

Manfaat Pengadaan Panel Surya dengan Menggunakan Metode *On Grid***Setyo Yuwono¹; Diharto²; Nugroho Wahyu Pratama³**^{1,2,3} Universitas Negeri Semarang¹ yuwono21@mail.unnes.ac.id**ABSTRACT**

Government policies related to the use of renewable energy of 23% in 2023 underlie UNNES in formulating policies related to environmental issues for the last 4 years. As a university that has a conservation vision, UNNES is committed to continuing to develop environmentally friendly technologies with a vision of sustainable development. One form of providing renewable energy is using a solar panel system as a source of environmentally friendly electrical energy. The use of solar panels as an energy source has not been widely applied because of the large investment value. However, the potential benefits of using solar panels are very high because the availability of sunlight is not limited and does not produce harmful emissions. Optimizing the use of solar panels in harvesting the potential for solar energy needs to be mapped with a comprehensive method according to field conditions and needs. One method of developing solar panels is an efficient and more economical on-grid model. Currently, UNNES has 6 solar panel systems that operate in 6 buildings with a total generation capacity of 226.7 Kwp, but there is no concrete clarity regarding useful aspects other than the reduction in PLN electricity power. This study aims to determine the concrete benefits of using solar panels. Research on the benefits of procuring solar panels will be carried out using an observational approach and literature study. The stages for analyzing data are data collection, data categorization reduction, data presentation, and concluding.

Keywords: *Electricity; on-grid; solar panels; PLTS***ABSTRAK**

Kebijakan pemerintah terkait penggunaan energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2023 mendasari UNNES dalam menyusun kebijakan terkait isu lingkungan selama 4 tahun terakhir. Sebagai perguruan tinggi yang memiliki visi konservasi, UNNES berkomitmen untuk terus mengembangkan teknologi ramah lingkungan bervisi pembangunan berkelanjutan. Salah satu bentuk penyediaan energi terbarukan adalah menggunakan sistem solar panel sebagai sumber energi listrik ramah lingkungan. Penggunaan solar panel sebagai sumber energi belum banyak diaplikasikan karena nilai investasi yang besar. Namun potensi kebermanfaatan penggunaan solar panel sangat tinggi karena ketersediaan sinar matahari tidak terbatas dan tidak menghasilkan emisi berbahaya. Optimalisasi penggunaan solar panel dalam pemanenan potensi energi matahari perlu dipetakan dengan metode yang komprehensif sesuai kondisi lapangan dan kebutuhan. Salah satu metode pengembangan solar panel adalah model on grid yang efisien dan lebih ekonomis. Saat ini UNNES telah memiliki 6 sistem solar panel yang beroperasi pada 6 gedung dengan total kapasitas pembangkitan sebesar 226,7 Kwp, namun belum ada kejelasan yang kongkrit terkait dengan aspek-aspek kebermanfaatan selain dari sisi pengurangan daya listrik PLN. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui manfaat konkrit penggunaan solar panel. Penelitian mengenai manfaat pengadaan solar panel akan dilakukan dengan pendekatan observasi dan studi pustaka. Tahapan untuk menganalisis data yaitu pengumpulan data, reduksi kategorisasi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan.

Kata kunci: *Listrik; on grid; panel surya; PLTS*

1. PENDAHULUAN

Isu pemanasan global menjadi permasalahan yang dihadapi di setiap negara termasuk Indonesia. Penggunaan energi berbahan bakar fosil menjadi salah satu penyebab peningkatan suhu atmosfer bumi oleh karena itu penggunaan energi karbon harus dikurangi. Energi alternatif yang tidak menghasilkan emisi menjadi pilihan yang dapat diambil untuk ikut andil dalam mencegah pemanasan global. Energi alternatif merupakan bentuk energi yang dapat dimanfaatkan oleh manusia secara terus menerus dan minim emisi seperti angin, panas bumi, dan sinar matahari [1].

Sebagai wujud kepedulian Indonesia terhadap permasalahan pemanasan global, saat ini pemerintah menetapkan kebijakan terkait penggunaan energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025 [2]. Transformasi penggunaan energi dari bahan bakar fosil menjadi energi terbarukan menjadi tantangan sekaligus upaya penyelamatan bumi yang harus dilakukan segala elemen masyarakat termasuk perguruan tinggi. Universitas Negeri Semarang (UNNES) sebagai salah satu perguruan tinggi yang mengusung visi konservasi berkomitmen untuk mendukung dan melaksanakan upaya pemerintah dalam transformasi energi terbarukan melalui salah satu dari tiga pilar spirit konservasi yaitu sumberdaya alam dan lingkungan [3]. Salah satu upayanya adalah dengan membuat sistem pemenuhan kebutuhan energi listrik menggunakan panel surya sebagai pengganti penggunaan sumber listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN).

Upaya transformasi energi yang dilakukan UNNES dalam perjalanannya mendapatkan beberapa kesulitan, diantaranya adalah instalasi panel surya yang mahal, hal ini dikarenakan komponen serta biaya pemasangan yang mahal sehingga perlu adanya modifikasi penggunaan maupun instalasi komponen. Sistem panel surya on-grid atau terhubung pada jaringan merupakan salah satu model sistem panel surya yang dirasa paling ekonomis dan efisien, hal ini dikarenakan dengan tidak adanya komponen baterai sehingga biaya komponen dan pemasangan dapat ditekan. Dengan pemilihan sistem on-grid diharapkan UNNES mampu untuk memaksimalkan potensi sekaligus memperbanyak instalasi panel surya.

UNNES saat ini sudah menggunakan sumber energi baru terbarukan untuk menggantikan sebagian kebutuhan listrik yang bersumber dari PLN. Pemanfaatan panel surya sudah dilakukan UNNES sejak tahun 2018 dan sampai tahun 2021 sebanyak 12 sistem panel surya pada 6 gedung sudah terpasang dan sudah aktif sebagai perangkat sumber energi. Manfaat penggunaan panel surya sudah dapat dirasakan dari segi penghematan tagihan bulanan biaya energi, namun efisiensi energi belum dapat diukur secara tepat karena harus membandingkan antara pengurangan biaya tagihan bulanan dengan biaya instalasi panel surya. Aspek waktu pengembalian biaya investasi menjadi poin penting dalam menentukan tingkat efisiensi panel surya. Panel surya tidak memiliki emisi gas buang. Penggambaran penurunan emisi gas buang dibandingkan sumber energi fosil merupakan potensi penggunaan panel surya sebagai energi alternatif yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan dalam mengkaji potensi-potensi manfaat yang didapatkan dalam proses transformasi energi yang sudah dilakukan oleh UNNES.

Berdasarkan latar belakang tersebut, UNNES perlu mengambil peran untuk mengoptimalkan penggunaan panel surya dengan metode *on grid*. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki berupaya untuk menganalisis manfaat penggunaan panel surya di UNNES; mengidentifikasi efisiensi penggunaan energi listrik setelah dilakukan instalasi panel surya di UNNES; dan mengidentifikasi tingkat penurunan emisi yang dapat dicapai melalui penggunaan panel surya di UNNES.

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai salah satu sumber referensi pengembangan energi terbarukan di UNNES terutama yang berbasis panel surya. Kejelasan nilai efisiensi akan membantu dalam mempertimbangkan pengembangan panel surya selanjutnya. Tingkat penurunan emisi akan secara khusus mendukung visi-misi UNNES sebagai kampus

konservasi. Selain itu, dapat menjadi rujukan bagi berbagai pihak yang ingin mengaplikasikan teknologi panel surya sebagai energi alternatif, sehingga mampu memberikan progres yang positif ke arah pembangunan nasional.

2. METODE

2.1. Pendekatan dan Model Penelitian

Penelitian ini akan melakukan pendekatan kualitatif untuk menjawab pertanyaan penelitian. Analisis kualitatif dianggap bermanfaat untuk memperluas pemahaman kebutuhan listrik di Universitas Negeri Semarang (UNNES). Secara keseluruhan, tujuan investigasi kualitatif adalah untuk mendapatkan pemahaman mendalam tentang fenomena rinci dan bukan hanya deskripsi yang dangkal.

Menurut Hidayat (2010), penelitian deskriptif merupakan metode penelitian yang digunakan untuk menemukan pengetahuan yang seluas-luasnya terhadap objek penelitian pada suatu masa tertentu [4]. Sedangkan menurut Punaji (2010) penelitian ini adalah tujuannya untuk menjelaskan atau mendeskripsikan suatu peristiwa, keadaan, objek apakah orang, atau segala sesuatu yang terkait dengan variable-variabel yang bisa dijelaskan baik menggunakan angka-angka maupun kata-kata (interpretasi) [5].

Penelitian ini berdasarkan pengambilan data langsung dilapangan. Panel surya terhubung dengan PLN melalui inverter. Jaringan PLN menggunakan model jaringan tegangan menengah 3 phase. Beban listrik saat ini digunakan untuk peralatan perkantoran, pompa air, lift, penerangan, dan sistem informatika jaringan gedung. Panel surya yang digunakan per panel menghasilkan 350 wp. Pada penelitian ini parameter yang digunakan meliputi daya listrik, biaya, dan emisi.

2.2. Lokasi dan Unit Penelitian

Lokasi Penelitian ini yaitu Universitas Negeri Semarang (UNNES). Secara lebih spesifik, Penelitian ini dilakukan di Kampus UNNES wilayah barat, Kelurahan Sekaran, Kecamatan Gunungpati, Kota Semarang. Gedung yang menjadi lokasi penelitian yaitu Gedung Rektorat, Gedung IT, Gedung Prof. Sri Retnoningsih (LPPM), Gedung Prof. Satmoko (LP3), Gedung Rumah Ilmu, dan Gedung Kewirausahaan.

2.3. Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data

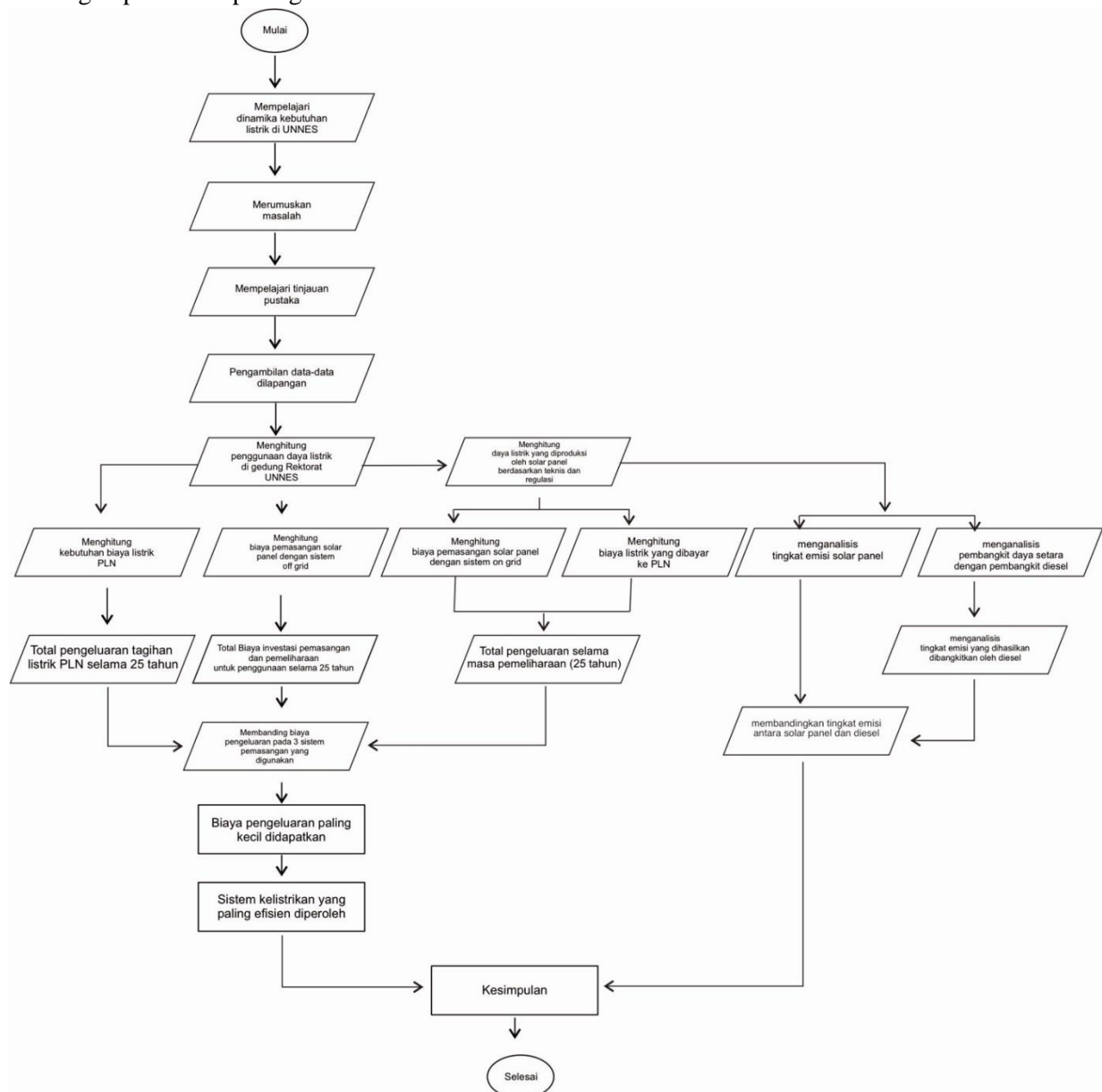
Teknik pengumpulan data dilakukan melalui tulisan dan observasi, studi pustaka, dan studi dokumen. Adapun teknik pengumpulan data ialah dengan langkah-langkah berikut: 1) Menghitung kebutuhan biaya listrik PLN; Menghitung biaya pemasangan solar panel dengan sistem off grid; Menghitung biaya pemasangan solar panel dengan sistem on grid; Menghitung biaya listrik yang dibayar ke PLN; Menganalisis tingkat emisi solar panel; Menganalisis pembangkit daya setara dengan pembangkit diesel; Menghitung total pengeluaran tagihan listrik PLN selama 25 tahun; Menghitung total biaya investasi pemasangan dan pemeliharaan untuk penggunaan selama 25 tahun; Menghitung total pengeluaran selama masa pemeliharaan (25 tahun); Menganalisis tingkat emisi yang dihasilkan dibangkitkan oleh diesel; Membanding biaya pengeluaran pada 3 sistem pemasangan yang digunakan; Membandingkan tingkat emisi antara solar panel dan diesel; Mengukur biaya pengeluaran paling kecil didapatkan; dan Mengevaluasi sistem kelistrikan yang paling efisien diperoleh.

Sementara itu, analisis data dilakukan dengan menggunakan teknik triangulasi yang dilakukan yaitu triangulasi sumber (informan, peristiwa, dokumen). Teknik analisis yang digunakan

adalah analisis interaktif dengan langkah pengumpulan data, reduksi data, display data, dan simpulan.

2.4. Tahapan dan Rancangan Penelitian

Tahapan yang ditempuh dalam penelitian dimulai dengan mempelajari dinamika kebutuhan listrik di UNNES, merumuskan masalah, mempelajari tinjauan pustaka, pengambilan data di lapangan, menghitung penggunaan daya listrik di gedung Rektorat UNNES, menghitung daya listrik yang diproduksi oleh solar panel berdasarkan teknis dan regulasi, menganalisis data, dan menarik kesimpulan. Secara lebih jelas, tahapan penelitian ini dapat digambarkan melalui *grand design* atau rancangan penelitian pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Rancangan Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Manfaat Penggunaan Panel Surya di Universitas Negeri Semarang

Energi merupakan kebutuhan dasar manusia, yang terus meningkat sejalan dengan tingkat kehidupannya. Bahan bakar minyak/energi fosil merupakan salah satu sumber energi yang terbatas dan bersifat tak terbarukan (non renewable energy sources) yang selama ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan pembangkitan energi listrik. Indonesia memiliki alternatif energi seperti tenaga air (Hydropower), panas bumi, gas bumi, gambut, biomassa, biogas, angin, energi laut, matahari yang dapat menggantikan ketergantungan terhadap bahan bakar minyak dan batu bara.

Energi alternatif merupakan pengganti dari energi yang berbahan konvensional. Energi terbarukan merupakan energi yang tidak dikhawatirkan jumlahnya karena energi ini berasal dari alam yang berkelanjutan. Energi terbarukan dan energi alternatif sangat diperlukan untuk mengantisipasi semakin berkurangnya bahan bakar minyak dan batubara. Semakin meningkatnya populasi manusia dan industri maka kebutuhan energi listrik semakin melonjak, sehingga memicu munculnya berbagai alternatif sebagai substitusi dari energi minyak ataupun batu bara tersebut sebagaimana ditunjukkan dalam tabel 1 berikut.

Tabel 1. Data Potensi Energi Terbarukan di Indonesia [6]

Terbarukan di Indonesia Jenis energi	Potensi	Kapasitas terpasang	Pemanfaatan
Panas bumi	29.544 MW	1.438,5 MW	4,9%
Air	75.091 MW	4.826,7 MW	6,4%
Mini dan Mikro Hidro	19.385 MW	197,4 MW	1.0 %
Bio-Energi	32.654 MW	1.671 MW	5,1%
Surya	207.898 MW (4,80 kWh/m ² /hari)	78,5 MW	0.04%
Angin	60.647 MW ($\geq 4\text{m/s}$)	3,1 MW	0.01%
Laut	17.989 MW	0,3 MW	0,002%

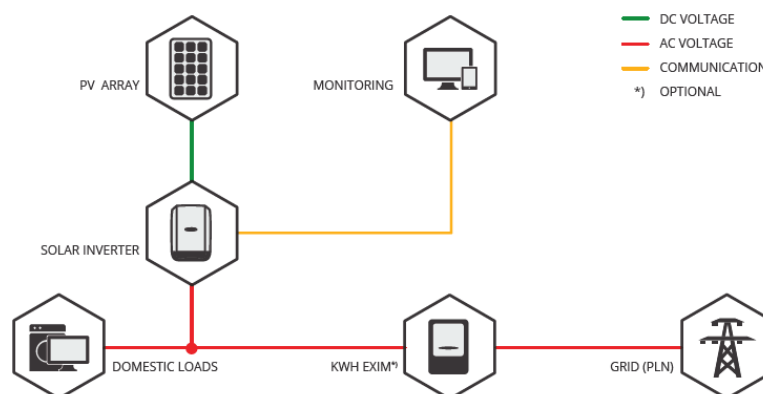
Potensi berbagai energi alternatif di Indonesia pada dasarnya sangat cukup untuk memenuhi kebutuhan aktifitas seluruh masyarakat, namun biaya investasinya yang mahal dan perawatan yang lebih rumit mengakibatkan energi alternatif masih belum menjadi pilihan utama. Energi terbarukan memiliki kecenderungan mahal karena sehingga pengembangan teknologi pemanfaatan energi tersebut menjadi terbatas dikarenakan minimnya investasi kepada sektor energi alternatif. Kebutuhan energi di masa depan akan sangat tinggi dan sumber energi konvensional lambat laun akan habis sehingga potensi penggunaan energi alternatif menjadi tinggi. Meskipun potensi energi surya bukan merupakan jenis energi yang terbesar, namun energi surya merupakan alternatif energi yang mudah untuk dibuat secara mandiri. Potensi pembangkitan energi alternatif berdasarkan letak geografis UNNES adalah menggunakan energi surya. Negara Indonesia adalah negara khatulistiwa sehingga Indonesia sepanjang tahun akan mendapatkan paparan sinar matahari. Berdasarkan data yang disampaikan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Republik Indonesia sekitar 4,8 kWh/m²/hari penyinaran matahari di Indonesia dengan variasi 9% [7].

Pemanfaatan energi matahari dapat berupa energi panas dan cahaya. Pemanfaatan panas matahari dapat berupa pengering hasil pertanian, pemanas air, pemanas ruangan, pembangkit listrik energi termal, sistem pengeringan pada industri genteng, batu bata dan lain-lain. Sedangkan pemanfaatan energi cahaya antara lain untuk penerangan gedung dan pembangkit listrik tenaga cahaya matahari (fotovoltaik).

Ada 2 jenis energi yaitu energi cahaya dan energi panas yang keduanya sangat bermanfaat untuk kehidupan. UNNES dalam pemanfaatan energi terbarukan saat ini mengembangkan panel surya sebagai salah satu pilihan yang terus dikembangkan dalam hal pemanfaatan sumber energi. Dengan menggunakan panel surya yang memanfaatkan cahaya matahari untuk dikonversi menjadi energi listrik melalui proses fotovoltaik.

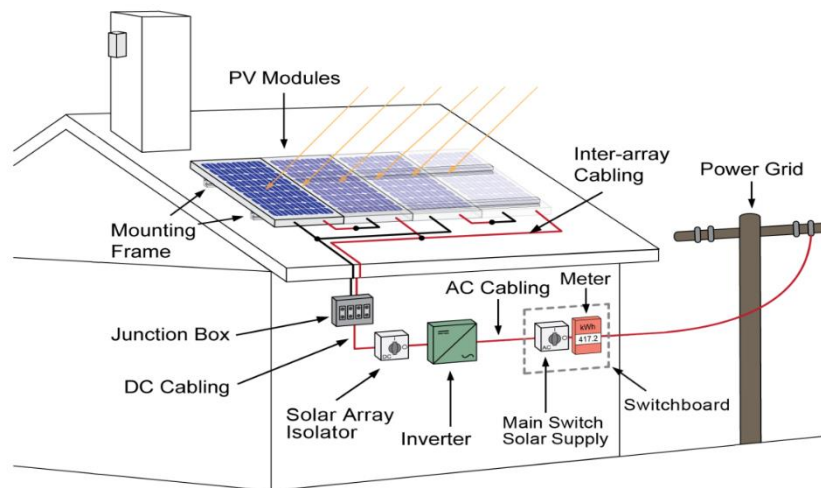
Sel surya merupakan sebuah perangkat yang mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik dengan proses efek fotovoltaik, oleh karenanya dinamakan juga sel fotovoltaik (Photovoltaic cell – disingkat PV)). Tegangan listrik yang dihasilkan oleh sebuah sel surya sangat kecil, sekitar 0,6V tanpa beban atau 0,45V dengan beban [5]. Untuk mendapatkan tegangan listrik yang besar sesuai keinginan diperlukan beberapa sel surya yang tersusun secara seri. Jika 36 keping sel surya tersusun seri, akan menghasilkan tegangan sekitar 16V. Tegangan ini cukup untuk digunakan mensuplai aki 12V. Untuk mendapatkan tegangan keluaran yang lebih besar lagi maka diperlukan lebih banyak lagi sel surya. Gabungan dari beberapa sel surya ini disebut panel surya atau modul surya. Susunan sekitar 10 - 20 atau lebih panel surya akan dapat menghasilkan arus dan tegangan tinggi yang cukup untuk kebutuhan sehari hari.

Sistem panel surya yang dianggap paling ekonomis dan andal saat ini adalah sistem panel surya yang terhubung dengan jaringan (on-grid). Sistem ini adalah yang paling sering digunakan jika bangunan telah terhubung ke jaringan PLN yang stabil. Pada siang hari, sistem panel surya menghasilkan listrik yang langsung dapat digunakan untuk memenuhi beban peralatan listrik. Panel surya menghasilkan listrik arus DC yang perlu diubah menjadi listrik arus bolak-balik (AC) menggunakan inverter sehingga dapat digunakan secara langsung pada rumah maupun kegunaan bisnis. Proses tersebut dapat digambarkan melalui blok diagram sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2 berikut.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem Panel Surya

Beberapa panel surya dikelompokkan secara seri (string) dan daya listrik DC yang dihasilkan dibawa ke inverter tunggal yang mengubah daya DC menjadi daya AC. Penggunaan baterai tidak diperlukan dalam sistem semacam ini karena fungsi baterai digantikan oleh jaringan, yaitu sebagai penyimpan saat daya listrik yang dihasilkan panel surya lebih besar dari beban (ekspor) dan ketika produksi listrik panel surya lebih kecil dari pada beban maka berfungsi sebagai sumber listrik pendukung (impor). Dengan tidak adanya baterai maka akan mengurangi biaya investasi. Gambar 3 menunjukkan sistem panel surya yang terhubung jaringan.



Gambar 3. Diagram sistem panel surya terhubung jaringan

Bagi Universitas Negeri Semarang (UNNES), pemanfaatan penggunaan panel surya memberikan beberapa dampak yang signifikan. Pemanfaatan ini mendorong langkah UNNES untuk mewujudkan visi UNNES yakni menjadi universitas berwawasan konservasi dan bereputasi internasional. Beberapa manfaat penggunaan panel surya di Universitas Negeri Semarang ialah sebagai berikut.

1. Hemat Biaya Listrik Bulanan

Meski memerlukan biaya relatif besar ketika pemasangan, menggunakan panel surya dalam jangka panjang akan memberikan keuntungan secara finansial bagi UNNES. Karena berasal dari tenaga matahari yang tak terbatas, pengguna panel surya dapat mengurangi atau bahkan terbebas dari keharusan membayar tagihan listrik bulanan pada perusahaan penyedia listrik negara atau PLN. Seperti diketahui tarif listrik juga terus mengalami kenaikan secara berkala.

2. Multifungsi

Selain bisa digunakan untuk menghasilkan tenaga listrik, panel surya juga bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan panas atau solar thermal. Solar thermal skala kecil untuk di rumah, umumnya bisa digunakan sebagai penghangat ruangan, pemanas air, hingga penghangat kolam renang. Dalam jangka panjang, pemanfaatan dan penggunaan panel surya di UNNES juga diarahkan untuk mampu menghasilkan dan mengolah panas atau solar thermal.

3. Minim Biaya Pemeliharaan

Panel surya tidak memerlukan perawatan yang rumit dan berlebihan. Cukup dibersihkan secara rutin secara berkala setiap bulan, perangkat panel surya tersebut tetap akan bisa terjaga dengan baik. Hal ini tentu menghemat anggaran yang perlu dikeluarkan oleh UNNES untuk melakukan pemeliharaan. Perangkat panel surya yang ada di UNNES umumnya bisa berdaya pakai hingga puluhan hingga belasan tahun sehingga mampu menjadi investasi jangka panjang kedepannya.

4. Kontribusi Penyelamatan Lingkungan

Tak terbantahkan lagi bahwa saat ini bumi terus mengalami peningkatan suhu dan pemanasan global yang signifikan. Beralih menggunakan panel surya dapat menjadi salah satu langkah nyata UNNES untuk terlibat dalam upaya penyelamatan bumi.

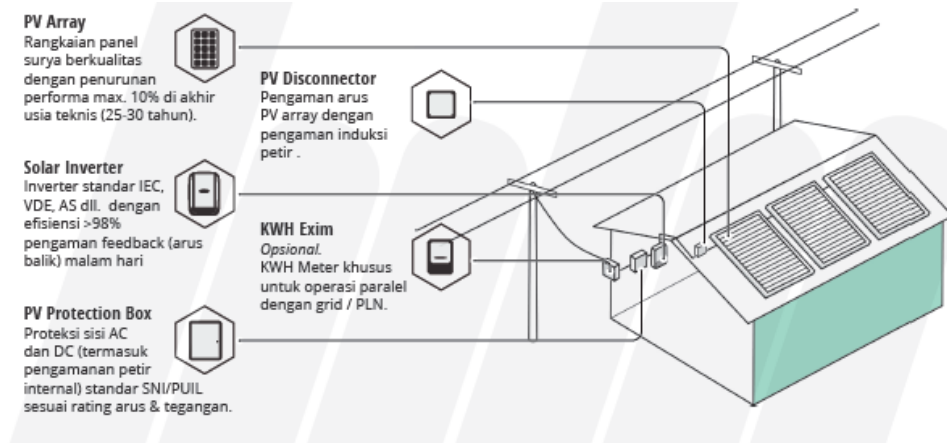
3.2. Efisiensi Penggunaan Energi Listrik Setelah Dilakukan Instalasi Panel Surya di Universitas Negeri Semarang

Banyaknya manfaat dari penggunaan panel surya sebagai energi alternatif berdampak pada tingginya efektivitas dan efisiensi pengelolaan sumber daya listrik di UNNES. Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atau Panel Surya dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti intensitas penyinaran, suhu, serta pengaruh bawaan manufaktur, seperti efisiensi panel surya. Daya listrik yang dihasilkan panel surya juga dipengaruhi oleh faktor eksternal lain seperti ada tidaknya bayangan yang mengenai panel surya, orientasi, kemiringan, letak dan posisi pemasangan, serta cuaca. PLTS ini dapat diaplikasikan ke dalam beberapa jenis bahan seperti *tile roof* (genteng), *metal roof*, dan *compound roof* (dak beton).



Gambar 4. Aplikasi Panel Surya

Sebagai contoh, bila panel surya terkena bayangan pohon, sel surya akan menghasilkan arus yang lebih sedikit sehingga energi yang dihasilkan pun menurun. Meski demikian, panel surya di UNNES sangatlah memiliki efisiensi penggunaan yang baik, hal ini karena UNNES berada di daerah yang tinggi sehingga mendapatkan pencahayaan sinar matahari dengan baik. Berikut ilustrasi komponen PLTS sesuai dengan tampilan pada Gambar 5.

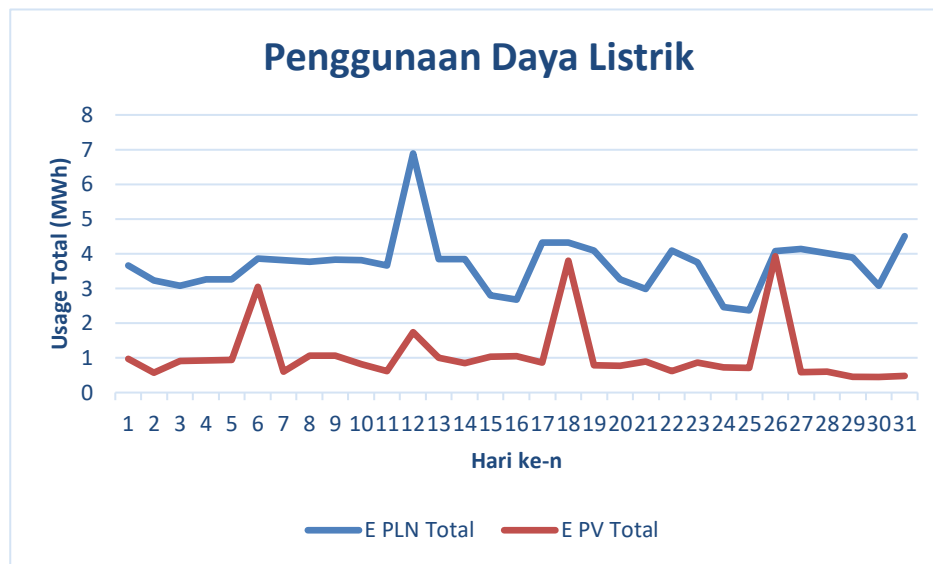


Gambar 5. Ilustrasi komponen PLTS on grid

Secara rinci, penelitian ini telah mengkatagorisasi kebutuhan penggunaan listrik di Universitas Negeri Semarang dalam 31 hari atau satu bulan sebagaimana tampil pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Penggunaan listrik UNNES selama 31 hari atau satu bulan terakhir

DateTime	Hari ke-	E PLN Total (MWh)	E PV Total (MWh)	total usage (MWh)
2021-09-20 00:00:00	1	3,665527344	0,970855713	4,636383057
2021-09-21 00:00:00	2	3,235107422	0,573257446	3,808364868
2021-09-22 00:00:00	3	3,079101563	0,908691406	3,987792969
2021-09-23 00:00:00	4	3,267333984	0,926651001	4,193984985
2021-09-24 00:00:00	5	3,255249023	0,948165894	4,203414917
2021-09-27 00:00:00	6	3,865356445	3,045028687	6,910385132
2021-09-28 00:00:00	7	3,817016602	0,599761963	4,416778564
2021-09-29 00:00:00	8	3,762268066	1,058746338	4,821014404
2021-09-30 00:00:00	9	3,826293945	1,068572998	4,894866943
2021-10-01 00:00:00	10	3,81427002	0,823257446	4,637527466
2021-10-04 00:00:00	11	3,661132813	0,61932373	4,280456543
2021-10-06 00:00:00	12	6,88885498	1,740814209	8,629669189
2021-10-07 00:00:00	13	3,838378906	1,004119873	4,842498779
2021-10-08 00:00:00	14	3,844726563	0,851013184	4,695739746
2021-10-09 00:00:00	15	2,800109863	1,039352417	3,83946228
2021-10-10 00:00:00	16	2,671142578	1,051132202	3,72227478
2021-10-11 00:00:00	17	4,323486328	0,861923218	5,185409546
2021-10-13 00:00:00	18	4,317810059	3,791625977	8,109436035
2021-10-14 00:00:00	19	4,097717285	0,790390015	4,8881073
2021-10-16 00:00:00	20	3,257629395	0,768173218	4,025802612
2021-10-17 00:00:00	21	2,991210938	0,890045166	3,881256104
2021-10-18 00:00:00	22	4,091674805	0,617340088	4,709014893
2021-10-19 00:00:00	23	3,749694824	0,858856201	4,608551025
2021-10-20 00:00:00	24	2,455627441	0,722442627	3,178070068
2021-10-24 00:00:00	25	2,368103027	0,704818726	3,072921753
2021-10-26 00:00:00	26	4,078369141	3,926315308	8,004684448
2021-10-27 00:00:00	27	4,143005371	0,580688477	4,723693848
2021-10-28 00:00:00	28	4,008422852	0,604507446	4,612930298
2021-10-29 00:00:00	29	3,888244629	0,453201294	4,341445923
2021-10-30 00:00:00	30	3,074279785	0,456192017	3,530471802
2021-11-01 00:00:00	31	4,512756348	0,485214233	4,997970581



Gambar 6. Grafik Penggunaan listrik (6 gedung) UNNES selama 31 hari atau satu bulan terakhir

Dari tabel dan grafik tersebut didapatkan temuan bahwa UNNES membutuhkan 148,39038086 MWh untuk dapat beroperasi (menggunakan sumber daya listrik) selama 31 hari atau satu bulan. Kebutuhan tersebut jika dirincikan maka akan terpenuhi oleh sumber daya PLN sebesar 114,6499023 MWh (77,2%) dan sumber daya solar photovoltaic (PV) sebesar 33,74047852 MWh (22,8%). Dengan demikian akan didapat bahwa rerata kebutuhan pembangkitan daya perhari adalah 4,7867786479 MWh, dimana 3,698383947 MWh berasal dari PLN dan 1,0884022533 MWh berasal dari solar PV.

Tabel 3. Kalkulasi penghitungan daya listrik selama 25 tahun

Uraian	E PLN Total	E PV Total	Total Usage	satuan hitung
Rerata pembangkitan perhari	3,698383947	1,088402533	4,786786479	MWh
Tahun (estimasi penggunaan)	25	25	25	tahun
Tahun dalam hari	365	365	365	hari
Total energi terpakai	33747,75351	9931,673111	43679,42662	MWh
Tarif Dasar Listrik 2021 P2	Rp900,00	Rp900,00	Rp900,00	/KWh
	Rp30.372.978.161,23	Rp8.938.505.800,31	Rp39.311.483.961,54	Rp.

Melalui kalkulasi tersebut dapat disimpulkan bahwa rerata efisiensi PLTS atau solar PV menunjukkan besarnya energi matahari yang dapat dikonversi menjadi listrik telah berkontribusi besar terhadap penggunaan daya listrik di UNNES.

3.3. Penurunan Emisi yang Dapat Dicapai melalui Penggunaan Panel Surya di Universitas Negeri Semarang

Penggunaan dan pemanfaatan panel surya tentu berdampak pada limbah yang dihasilkan. Tingkat emisi yang menurun sejak penggunaan panel surya merupakan salah satu kelebihan panel surya sebagai pembangkit daya listrik. Rata-rata jumlah emisi yang dihindari dari pemanfaatan PLTS atau solar PV adalah sebesar 0.934 kg/KWh. Nilai absolutnya dihitung dengan cara mengalikan jumlah energi listrik dari solar PV yang dibangkitkan dalam satuan kWh dengan konstanta tersebut.

Dengan demikian jika 43.679,42662 MWh dikoversikan akan menjadi 43.679.426,62 KWh yang akan menghasilkan emisi sebesar 40.796.584,46 kg ($43.679.426,62 \text{ KWh} \times 0.934 \text{ kg/KWh}$). Tingkat emisi tersebut tergolong lebih rendah jika dibandingkan dengan emisi yang dihasilkan oleh PLN.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan tersebut, maka penelitian ini memiliki tiga simpulan utama. Pertama, beberapa manfaat penggunaan panel surya di Universitas Negeri Semarang ialah hemat biaya listrik bulanan, multifungsi, minim biaya pemeliharaan, dan berkontribusi pada penyelamatan lingkungan. Kedua, banyaknya manfaat dari penggunaan panel surya sebagai energi alternatif berdampak pada tingginya efektivitas dan efisiensi pengelolaan sumber daya listrik di UNNES. Ketiga, tingkat emisi yang dihasilkan oleh solar PV di UNNES tergolong lebih rendah jika dibandingkan dengan emisi yang dihasilkan oleh PLN.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Maria Ulfa, Mengenal Sumber Energi Alternatif: Matahari, Angin, Hingga Angin. Web: <https://tirto.id/mengenal-sumber-energi-alternatif-matahari-angin-hingga-air-gbaF>, 2021.
- [2] Peraturan Presiden Republik Indonesia, nomor 22 Tahun 2017 Tentang Rencana Umum Energi Nasional, Lampiran 1 RUEN, hal 20-23
- [3] Peraturan Rektor Universitas Negeri Semarang, No. 6 Tahun 2017, tentang Spirit Konservasi Universitas Negeri Semarang, pasal 8 huruf c
- [4] Peraturan Presiden Republik Indonesia, nomor 22 Tahun 2017 Tentang Rencana Umum Energi Nasional, Lampiran 1 RUEN, hal 20-23.
- [5] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Pemanfaatan Energi Surya di Indonesia. Web: <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/pemanfaatan-energi-surya-di-indonesia>, tahun 2010.
- [6] Hidayat Syah. 2010. Pengantar Umum Metodologi Penelitian Pendidikan Pendekatan Verivikatif. Pekanbaru: Suska Pres.
- [7] Punaji, Setyosari. 2010. Metode Penelitian dan Pengembangan. Jakarta: Kencana.
- [8] "Ringkasan Tag Manager" diakses dari laman <https://support.google.com/tagmanager/answer/6102821?hl=id>, 02 November 2021, pukul 12.00 WIB.