Puspiptek Serpong pada tanggal 14 desember 2019 pukul 06.00 – 18.00 WIB dengan pengambilan data sekali 5 menit.

Tabel 4. 7 Daya Output PV dan Temperatur Udara Tanggal 14 Desember 2019

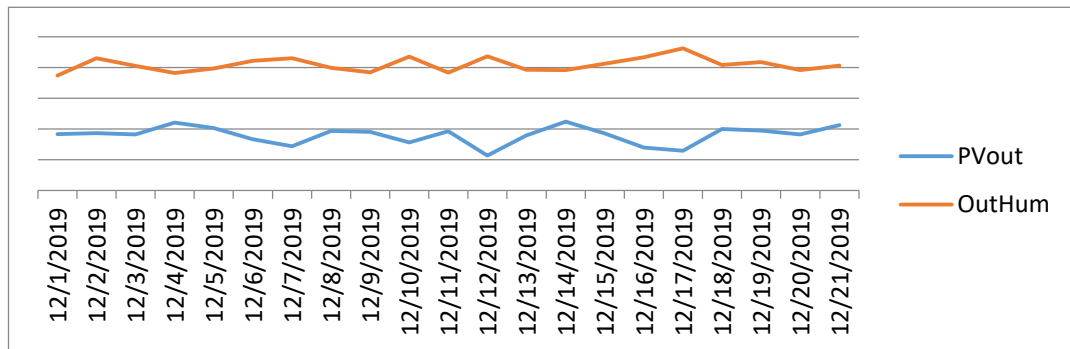
Jam	Pv out	Out Temp	Jam	Pv out	Out Temp	Jam	Pv out	Out Temp	Jam	Pv out	Out Temp
06.00	0.26	22.60	09.05	5.97	29.20	12.05	5.2	30.80	15.05	4.15	32.20
06.05	0.31	22.60	09.10	6.17	29.60	12.10	4.27	31.00	15.10	3.58	32.30
06.10	0.32	22.60	09.15	6.37	29.60	12.15	4.61	31.00	15.15	3.03	32.10
06.15	0.39	22.80	09.20	6.54	29.70	12.20	4.91	30.70	15.20	3.66	32.00
06.20	0.48	22.80	09.25	6.72	30.10	12.25	5.06	30.80	15.25	3.3	31.90
06.25	0.6	23.00	09.30	6.9	30.30	12.30	4.54	31.00	15.30	3.25	31.90
06.30	0.72	23.00	09.35	7	30.10	12.35	4.9	31.00	15.35	3.69	32.00
06.35	0.77	23.10	09.40	6.99	30.40	12.40	4.63	31.30	15.40	3.32	32.20
06.40	0.74	23.40	09.45	6.85	30.70	12.45	5.01	31.40	15.45	3.3	32.40
06.45	0.71	23.50	09.50	6.65	30.80	12.50	5.91	31.60	15.50	3.22	32.50
06.50	1.06	23.60	09.55	6.69	31.00	12.55	6.42	31.90	15.55	2.58	32.40
06.55	1.17	23.60	10.00	7.16	30.70	13.00	6.72	32.20	16.00	2.48	32.50
07.00	1.32	23.90	10.05	7.6	30.60	13.05	6.63	32.40	16.05	2.34	32.50
07.05	1.63	24.20	10.10	7.38	30.50	13.10	5.64	32.60	16.10	2.13	32.00
07.10	2.07	24.60	10.15	7.66	30.70	13.15	6.52	32.70	16.15	2.2	32.00
07.15	2.21	25.00	10.20	7.65	31.40	13.20	5.92	32.80	16.20	2.09	32.00
07.20	2.29	25.30	10.25	4.76	31.50	13.25	5.95	32.60	16.25	1.82	32.00
07.25	1.67	25.70	10.30	3.5	31.70	13.30	6.07	32.50	16.30	1.82	31.80
07.30	1.93	25.80	10.35	3.06	31.60	13.35	6	32.50	16.35	1.63	31.60
07.35	2.13	25.80	10.40	4.69	31.10	13.40	5.92	32.50	16.40	1.61	31.70
07.40	2.67	26.00	10.45	6.45	30.90	13.45	5.97	32.50	16.45	1.34	31.70
07.45	2.49	26.00	10.50	6.05	30.90	13.50	5.93	32.00	16.50	1.2	31.80
07.50	3.01	26.00	10.55	5.32	31.10	13.55	5.64	32.30	16.55	0.96	31.60
07.55	3.23	26.10	11.00	4.3	31.40	14.00	5.67	32.20	17.00	0.61	31.60
08.00	3.39	26.70	11.05	4.52	31.70	14.05	5.59	32.60	17.05	0.6	31.40

08.05	3.54	26.90	11.10	2.33	31.70	14.10	5.88	32.60	17.10	0.56	31.30
08.10	3.75	26.90	11.15	2.55	31.30	14.15	5.57	32.60	17.15	0.46	31.20
08.15	3.88	27.50	11.20	2.05	30.50	14.20	5.64	32.80	17.20	0.24	31.00
08.20	3.99	27.80	11.25	1.97	30.30	14.25	5.1	32.80	17.25	0.15	30.70
08.25	4.26	28.10	11.30	2.41	29.80	14.30	5.04	32.70	17.30	0.03	30.50
08.30	4.42	28.10	11.35	4.15	29.80	14.35	3.45	32.70	17.35		30.20
08.35	4.64	28.40	11.40	3.14	30.00	14.40	3.2	32.50	17.40		29.30
08.40	4.91	28.30	11.45	4.26	30.10	14.45	3.48	32.30	17.45		28.30
08.45	4.82	28.30	11.50	5.89	30.30	14.50	4.63	32.10	17.50		27.90
08.50	5.15	28.50	11.55	5.88	30.50	14.55	4.91	32.20	17.55		27.50
08.55	5.38	28.60	12.00	5.4	30.70	15.00	4.74	32.40	18.00		27.20
09.00	5.71	28.90									

Dari data diatas dan tabel 4.7 dapat kita ketahui bahwa, pada pagi hari jam 06.00 temperatur udara 22.60 derajat celcius, dimana daya Output yang dihasilkan PV pada waktu bersamaan yaitu sebesar 0.26 kW. Semakin siang temperature udara semakin naik, yang menyebabkan radiasi matahari naik dan Daya Output PV pun juga tambah besar. Daya puncak yang dihasilkan oleh PV yaitu pada pukul 10.15 sebesar 7.66 kW , Setelah itu daya output PV mengalami penurunan, Hal ini disebabkan karena kenaikan temperature udara yang terus menerus menyebabkan temperatur pada modul juga meningkat sehingga banyak energi cahaya matahari yang terbuang karena panas pada Modul PV.

4.2.5 Pengaruh Kelembaban Udara Terhadap Peforma PV

Selain Radiasi Matahari dan Temperatur, Kelembaban udara juga mempengaruhi kinerja dari PV. Kelembaban Udara adalah Tingkat Kebasahan udara karena pada udara air selalu terkandung dalam bentuk uap air. Berikut adalah grafik dari kelembaban udara dan daya keluaran PV di B2TKE BPPT serpong selama tanggal 1-21 Desember 2019, dimana datanya terdapat pada tabel 4.3



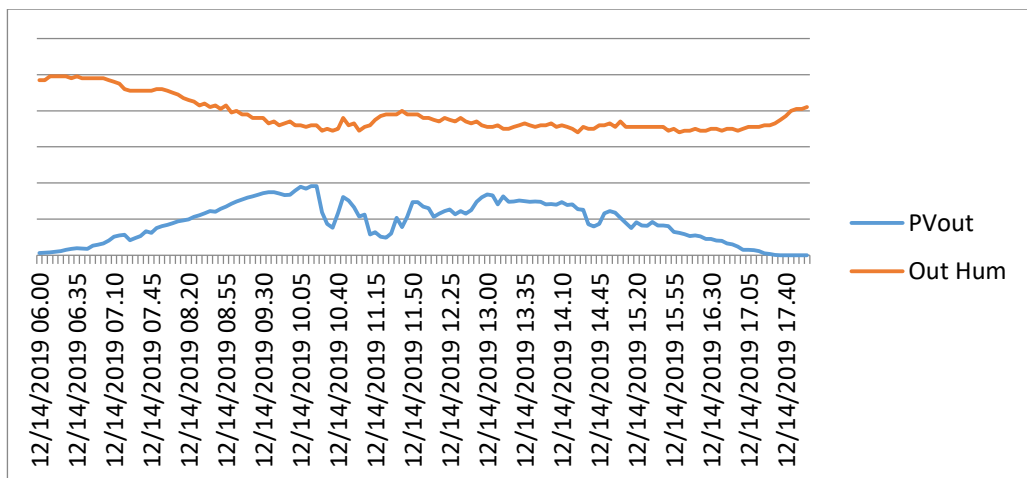
Gambar 4. 27 Grafik PV output dan Kelembaban Udara 1-21 Desember 2019

Dari grafik dan data pada tabel 4.3 dapat kita ketahui bahwa ketika total produksi energi harian PV terendah yaitu pada tanggal 12 Desember 2019 sebesar 22.7 kWh, kelembaban udaranya sebesar 87.17%. Sedangkan ketika total produksi energi harian PV tertinggi yaitu pada tanggal 14 Desember 2019 sebesar 44.8 kWh, kelembaban udaranya 78.22%. Dari 2 data diatas dapat kita simpulkan bahwa semakin rendah kelembaban udara maka semakin bagus kinerja dari PV dan Daya keluaran PV akan semakin naik, dan sebaliknya ketika Kelembaban udara naik menyebabkan kinerja PV berkurang dan Daya keluaran PV akan menurun. Untuk data lebih detailnya berikut adalah data kelembaban dan daya keluaran PV pada tanggal 14 Desember 2019 dari pukul 06.00-18.00 dimana pengambilan datanya dilakukan sekali 5 menit.

Tabel 4. 8 PV output dan Kelembaban Udara tanggal 14 Desember 2019

Jam	Pv out	Out Hum	Jam	Pv out	Out Hum	Jam	Pv out	Out Hum	Jam	Pv out	Out Hum
06.00	0.26	97.00	09.05	5.97	80.00	12.05	5.2	76.00	15.05	4.15	74.00
06.05	0.31	97.00	09.10	6.17	78.00	12.10	4.27	75.00	15.10	3.58	71.00
06.10	0.32	99.00	09.15	6.37	78.00	12.15	4.61	74.00	15.15	3.03	71.00
06.15	0.39	99.00	09.20	6.54	76.00	12.20	4.91	76.00	15.20	3.66	71.00
06.20	0.48	99.00	09.25	6.72	76.00	12.25	5.06	75.00	15.25	3.3	71.00
06.25	0.6	99.00	09.30	6.9	76.00	12.30	4.54	74.00	15.30	3.25	71.00
06.30	0.72	98.00	09.35	7	73.00	12.35	4.9	76.00	15.35	3.69	71.00
06.35	0.77	99.00	09.40	6.99	74.00	12.40	4.63	74.00	15.40	3.32	71.00
06.40	0.74	98.00	09.45	6.85	72.00	12.45	5.01	73.00	15.45	3.3	71.00
06.45	0.71	98.00	09.50	6.65	73.00	12.50	5.91	74.00	15.50	3.22	69.00

06.50	1.06	98.00	09.55	6.69	74.00	12.55	6.42	72.00	15.55	2.58	70.00
06.55	1.17	98.00	10.00	7.16	72.00	13.00	6.72	71.00	16.00	2.48	68.00
07.00	1.32	98.00	10.05	7.6	72.00	13.05	6.63	71.00	16.05	2.34	69.00
07.05	1.63	97.00	10.10	7.38	71.00	13.10	5.64	72.00	16.10	2.13	69.00
07.10	2.07	96.00	10.15	7.66	72.00	13.15	6.52	70.00	16.15	2.2	70.00
07.15	2.21	95.00	10.20	7.65	72.00	13.20	5.92	70.00	16.20	2.09	69.00
07.20	2.29	92.00	10.25	4.76	69.00	13.25	5.95	71.00	16.25	1.82	69.00
07.25	1.67	91.00	10.30	3.5	70.00	13.30	6.07	72.00	16.30	1.82	70.00
07.30	1.93	91.00	10.35	3.06	69.00	13.35	6	73.00	16.35	1.63	70.00
07.35	2.13	91.00	10.40	4.69	70.00	13.40	5.92	72.00	16.40	1.61	69.00
07.40	2.67	91.00	10.45	6.45	76.00	13.45	5.97	71.00	16.45	1.34	70.00
07.45	2.49	91.00	10.50	6.05	72.00	13.50	5.93	72.00	16.50	1.2	70.00
07.50	3.01	92.00	10.55	5.32	73.00	13.55	5.64	72.00	16.55	0.96	69.00
07.55	3.23	92.00	11.00	4.3	69.00	14.00	5.67	73.00	17.00	0.61	70.00
08.00	3.39	91.00	11.05	4.52	71.00	14.05	5.59	71.00	17.05	0.6	71.00
08.05	3.54	90.00	11.10	2.33	72.00	14.10	5.88	72.00	17.10	0.56	71.00
08.10	3.75	89.00	11.15	2.55	75.00	14.15	5.57	71.00	17.15	0.46	71.00
08.15	3.88	87.00	11.20	2.05	77.00	14.20	5.64	70.00	17.20	0.24	72.00
08.20	3.99	86.00	11.25	1.97	78.00	14.25	5.1	68.00	17.25	0.15	72.00
08.25	4.26	85.00	11.30	2.41	78.00	14.30	5.04	71.00	17.30	0.03	73.00
08.30	4.42	83.00	11.35	4.15	78.00	14.35	3.45	70.00	17.35		75.00
08.35	4.64	84.00	11.40	3.14	80.00	14.40	3.2	70.00	17.40		77.00
08.40	4.91	82.00	11.45	4.26	78.00	14.45	3.48	72.00	17.45		80.00
08.45	4.82	83.00	11.50	5.89	78.00	14.50	4.63	72.00	17.50		81.00
08.50	5.15	81.00	11.55	5.88	78.00	14.55	4.91	73.00	17.55		81.00
08.55	5.38	83.00	12.00	5.4	76.00	15.00	4.74	71.00	18.00		82.00
09.00	5.71	79.00									



Gambar 4. 28 Grafik PV output dan Kelembaban Udara 14 Desember 2019

Dari data dan grafik dapat diketahui bahwa pada pagi hari yaitu pada pukul 06.00 kelembaban udara sangat tinggi yaitu mencapai 97%, dimana PV pada saat itu hanya menghasilkan 0.26 kW. Sedangkan pada siang hari Kelembaban udara mulai menurun, pada saat Daya puncak yang dihasilkan oleh PV yaitu pada pukul 10.15 sebesar 7.655 kW, kelembaban udaranya hanya 72%. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa kelembaban udara membuat kinerja dari PV menurun karena kelembaban udara semakin tinggi, radiasi matahari akan semakin berkurang. Kelembaban udara berbanding terbalik dengan radiasi matahari dan temperature udara. Hal itu dapat kita lihat pada tabel 4.4, tabel 4.7 dan tabel 4.8 yang memaparkan data radiasi matahari, temperature udara dan kelembaban. Dimana kelembaban udara akan menurun seiring naiknya temperature udara dan radiasi matahari.

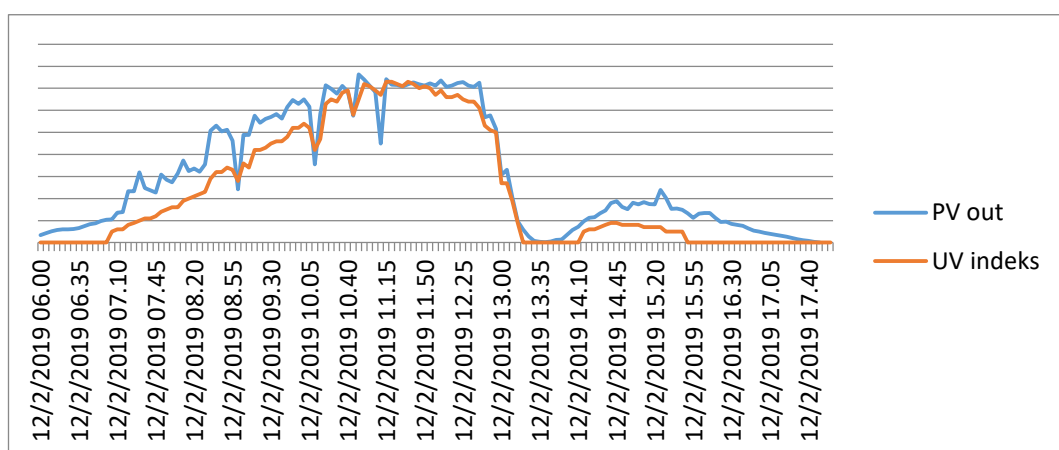
4.2.6 Pengaruh Indeks UV terhadap Performa PV

Sinar UV merupakan sinar tidak tampak yang merupakan bagian energi yang berasal dari matahari. Indeks UV adalah pengukuran standar internasional dari kekuatan radiasi ultraviolet (UV) penghasil sinar matahari di tempat dan waktu tertentu. Selain berpengaruh pada kesehatan manusia, Indeks UV dapat juga mempengaruhi kinerja dari PV. Berikut adalah data Indeks UV dan Daya keluaran PV pada tanggal 2 desember 2019.

Tabel 4. 9 PV output dan Indeks UV tanggal 2 Desember 2019

Jam	Pv out	UV Indeks	Jam	Pv out	UV Indeks	Jam	Pv out	UV Indeks	Jam	Pv out	UV Indeks
06.00	0.34		09.05	4.88	3.60	12.05	7.35	6.90	15.05	1.74	0.80
06.05	0.43		09.10	4.89	3.40	12.10	7.06	6.60	15.10	1.83	0.70
06.10	0.52		09.15	5.76	4.20	12.15	7.12	6.60	15.15	1.75	0.70
06.15	0.57		09.20	5.43	4.20	12.20	7.24	6.70	15.20	1.74	0.70
06.20	0.61		09.25	5.62	4.30	12.25	7.28	6.50	15.25	2.39	0.70
06.25	0.6		09.30	5.7	4.50	12.30	7.12	6.40	15.30	2.02	0.50
06.30	0.62		09.35	5.82	4.60	12.35	7.06	6.40	15.35	1.53	0.50
06.35	0.66		09.40	5.63	4.60	12.40	7.25	6.10	15.40	1.55	0.50
06.40	0.75		09.45	6.16	4.80	12.45	5.69	5.30	15.45	1.49	0.50
06.45	0.83		09.50	6.47	5.20	12.50	5.77	5.10	15.50	1.32	0.00
06.50	0.88		09.55	6.3	5.20	12.55	5.16	5.00	15.55	1.12	

06.55	0.98		10.00	6.49	5.40	13.00	3.08	2.70	16.00	1.31	
07.00	1.04		10.05	6.17	5.20	13.05	3.3	2.70	16.05	1.35	
07.05	1.06	0.50	10.10	3.55	4.20	13.10	2.05	1.90	16.10	1.34	
07.10	1.36	0.60	10.15	5.82	4.70	13.15	0.97	0.90	16.15	1.12	
07.15	1.39	0.60	10.20	7.13	6.30	13.20	0.59	0.00	16.20	0.94	
07.20	2.33	0.80	10.25	6.97	6.50	13.25	0.29	0	16.25	0.95	
07.25	2.33	0.90	10.30	6.76	6.40	13.30	0.08	0	16.30	0.85	
07.30	3.18	1.00	10.35	7.11	6.80	13.35	0.04	0.00	16.35	0.81	
07.35	2.47	1.10	10.40	6.85	6.90	13.40	0.03	0.00	16.40	0.77	
07.40	2.38	1.10	10.45	5.75	5.80	13.45	0.05	0.00	16.45	0.64	
07.45	2.27	1.20	10.50	7.63	6.50	13.50	0.12	0.00	16.50	0.55	
07.50	3.09	1.40	10.55	7.4	7.20	13.55	0.13	0.00	16.55	0.5	
07.55	2.85	1.50	11.00	7.12	7.10	14.00	0.35	0.00	17.00	0.44	
08.00	2.73	1.60	11.05	6.84	6.90	14.05	0.57	0.00	17.05	0.41	
08.05	3.14	1.60	11.10	4.49	6.70	14.10	0.72	0.00	17.10	0.36	
08.10	3.72	1.90	11.15	7.41	7.30	14.15	0.96	0.50	17.15	0.31	
08.15	3.25	2.00	11.20	7.17	7.30	14.20	1.13	0.60	17.20	0.26	
08.20	3.36	2.10	11.25	7.15	7.20	14.25	1.15	0.60	17.25	0.21	
08.25	3.21	2.20	11.30	7.08	7.10	14.30	1.33	0.70	17.30	0.15	
08.30	3.56	2.30	11.35	7.19	7.30	14.35	1.46	0.80	17.35	0.11	
08.35	5.08	2.90	11.40	7.26	7.20	14.40	1.8	0.90	17.40	0.07	
08.40	5.3	3.20	11.45	7.19	7.00	14.45	1.88	0.90	17.45	0.04	
08.45	5.05	3.20	11.50	7.12	7.10	14.50	1.61	0.80	17.50	0	
08.50	5.11	3.40	11.55	7.22	7.00	14.55	1.52	0.80	17.55		
08.55	4.63	3.30	12.00	7.12	6.70	15.00	1.81	0.80	18.00		
09.00	2.41	2.80									



Gambar 4. 29 Grafik PV out dan UV indeks 2 Desember 2019

Dari data dan grafik di atas dapat dilihat bahwa setiap kenaikan nilai Indeks UV akan mempengaruhi daya keluaran PV. Pada pukul 07.05 Indeks UV sebesar 0.50 dengan Daya keluaran PV sebesar 1.05 kW, pada pukul 07.10 Indeks UV naik menjadi 0.60 dan daya keluaran PV juga naik menjadi 1.36 kW. Pada pukul 12.40 indeks UV sebesar 6.10 dan daya keluaran PV sebesar 7.248 kW. Indeks UV pada pukul 13.20 menjadi 0 dan daya output juga turun menjadi 0.58 kW, ini dikarenakan pada saat itu terjadi hujan dimana datanya dapat dilihat pada tabel 4.10. Dari data diatas dapat diketahui bahwa Indeks UV mempengaruhi performa dari PV, dimana ketika kenaikan Indeks UV akan membuat daya keluaran PV akan meningkat, sedangkan ketika Indeks UV turun maka daya keluaran PV juga akan menurun.

4.2.7 Pengaruh Intensitas Curah Hujan Terhadap Performa PV

Selain Radiasi Matahari, Indeks UV, Kelembaban udara dan Temperature, Intensitas hujan juga mempengaruhi kinerja dari PV. Berikut adalah data intensitas hujan pada pukul 13.05 - 15.00 tanggal 2 Desember 2019 di B2TKE BPPT Puspiptek Serpong.

Tabel 4. 10 Data PV dan weather station 2 Desember 2019

Jam	Pv out	Rain Int	S Rad	Out Hum	Indeks Uv	Jam	Pv out	Rain Int	S Rad	Out Hum	Indeks UV
13.05	3.3	0.00	368	69.00	2.70	14.05	0.57	4.83	53	96.00	
13.10	2.05	0.00	251	69.00	1.90	14.10	0.72	2.03	69	95.00	
13.15	0.97	0.00	121	70.00	0.90	14.15	0.96	0.51	89	95.00	0.50
13.20	0.59	0.00	76	70.00	0.00	14.20	1.13	0.25	105	95.00	0.60
13.25	0.29	0.00	37	73.00		14.25	1.15	0.25	111	95.00	0.60
13.30	0.08	0.00	14	76.00		14.30	1.33	0.00	127	95.00	0.70
13.35	0.04	2.79	9	84.00		14.35	1.46	0.00	140	97.00	0.80
13.40	0.03	69.60	5	89.00		14.40	1.8	0.00	178	97.00	0.90
13.45	0.05	44.96	9	93.00		14.45	1.88	0.00	184	98.00	0.90
13.50	0.12	8.38	13	95.00		14.50	1.61	0.00	160	98.00	0.80
13.55	0.13	38.86	16	96.00		14.55	1.52	0.00	149	97.00	0.80
14.00	0.35	30.73	35	96.00		15.00	1.81	0.00	185	97.00	0.80

Dari data diatas dapat diketahui bahwa ketika mulai hujan dengan intensitas rendah yaitu 2.79 mm/hr membuat indeks UV turun menjadi 0 dan Radiasi matahari turun menjadi 9 W/m^2 serta kelembaban udara naik

menjadi 84% sehingga Daya keluaran PV turun. Semakin besar intensitas curah hujan, indeks UV dan Radiasi Matahari turun dan Kelembaban naik sehingga Daya keluaran PV turun, hal ini dapat dilihat pada pukul 13.40 dimana ketika curah hujan mencapai 69.6 mm/hr , UV indeks menjadi 0 dan Radiasi Matahari menjadi 5 W/m² sedangkan kelembaban naik menjadi 89% sehingga keluaran PV turun menjadi 0.03 kW. Sedangkan ketika intensitas hujan semakin kecil, Indeks UV dan Radiasi matahari akan naik dan kelembaban udara akan turun sehingga daya keluaran PV menjadi naik, hal ini dapat dilihat pukul 14.25 dimana intensitas hujan sebesar 0.25 mm/hr , Indeks UV naik menjadi 0.60 dan Radiasi matahari naik menjadi 111 W/m² sedangkan Kelembaban turun dari sebelumnya 96% menjadi 95% dan daya keluarannya pun naik menjadi 1.15 kW.

4.3 Penambahan Beban Pada Sistem *Smart Grid*

Pada Kerja praktek di B2TKE BPPT kami diminta untuk menambah beban pada sistem *smart grid*. Pada Single line diagram gambar 4.11 terdapat 4 beban yaitu Q31, Q32, Q33 dan Q34. Dimana beban Q31 terhubung ke phasa R, Q32 terhubung ke phasa S, dan Q33 terhubung ke phasa T, sedangkan untuk Q34 belum dihubungkan ke sumber. Pada proyek ini diminta untuk menambahkan beban AC pada ruangan lab *smart grid* agar dimasukkan ke sistem smart grid dan dapat dikontrol serta ditampilkan pada SCADA. Untuk menambahkan beban AC agar terhubung ke sistem maka pada MDB ditambahkan MCB relfek/ kontaktor dan dihubungkan ke Modbus agar data dapat dibaca dan dapat dikontrol menggunakan SCADA. Berikut adalah tampilan awal pada MDB sebelum ditambahkan beban AC.



Gambar 4. 30 Tampilan pada MDB

Pada gambar diatas terdapat beberapa komponen dimana yang dikotak warna hitam adalah Modbus st1218 dan dt2328, yang dikotak warna merah adalah distribution block, yang dikotak warbna biru adalah relay, sedangkan di kotak warna kuning adalah kontaktor. Pada beban Q31, Q32, Q33 dan Q34 menggunakan jenis kontaktor normaly close dan menggunakan merek Snejdjer Energi serta akan dihubungkan ke relay sebelum masuk ke Modbus. Pada penambahan beban AC ini, beban AC akan mengambil sumber daya dari phasa R dan diparallel dengan beban Q31. Jenis kontaktor yang digunakan adalah Normaly Open dengan merek Omron j7an-e3 24Vdc, dimana pada kontaktor ini sudah terdapat coil sehingga tidak perlu lagi tambahan relay. Berikut adalah bentuk dari kontaktornya.



Gambar 4. 31 Kontaktor Omron

Kontaktor ini membutuhkan daya input 24Vdc dimana nantinya daya input akan dihubungkan ke A1 untuk positif dan A2 untuk negative. Sedangkan untuk kaki 13 akan dihubungkan ke kaki 5 D1 Modbus dt2328 dan 14 akan dihubungkan ke kaki 5 D0 modbus st1218 untuk dapat menerima perintah dari PLC. Selanjutnya kaki 1 akan dihubungkan ke phasa R dan kaki 2 akan dihubungkan ke input AC. Selanjutnya setelah semuanya terpasang, beban AC masih dalam keadaan off karena jenis konektor yang digunakan adalah normaly open. Untuk itu pada PLCnya di atur input 1 agar beban dalam keadaan on. Untuk PLC dan SCADA kami hanya melihat, memahami dan belajar saja karena masih belum terlalu memahami dalam pembuatan PLC dan pembuatan program SCADAny. Berikut adalah beberapa dokumentasi pada saat melakukan penambahan beban AC pada sistem Smart Grid.



Gambar 4. 32 Proses Pemasangan komponen

4.4 Pengecekan terhadap sensor suhu pada modul PV

Pada sistem SCADA salah satu data yang diambil adalah temperatur pada modul PV. Sensor temperature/suhu diletakkan dibawah modul PV, dimana pada setiap string/baris array PV yang terdiri dari 20 modul PV dipasang 2 buah sensor temperature. Berikut adalah gambar dari posisi sensor suhu pada Modul PV.



Gambar 4. 33 Sensor Suhu pada Modul PV

Data dari modul PV akan dikirim ke SCADA melalui Modbus Ethernet yang terhubung langsung dengan Sensor suhu. Berikut adalah gambar box panel berisikan Modbus yang akan mengirim data dari sensor suhu ke SCADA.



Gambar 4. 34 Box Panel Weather Station

Pada saat dilakukan pengecekan pada SCADA data yang diambil pada sensor suhu di modul PV tidak terekam oleh SCADA. Maka dilakukan pengecekan terhadap Sensor Suhnya. Pengecekan dilakukan dengan mengecek menggunakan Avometer pada konektor kabel antara sensor dan Modbus. Setelah dilakukan pengecekan tegangan dan arus pada masing-masing kabel, mulai dari positif-negatif, Positif-ground, dan negatif-ground. Berikut adalah hasil pengukuran tegangannya dalam satuan mili volt.

Tabel 4. 11 Pengukuran Awal tegangan pada Konektor Sensor

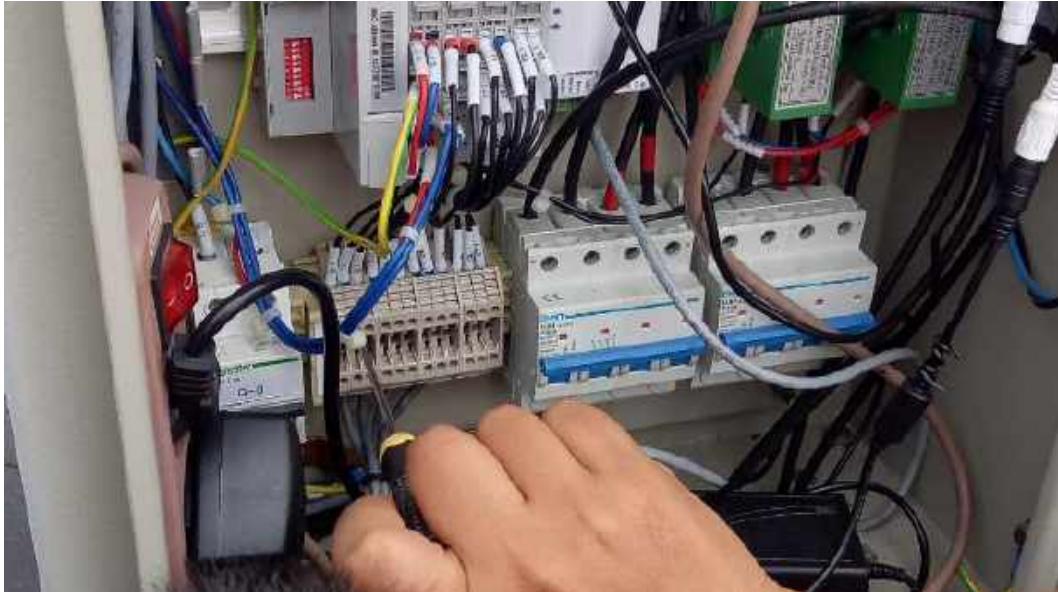
	101	102	201	202
Pstv-Ngtv	0	237	60	56.1
Pos-Gnd	0	241	61.4	57.2
Ngvtv-Gnd	0	3.5	1.3	1

Selanjutnya untuk mengecek gangguan terjadi pada sensor atau pada sambungan Modbus, Sambungan Modbus dan sensor pindah pindah, dimana Modbus Yang memberikan input ke 101 dipindahkan ke sensor 201 dan Modbus yang memberikan input ke 102 dipindah ke 101 serta Modbus yang memberikan input ke 201 dipindahkan ke 102. Berikut adalah hasil pengukurannya.

Tabel 4. 12 Pengukuran setelah posisi kabel dipindah tegangan pada Konektor Sensor

	101	102	201	202
Pstv-Ngtv	237	60	0	56.1
Pos-Gnd	241	61.4	0	57.2
Ngvtv-Gnd	3.5	1.3	0	1

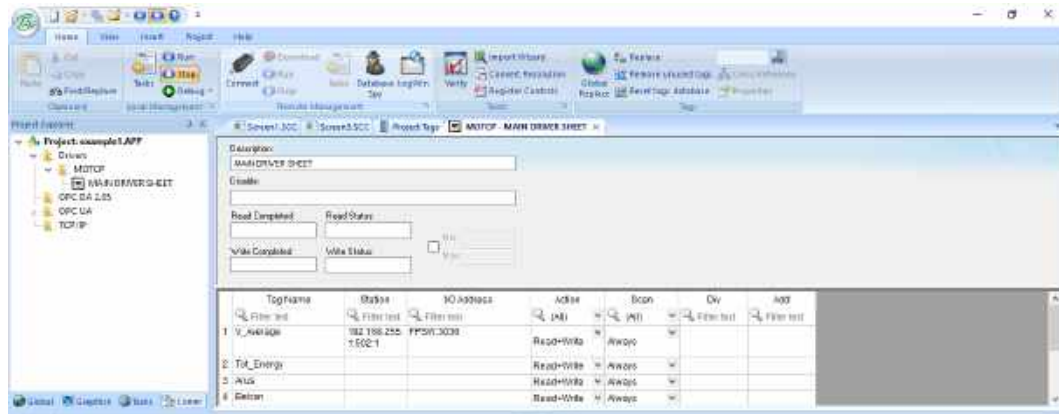
Dari data di atas dapat diketahui bahwa sensor dalam keadaan baik dan tidak terjadi kerusakan, Namun gangguan terjadi dari Modbusnya, dimana Modbus yang awal memberikan input ke 101 tidak terdapat tegangan dan arus disana, serta pada Modbus yang awal memberikan ke 102 terdapat tegangan dan arus yang besar dari tegangan dan arus normalnya. Selain itu pada Modbus juga terdapat kedip-kedip lampu warna merah pada bagian kaki Modbus yang memberikan daya ke 101 dan 102. Berikut adalah dokumentasi dalam pengecekan sensor suhu pada PV *rooftop* 10 kWp Smart Grid B2TKE BPPT Puspiptek Serpong.



Gambar 4. 35 Proses pengecekan Sensor Suhu

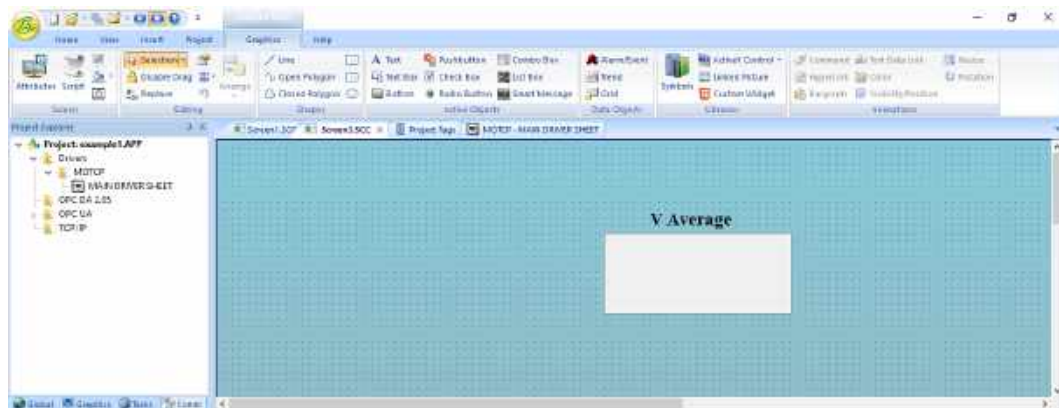
4.5 Membuat Monitoring Energy Pada Indusoft Web Studio

Pada project ini kami diminta untuk melakukan pembacaan hasil sensor tegangan pada Software Indusoft Web Studio. Indusoft Web Studio adalah salah satu software yang digunakan dalam pembuatan sistem SCADA. Adapun beberapa komponen yang dipakai pada saat melakukan percobaan diantaranya Sensor Tegangan, Modbus Rs485, Tgw 735 Converter Modbus to Ethernet, dan Power Supply 24 V. Hasil pembacaan sensor dari sensor tegangan akan dikirim ke Modbus Rs485 dan akan ditampilkan dalam LCD Modbus. Selanjutnya data Modbus akan diconvert ke Ethernet oleh Tgw 735. Komputer nantinya sudah tersambung dengan kabel LAN. Lalu melakukan setting IP address sesuai dengan Modbusnya. Lalu masuk ke software Indusoft dan membuat main drive sheet dengan nama sesuai dengan yang mau di baca, serta Stasiun untuk IP address dan I/O address seperti gambar berikut



Gambar 4. 36 Drive Sheet InduSoft

Selanjutnya Membuat Screen untuk tampilan dari hasil pembacaan sensor seperti berikut.



Gambar 4. 37 Screen Indusoft

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari uraian pembahasan sebelumnya dapat diambil beberapa kesimpulan di antaranya adalah :

1. PV *rooftop* 10 kWp berbasis Smart Grid pada Gedung B2TKE BPPT Puspiptek Serpong merupakan sebuah pembangkit yang berkapasitas 10 kWp, dimana terdiri dari 40 Modul PV 265 Wp jenis *polycrystalline* yang disusun dengan dua string, tiap string terdiri dari 20 Modul PV dan dirangkai secara seri.
2. PV *rooftop* 10 kWp pada Gedung B2TKE BPPT Puspiptek Serpong berbasis *smart grid*. Dimana Keluaran dari PV akan terhubung ke jaringan PLN dan Baterai dan dikontrol dan monitoring melalui sistem SCADA.
3. Sistem SCADA merupakan dasar untuk otomatisasi distribusi sistem. Pada PV *rooftop* ini SCADA yang dikembangkan menggunakan software Atvise SCADA dengan terdiri dari beberapa fitur yaitu , monitoring status komponen smart grid, rekaman produksi energi sistem PV, sistem monitoring cuaca serta integrasi dengan Smart Meter BPPT. Sistem SCADA ini juga dapat mengendalikan output ke beban dengan mengirim perintah ke MTU lalu MDB.
4. Rata-rata Produksi Energi harian PV *rooftop* 10 kWp ini pada bulan Desember mulai tanggal 1-21 adalah sebesar 35.96 kWh. Dimana Produksi energi terbesar terjadi pada tanggal 14 Desember 2019 yaitu sebesar 44.8 kWh. Sedangkan Untuk Produksi energi paling sedikit terjadi pada tanggal 12 desember 2019 yaitu sebesar 22.7 kWh.
5. Rata-rata efisiensi dari PV 10 kWp ini sebesar 13.6 %. Efisiensi ini lebih kecil dibandingkan dengan spesifikasi pada Modul PV tersebut yaitu 16.47%. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor mulai dari permukaan PV yang kotor yang menyebabkan PV tidak bisa memaksimalkan cahaya/radiasi matahari yang jatuh ke permukaan PV, Suhu sekitar yang tinggi sehingga membuat suhu PV menjadi panas sehingga mengurangi

kinerja PV, Kelembaban dan Curah Hujan yang membuat PV tidak bisa menerima Cahaya matahari dengan Optimal.

5.2 Saran

1. Sistem SCADA yang digunakan masih menggunakan software dengan lisensi yang berbayar, mungkin kedepannya bisa menggunakan python atau bahasa pemrograman lainnya yang tidak berbayar sehingga dapat menghemat biaya.
2. Pemanfaatan Panas pada permukaan PV untuk menghasilkan energi listrik dengan menggunakan *thermoelectric* yang menggunakan prinsip *seeback*, energi listrik yang dihasilkan dapat disalurkan ke jaringan atau digunakan untuk membuat sistem *cooling* pada PV sehingga PV dapat bekerja pada suhu optimal PV.

DAFTAR PUSTAKA

- Muchlis & Permana. 2006. Proyeksi Kebutuhan Listrik PLN TAHUN 2003 S.D 2020. Jurnal Pengembangan Sistem Kelistrikan Dalam Pembangunan Nasional Jangka Panjang: 19 – 29
- Albadi, M. H. & El-Saadany, E. F., (2008), “A summary of demand response in electricity markets,” *Electric Power Systems Research* 78 (2008) 1989–1996.
- Shariatzadeh, F., et al., (2015), “Demand response for sustainable energy systems: A review, application and implementation strategy,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 45 (2015) 343–350.
- Hakim, M.F., 2017. Perancangan Rooftop Off Grid Solar Panel Pada Rumah Tinggal Sebagai Alternatif Sumber Energi Listrik. *Dinamika DotCom*.
- Nurdiana, E., Hilal, H., Riza, R., Aryono, N.A. and Prastawa, A., 2018. SISTEM PLTS ROOFTOP 10 kWp BERBASIS SMART GRID UNTUK IMPLEMENTASI DEMAND RESPONSE.
- Depari, A.P.S., 2018. Pengaruh Kecepatan Angin dan Kelembaban Udara pada Permukaan Panel Surya Komersil Terhadap Keluaran yang Dihasilkan.
- SAODAH, S. and UTAMI, S., 2019. Perancangan Sistem Grid Tie Inverter pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 7(2), p.339.
- Chauhan, Rajeev., Dewal, Mohan. and Chauhan, Kalpana., 2010. Intelligent SCADA System. *Structural and Multidisciplinary Optimization*. 2. 143-149.
- Goswami, D Yogi. 2015. *Principles of Solar Engineering*. Third edition. Florida: CRC Press.
- Depari, A.P.S., 2018. Pengaruh Kecepatan Angin dan Kelembaban Udara pada Permukaan Panel Surya Komersil Terhadap Keluaran yang Dihasilkan.
- Seaful Sulun. 2012. Analisis Pengaruh Penyambungan Grid Tie Inverter terhadap Harmonisa Sistem Saat Terhubung Beban pada Jaringan TR. Skripsi, 1 – 25.
- Sharma, R. and Goel, S., 2017. Performance analysis of a 11.2 kWp roof top grid-connected PV system in Eastern India. *Energy Reports*, 3, pp.76-84.
- JARINGAN, I.P.K. and AFIFAH, K., 2016. PERENCANAAN DAN TATA KELOLA MERESPON.

LAMPIRAN



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

Jl. Ir. Sutarni 36 A Kentingan Surakarta
Tlp. 0271 647069 web: <http://elektro.ft.uns.ac.id>

Nomor : 97 /UN27.08.06.7/PP/2019
Lampiran : Proposal KP
Hal : Permohonan Kerja Praktek

11 September 2019

Yth. Kepala B2TKE
B2TKE BPPT
Gd 620 Kawasan PUSPIPTEK, Setu,
Tangerang Selatan 15314

Dengan Hormat,

Dengan surat ini kami bermaksud mengajukan permohonan kepada Bapak/Ibu untuk menerima mahasiswa kami kerja praktek / magang pada perusahaan yang Bapak/Ibu pimpin. Adapun nama mahasiswa tersebut adalah sebagai berikut:

Nama : **WELDINO PANJI KURNIADI**
N I M : **10717041**


Untuk pelaksanaan kerja praktek tersebut di atas dimohonkan mulai tanggal **20-01-2020** sampai **29-02-2020** atau dalam waktu yang lain sesuai dengan kebijakan perusahaan Bapak/Ibu.

Untuk surat balasan mohon dialamatkan kepada:

Kepala Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutarni 36A Surakarta 57126 Telp. 0271-647069

Atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.

Mengetahui,
Kepala Program Studi


Feri Adriyanto, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP 196801161999031001

Koordinator Kerja Praktek


Jaka Sulistya Budi
NIP 196710191999031001



BALAI BESAR TEKNOLOGI KONVERSI ENERGI
B2TKE- BPPT Gd. 620 Kawasan Puspiptek, Serpong, Tangerang Selatan 15314
Telp (021) 7560550, Faks (021) 7560904, Website <https://www.b2tke.bppt.go.id>

Nomor : B-33/BPPT/B2TKE/SD/DL.03.01/09/2019
Sifat : Biasa
Lampiran :
Hal : Praktek Kerja Industri (Prakerin)

TangSel, 01 September 2019

Yth
Bapak Fery Adnyanto, S.Si, Msi, P.hd
u.p Bapak Jaka Sulistya Budi
Universitas Sebelas Maret
Fakultas Teknik Elektro
JL. Ir. Sutami 36 A Kentingan Surakarta
Telp : (0271) 647069

Menjawab Surat Dinas Nomor 98/UN27.08.06.7/PP/2019 tanggal 10 September 2019 perihal Permohonan Izin Penelitian Kerja Praktik, maka bersama ini disampaikan hal-hal sebagai berikut

1. Pada prinsipnya kami menerima permohonan melaksanakan Izin Penelitian Kerja Praktik di Balai Besar Teknologi Konversi Energi.

NO	NAMA	NIM	PROGRAM KEAHLIAN	PEMBIMBING
1	Kevin Dwiyanto Saputra	10717023	Teknik Elektro	Asih Kurniasari, ST
2	Weldino Panji Kurniadi	10717041	Teknik Elektro	Asih Kurniasari, ST

2. Adapun pelaksanaan Prakerin dimulai pada tanggal 20 Januari s/d 29 Februari 2020, dan siswa membawa pasphoto berwarna uk. 2x3 cm = 3 lembar.
3. Semua biaya yang timbul dalam waktu pelaksanaan Prakerin, termasuk biaya atas kerusakan atau kehilangan alat-alat yang diperlukan adalah tanggung jawab yang bersangkutan, dan segala macam penggunaan peralatan harus didampingi dan diketahui oleh operator yang bertanggung jawab di laboratorium tersebut.
4. Setelah selesai melaksanakan Prakerin Mahasiswa diwajibkan memberi 1 (satu) copy laporan kepada Balai Besar Teknologi Konversi Energi.
5. Yang bersangkutan bisa menghubungi sdr Yuniandingsih (085782180511)

Demikian disampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Kepala Balai Besar Teknologi
Konversi Energi

Dr. Mohammad Mustafa Sarinanto
NIP. 19680502 1988011001

Tembusan:
1. Ka. Bag. Umum
2. Ka. Bidang Teknologi Kelistrikan



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

Jl. Ir. Sutami 36-A Ketingan Surakarta
telp. 0271 647069 web: <http://elektro.ft.uns.ac.id>

LEMBAR TUGAS KERJA PRAKTEK

Nama Mahasiswa	: WELDINO PANJI KURNIADI
N I M	: 10717041
Dosen Pembimbing	: Meiyanto Eko Sulistyo, S.T., M.Eng.
NIP	: 197705132009121004
Tempat Kerja Praktek (KP)	: B2TKE BPPT
Alamat Tempat KP	: Gd 620 Kawasan PUSPIITEK, Setu, Tangerang Selatan 15314
Tanggal Kerja Praktek (KP)	: s.d.

Diskripsi Tugas Mahasiswa

1. Jenis-jenis energi terbarukan termuruk yang ada di B2TKE BPPT
2. Penelitian-penelitian di B2TKE BPPT
3. Pelajar paper-paper yang berkaitan energi terbarukan dan konvergensi energi

Surakarta, 3 Januari 2020
Dosen Pembimbing Kerja Praktek

**Meiyanto Eko Sulistyo, S.T.,
M.Eng.
NIP. 197705132009121004**



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Ir. Sutami 36A Kentingan Surakarta 57126
Telp. (0271)647069, Fax. (0271)662118
laman: <http://ft.uns.ac.id>

Nomor : 14/UN27.08/ks/2020
Hal : Penugasan Kerja Praktek

3 January 2020

Yth. Kepala B2TKE
B2TKE BPPT
Gd 620 Kawasan PUSPIPTEK,
Setu, Tangerang Selatan 15314

Dengan Hormat,

Berdasarkan surat No. **B-323/BPPT/B2TKE/SD/DL.03.01/09/2019** tanggal **04-09-2019** mengenai jawaban permohonan kerja praktek, bersama ini kami tugaskan mahasiswa Program Studi Teknik Elektro sebagai berikut untuk melaksanakan kerja praktek / magang di perusahaan Bapak / Ibu:

Nama : **WELDINO PANJI KURNIADI**
N I M : **10717041**

Terhitung,

mulai tanggal : **20-01-2020**
selesai tanggal : **29-02-2020**

Demikian surat penugasan ini untuk dilaksanakan sebagaimana mestinya.



Dr. tech. Ir. Sholihin As'ad, M.T.
NIP. 196710011997021001



BALAI BESAR TEKNOLOGI KONVERSI ENERGI

B2TKE- BPPT Gd. 620 Kawasan Puspiptek, Serpong, Tangerang Selatan 15314
Telp (021) 75600916, Faks (021) 7560904, Website <https://www.b2tke.bppt.go.id>

SURAT KETERANGAN

NOMOR : B 11 /B2TKE/KET/DL.03.01/03/2020

Yang Bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dr. Mohammad Mustafa Sarinanto
NIP : 19680502 1988011001
Jabatan : Kepala Balai Besar Teknologi Konversi Energi

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : Weldino Panji Kurniadi
NIM : 10717041
Jurusan : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sebelas Maret

Benar – benar telah melaksanakan kegiatan magang di Balai Besar Teknologi Konversi Energi – BPPT mulai tanggal 20 Januari s/d 29 Februari 2020 yang dibimbing oleh Asih Kurniasari, ST

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Tangeran Selatan, 03 Maret 2020
Kepala Balai Besar Teknologi
Konversi Energi,



Dr. Mohammad Mustafa Sarinanto
Nip. 19680502 1988011001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

Jl. Ir. Sutarni 36 A Ketingan Surakarta
telp. 0271 647069 web: <http://elektro.ft.uns.ac.id>

LEMBAR PENILAIAN KERJA PRAKTEK

Nama : **WELDINO PANJI KURNIADI**
NIM : **10717041**

A. Nilai Perusahaan (bobot 60%)

No	Kriteria	Nilai Angka	Nilai Huruf
Sikap Kerja :			
1.	Kerajinan dan Kedisiplinan	80	A
2.	Kerjasama	85	A
3.	Inisiatif	90	A
Hasil Kerja :			
4.	Ketrampilan	90	A
5.	Kerapian	85	A
	Nilai Rata-rata	86	A

B. Nilai Seminar KP/Dosen (bobot 40%)

1.	Tata tulis, Penyampaian Makalah, Penguasaan Materi, Kemampuan Menjawab Pertanyaan	87	A
----	---	----	---

Nilai Akhir

86,5 A

Catatan :

- a. 85 s/d 100 : A
b. 80 s/d 84 : A-
c. 75 s/d 79 : B+

- d. 70 s/d 74 : B
e. 65 s/d 69 : C+
f. 60 s/d 64 : C

Dosen Pembimbing KP

Meiyanto Eko Sulistyo, S.T., M.Eng.
NIP. 197705132009121004

Pembimbing Lapangan

Arif Furqan

LEMBAR KONSULTASI KERJA PRAKTEK

Nama Mahasiswa : WELDINO PANJI KURNIADI
 NIM : 10717041
 Dosen Pembimbing : Meiyanto Eko Sulistyo, S.T.,
 M.Eng./197705132009121004
 Pembimbing Lapangan : _____
 Tempat Kerja Praktek : B2TKE BPPT
 (KP)
 Alamat Tempat KP : Gd 620 Kawasan PUSPIPTEK, Setu,
 Tangerang Selatan 15314
 Tanggal Kerja Praktek : s.d.
 (KP)

No	Tanggal	Uraian Kegiatan	Paraf Pembb.
1	5/9 ²⁰¹⁹	mempelajari Smart grid dan PV	Cip
2	6/9 ²⁰¹⁹	ACC tempat KP	Cip
3	11/9 ²⁰¹⁹	konsultasi Proposal KP (ACC)	Cip
4	3/1 ²⁰²⁰	deskripsi tugas mahasiswa	Cip
5	20/1 ²⁰²⁰	Pengenalan B2TKE BPPT Puspiptek	df
6	21/1 ²⁰²⁰	konsultasi topik KP	df
7	23/1 ²⁰²⁰	Pemilihan topik KP	df
8	23/1 ²⁰²⁰	Pengenalan komponen-komponen PV	df
		10 kWp on smart grid	
9	27/1 ²⁰²⁰	Pengambilan data-data pada Web SCADA	df
10	13/2 ²⁰²⁰	konsultasi tentang data-data pada SCADA	df
11	12/2 ²⁰²⁰	Pengenalan lebih lanjut tentang sistem kerja PV 10 kWp Smart Grid	df

Catatan :

1. Lembar pantauan ditandatangani dosen pembimbing selama penyusunan proposal & laporan akhir
2. Lembar konsultasi ditanda tangani pembimbing lapangan dan distempel selama kegiatan di lapangan

TE-KP-002



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

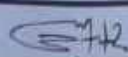










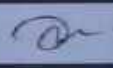
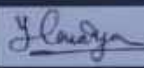
Jl. Ir. Sutami 36/A Ketingan Surakarta
Tlp. 0271 647069 web: <http://elektro.ft.uns.ac.id>

DAFTAR HADIR SEMINAR KERJA PRAKTEK

Nama : **WELDINO PANJI KURNIADI / 10717041**
Judul Laporan : **Analisis Sistem Kerja dan Performa PV Rooftop 10 kWp Berbasis Smart grid pada Gedung B2TKE BPPT Puspiptek Serpong**
Tanggal KP : **2020-01-20 s.d. 2020-02-29**
Tempat KP : **B2TKE BPPT**
Pembimbing : **Meiyanto Eko Sulisty, S.T., M.Eng./ 197705132009121004**

No	Nama	NIP/NIM	Tanda Tangan
1.	Izzuddin 'Ulwan	10719001	
2.	M. Maulana Fubud	10717025	
3.	Hisbullah Ahmad Fathoni	10717021	
4.	Sony Adyastomo	10717039	
5.	Nanda Hapidz. R	10717025	
6.	Muhammad Hasya N	10719049	
7.	Alvin Ichwanur Ratna	10717004	
8.	M. Iqbal Zidny	10717029	
9.	Aditya Pratama	10717001	
10.	Bakasrian Fericoeni	10717009	
11.	Kevin Dwiyanto Saputra	10717023	
12.	M. Iqbal Ar	10717020	
13.	Andhika R	10718004	

TEK-010

14.	Latya Afif W	10718006	
15.	Khilatul Hanif	10718017	
16.	Stacy Arthur E.S.	10718034	
17.	Annisa Larasati F	10718005	
18.	Rizal Mujaaddid I	10718031	
19.	M. Didin Kamaludin	10718022	
20.	Roy Heran M	10718032	
21.	Afrion An P	10718003	
22.	Abraham Babistio	10718001	
23.	Nada Syedza Anzal	10718025	
24.	M. Ravi R	10718020	
25.	Desi Sunyanti	10718007	
26.	Hanandya MS	10718013	
27.			
28.			
29.			
30.			