

Rancang Bangun Aplikasi Kalkulator Sistem PLTS Berbasis Android dengan Mempertimbangkan Koreksi *Peak Sun Hours*

Design and Development of Android-based Solar Power System Calculator Application Considering Peak Sun Hours Correction

Suhono¹, Firma Syahrin^{2*}

^{1,2}Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
Jl. Yacarana, Sekip Unit III, Yogyakarta. 55281 (0274) 6491302, 561111
akhisuhono@ugm.ac.id¹, fsyahrin@ugm.ac.id^{2*}

Abstrak – Penggunaan energi terbarukan khususnya energi surya memiliki potensi besar di Indonesia. Namun, sampai dengan tahun 2023 pemanfaatannya belum dapat mencapai target sebagaimana tercantum dalam rencana bauran energi nasional. Hal ini juga disebabkan adanya gap pengetahuan dan biaya konsultasi terkait PLTS yang dialami oleh masyarakat perseorangan. Oleh karena itu, sebuah aplikasi kalkulator sistem PLTS diperlukan agar masyarakat dapat melakukan perhitungan awal tanpa harus membayar konsultan yang mahal. Tujuan penelitian ini adalah merancang dan mengembangkan aplikasi kalkulator sistem PLTS berbasis Android yang akurat tetapi dapat diakses dengan mudah dan murah. Untuk mendapatkan akurasi perhitungan awal, maka ditambahkan faktor koreksi peak sun hours (PSH) agar sistem PLTS yang dirancang tetap dapat memenuhi kebutuhan energi ketika nilai GHI rendah. Metode perhitungan yang digunakan terdiri dari mode simpel dengan input variabel yang sederhana dan mode lanjutan dengan input lebih detail seperti pengguna bisa menambahkan beban sendiri yang terdiri dari jenis beban, sumber, daya, dan durasi. Selain itu pengguna juga bisa meng-input data tambahan seperti efisiensi baterai, DoD max, hari otonom, tegangan baterai, tegangan baterai/unit, rasio performa PV, dan rasio AC/DC. Hasil pengujian menunjukkan penggunaan faktor koreksi PSH pada aplikasi ini dapat berfungsi dengan baik. Kedua mode mampu menampilkan hasil perhitungan berupa konsumsi energi harian, kapasitas baterai, kapasitas inverter, dan kapasitas panel surya. Namun, dapat disimpulkan bahwa penggunaan mode simple lebih mudah bagi pengguna, sedangkan mode lanjut dapat memberikan hasil lebih sesuai dengan kondisi sebenarnya. Harapannya hasil inovasi teknologi ini akan mampu mengedukasi dan mendorong minat masyarakat dalam bertransisi menggunakan energi terbarukan, khususnya energi surya.

Kata Kunci: energi surya, peak sun hours, kalkulator, aplikasi, android.

Abstract – Indonesia has a high potential for renewable energy resources, especially solar energy. However, by 2023, its utilization had not yet reached the national energy mix plan. The problem is also due to the gap in knowledge and consultancy costs associated with small-scale solar power plants experienced by private communities. Therefore, a calculator application for the solar power plant system is required so that the public can do the initial calculations without paying expensive consultancy fees. This research aims to design and develop an Android-based PLTS system calculator application that is accurate but easily accessible and inexpensive. The peak sun hours (PSH) correction factor is added to the application so that

the solar power plant systems designed can still meet the energy requirements when the GHI values are low. The calculation method consists of a simple mode with simple variable inputs and an advanced mode with more detailed variables when users can add their load consisting of load type, source, power, and duration. In addition, users can also enter additional data such as battery efficiency, DOD max, autonomous days, battery voltage, battery voltage/unit, PV performance ratio, and AC/DC ratio. Both modes can display calculations of daily energy consumption, battery capacity, inverter capacity and solar panel capacity. In conclusion, the simple is easy to use, while the advanced can provide results with more relevant to actual conditions. Hopefully, the results of these technological innovations will be able to educate and encourage public interest in the transition to renewable energy, especially solar energy.

Keywords: solar energy, peak sun hours, calculator, application, android.

1. Pendahuluan

Dengan potensi 208 GW, energi surya adalah salah satu jenis energi terbarukan dengan potensi paling besar di Indonesia [1]. Indonesia memiliki rata-rata *Global Horizontal Irradiation* (GHI) harian sebesar 4.8 kWh/m² [2]. Saat ini, jumlah pengguna PLTS telah meningkat dengan cepat. PLTS atap telah digunakan oleh lebih dari 7000 pelanggan hingga April 2023, menunjukkan peningkatan signifikan dibandingkan dengan penggunaan tahun sebelumnya [3]. Namun, hal ini masih dianggap kurang dari yang diperlukan untuk mencapai target bauran energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025 [4].

Ada berbagai faktor yang menyebabkan pertumbuhan energi terbarukan di Indonesia masih belum sesuai harapan. Salah satunya adalah belum adanya regulasi yang secara komprehensif mengatur terkait tarif, insentif, subsidi, dan mitigasi risiko yang berpihak kepada pengguna PLTS terutama yang berskala kecil-menengah [5]. Faktor biaya juga menjadi isu yang perlu diperhatikan agar tidak menghambat minat masyarakat untuk bertransisi menuju energi terbarukan [6]. Pada tahun 2020, *National Renewable Energy Laboratory (NREL)* melalui studinya menemukan bahwa Indonesia memiliki nilai *Levelized Cost Of Electricity (LCOE)* untuk PLTS tertinggi di Asia Tenggara dengan lebih dari \$200 USD/MWh [7]. LCOE merupakan ukuran rata-rata biaya bersih sekarang dari pembangkitan listrik untuk pembangkit listrik selama masa pakainya [8] termasuk di dalamnya biaya konsultan perencanaan dan jasa instalasi yang harus dikeluarkan [9].

Di sisi lain, terdapat kesenjangan informasi dan pengetahuan mengenai perhitungan kebutuhan energi secara mandiri dan berbagai komponen yang terkait dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) [10]. Meskipun demikian, pemahaman yang memadai dapat memberikan dorongan bagi masyarakat atau pelanggan untuk secara independen melakukan estimasi komponen-komponen PLTS dan biaya yang terkait untuk kebutuhan energi di rumah masing-masing. Pengguna baru PLTS akan memiliki kemampuan untuk mengidentifikasi komponen yang diperlukan, seperti *inverter*, panel surya, baterai, *Solar Charge Controller (SCC)*, dan komponen lainnya.

Aplikasi yang digunakan untuk menghitung dan mensimulasikan sistem PLTS memiliki peran penting dalam analisis dan desain sistem yang efisien. HOMER, merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk perencanaan sistem energi terpadu, termasuk PLTS, serta sumber energi lain dan sistem penyimpanan. PVSyst adalah aplikasi yang umum digunakan untuk analisis kinerja PLTS dengan mempertimbangkan kondisi iklim, geometri bangunan, dan karakteristik teknis modul surya. Helioscope, di sisi lain, adalah perangkat lunak desain PLTS berbasis web yang memungkinkan pengguna untuk membuat desain sistem yang tepat dengan visualisasi interaktif. Selain aplikasi khusus PLTS, Matlab juga sering digunakan dalam riset energi terbarukan termasuk PLTS untuk analisis yang lebih mendalam dan penyesuaian model sesuai kebutuhan penelitian. Keempat aplikasi ini memberikan berbagai kemungkinan dalam menghitung dan mensimulasikan sistem PLTS untuk mengoptimalkan kinerja dan efisiensi energi secara keseluruhan [11].

Meskipun aplikasi-aplikasi seperti HOMER, PVSyst, Helioscope, dan MATLAB merupakan alat yang sangat berguna dalam menghitung dan mensimulasikan sistem PLTS, terdapat beberapa

kekurangan yang dapat membuat penggunaannya kurang mudah diakses dan digunakan oleh masyarakat umum. Pertama, aplikasi ini seringkali memiliki antarmuka pengguna yang kompleks dan berbagai fitur canggih. Pengguna awam atau masyarakat umum yang tidak memiliki latar belakang teknis dalam energi terbarukan mungkin merasa kesulitan dalam memahami cara menggunakan aplikasi ini dengan efektif. Selain itu, aplikasi ini biasanya memerlukan biaya lisensi atau langganan, yang cukup mahal [12] terutama untuk individu atau komunitas dengan anggaran terbatas. Beberapa aplikasi juga memerlukan spesifikasi *hardware* yang cukup tinggi untuk berjalan dengan lancar. Pengguna juga mungkin memerlukan pengetahuan teknis yang mendalam tentang PLTS dan metode analisis yang digunakan oleh aplikasi tersebut. Selain itu, beberapa aplikasi mungkin hanya tersedia dalam bahasa tertentu, biasanya bahasa Inggris, yang bisa menjadi kendala bagi pengguna yang tidak fasih berbahasa Inggris. Terakhir, aplikasi ini mungkin memerlukan data iklim dan informasi lokasi yang akurat untuk memberikan hasil yang andal, sehingga pengguna dari daerah dengan akses terbatas ke sumber daya dan data mungkin kesulitan dalam menggunakan aplikasi ini secara efektif.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan pengembangan aplikasi perhitungan sederhana berbasis Android yang mudah diakses dan mudah digunakan, tanpa memerlukan informasi yang terlalu teknis. Selain itu, sebagian besar aplikasi perhitungan PLTS yang canggih juga berbayar, menyebabkan keterbatasan aksesibilitas finansial bagi masyarakat dengan anggaran terbatas. Untuk meningkatkan adopsi PLTS di tingkat rumah tangga, diperlukan aplikasi perhitungan yang tidak hanya gratis atau terjangkau, tetapi juga memiliki antarmuka yang ramah pengguna, sehingga pemilik rumah dengan berbagai tingkat pengetahuan teknis dapat dengan mudah menggunakan aplikasi tersebut.

Aplikasi perhitungan sistem PLTS berbasis *smartphone* sudah pernah dikembangkan oleh berbagai pihak. Beberapa di antaranya yang berbasis Android adalah Solarpe Pro, SolarMeter, My Solar Panel, Solar Calc, dan SolarCT [13]. Selain dapat menghitung kapasitas panel surya, baterai, dan inverter, aplikasi-aplikasi tersebut juga memiliki fitur yang mempertimbangkan kemiringan panel surya dan shading (potensi bayangan yang menghalangi panel surya). Hasil perhitungannya dapat dikatakan mirip satu dengan lainnya.

Meskipun aplikasi berbasis Android yang tersedia memiliki fitur yang lengkap, pengguna awam sering mengalami kesulitan dalam menggunakannya dan membutuhkan aplikasi yang lebih sederhana, ekonomis, dan andal. Selain itu, masih terdapat peluang pengembangan yang belum dimanfaatkan, yaitu dengan menyediakan aplikasi yang memiliki mode penggunaan simpel dan lanjutan, yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing pengguna. *Research gap* ini menciptakan kebutuhan untuk mengembangkan aplikasi energi surya yang lebih ramah pengguna, terjangkau, dan dapat disesuaikan, sehingga dapat meningkatkan adopsi teknologi energi surya di rumah tangga. Dengan demikian, diharapkan bahwa pengembangan aplikasi yang mengisi celah ini akan mendorong peningkatan adopsi energi surya di tingkat rumah tangga, yang pada gilirannya akan mendukung peralihan ke sumber energi yang lebih berkelanjutan.

Ada tiga tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini. Pertama, merancang dan membangun sebuah aplikasi kalkulator sistem PLTS yang murah dan mudah digunakan berbasis Android. Kedua, menambahkan faktor koreksi *peak sun hours (PSH)* untuk meningkatkan akurasi perhitungan sistem PLTS pada aplikasi kalkulator PLTS berbasis Android. Ketiga, melakukan pengujian kalkulator PLTS melalui studi kasus.

2. Metode Penelitian

Secara umum, cara kerja sebuah sistem PLTS terdiri atas 3 tahap, yaitu tahap pengumpulan sinar matahari, penyimpanan energi, dan konversi menjadi arus listrik. Ketiga tahap tersebut menghasilkan sejumlah faktor yang perlu diperhatikan ketika merancang sebuah sistem PLTS. Pada tahap pengumpulan energi, faktor utama yang perlu dipertimbangkan adalah kapasitas *array photovoltaic (PV)* atau panel surya yang dibutuhkan. Kapasitas PV dapat dihitung dengan mempertimbangkan kebutuhan energi listrik setiap hari dan potensi energi yang dapat dikumpulkan pada daerah tertentu [14]. Parameter yang dipertimbangkan untuk menghitung potensi energi adalah nilai *solar irradiance* dan nilai *peak sun hours (PSH)*. *Solar irradiance*

dinyatakan sebagai kerapatan fluks radiasi atau kepadatan daya (W/m^2) [15]. Jumlah tenaga surya yang dihasilkan untuk konversi sistem adalah insiden radiasi matahari ke kolektor yang dikalikan dengan total luas efektif kolektor sistem ($W/m^2 \times m^2 = W$). Sementara PSH merupakan parameter yang digunakan untuk menyatakan rasio durasi maksimum *solar irradiance* (dalam jam) per hari terhadap standar intensitas radiasi matahari, yaitu $1kW/m^2$ [16].

Sementara itu, pada tahap penyimpanan energi perlu dipertimbangkan komponen yang akan menyimpan energi sebelum disalurkan pada perangkat listrik. Pada sistem *on-grid* energi dapat disimpan pada *grid* yang tersambung dengan jaringan listrik pusat, sehingga dapat diperjualbelikan ketika terdapat energi berlebih [17]. Namun, pada sistem *off-grid*, komponen baterai diperlukan untuk menyimpan energi yang terkumpul [18]. Oleh sebab itu, pada sistem jenis ini penting untuk memperhatikan kapasitas dan jumlah baterai yang dapat menyimpan sekaligus menyalurkan energi listrik selama 24 jam dalam rangka memenuhi kebutuhan energi di suatu lokasi [19]. Faktor terakhir yang perlu diperhatikan adalah pada tahap konversi listrik dari baterai menuju beban. Pada tahap ini, penting untuk memperhatikan spesifikasi *inverter* dan *controller* [20]. Perangkat *inverter* berfungsi untuk mengubah listrik arus searah atau *direct current (DC)* menjadi listrik arus bolak-balik atau *alternating current (AC)* sedangkan *controller* berfungsi untuk mencegah terjadinya kelebihan atau kekurangan daya.

2.1. Perhitungan Komponen Sistem PLTS

Rencana beban harian (RBH) diestimasi menggunakan data konsumsi energi bulanan pelanggan seperti yang tercantum pada persamaan (1). Persamaan tersebut akan memunculkan beban harian yang dibutuhkan dalam satuan Watthour. Kemudian, RBH dibagi dengan efisiensi baterai (*EffBat*) untuk menghitung konsumsi energi harian (KEH). Perhitungan KEH ditunjukkan pada persamaan (2).

$$RBH (Wh) = \frac{\text{Total energi bulanan (Wh)}}{30 \text{ hari}} \quad (1)$$

$$KEH = \frac{\text{Rencana beban harian (Wh)}}{\text{Efisiensi baterai}} \quad (2)$$

Beban dapat diklasifikasikan menjadi 2, yaitu beban yang direncanakan akan disuplai dari panel surya (EPV) pada siang hari dan beban yang akan disuplai dari baterai. Untuk kapasitas baterai (KBat) yang diperlukan pada sistem PLTS dapat dihitung menggunakan persamaan (3) dan jumlah baterai dapat dihitung melalui persamaan (4). Efisiensi baterai yang standar adalah 95% sedangkan nilai *DoD (depth of discharge)* dapat diasumsikan 50% untuk tipe *lead acid* dan 80% untuk lithium.

$$\text{Kapasitas baterai} = \frac{(KEH - EPV)}{(\text{EffBat} \times \text{DoD max}) \times \text{Hari otonom}} \quad (3)$$

$$\text{Jumlah baterai} = \frac{\left(\frac{\text{Kapasitas baterai}}{\text{Tegangan baterai}}\right)}{\text{Kapasitan per unit baterai}} \quad (4)$$

Tahap berikutnya adalah menghitung kapasitas inverter (*KInv*) dengan memanfaatkan persamaan (5). Nilai PSH pada persamaan (5) merupakan nilai *peak sun hours* yang dapat dihitung melalui persamaan (6) sedangkan *PSH correction* adalah koreksi atau penyesuaian yang diterapkan pada perkiraan jam matahari puncak (*peak sun hours*) untuk memperhitungkan faktor-faktor seperti kondisi cuaca, posisi matahari, dan faktor-faktor lingkungan lainnya yang dapat mempengaruhi intensitas cahaya matahari yang diterima oleh panel surya pada suatu lokasi tertentu [21]. Sementara itu, *solar irradiance* adalah daya per satuan luas yang diterima dari Matahari dalam bentuk radiasi elektromagnetik yang diukur dalam rentang panjang gelombang alat ukur. Kapasitas PV (KPV) untuk perangkat listrik AC dapat dihitung melalui persamaan (7). Kapasitas PV untuk perangkat listrik DC dapat dihitung melalui persamaan (8).

$$K_{Inv}(\text{Watt}) = \frac{\left(\frac{DEC}{\text{Rasio performa PV}}\right)}{PSH \times \text{PSH correction}} \quad (5)$$

$$PSH = \frac{\text{Solar irradiance per hari } \left(\frac{Wh}{m^2}\right)}{1000 W/m^2} \quad (6)$$

$$KPV \text{ inverter (Wattpeak)} = K_{Inv} \times \text{Rasio AC/DC} \quad (7)$$

$$KPV \text{ non inverter (Wattpeak)} = \frac{\left(\frac{DEC}{\text{Rasio performa PV}}\right)}{PSH \times PSH \text{ Correction}} \quad (8)$$

2.2. Peak Sun Hours Correction

Dalam konteks pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), sangat penting untuk memahami konsep PSH atau jam matahari puncak. PSH mengacu pada jumlah jam dalam sehari ketika intensitas cahaya matahari mencapai tingkat yang optimal untuk menghasilkan energi listrik menggunakan panel surya. Namun, dalam dunia nyata, berbagai faktor seperti cuaca, kondisi atmosfer, dan posisi matahari mempengaruhi jumlah energi yang sebenarnya dapat diserap oleh panel surya [22]. Oleh karena itu, diperlukan koreksi atau penyesuaian PSH, yang disebut *PSH correction*, untuk memperhitungkan variabilitas ini.

PSH correction melibatkan penggunaan data historis dan model matematis kompleks yang mempertimbangkan faktor-faktor seperti cuaca mendung, polusi udara, dan posisi matahari. Faktor-faktor ini memiliki pengaruh signifikan terhadap berapa banyak energi yang dapat dihasilkan oleh sistem PLTS pada suatu lokasi tertentu. Pentingnya memasukkan *PSH correction* dalam perencanaan PLTS sangat besar. Dengan menggunakan koreksi yang akurat, estimasi produksi energi surya menjadi lebih presisi, menghasilkan proyeksi yang lebih akurat tentang berapa banyak listrik yang dapat dihasilkan oleh sistem PLTS di lokasi yang spesifik. Dengan memasukkan *PSH correction*, perencanaan kapasitas sistem dapat dilakukan dengan lebih tepat, membantu pengguna untuk membuat keputusan yang lebih cerdas dan mengoptimalkan kinerja PLTS secara keseluruhan.

Berdasarkan data dari *Global Solar Atlas*, rata-rata *Global horizontal irradiation (GHI)* di Indonesia adalah 4,62 kWh/m² per hari. Pada kondisi tertentu mengakibatkan nilai GHI menjadi rendah dan mencapai nilai minimumnya yaitu 3,45 kWh/m². Jika dinyatakan dalam durasi PSH, maka nilai rata-ratanya adalah 4,62 jam dan minimumnya adalah 3,45 jam. Antara nilai minimum dan rata-rata terdapat faktor koreksi sebesar 0,75 atau 75% yang juga disebut dengan nilai *PSH correction*. Oleh karena itulah aplikasi ini menggunakan nilai *PSH correction* sebesar 0,75. Hal ini untuk memastikan sistem PLTS dapat menghasilkan cukup energi pada saat GHI bernilai minimum.

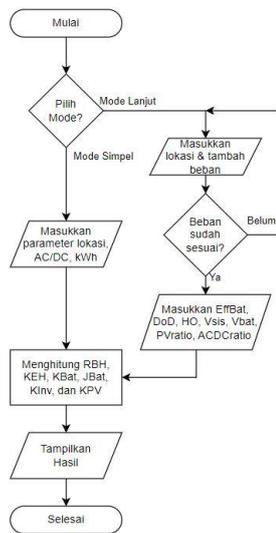
2.3. Perancangan Aplikasi

Rancang bangun aplikasi kalkulator PLTS ini dilakukan menggunakan bahasa pemrograman kotlin dan Android Studio sebagai IDE. Versi Android minimum untuk aplikasi ini ialah Android versi 4.4 atau API level 20. Algoritma aplikasi kalkulator PLTS ini sebagai berikut:

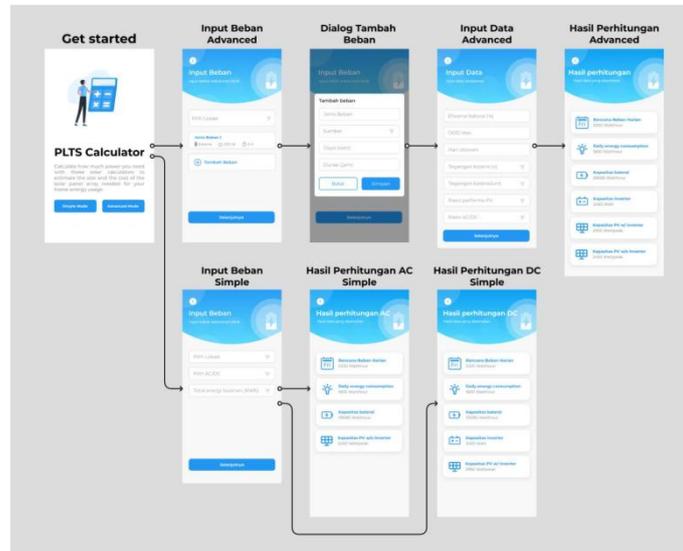
- Tahap 1: Memasukkan data lokasi dan kebutuhan energi (untuk mode simpel) serta variabel lainnya (untuk mode lanjut)
- Tahap 2: Menghitung rencana beban harian, konsumsi energi harian, kapasitas baterai, jumlah baterai, kapasitas inverter, dan kapasitas panel surya
- Tahap 3: Menampilkan hasil perhitungan

Sebagaimana diagram alir yang ditampilkan pada Gambar 1 dan *user flow* pada Gambar 2, proses kerja aplikasi kalkulator PLTS ini dimulai dengan tampilan *home*. Pengguna kemudian dapat memilih mode perhitungan simpel atau lanjut (*advance*). Pengguna bebas untuk memilih mode yang tersedia. Perbedaan utama pada kedua mode tersebut adalah jumlah variabel yang dapat dimasukkan oleh pengguna. Pada mode simpel, variabel input berupa pilihan lokasi, jenis beban DC atau AC, dan jumlah kWh bulanan. Pada mode lanjut, pengguna dapat memasukkan

variabel lokasi, jenis beban, kWh harian secara detil per komponen alat listriknya seperti pada Tabel 1, serta variabel perhitungan lainnya seperti efisiensi baterai, DoD, HO, rasio PV, dll.



Gambar 1. Diagram alir algoritma aplikasi kalkulator PLTS.



Gambar 2. User flow aplikasi kalkulator PLTS.

2.4. Studi Kasus

Aplikasi kalkulator PLTS ini diuji menggunakan studi kasus berupa perhitungan untuk sistem PLTS yang berlokasi di Jakarta Pusat. Menurut data dari <https://globalsolaratlas.info/> wilayah Jakarta Pusat suhu udara hariannya sebesar 27,3 °C dan elevasinya setinggi 9 m dari permukaan laut. Terkait data sumber energi mataharinya, lokasi ini memiliki nilai *direct normal irradiation (DNI)* 2,531 kWh/m², *global tilted irradiation at optimum angle (GTI opta)* pada kemiringan 9/0° sebesar 4,654 kWh/m² dan *global solar irradiation (GHI)* sebesar 4,606 kWh/m². Mengacu pada nilai GHI, maka nilai PSH di lokasi tersebut adalah 4,606 jam. Pada studi kasus ini akan dilakukan perhitungan menggunakan nilai PSH dengan dan tanpa koreksi PSH. Jika menggunakan koreksi PSH, maka nilai *PSH correction* adalah 0,75 sedangkan jika tanpa koreksi maka nilai *PSH correction* adalah 1.

Tabel 1. Asumsi yang digunakan pada studi kasus.

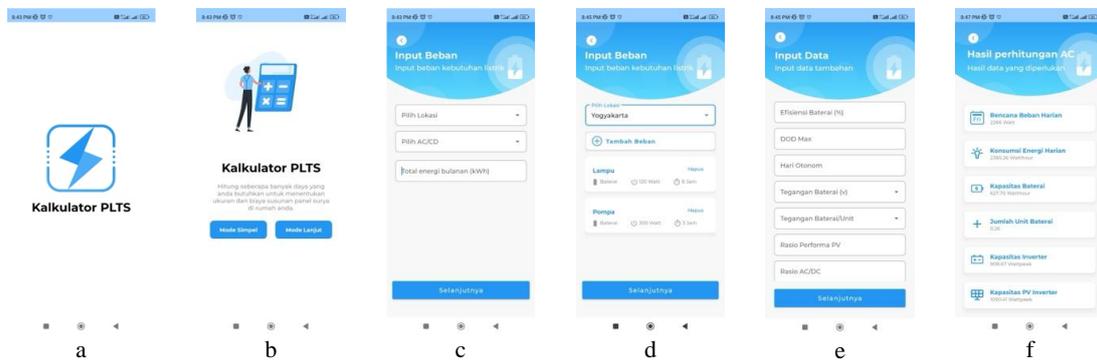
| Jenis Beban | Daya (watt) | Durasi/hari (jam) | Energi (Wh) | Sumber Suplai |
|---------------------------------------|-------------|-------------------|-------------|---------------|
| Lampu A: 8W x 5 | 40 | 10 | 400 | Baterai |
| Lampu B: 12W x 10 | 120 | 5 | 600 | Baterai |
| TV: 43” FHD Smart TV T6500 Samsung | 120 | 5 | 600 | Baterai |
| Kulkas: LG | 60 | 24 | 1440 | Baterai |
| AC: Gree 1 pk | 755 | 6 | 4530 | Baterai |
| Pompa Air: Jet Pump Shimizu PC-375BIT | 375 | 1,5 | 562,5 | Baterai |
| Komputer/Laptop | 65 | 4 | 260 | Baterai |
| Total | 1535 | - | 8392,5 | Baterai |

Selain perhitungan terkait penggunaan nilai koreksi PSH yang berbeda, studi kasus PLTS ini direncanakan untuk memenuhi kebutuhan listrik berupa lampu 160 Watt yang memerlukan energi sebesar 1000 Wh per hari. Berikutnya, ada beban TV berdaya maksimal 120 W yang aktif selama 5 jam per hari dan kulkas 60W berdurasi 24 jam per hari. Sistem PLTS pada rumah ini juga diharapkan untuk memenuhi kebutuhan energi untuk AC 1 pk dengan daya maksimal 755 W yang menyala selama 6 jam dan pompa air dengan daya operasional rata-rata 375 W yang beroperasi

selama 1,5 jam per hari. Selain itu, terdapat juga beban lainnya berupa laptop atau komputer sebesar 65 W yang berdurasi 4 jam setiap harinya. Jika dijumlahkan seluruh beban tersebut adalah 8392,5 Wh per hari atau 251,775 kWh per bulan. Asumsi beban untuk studi kasus ini secara lengkap ditunjukkan pada Tabel 1.

3. Hasil dan Pembahasan

Aplikasi kalkulator PLTS telah berhasil dibuat dan dapat dijalankan pada *smartphone* berbasis Android. Tampilan aplikasinya ditunjukkan pada Gambar 3. Pada Gambar 3 bagian a menunjukkan tampilan saat proses pertama kali aplikasi dibuka. Kemudian, pengguna akan masuk pada tampilan b, yaitu halaman home. Bagian c menunjukkan tampilan saat pengguna memilih mode simpel sedangkan bagian d dan e untuk tampilan mode lanjut (*advance*). Setelah mengisi seluruh variabel, maka pengguna akan mendapatkan hasil perhitungan sebagaimana ditampilkan pada bagian f.



Gambar 3. Tampilan aplikasi kalkulator PLTS

Tabel 2. Hasil perhitungan menggunakan nilai koreksi PSH dan tanpa nilai koreksi PSH.

| Deskripsi | Baterai 100 Ah | | Baterai Li 80 Ah | |
|---------------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| | dengan koreksi PSH | tanpa koreksi PSH | dengan koreksi PSH | tanpa koreksi PSH |
| Energi yang dibutuhkan (Wh) | 8392,5 | 8392,5 | 8392,5 | 8392,5 |
| Energi yang disuplai langsung PV (Wh) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Energi yang disuplai baterai (Wh) | 8392,5 | 8392,5 | 8392,5 | 8392,5 |
| Efisiensi baterai | 85% | 85% | 95% | 95% |
| Daily Energi consumption (Wh) | 9873,5 | 9873,5 | 8834,2 | 8834,2 |
| Max Depth of discharge (DoD) | 50% | 50% | 80% | 80% |
| Autonomous day (hari) | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Tegangan kerja sistem (V) | 12 | 12 | 48 | 48 |
| Kapasitas per unit baterai (Ah) | 100 | 100 | 80 | 80 |
| Total Energi Baterai (Wh) | 23231,8 | 23231,8 | 23247,9 | 23247,9 |
| Jumlah unit baterai (unit) | 19,4 | 19,4 | 6,1 | 6,1 |
| Rasio performa PV | 80% | 80% | 80% | 80% |
| Peak sun hour (Jam) | 4,606 | 4,606 | 4,606 | 4,606 |
| Koreksi PSH | 75% | 100% | 75% | 100% |
| Kapasitas daya inverter (W) | 3572,7 | 2679,5 | 3196,6 | 2397,5 |
| Rasio konversi DC-AC | 120% | 120% | 120% | 120% |
| Kapasitas daya PV (Wp) | 4287,2 | 3215,4 | 3836,0 | 2877,0 |

Pengaruh koreksi PSH terhadap proses dan hasil perhitungan pada aplikasi kalkulator PLTS ini dapat dilihat pada Tabel 2. Hal tersebut disimulasikan dalam perhitungan menggunakan masukan baterai VRLA 100 Ah 12 V dan Lithium 80 Ah 48 V. Perbedaan yang dapat didiskusikan adalah pada hasil perhitungan kapasitas *inverter* dan kapasitas panel surya. Pada kedua jenis baterai tersebut, proses perhitungan tanpa koreksi PSH menghasilkan kapasitas *inverter* dan kapasitas panel surya yang lebih kecil daripada perhitungan dengan koreksi PSH. Hal ini tentu saja terlihat lebih menguntungkan jika tanpa koreksi PSH. Namun, hal tersebut akan merugikan pada saat sumber energi matahari berada pada kondisi nilai GHI yang minimal. Dampaknya, rancangan PLTS yang dilakukan dapat mengalami defisit dan sistem tidak dapat memenuhi kebutuhan energi. Oleh karena itu, penting sekali memasukkan koreksi PSH pada setiap proses perhitungan sistem PLTS termasuk pada aplikasi Kalkulator PLTS ini.

Dari perbandingan kedua mode simpel dan lanjut pada aplikasi kalkulator PLTS berbasis Android ini sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3, dapat dikatakan bahwa selama data masukan yang diberikan sama, maka akan memberikan hasil yang sama. Pada pengujian menggunakan mode simpel dan Lanjut A memiliki hasil yang sama untuk setiap kategori. Misalnya, jumlah baterai yang diperlukan sama-sama 19,4 atau dapat dibulatkan menjadi 20 unit. Demikian juga dengan perhitungan kapasitas inverternya sama-sama menghasilkan nilai 3572,7 W. Sama halnya dengan perhitungan kapasitas panel surya yang memiliki nilai sama sebesar 4287,2 Wp.

Di sisi lain, mode lanjut memiliki fleksibilitas agar pengguna dapat menggunakan asumsi yang sesuai dengan kebutuhannya tergantung pada situasi dan kondisi proyek dan sistem yang sedang dikerjakan. Fleksibilitas ini diharapkan dapat memberikan pilihan dan keleluasaan bagi pengguna untuk menghitung kebutuhan awal sistem PLTS namun tetap dengan tampilan yang simpel dan operasional yang mudah. Sebagai contoh pada Tabel 3 kolom mode Lanjut B, pengguna dapat mengubah menjadi tipe baterai Lithium 80 Ah bertegangan 48 V yang memiliki efisiensi sampai 95% dan maksimal DoD sampai 80%. Pengguna juga dapat mengubah hari otonom menjadi 2 hari. Hasilnya menunjukkan baterai yang diperlukan sebanyak 6,1 atau dibulatkan menjadi 7 unit. Sementara itu, kapasitas inverternya adalah 3196,6 W dan kapasitas panel suryanya sebesar 3836 Wp. Nilai tersebut berbeda jika dibandingkan dengan mode simpel yang tidak fleksibel karena memiliki keterbatasan variabel inputnya.

Tabel 3. Perbandingan hasil perhitungan menggunakan mode simpel dan lanjut terhadap aplikasi lain.

| Deskripsi | Simpel | Lanjut A | Lanjut B | Unbound Solar |
|---------------------------------------|---------|----------|----------|---------------|
| Energi yang dibutuhkan (Wh) | 8392,5 | 8392,5 | 8392,5 | 8392,5 |
| Energi yang disuplai langsung PV (Wh) | 0 | 0 | 0 | n/A |
| Energi yang disuplai baterai (Wh) | 8392,5 | 8392,5 | 8392,5 | n/A |
| Efisiensi baterai | 85% | 85% | 95% | n/A |
| Daily Energi consumption (Wh) | 9873,5 | 9873,5 | 8834,2 | n/A |
| Max Depth of discharge | 50% | 50% | 80% | n/A |
| Autonomous day (hari) | 1 | 1 | 2 | n/A |
| Tegangan kerja sistem (V) | 12 | 12 | 48 | n/A |
| Kapasitas per unit baterai (Ah) | 100 | 100 | 80 | n/A |
| Total Energi Baterai (Wh) | 23231,8 | 23231,8 | 23247,9 | n/A |
| Jumlah unit baterai (unit) | 19,4 | 19,4 | 6,1 | n/A |
| Rasio performa PV | 80% | 80% | 80% | n/A |
| Peak sun hour (Jam) | 4,606 | 4,606 | 4,606 | 4,606 |
| Koreksi PSH | 75% | 75% | 75% | n/A |
| Kapasitas daya inverter (W) | 3572,7 | 3572,7 | 3196,6 | n/A |
| Rasio konversi DC-AC | 120% | 120% | 120% | n/A |
| Kapasitas daya PV (Wp) | 4287,2 | 4287,2 | 3836,0 | 3160,0 |

Validasi hasil perhitungan dilakukan dengan cara membandingkan terhadap aplikasi lain, yaitu Unbound Solar. Aplikasi ini dipilih karena memiliki kesamaan terkait variabel masukan data beban yang detil untuk masing-masing peralatan. Hasil perhitungan aplikasi pada penelitian ini tidak jauh beda dan sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan hasil perhitungan pada Unbound Solar sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3. Hal ini sesuai dengan yang diharapkan bahwa penerapan koreksi PSH pada aplikasi ini akan mengakibatkan kapasitas PLTS yang direkomendasikan lebih tinggi untuk memenuhi kemungkinan kekurangan energi saat *solar irradiance* rendah.

4. Kesimpulan

Sebuah sistem aplikasi kalkulator sistem PLTS yang murah dan mudah digunakan berbasis Android berhasil dirancang dan dikembangkan. Faktor koreksi *peak sun hours (PSH)* dapat ditambahkan pada aplikasi kalkulator PLTS berbasis Android. Faktor koreksi PSH yang ditentukan sebesar 75% akan berpengaruh pada hasil perhitungan untuk kapasitas inverter dan panel surya sedangkan nilai lainnya tidak berubah. Meskipun hasil tanpa faktor koreksi PSH menunjukkan kapasitas inverter dan panel surya yang lebih kecil, namun perlu dicatat bahwa hal tersebut dapat menyebabkan defisit energi pada sistem PLTS ketika nilai GHI berada pada nilai minimumnya. Oleh karena itu, penggunaan koreksi PSH ini menjadi sangat penting.

Sementara itu, studi kasus menunjukkan bahwa kedua mode aplikasi kalkulator PLTS dapat berfungsi dengan baik karena dapat memberikan hasil perhitungan mendekati dan sedikit lebih tinggi daripada hasil perhitungan dari aplikasi pembandingan. Aplikasi ini juga memberikan fleksibilitas bagi pengguna agar dapat memilih mode simpel maupun lanjut sesuai dengan kebutuhannya. Mode simpel dapat memberikan proses yang lebih sederhana dan hasil yang instan dengan nilai yang valid. Di sisi lain, mode lanjut memberikan pengguna keleluasaan untuk mengubah berbagai variabel masukannya dan memberikan hasil sesuai dengan kondisi yang diinginkan.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada yang telah membiayai penelitian ini menggunakan pembiayaan dari Dana Masyarakat (DAMAS) melalui skema hibah penelitian Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada Tahun 2023 berdasarkan kontrak No. 87/UN1.SV/K/2023.

Referensi

- [1] N. A. Pambudi *et al.*, “Renewable Energy in Indonesia: Current Status, Potential, and Future Development,” *Sustain.*, vol. 15, no. 3, 2023, doi: 10.3390/su15032342.
- [2] D. F. Silalahi, A. Blakers, M. Stocks, B. Lu, C. Cheng, and L. Hayes, “Indonesia’s vast solar energy potential,” *Energies*, vol. 14, no. 17, 2021, doi: 10.3390/en14175424.
- [3] “Pemerintah terus tingkatkan pemanfaatan energi surya - ANTARA News.” <https://www.antaranews.com/berita/3547101/pemerintah-terus-tingkatkan-pemanfaatan-energi-surya> (accessed Nov. 03, 2023).
- [4] L. A. Salsabila Ayu, I. A. Dwi Giriantari, and I. N. Setiawan, “Analisis Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Atap on-Grid 11,2 Kwp Di Residensial Bukit Gading Mediterania, Jakarta Utara,” *J. SPEKTRUM*, vol. 10, no. 1, p. 32, 2023, doi: 10.24843/spektrum.2023.v10.i01.p5.
- [5] S. Manahara, S. Kusuma Putri, I. W. Septa Kencana, S. Ilmu Lingkungan, and J. Pusat, “Tantangan transisi energi terbarukan di Indonesia,” *J. Innov. Mater. Energy, Sustain. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 78–92, Jul. 2023, doi: 10.61511/JIMESE.V1I1.2023.259.
- [6] R. Kohsaka and S. Kohyama, “Contested renewable energy sites due to landscape and socio-ecological barriers: Comparison of wind and solar power installation cases in Japan,” *Energy*, vol. 34, no. 7, 2023, doi: 10.1177/0958305X221115070.
- [7] “Challenges Amidst in the Rise of Investment in Renewable Energy – IESR.” <https://iesr.or.id/en/challenges-amidst-in-the-rise-of-investment-in-renewable-energy>

- (accessed Mar. 01, 2023).
- [8] K. P. Pratama, I. Iftadi, and A. Ramelan, "Technical Design and Financial Projection of Solar Power Plant on Grid 119.5 kWp in Sendang Sari Hotel," *J. Electr. Electron. Information, Commun. Technol.*, vol. 5, no. 1, p. 10, 2023, doi: 10.20961/jeeict.5.1.68869.
 - [9] C. Liu, X. Zheng, H. Yang, W. Tang, G. Sang, and H. Cui, "Techno-economic evaluation of energy storage systems for concentrated solar power plants using the Monte Carlo method," *Appl. Energy*, vol. 352, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.apenergy.2023.121983.
 - [10] F. Mayasari, "Pengenalan Panel Surya sebagai Salah Satu Sumber Energi Terbarukan untuk Pembelajaran di SMA Negeri 1 Takalar", *Jurnal_Tepat*, vol. 5, no. 2, pp. 147-159, Dec. 2022.
 - [11] D. D. Milosavljević, T. S. Kevkić, and S. J. Jovanović, "Review and validation of photovoltaic solar simulation tools/software based on case study," *Open Phys.*, vol. 20, no. 1, pp. 431–451, 2022, doi: 10.1515/phys-2022-0042.
 - [12] A. Kaleshwarwar and S. Bahadure, "Validating the credibility of solar simulation tools using a real-world case study," *Energy Build.*, vol. 301, no., p. 113697, 2023, doi: 10.1016/j.enbuild.2023.113697.
 - [13] E. Tarigan, "Review of Solar Photovoltaic Android-Based Applications for Smartphone and Tablet," *Mecn. 2020 - Int. Conf. Mech. Electron. Comput. Ind. Technol.*, pp. 194–197, 2020, doi: 10.1109/MECnIT48290.2020.9166648.
 - [14] N. Winanti, C. H. A. Andre Mailoa, H. R. Iskandar, G. A. Setia, and N. T. Somantri, "System Optimization Design of Rooftop Grid-Tied Solar Power Plant for Residential Customers in Indonesia," *2021 3rd Int. Conf. High Volt. Eng. Power Syst. ICHVEPS 2021*, pp. 222–226, 2021, doi: 10.1109/ICHVEPS53178.2021.9601036.
 - [15] I. D. G. A. Putra *et al.*, "Study of vertical solar irradiance and local scale climate to assess passive cooling potential in Tangerang of Indonesia," *E3S Web Conf.*, vol. 396, pp. 0–7, 2023, doi: 10.1051/e3sconf/202339605002.
 - [16] S. Murali, P. R. Amulya, P. V. Alfiya, D. S. A. Delfiya, and M. P. Samuel, "Design and performance evaluation of solar - LPG hybrid dryer for drying of shrimps," *Renew. Energy*, vol. 147, pp. 2417–2428, 2020, doi: 10.1016/j.renene.2019.10.002.
 - [17] M. Chennaif, M. Maaouane, H. Zahboune, M. Elhafyani, and S. Zouggar, "Tri-objective techno-economic sizing optimization of Off-grid and On-grid renewable energy systems using Electric system Cascade Extended analysis and system Advisor Model," *Appl. Energy*, vol. 305, no. September 2021, p. 117844, 2022, doi: 10.1016/j.apenergy.2021.117844.
 - [18] A. Juaidi, H. H. Muhammad, R. Abdallah, R. Abdalhaq, A. Albatayneh, and F. Kawa, "Experimental validation of dust impact on-grid connected PV system performance in Palestine: An energy nexus perspective," *Energy Nexus*, vol. 6, no. March, p. 100082, 2022, doi: 10.1016/j.nexus.2022.100082.
 - [19] M. Purlu, S. Beyarslan, and B. E. Turkay, "On-Grid and Off-Grid Hybrid Renewable Energy System Designs with HOMER: A Case Study of Rural Electrification in Turkey," *Turkish J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 2, no. 1, pp. 75–84, 2022, doi: 10.5152/tepes.2022.21013.
 - [20] B. Patra, P. Nema, M. Z. Khan, and O. Khan, "Optimization of solar energy using MPPT techniques and industry 4.0 modelling," *Sustain. Oper. Comput.*, vol. 4, no. August 2022, pp. 22–28, 2023, doi: 10.1016/j.susoc.2022.10.001.
 - [21] K. Velmurugan *et al.*, "Experimental studies on photovoltaic module temperature reduction using eutectic cold phase change material," *Sol. Energy*, vol. 209, no. September, pp. 302–315, 2020, doi: 10.1016/j.solener.2020.09.010.
 - [22] I. Jamil, H. Lucheng, S. Habib, M. Aurangzeb, E. M. Ahmed, and R. Jamil, "Performance evaluation of solar power plants for excess energy based on energy production," *Energy Reports*, vol. 9, pp. 1501–1534, 2023, doi: 10.1016/j.egy.2022.12.081.