

RANCANG BANGUN KIOS MINUMAN DENGAN KONSEP CONTAINER BOOTH BERTENAGA SURYA

Suhono*, Arif Lukman Hakim, Nur Aqmarina, Unan Yusmaniar Oktiawati, Lukman Subekti, Adlan Bagus Pradana, Slamet, Ridwan Printis Ulung

Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia
e-mail: akhisuhono@ugm.ac.id, arifdom98@gmail.com, nuraqmarina99@mail.ugm.ac.id, {unan_yusmaniar, lukmans, adlan.pradana, slamet1963}@ugm.ac.id, ridwanprintisulung@gmail.com

Diterima: 7 Oktober 2021 – Direvisi: 7 November 2021 – Disetujui: 7 November 2021

ABSTRACT

Energy access is still limited to several areas with the criteria of being remote, underdeveloped, outermost (3T). In addition, limitations still occur in areas considered less economical if an electrical system or network is built. Therefore, there is a need to implement solar panel technology that can improve the economy of the people in areas with these limitations. The objectives of this study are threefold. First, to design a beverage kiosk with a container booth concept where its energy needs are met using solar panels. Second, to analyze the energy consumption ratio between direct current (DC) and alternating current (AC) electricity systems when used to meet the needs of the container booth. Third, to analyze the potential for reducing carbon emissions through the use of solar-powered container booths. This research was conducted by analyzing the initial energy requirements through a survey on existing container booth users. The system design is carried out and tests the energy produced by solar panels and the energy consumed for beverage processing. The total energy produced and the potentials for emission reduction were analyzed from each system's test data (DC and AC). The AC system has an efficiency of 21.11%, while the DC system has 19.08%. In terms of battery usage for one day of use, the AC system will reduce 12.03% of the battery while the DC system is 14.34%. The analysis shows that this solar-powered beverage kiosk can meet operational energy needs for two days and reduce emissions equivalent to 34.82 to 58.84 kg of CO₂. This concept is expected to be an alternative for society.

Keywords: Beverage kiosk, Container booth, Electrical, Solar energy.

ABSTRAK

Akses energi masih terbatas pada beberapa wilayah dengan kriteria terpencil, tertinggal, terluar (3T). Selain itu keterbatasan juga masih terjadi pada daerah yang dianggap kurang ekonomis bila dibangun sistem atau jaringan listrik. Oleh karena itu, perlu adanya suatu implementasi teknologi panel surya yang mampu meningkatkan perekonomian masyarakat pada daerah yang memiliki keterbatasan tersebut. Tujuan dari penelitian ini ada tiga. Pertama, merancang sebuah purwarupa kiosk minuman berkonsep container booth yang kebutuhan energinya dipenuhi menggunakan panel surya. Kedua, menganalisis perbandingan konsumsi energi antara sistem listrik arus searah (DC) dan listrik arus bolak-balik (AC) bila digunakan untuk memenuhi kebutuhan container booth. Ketiga, menganalisis potensi pengurangan emisi karbon melalui penggunaan container booth bertenaga surya. Penelitian ini dilaksanakan dengan melakukan analisis kebutuhan energi awal melalui survei pada pengguna container booth yang telah ada. Selanjutnya, dilakukan perancangan sistem dan menguji energi yang dihasilkan oleh panel surya serta energi yang dikonsumsi untuk pengolahan minuman. Dari data pengujian pada masing-masing sistem (DC dan AC) dianalisis total energi yang dihasilkan dan potensi pengurangan emisinya. Sistem AC memiliki efisiensi sebesar 21,11% sedangkan sistem DC memiliki efisiensi sebesar 19,08%. Dari sisi penggunaan baterainya selama 1 hari pemakaian, sistem AC akan mengurangi 12,03% baterai sedangkan sistem DC sebesar 14,34%. Hasil analisis menunjukkan bahwa kiosk minuman bertenaga surya ini mampu memenuhi kebutuhan energi operasional selama 2 hari dan mampu mengurangi emisi setara dengan 34,82 sampai 58,84 kg CO₂. Konsep ini diharapkan dapat menjadi alternatif bagi masyarakat.

Kata Kunci: Container booth, Energi surya, Kios minuman, Listrik.

I. PENDAHULUAN

KETERBATASAN akses terhadap energi masih menjadi masalah di dunia dan di Indonesia. Masih ada beberapa wilayah dengan kondisi spesifik yang belum terjangkau oleh sistem energi. Kondisi tersebut meliputi daerah terpencil, daerah terisolasi atau daerah terluar yang sering dikenal dengan daerah 3T. Selain tiga kondisi tersebut, ada juga wilayah yang tidak terjangkau akses energi karena dinilai tidak ekonomis untuk dibangun infrastruktur jaringan energi [1]. Permasalahan ini harus menjadi perhatian dan dicarikan solusinya.

Permasalahan lain di bidang energi adalah adanya emisi karbon yang dihasilkan dalam proses produksi energi [2]. Pada tahun 2015, sektor energi memberikan beban kepada lingkungan sebesar 32.431 juta ton CO₂ dari total emisi dunia. Emisi tersebut berasal yang tertinggi dari sektor transportasi dan pembangkitan listrik (sumber: International Energy Agency). Pada proses pembangkitan listrik, sistem yang banyak menggunakan energi fosil akan lebih banyak menghasilkan emisi [3].

Proses pembangkitan listrik di Indonesia memiliki faktor emisi sebesar sekitar 0,8 ton per MWh untuk sistem Jawa-Madura-Bali dan Sistem Sumatera (sumber: RUPTL 2019-2028). Artinya, setiap proses penggunaan energi listrik sebesar 1 kWh akan menyumbangkan emisi pada lingkungan sebesar 0,8 Kg CO₂. Sistem pembangkit listrik di Indonesia memiliki porsi energi terbarukan sebesar 8% pada tahun 2016 sedangkan yang terbesar masih berasal dari batubara [4]. Oleh karena itu, perlu ditingkatkan porsi pembangkit berbasis energi terbarukan sebagaimana pemerintah Indonesia semakin meningkatkan akses panel surya ke daerah 3T dan daerah yang dinilai kurang ekonomis.

Penggunaan energi terbarukan pada daerah spesifik tersebut juga mengalami dilema, terutama daerah yang dinilai kurang ekonomis. Hal ini membutuhkan inovasi agar energi terbarukan selain mampu memenuhi kebutuhan dasar, juga dapat meningkatkan kehidupan ekonomis masyarakat. Di beberapa negara, instalasi energi terbarukan lebih mengedepankan manfaatnya terhadap kehidupan ekonomi dan sosial masyarakat [5]. Hal ini diharapkan dapat mengatasi keterbatasan akses energi yang disebabkan oleh biaya yang dinilai kurang ekonomis.

Solusi yang ditawarkan untuk mengatasi tiga permasalahan di atas adalah penggunaan *container booth* yang dilengkapi dengan panel surya sebagai teknologi untuk memenuhi kebutuhannya. Ada dua tipe penggunaan *container booth* tenaga surya, yaitu sebagai rumah tinggal dan sebagai kios berjualan. Penggunaan *container booth* sendiri sedang berkembang pesat di Indonesia, terutama untuk berjualan. Dengan konsep *building attached photovoltaic* (BAPV) skala kecil ini diharapkan mampu memenuhi kebutuhan energi di wilayah-wilayah spesifik tersebut.

Perkembangan teknologi energi terbarukan semakin pesat termasuk panel surya atau *photovoltaic* (PV). Hal ini banyak dipengaruhi oleh kesadaran masyarakat untuk memanfaatkan energi yang lebih bersih dari energi konvensional terutama yang bersumber dari fosil [6]. Selain karena kesadaran akan lingkungan, perkembangan panel surya juga didukung oleh harga panel surya yang semakin terjangkau [7]. Dengan kondisi tersebut, kini masyarakat baik secara individu, kelompok maupun institusi mulai memanfaatkan PV pada bangunan.

Penggunaan PV pada bangunan dibagi menjadi dua jenis [8]. Pertama adalah *building integrated photovoltaic* (BIPV). Konsep BIPV adalah memanfaatkan PV sebagai bagian dari bangunan [9]. Beberapa contohnya adalah *thin film PV* digunakan sebagai jendela, atap dan kanopi. Jenis yang kedua adalah *building attached photovoltaic* (BAPV). Pada BAPV, PV tidak digunakan sebagai bagian dari bangunan, tetapi dipasang sebagai tambahan/terpisah dari unsur bangunan. Contohnya adalah penggunaan PV yang dipasang di atas atap rumah atau gedung. Perbedaan utama dari BIPV adalah menjadi bagian dari komponen bangunan itu sendiri sedangkan BAPV terpisah [10], [11].

Penerapan konsep BAPV pada bangunan berbasis *container* telah banyak dilakukan. Sebagian besar penggunaannya adalah sebagai rumah tinggal. BAPV pada *container* rumah tinggal diuji di Aljazair pada kondisi iklim mediterania yang sejuk dan gurun Sahara yang kering [12] Sistem yang digunakan terdiri dari panel surya berkapasitas 2kWp, baterai 100Ah dan inverter. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem tersebut mampu memenuhi kebutuhan beban *refrigerator* 4464 Wh/hari. Produksi energi tertinggi berada pada periode pukul 11.00 hingga 14.00.

Konsep BAPV yang diaplikasikan pada *container booth* memang tidak banyak. Beberapa di antaranya diteliti wilayah perdesaan di Zambia. Rancangan awal dilakukan berdasarkan hasil survei kebutuhan energi. Selanjutnya rancangan disimulasikan dalam sebuah model [13]. Hasil simulasi menunjukkan

bahwa rancangan cukup layak untuk diimplementasikan. Kios berbasis panel surya di Zambia yang dilengkapi dengan sistem data logging ini mampu digunakan untuk melayani pengisian 20 *battery kits* [14].

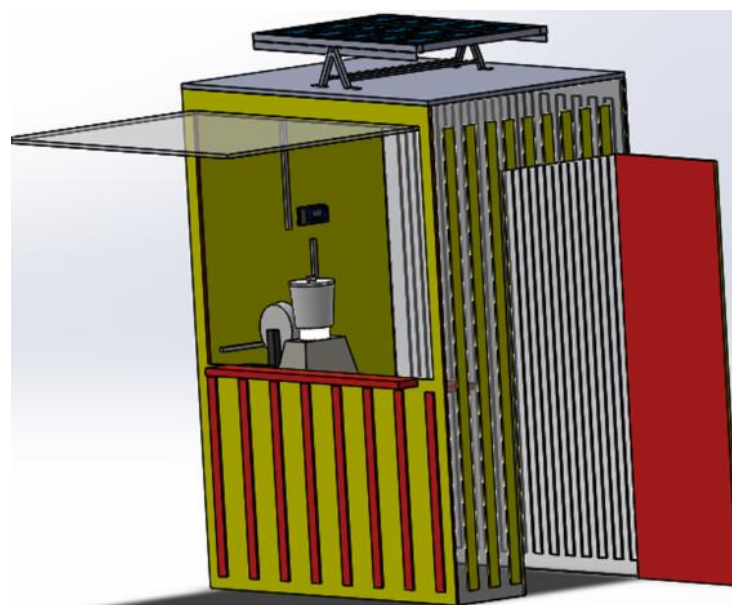
Kios berbasis panel surya juga pernah dikembangkan di Madagaskar melalui sebuah proyek. Proyek tersebut didanai oleh berbagai perusahaan internasional. Pada penelitian lainnya menunjukkan penggunaan kios tenaga surya di dunia. Sistem tersebut sebagian besar digunakan untuk pengisian daya telepon, baterai dan lampu isi ulang. Sebagian lagi digunakan untuk televisi, radio, percetakan, komputer dan lain-lain. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan kios tenaga surya dapat bermanfaat untuk masyarakat di daerah yang sulit terjangkau jaringan listrik [15].

Laidi [12] menggunakan konsep BAPV pada rumah container tanpa memasang sistem *online energy monitoring*. Di sisi lain, Louie [14] dan Shields [13] yang meneliti tentang solar kiosk memiliki sistem *online energy monitoring* untuk pengumpulan data. Namun, semua penelitian tersebut memiliki beberapa kekurangan seperti tidak melakukan komparasi data produksi energi dengan data cuaca. Selain itu, sistem yang digunakan semuanya menggunakan sistem listrik arus bolak-balik (AC) tanpa menganalisis potensi sistem arus searah (DC). Pada ketiga penelitian tersebut juga tidak menganalisis potensi kontribusi penggunaan kios bertenaga surya ini terhadap pengurangan emisi karbon. Oleh karena itu, penelitian ini menyajikan beberapa analisis yang belum dilakukan pada penelitian-penelitian tersebut. Pertama yaitu pada komparasi sistem AC dengan DC. Pada penelitian ini, sistem diuji performanya bila menggunakan sistem arus searah sepenuhnya dan sistem arus bolak-balik sepenuhnya. Setelah itu baru dibandingkan mana yang lebih efisien. Perbedaan kedua yaitu adanya komparasi data produksi energi dengan data cuaca yang direpresentasikan oleh tingkat pencahayaan atau iluminasi dalam satuan Lux. Selain itu, perbedaan ketiga ada pada analisis potensi pengurangan emisi dari penggunaan sistem yang dibangun.

II. METODE PENELITIAN

A. Desain

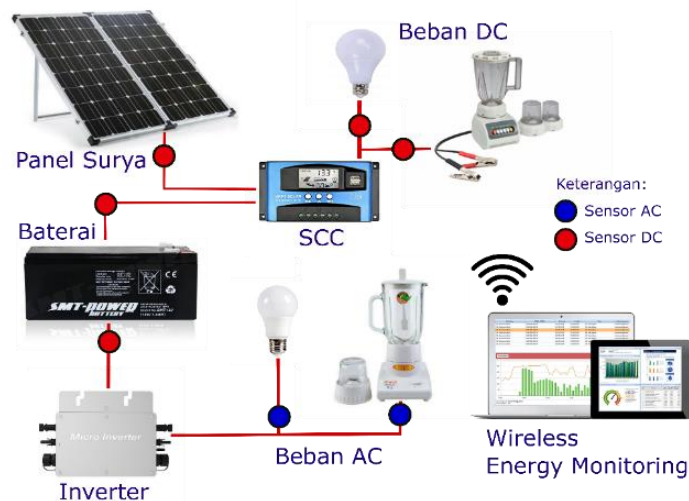
Container booth bertenaga surya ini dirancang menggunakan konsep BAPV skala kecil. Rancangan awal diperkirakan akan memiliki ukuran 1,5 m x 1 m atau 1,5 m². Bangunan ini memiliki satu pintu dan satu jendela besar. Rangka yang digunakan adalah besi. Bagian dinding dan atap akan menggunakan bahan *galvalume* sebagaimana biasa digunakan secara umum di masyarakat. Jadi, rancangan ini disesuaikan agar semirip mungkin dengan yang digunakan pada kondisi sesungguhnya. Rencana rancangan awal ditunjukkan pada Gambar 1 sedangkan hasil implementasinya ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Rancangan desain



Gambar 2. Kios yang telah terbangun



Gambar 3. Skema rancangan kios bertenaga surya

Konsep BAPV pada *container booth* ini ditunjukkan dengan adanya dua buah panel surya dengan kapasitas masing-masing 100 wattpeak (Wp). Panel surya akan dipasang pada bagian atap dan dapat diatur kemiringannya agar optimal dalam menerima cahaya matahari. Komponen pendukung lainnya adalah *solar charge controller* (SCC), baterai dan inverter. Sebagai beban DC akan digunakan lampu dan blender DC. Di sisi lain, sebagai beban AC digunakan lampu AC dan blender AC. Skema rancangan sistem ditunjukkan pada Gambar 3.

Selain sistem panel surya, pada *container booth* ini dilakukan pengukuran menggunakan lux meter untuk memperoleh data cuaca yang terdiri berupa tingkat pencahayaan (iluminasi) cahaya matahari. Data ini akan digunakan untuk menganalisis performa panel surya pada kondisi lingkungan tropis sebenarnya. Dengan mengetahui performa tersebut, maka dapat disusun sebuah profil dan karakteristik dari sistem kios bertenaga surya ini.

B. Asumsi dan Perhitungan Awal

Beban sistem diasumsikan adalah blender dengan jenis DC dan AC. Dari hasil survei diperoleh jumlah paket minuman yang disajikan setiap harinya diasumsikan 360 kali dengan durasi operasional masing-masing 10 detik. Jika ditotal maka akan dibutuhkan operasional beban blender selama 3600 detik atau

1 jam. Dengan menggunakan blender pada kisaran 250-300 watt, maka diperoleh kebutuhan energi per harinya adalah 300 Watthours (Wh).

Kebutuhan panel surya dihitung menggunakan Persamaan 1. Kapasitas panel ditentukan dengan mempertimbangkan kebutuhan energi (E_o) sebesar 300 Wh, durasi penyinaran harian (PSH) selama 4 jam, efisiensi sistem (η_{sm}) sebesar 0,7, serta C_f sebesar 1,1. Dari perhitungan tersebut diperoleh kapasitas panel surya 117,86 Wp. Sebagai antisipasi maka digunakan 2 buah panel surya dengan masing-masing kapasitasnya 100 Wp sehingga total kapasitasnya adalah 200 Wp.

$$Kapasitas\ panel = \frac{E_o}{P_{sh} \times \eta_{sm}} \times C_f \quad (1)$$

Kapasitas baterai diperhitungkan dengan mempertimbangkan total kebutuhan energi yaitu 300Wh dikalikan dengan 1 hari pemakaian, efisiensi jenis baterai sebesar 0,85, DoD sebesar 45%, dan tegangan sistem sebesar 12 V. Dari perhitungan menggunakan Persamaan 2 diperoleh kapasitas baterai 65,36 Ah sehingga sebagai antisipasi ditetapkan untuk menggunakan baterai 100 Ah yang banyak tersedia.

$$Kapasitas\ Baterai = \frac{E_o \times Hari\ Operasi}{Eff \times DoD \times tegangan\ sistem} \quad (2)$$

Analisis potensi emisi yang mampu dikurangi melalui penggunaan *container booth* dihitung berdasarkan standar data emisi pada sistem jaringan listrik yang ada di Indonesia seperti sistem JAMALI, sistem Sumatera dan sistem yang lainnya. Setiap sistem kelistrikan memiliki faktor emisi dari proses pembangkitan energi listriknya [16] [17]. Faktor emisi merupakan jumlah emisi yang dihasilkan dalam proses pembangkitan per satuan energi listrik (ton CO₂e/MWh atau Kg CO₂e/kWh) [2]. Faktor emisi dapat dihitung menggunakan Persamaan 3 sedangkan perhitungan pengurangan emisi tersebut ditunjukkan pada Persamaan 4.

$$EF = \frac{Em_{Total}}{EP_{Total}} \quad (3)$$

$$ER = EC_{GSK} \cdot EF \quad (4)$$

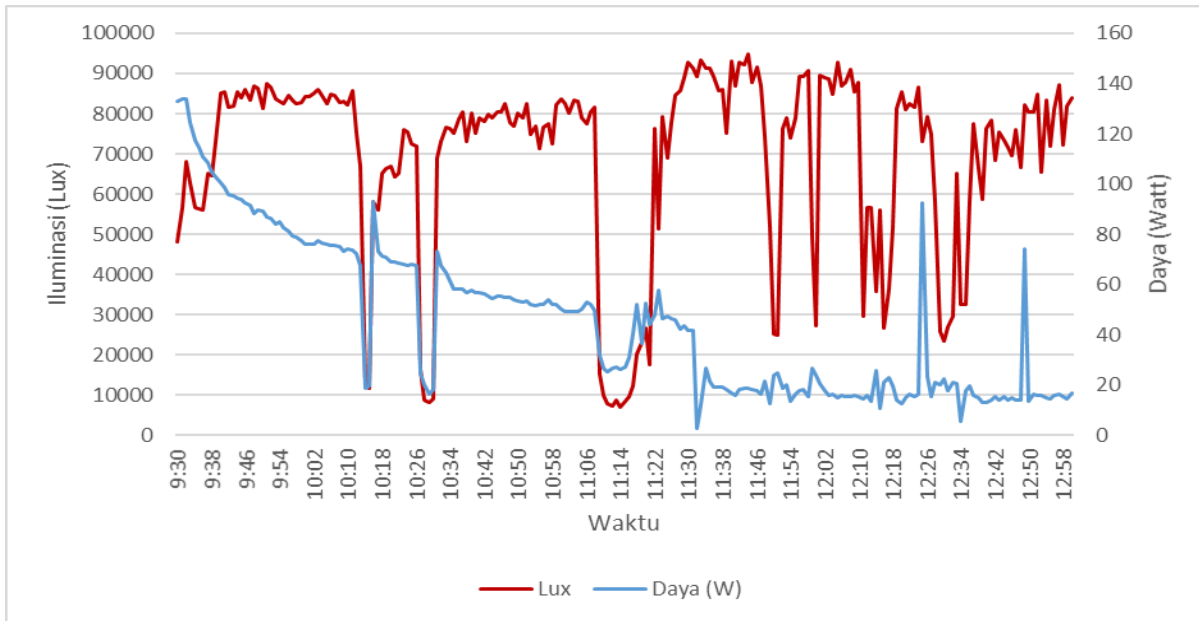
Keterangan:

- EF = Faktor Emisi
- Em_{Total} = Emisi total yang dihasilkan oleh sistem pembangkitan
- EP_{Total} = Energi total yang diproduksi oleh sistem pembangkitan
- ER = Potensi pengurangan emisi
- EC_{GSK} = Konsumsi energi dari sistem PLTS

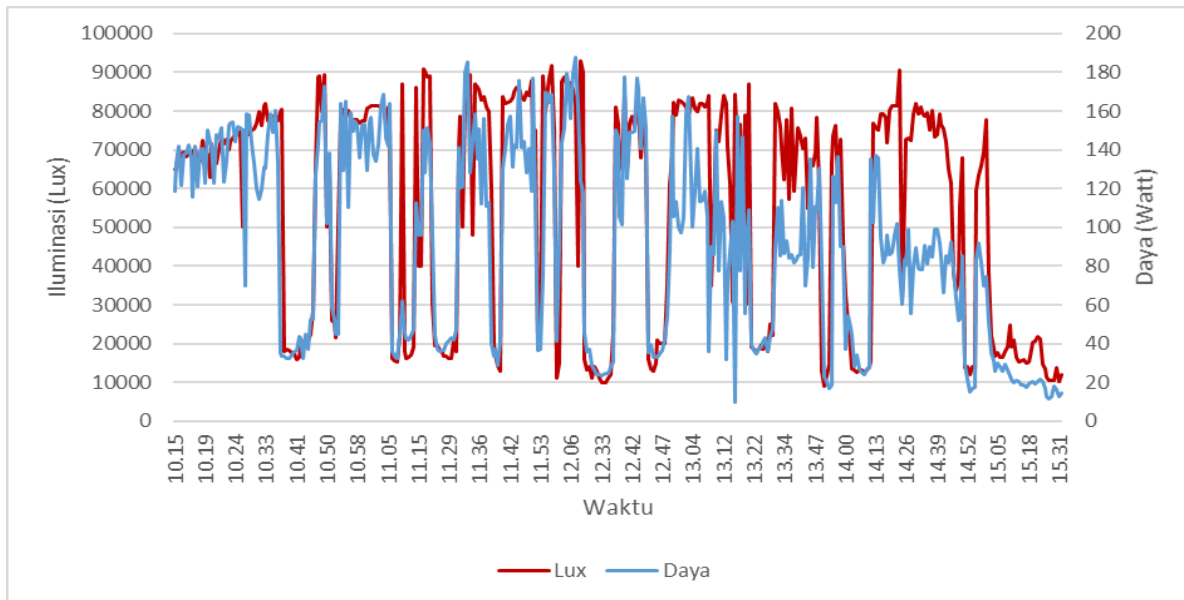
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemanfaatan kios bertenaga surya harus melalui pengujian kelayakan pada wilayah Indonesia yang memiliki iklim tropis. Pengujian kelayakan ini dilakukan dengan menguji sistem dalam kondisi pengisian baterai tanpa beban dan dengan beban atau dioperasikan. Gambar 4 adalah grafik pengisian baterai saat sistem tidak dihubungkan dengan beban blender. Rata-rata daya pengisian saat pengujian ini adalah 45,2 W. Rata-rata iluminasi pada pengujian adalah 69.070,62 Lux. Gambar 5 adalah grafik pengisian baterai saat sistem dihubungkan dengan beban blender DC. Rata-rata daya pengisian saat pengujian ini adalah 90,95 W. Rata-rata iluminasi pada pengujian adalah 54.923,22 Lux. Gambar 6 adalah grafik pengisian baterai saat sistem dihubungkan dengan beban blender AC. Rata-rata daya pengisian saat pengujian ini adalah 79,7 W. Rata-rata iluminasi pada pengujian adalah 43.049,86 Lux.

Berdasarkan data dari tiga jenis pengujian didapatkan rata-rata nilai iluminasi harian adalah 55.681,23 Lux dengan minimum harian 43.049,86 Lux dan maksimum harian 69.070,62 Lux. Nilai minimum Lux ini dijadikan acuan untuk kelayakan apakah sistem PLTS dapat diterapkan di daerah tropis atau tidak khususnya di Indonesia. Dengan rerata iluminasi harian 43.049,86 Lux, sesuai dengan Gambar 4,



Gambar 4. Grafik pengisian baterai

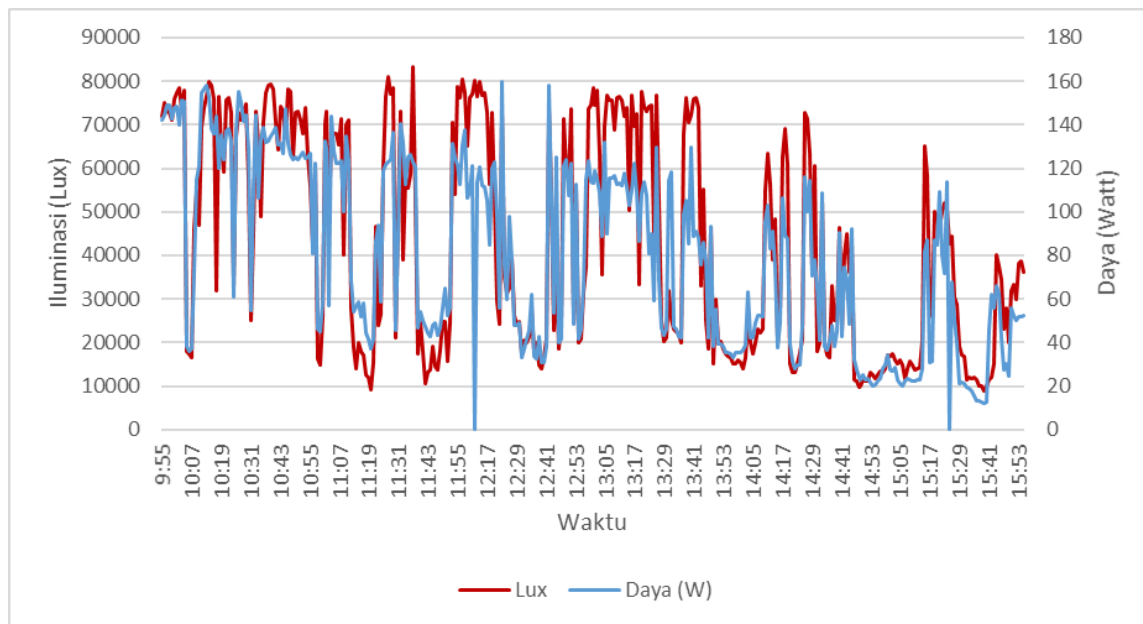


Gambar 5. Grafik pengisian baterai saat beban DC

Gambar 5, dan Gambar 6 maka akan didapat rata-rata daya pengisian minimum 80 W. Apabila lama penyinaran selama 6 jam maka didapatkan energi kurang lebih 480 Wh. Dengan energi tersebut, sistem dapat menyuplai beban DC yang membutuhkan energi 300 Wh untuk 1 hari operasi atau beban AC yang membutuhkan energi 250 Wh untuk 1 hari operasi.

Bila dibandingkan, dapat diperoleh keunggulan penggunaan sistem beban DC dan beban AC. Perbandingan tersebut didasarkan pada perhitungan efisiensi sistem sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1, perhitungan keawetan penggunaan baterai, biaya perawatan, dan kemudahan perawatan sistem. Untuk sistem beban AC unggul dalam segi efisiensi sistem dan keawetan penggunaan baterai karena mengonsumsi lebih sedikit energi daripada beban DC. Untuk sistem beban DC unggul dalam biaya perawatan sistem dan kemudahan perawatan sistem karena sistem DC tidak menambah komponen inverter, dimana bila menambah komponen otomatis risiko kerusakan sistem bertambah.

Perhitungan potensi emisi yang dapat dikurangi dengan pemanfaatan energi surya sebagai pembangkit pada *container booth* didasarkan pada nilai emisi pembangkit di Indonesia yang didapat dari data



Gambar 6. Grafik pengisian baterai saat diberi beban AC

TABEL 1.
 PERBANDINGAN EFISIENSI SISTEM AC DAN DC

Deskripsi	AC	DC
Nilai lux rata-rata (Lux)	43049,86	54923,22
Solar irradiance rata-rata (W/m ²)	358,75	457,69
Luas panel (m ²)	1,37	1,37
Durasi penyinaran matahari (Jam)	6	6
Daya input rata-rata (W)	2948,92	3762,24
Energi yang diproduksi (Wh)	622,57	717,76
Efisiensi (%)	21,11	19,08
Kapasitas baterai (Ah)	100	100
Konsumsi energi blender (Wh)	144,38	172,06
Persentase penggunaan baterai (%)	12,03	14,34

TABEL 2.
 FAKTOR EMISI GRK SISTEM TENAGA LISTRIK 2018

Wilayah	Emisi GRK (kg CO ₂ /MWh)
Jawa Madura Bali	790
Sumatera	730
Kalimantan	930
Sulawesi	670
Maluku	790
Nusa Tenggara	950
Papua	710

TABEL 3.
 POTENSI PENGURANGAN EMISI KARBON DENGAN BEBAN DC PER TAHUN

Wilayah Penerapan	Potensi Pengurangan Emisi (kg CO ₂)
Jawa Madura Bali	48,93
Sumatera	45,21
Kalimantan	57,6
Sulawesi	41,5
Maluku	48,93
Nusa Tenggara	58,84
Papua	43,98

ESDM. Tabel 2 adalah data rata-rata faktor emisi Gas Rumah Kaca CO₂ yang dihasilkan tiap MWh pembangkitan *grid* di pulau-pulau Indonesia.

Tabel 3 adalah potensi pengurangan emisi karbon dengan sistem beban DC apabila digunakan selama 1 tahun. Tabel 4 adalah potensi pengurangan emisi karbon dengan sistem beban AC apabila digunakan selama 1 tahun. Hasil perhitungan tersebut bervariasi sesuai dengan nilai faktor emisi di setiap sistem pembangkit.

TABEL 4.

Wilayah Penerapan	Potensi Pengurangan Emisi (kg CO ₂)
Jawa Madura Bali	41,06
Sumatera	37,94
Kalimantan	48,34
Sulawesi	34,82
Maluku	41,06
Nusa Tenggara	49,38
Papua	36,9

IV. KESIMPULAN

Purwarupa kios *container booth* yang kebutuhan energinya dipenuhi menggunakan panel surya berhasil dibuat dan dianalisis sehingga dengan kapasitas panel surya 200 Wp dan baterai 100 Ah mampu memenuhi kebutuhan listrik untuk operasional selama 2 hari dengan asumsi perkiraan 360 paket minuman per hari. Sistem AC memiliki efisiensi sebesar 21,11% sedangkan sistem DC memiliki efisiensi sebesar 19,08%. Dari sisi penggunaan baterainya selama 1 hari pemakaian, sistem AC akan mengurangi 12,03% baterai sedangkan sistem DC sebesar 14,34%. Perbandingan sistem AC dan DC didasarkan pada perhitungan efisiensi sistem, perhitungan keawetan penggunaan baterai, biaya perawatan, dan kemudahan perawatan sistem. Untuk sistem beban AC unggul dalam segi efisiensi sistem dan keawetan penggunaan baterai karena mengonsumsi lebih sedikit energi daripada beban DC. Untuk sistem beban DC unggul dalam biaya perawatan sistem dan kemudahan perawatan sistem karena sistem DC tidak menambah komponen inverter, dimana bila menambah komponen otomatis risiko kerusakan sistem bertambah. Potensi pengurangan emisi karbon selama setahun melalui penggunaan *container booth* bertenaga surya ini adalah 41,5 sampai 58,84 kg CO₂ bila menggunakan sistem DC dan 34,82 sampai 49,38 kgCO₂ bila menggunakan sistem AC dengan variasi asumsi digunakan di wilayah yang memiliki sistem kelistrikan dengan faktor emisi berbeda.

Pengembangan yang bisa dilakukan dari penelitian ini adalah penggunaan alat pengukur intensitas radiasi matahari yang murah sehingga data dapat dipantau secara langsung dengan biaya yang terjangkau. Hal lain yang perlu dilakukan adalah pengujian pada lokasi jualan yang sesungguhnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada yang telah mendanai penelitian ini dengan No. Kontrak 74/UN1.SV/K/2020.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Yang *et al.*, "Can an island economy be more sustainable? A comparative study of Indonesia, Malaysia, and the Philippines," *J. Clean Prod.*, vol. 242, p. 118572, 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118572.
- [2] J. Chuang, H. L. Lien, W. Den, L. Iskandar, and P. H. Liao, "The relationship between electricity emission factor and renewable energy certificate: The free rider and outsider effect," *Sustain. Environ. Res.*, vol. 28, no. 6, pp. 422–429, 2018, doi: 10.1016/j.serj.2018.05.004.
- [3] A. Bhuvanesh, S. T. Jaya Christa, S. Kannan, and M. Karuppasamy Pandiyan, "Aiming towards pollution free future by high penetration of renewable energy sources in electricity generation expansion planning," *Futures*, vol. 104, no. December 2017, pp. 25–36, 2018, doi: 10.1016/j.futures.2018.07.002.
- [4] M. A. McNeil, N. Karali, and V. Letschert, "Forecasting Indonesia's electricity load through 2030 and peak demand reductions from appliance and lighting efficiency," *Energy Sustain. Dev.*, vol. 49, pp. 65–77, 2019, doi: 10.1016/j.esd.2019.01.001.
- [5] P. J. Burke, J. Widnyana, Z. Anjum, E. Aisbett, B. Resosudarmo, and K. G. H. Baldwin, "Overcoming barriers to solar and wind energy adoption in two Asian giants: India and Indonesia," *Energy Policy*, vol. 132, no. April, pp. 1216–1228, 2019, doi: 10.1016/j.enpol.2019.05.055.
- [6] A. S. Mundada, E. W. Prehoda, and J. M. Pearce, "U.S. market for solar photovoltaic plug-and-play systems," *Renew. Energy*, vol. 103, pp. 255–264, 2017, doi: 10.1016/j.renene.2016.11.034.
- [7] A. Stauch and P. Vuichard, "Community solar as an innovative business model for building-integrated photovoltaics: An experimental analysis with Swiss electricity consumers," *Energy Build.*, vol. 204, p. 109526, 2019, doi: 10.1016/j.enbuild.2019.109526.
- [8] X. Wu *et al.*, "Monitoring the performance of the building attached photovoltaic (BAPV) system in Shanghai," *Energy Build.*, vol. 88, pp. 174–182, 2015, doi: 10.1016/j.enbuild.2014.11.073.
- [9] M. A. Alim *et al.*, "Is it time to embrace building integrated Photovoltaics? A review with particular focus on Australia," *Sol. Energy*, vol. 188, no. June, pp. 1118–1133, 2019, doi: 10.1016/j.solener.2019.07.002.
- [10] B. Fina, H. Auer, and W. Friedl, "Profitability of active retrofitting of multi-apartment buildings: Building-attached/integrated photovoltaics with special consideration of different heating systems," *Energy Build.*, vol. 190, pp. 86–102, 2019, doi: 10.1016/j.enbuild.2019.02.034.
- [11] M. M. Fouad, L. A. Shihata, and A. H. Mohamed, "Modeling and analysis of Building Attached Photovoltaic Integrated Shading Systems (BAPVIS) aiming for zero energy buildings in hot regions," *J. Build. Eng.*, vol. 21, no. September 2018, pp. 18–27, 2019, doi:

- 10.1016/j.jobe.2018.09.017.
- [12] M. Laidi, B. Abbad, M. Berdja, and M. Chikh, "Performance of a photovoltaic solar container under Mediterranean and arid climat conditions in Algeria," *Energy Procedia*, vol. 18, no. 1, pp. 1452–1457, 2012, doi: 10.1016/j.egypro.2012.05.163.
- [13] M. Shields, H. Louie, B. Blainedavis, G. Goldsmith, and D. Nausner, "Technical design of Off-grid energy kiosks," *GHTC 2016 - IEEE Glob. Humanit. Technol. Conf. Technol. Benefit Humanit. Conf. Proc.*, pp. 387–394, 2016, doi: 10.1109/GHTC.2016.7857310.
- [14] H. Louie, M. Shields, S. J. Szablya, L. Makai, and K. Shields, "Design of an off-grid energy kiosk in rural Zambia," *Proc. 5th IEEE Glob. Humanit. Technol. Conf. GHTC 2015*, pp. 1–6, 2015, doi: 10.1109/GHTC.2015.7343946.
- [15] L. Tavernier and S. Rakotoniaina, "Review of energy kiosk development projects," *F. Actions Sci. Rep.*, vol. 2016, no. Special Issue 15, pp. 66–67, 2016.
- [16] S. Pujan Jaiswal, V. Shrivastava, and D. K. Palwalia, "Opportunities and challenges of PV technology in power system," *Mater. Today Proc.*, no. xxxx, pp. 1–5, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.01.269.
- [17] S. Vares, T. Häkkinen, J. Ketomäki, J. Shemeikka, and N. Jung, "Impact of renewable energy technologies on the embodied and operational GHG emissions of a nearly zero energy building," *J. Build. Eng.*, vol. 22, pp. 439–450, Mar. 2019, doi: 10.1016/J.JOBE.2018.12.017.