



OPTIMALISASI PENGGUNAAN PANEL SURYA ATAP STUDI KASUS PENGARUH ARAH HADAP RUMAH TERHADAP PRODUKSI ENERGI

Rijal Surya Rahmany^{1a}, I Made Ivan Wiyarta Cakra Sujana¹, Yongki Christandi Batubara¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Kalimantan

Korespondensi:

^a Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Kalimantan
rijal.rahmany@lecturer.itk.ac.id

ABSTRAK

Optimalisasi penggunaan panel surya menjadi salah satu upaya penting dalam mendukung penerapan energi terbarukan. Dengan mengetahui lokasi pemasangan panel surya, arah hadap optimum relatif terhadap posisi matahari bisa ditentukan. Tetapi pada PLTS atap posisi tetap yang memiliki beberapa sisi penempatan, posisi sudut hadap panel surya dipengaruhi secara signifikan oleh arah hadap rumah. Oleh karena itu, perlu dilakukan suatu perencanaan arah hadap rumah yang menggunakan sistem PLTS atap posisi tetap. Penelitian ini menggunakan metode simulasi dengan perangkat lunak PV*Sol untuk menganalisis pengaruh arah hadap rumah terhadap produksi energi listrik. Studi dilakukan pada rumah tipe 36 meter persegi dengan arah hadap divariasikan pada seluruh arah dengan menggunakan variasi kelipatan uji sudut hadap setiap 10 derajat. Simulasi dilakukan menggunakan panel surya dengan kapasitas sebanyak 315 Wp sebanyak 16 buah dan dua buah inverter dengan kapasitas total 5,04 kWp. Lokasi yang dipilih untuk simulasi adalah Kota Balikpapan dengan posisi 1 sampai 1,5 derajat lintang selatan dan 116,5 sampai 117 derajat bujur timur. Pada lokasi ini matahari akan tampak sepanjang tahun karena posisi yang relatif dekat dengan ekuator. Hasil simulasi menunjukkan bahwa arah hadap rumah memiliki pengaruh signifikan terhadap produksi energi panel surya. Energi maksimum tercatat pada rumah dengan arah hadap ke timur yang menghasilkan total produksi sebesar 7.245 kWp per tahun. Sebaliknya, energi minimum terjadi ketika rumah menghadap ke utara, dengan produksi hanya sebesar 7.159 kWp per tahun. Perbedaan ini disebabkan oleh perubahan sudut penerimaan cahaya matahari terhadap permukaan panel ketika matahari terbit dan terbenam, yang memengaruhi efisiensi penyerapan energi.

Kata kunci: panel surya atap, PLTS, energi terbarukan

ABSTRACT

*Optimizing the use of solar panels is a crucial step in advancing renewable energy adoption. Determining the optimal orientation of solar panels relative to the sun's position depends on the installation site. For fixed-position rooftop solar power systems with multiple placement options, the orientation of the solar panels is strongly influenced by the house's directional orientation. Thus, careful planning of house orientation is necessary for systems utilizing fixed-position rooftop solar panels. This study employs simulation methods using PV*Sol software to evaluate how house orientation impacts electricity generation. The research focuses on a 36-square-meter house, with orientations varied incrementally by 10 degrees to simulate all potential scenarios. The simulation setup includes 16 solar panels, each with a capacity of 315 Wp, and two inverters with a combined capacity of 5.04 kWp. Balikpapan, located between 1 and 1.5 degree south latitude and 116.5 to 117 degree east longitude, was chosen as the simulation site due to its year-round sunlight exposure,*

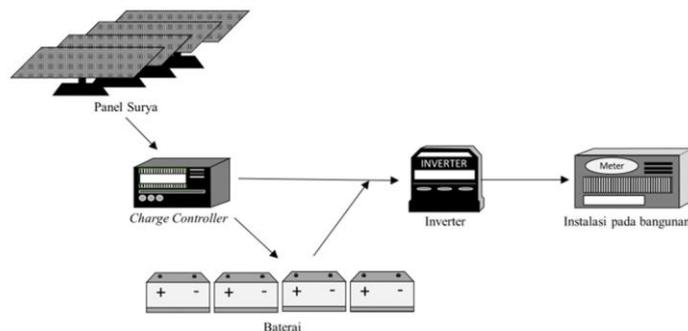
resulting from its proximity to the equator. The simulation results reveal that house orientation significantly affects solar panel energy production. The highest energy yield was recorded for houses facing east, producing an annual total of 7,245 kWp. In contrast, the lowest energy yield occurred for houses facing north, generating only 7,159 kWp per year. These differences are attributed to variations in the angle of sunlight incidence on the panel surface during sunrise and sunset, which affect energy absorption efficiency.

Keywords: rooftop solar panel, PV system, renewable energy

1. PENDAHULUAN

Energi fosil sebagai salah satu sumber energi yang pemanfaatannya sudah sangat luas ternyata memiliki kelemahan. Dampak terhadap lingkungan merupakan salah satu aspek yang saat ini menjadi sorotan. Misalnya area-area bekas pertambangan batu bara yang terabaikan dan berubah menjadi lahan tidak produktif sampai dengan polusi hasil pembakaran bahan bakar fosil yang menumpuk di atmosfer sehingga menyebabkan terjadinya efek rumah kaca sebagai pemicu pemanasan global. Masalah ini perlu dicarikan solusi dan pemecahan masalah dengan tujuan kelangsungan kehidupan yang berkelanjutan [1]. Alternatif atau pengganti dari penggunaan energi fosil tentu akan menjadi pilihan terbaik. Namun penggantian sumber energi fosil ke sumber energi pengganti tidak dapat dilakukan secara spontan. Perlu adanya proses yang bertahap dan berkelanjutan dalam persiapan teknologi hingga pengaplikasiannya pada berbagai bidang dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu sumber energi alternatif yang dapat dijadikan pilihan untuk mengatasi permasalahan-permasalahan dalam penggunaan energi fosil adalah energi terbarukan [2]. Penggunaan energi terbarukan saat ini merupakan salah satu solusi pemenuhan energi bersih sebagai pengganti energi fosil. Walaupun penggunaan energi terbarukan mampu memenuhi syarat energi bersih dalam pengaplikasiannya, biaya kapital dan operasional yang masih relatif lebih tinggi dibandingkan dengan sumber energi fosil masih menjadi hambatan utama. Permasalahan ini juga didukung dengan keadaan bahwa teknologi untuk pemanfaatan energi terbarukan masih banyak berada pada tahap pengembangan. Oleh karena itu pemilihan sumber energi terbarukan yang sesuai dengan keadaan lingkungan harus diperhatikan dan diperhitungkan.

Energi surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang ketersediaannya relatif melimpah di Indonesia. Hal ini dikarenakan Indonesia berada pada daerah katulistiwa yang mendapatkan intensitas matahari relatif tinggi dibandingkan dengan daerah-daerah lain. Keadaan ini mendukung penggunaan energi surya sebagai alternatif dari pengganti energi fosil di Indonesia. Selain itu harga satuan listrik keluaran panel surya atap saat ini relatif bersaing dengan biaya satuan listrik dari pembangkit yang bahan bakar fosil [3]. Hal ini dikarenakan umur rata-rata panel surya yang bisa mencapai hingga 25 tahun [4], sehingga dapat mengakomodir biaya kapital pada saat pemasangan. Tentunya pemanfaatan panel surya memerlukan perancangan yang sesuai dengan daerah pemasangan agar dapat beroperasi secara maksimal [5]. Mempertimbangkan manfaat yang ada, perluasan instalasi dan penggunaan panel surya perlu dilakukan. Pemanfaatan panel surya pada lingkungan rumah tangga sebagai PLTS juga bisa menjadi salah satu pilihan. Hal ini dikarenakan kebutuhan listrik pada sektor rumah tangga yang relatif mudah untuk diprediksi sehingga perencanaan dapat dilakukan dengan lebih akurat. Selain itu adanya PLTS pada lingkungan rumah tangga juga merupakan langkah nyata perluasan implementasi penggunaan energi terbarukan yang bisa menjadi pendorong peningkatan prosentase pemanfaatan energi terbarukan secara nasional dan global. Komponen-komponen PLTS secara sederhana ditampilkan pada Gambar 1 Berikut.



Gambar 1. Komponen instalasi panel surya sederhana [5]

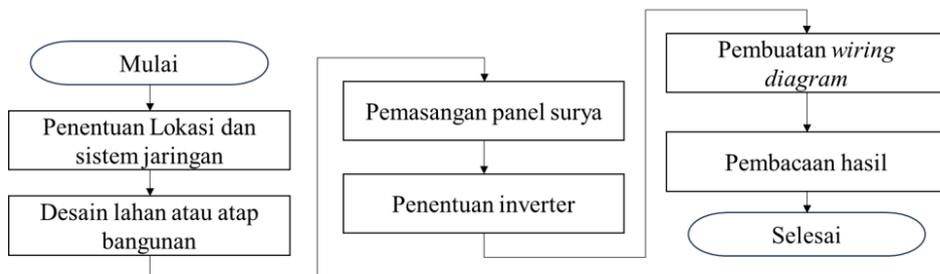
PLTS atap merupakan tipe pemasangan panel surya yang yang cocok digunakan pada rumah tinggal untuk skala rumah tangga [6]. Hal ini didukung dengan pengujian yang pernah dilakukan terhadap lokasi penempatan panel surya yang menunjukkan bahwa energi yang dihasilkan dari panel surya tidak jauh berbeda antara lokasi panel surya di atap bangunan maupun langsung pada lapangan [7]. Lokasi instalasi yang relatif sederhana dan tidak memerlukan banyak ruang menjadi salah satu alasan agar pemanfaatan panel surya bisa dilakukan secara efektif. *Fixed position* pada atap juga bisa dipilih agar meminimalkan biaya pemasangan dan operasional [8]. Sehingga, pemanfaatan PLTS atap untuk skala rumah tangga merupakan salah satu solusi terbaik untuk tujuan pergeseran sumber bahan bakar fosil menuju sumber bahan bakar terbarukan.

Sebagaimana telah disebutkan sebelumnya, pemasangan panel surya untuk PLTS atap memerlukan perencanaan dengan tujuan mendapatkan daya keluaran yang optimal. Namun pada kenyataannya, penerapan langsung pada atap rumah dengan metode *fixed position* perlu dikaji lebih lanjut. Penyebab utamanya adalah arah hadap panel surya berpengaruh terhadap intensitas cahaya matahari yang diterima sehingga berdampak pada daya keluaran panel surya yang digunakan [9][10]. Oleh karena itu, penelitian ini membahas pengaruh arah hadap rumah terhadap energi produksi dari pemasangan panel surya atap. Studi kasus yang dilakukan adalah pada Kecamatan Balikpapan Timur, Kota Balikpapan. Perluasan area pemukiman yang mulai menjalar ke arah timur dari tengah Kota Balikpapan menjadikan Balikpapan Timur mulai padat penduduk dan menghasilkan peningkatan kebutuhan atau sumberdaya pokok. Salah satu kebutuhan utama pada bidang energi untuk sektor perumahan adalah energi listrik. Sejauh pemahaman peneliti, masih belum ada penelitian yang membahas posisi arah hadap rumah kaitannya dengan pemasangan panel surya jika dikaitkan dengan implementasi pemasangan pada PLTS atap di Kecamatan Balikpapan Timur. Sudut atap pada PLTS atap yang direncanakan berada pada nilai 30 derajat. Sudut pemasangan sebenarnya bisa dioptimalkan pada nilai sudut yang lebih kecil untuk mendapatkan daya keluaran yang lebih besar [11]. Meskipun sudut kemiringan juga berpengaruh terhadap daya keluaran panel surya [8], nilai ini dipilih karena pada daerah Balikpapan percobaan pada sudut 30 derajat menghasilkan daya keluaran paling tinggi [12].

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode simulasi terhadap variasi arah hadap rumah ukuran 36 meter persegi yang berlokasi di Balikpapan Timur, Kota Balikpapan yang terletak pada posisi 1 sampai 1,5 derajat lintang selatan dan 116,5 sampai 117 derajat bujur timur. Arah hadap divariasikan terhadap seluruh arah dengan variasi selisih arah hadap tiap simulasi sebesar 10 derajat. Pemilihan tipe rumah ini didasari oleh banyaknya pengembang perumahan yang membentuk lingkungan masyarakat baru di sekitar Balikpapan Timur yang menggunakan tipe ini sebagai objek rumah pada kawasan perumahan. Pada simulasi yang dilakukan, model atap yang dipilih disesuaikan dengan keadaan bangunan umum yang ada. Model kemiringan yang dipilih adalah 30 derajat. Parameter ini menjadi asumsi atau variabel kontrol pada penelitian ini. Sehingga pada penelitian ini, arah hadap rumah ditetapkan sebagai variabel bebas dan besarnya energi yang diproduksi ditetapkan sebagai variabel terikat.

Simulasi dilakukan menggunakan komputer dan perangkat lunak PV*Sol. Perangkat lunak ini menyediakan fitur untuk bisa melakukan simulasi pemasangan dan instalasi PLTS menggunakan acuan data iradiasi yang dimiliki oleh daerah sekitar titik yang dipilih. Tahapan-tahapan dalam melakukan simulasi divisualisasikan dengan diagram alir pada Gambar 2. Perangkat lunak dapat digunakan untuk mensimulasikan parameter-parameter pada panel surya dan dapat menghemat waktu dan biaya eksperimental dalam perencanaan panel surya [13].

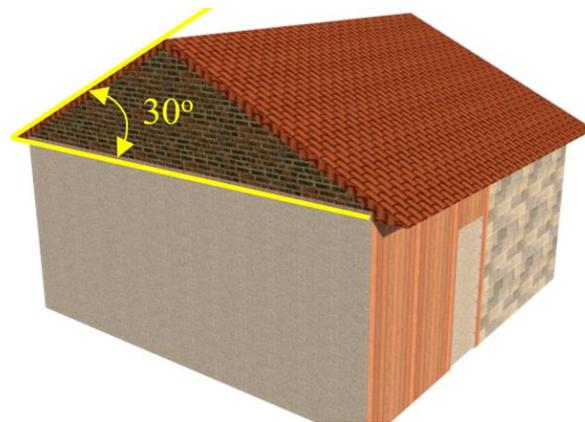


Gambar 2. Tahapan simulasi pada penelitian

2.1 Lokasi, model atap bangunan dan sistem jaringan

Kota Balikpapan yang terletak pada posisi 1 sampai 1,5 derajat lintang selatan dan 116,5 sampai 117 derajat bujur timur memiliki kecamatan pada bagian timur yang bernama Balikpapan Timur. Model atap sederhana dipilih karena merupakan model atap yang umum digunakan pada perumahan-perumahan dengan tipe 36 meter persegi di Kecamatan Balikpapan Timur. Sudut 30 derajat dihitung dari bagian sudut paling kecil yang letaknya adalah pada bagian depan dan bagian paling belakang rumah yang ditampilkan pada Gambar 3. Titik tertinggi pada atap diasumsikan berada pada bagian tengah rumah. Meskipun pada kenyataannya titik tengah ini bisa bergeser beberapa centi meter dan diduga akan memberikan pengaruh terhadap energi produksi dari panel surya atap, penetapan titik tengah ini diperlukan agar bisa menjadi acuan desain model untuk keperluan simulasi. Hal ini penting karena bentuk atap akan berpengaruh terhadap jumlah modul PV yang bisa dipasang karena jumlah modul PV yang dipasang berpengaruh terhadap daya keluaran dari PLTS [14].

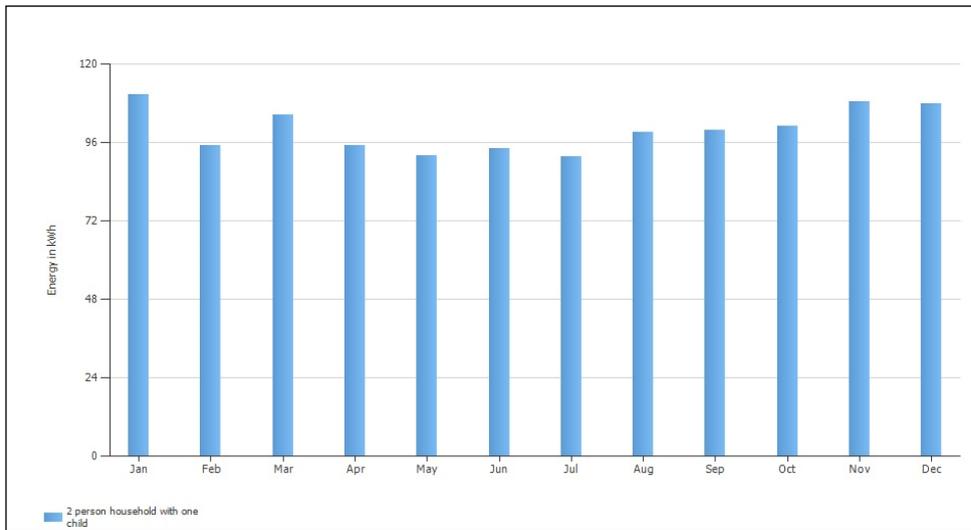
Sedangkan simulasi akan dilakukan menggunakan skema jaringan *on-grid*. Keuntungan dari skema ini adalah biaya baterai bisa dikurangi secara signifikan dengan memanfaatkan skema instalasi *on-grid* [15]. Pada beberapa kasus skema ini juga memungkinkan untuk tetap menggunakan baterai. Seiring dengan perkembangan teknologi, *automatic Transfer Switch* memungkinkan terjadinya pemilihan penggunaan sumber daya listrik secara otomatis antara baterai dan jaringan [16]. Keadaan ini memungkinkan terjadinya peningkatan efisiensi energi produksi panel surya untuk pemenuhan kebutuhan listrik yang ada.



Gambar 3. Sudut kemiringan pada model atap

2.2 Beban listrik rumah tangga

Salah satu parameter simulasi yang harus ditentukan saat melakukan simulasi adalah beban listrik. Beban listrik pada skema *on-grid* perlu ditentukan untuk mengetahui seberapa besar penggunaan energi hasil produksi dari PLTS atap. Variasi arah hadap rumah yang dilakukan pada penelitian ini direncanakan akan memberikan gambaran terhadap bagaimana nilai produksi energi listrik PLTS digunakan sesuai dengan beban yang ada. Pada penelitian ini, digunakan beban listrik rumah tangga yang menyesuaikan tipe rumah yang dipilih. Beban listrik rumah tangga merupakan kebutuhan listrik dalam menjalani kegiatan sehari-hari dalam lingkup rumah tangga. Data kebutuhan listrik dipilih sesuai dengan jumlah anggota keluarga yang optimal sesuai dengan luas area rumah tipe 36 meter persegi. Dengan jumlah dua kamar tidur, maka tiga orang anggota keluarga merupakan jumlah yang dipilih. Jumlah rata-rata energi listrik konsumsi bulanan ditetapkan sebesar 100 kWh per bulan atau 1200 kWh per tahun. Berdasarkan keadaan ini, ditentukan parameter-parameter input pada simulasi yang dilakukan pada perangkat lunak. Gambar 4 menampilkan inputan pada perangkat lunak simulasi PLTS yang digunakan.

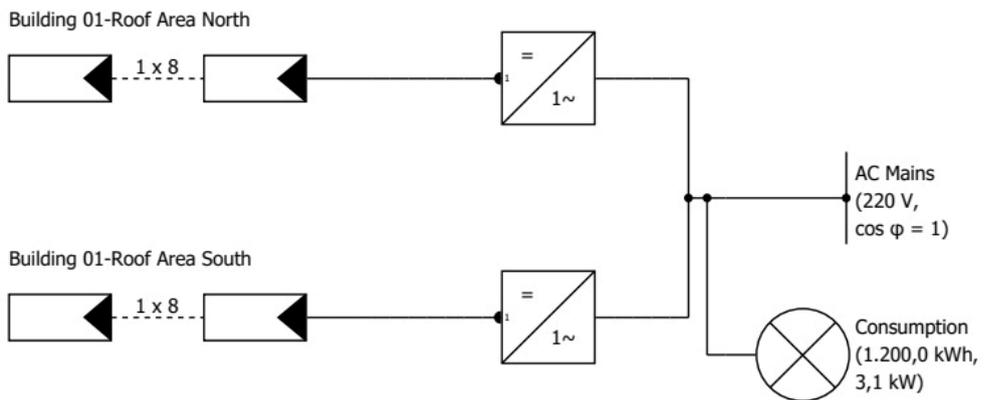


Gambar 4. Beban listrik yang dimasukkan sebagai inputan simulasi

2.3 Jumlah dan posisi panel surya

Jumlah panel surya harus disesuaikan dengan luasan atap yang tersedia. Beberapa pertimbangan yang perlu diperhatikan adalah bahwa setiap penambahan panel surya akan menambah biaya awal atau biaya kapital instalasi PLTS yang akan dipasang. Namun pengurangan jumlah panel surya akan mengakibatkan produksi energi listrik yang dihasilkan akan lebih kecil. Maka dari itu dalam realita atau pengaplikasian perencanaan PLTS, jumlah panel surya biasanya menyesuaikan dari beban maksimum yang diperlukan. Diharapkan antara kebutuhan dan produksi listrik PLTS bisa berada pada titik yang relatif seimbang.

Pada penelitian ini panel surya dipasang menyesuaikan kapasitas maksimum dari atap yang tersedia. Tujuan dari pemasangan panel surya yang memaksimalkan ruang adalah agar hasil simulasi semakin sensitif terhadap perbedaan arah hadap rumah sesuai dengan tujuan dari penelitian yang dilakukan. Spesifikasi panel surya yang dipilih bisa dilihat pada Tabel 1. Sedangkan gambar 5 menampilkan skema jumlah panel surya yang bisa terpasang pada atap.



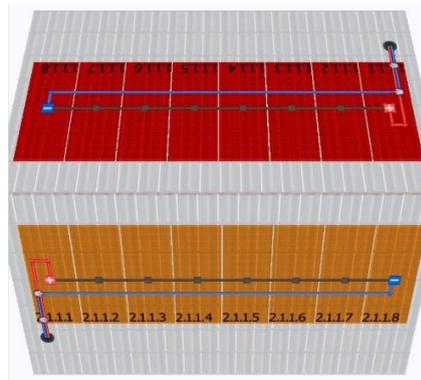
Gambar 5. Skema panel surya terpasang pada atap

2.4 Inverter dan parameter kelistrikan

Inverter dipilih menyesuaikan dari instalasi panel surya yang dipasang. Syarat pemilihan inverter yaitu kapasitas maksimum inverter harus seimbang atau relatif sama dengan produksi listrik maksimal dari instalasi panel surya yang terpasang. Wiring diagram untuk kedua sisi atap ditampilkan pada Gambar 6.

Tabel 1. Spesifikasi komponen PLTS

<i>Komponen</i>	<i>Merk</i>	<i>Kapasitas</i>
Panel surya	<i>Sunpower SPR Max 3</i>	<i>315 Wp</i>
Inverter	<i>Sunrous New Energy</i>	<i>2,52 kWp</i>
Jumlah panel		<i>16 Panel</i>
Jumlah inverter		<i>2 Inverter</i>
Kapasitas total PLTS		<i>5,04 kWp</i>
Kapasitas total Inverter		<i>5,04 kWp</i>



Gambar 6. Panel surya terpasang dan wiring diagram

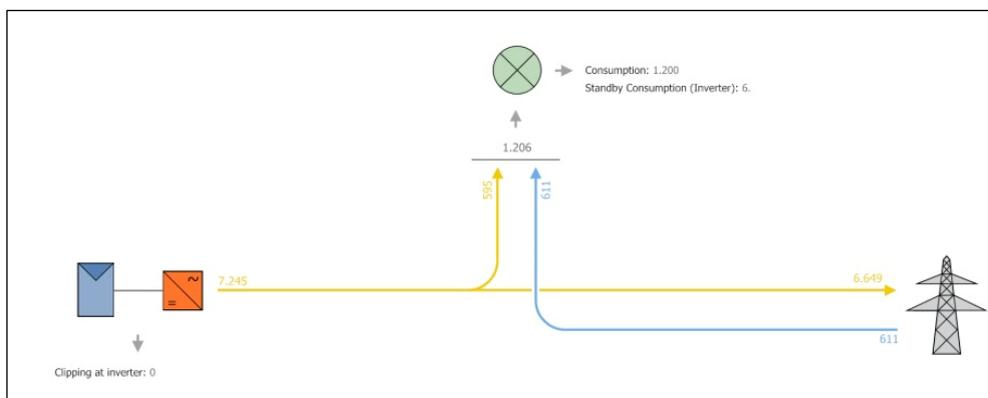
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari simulasi yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa arah hadap rumah berpengaruh terhadap energi produksi dari PLTS atap yang terpasang. Produksi energi per-tahun pada tiap-tiap arah hadap ditampilkan pada Tabel 2. Produksi energi listrik tertinggi dihasilkan oleh simulasi dengan arah hadap +90 derajat dari utara atau dapat dikatakan pada saat bangunan menghadap ke arah timur. Karena bentuk atap bangunan yang simetris antara depan dan belakang, nilai produksi energi PLTS atap bernilai sama dengan rumah dengan arah hadap ke barat. Hasil ini disebabkan karena pada arah hadap ini kedua sisi atap mendapatkan nilai intensitas cahaya matahari yang relatif seimbang. Sedangkan pada arah hadap yang lain, sebagian panel mendapatkan cahaya matahari yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan bagian lain. Penyebab lainnya adalah pada kemiringan atap yang memiliki nilai 30 derajat, sehingga sudut kecil pada sisi terbitnya matahari dapat langsung mengenai satu sisi atap tempat terpasangnya panel surya. Sehingga penyerapan energi efektif pada pagi dan sore hari dapat dimaksimalkan.

Tabel 2. Energi produksi dari PLTS

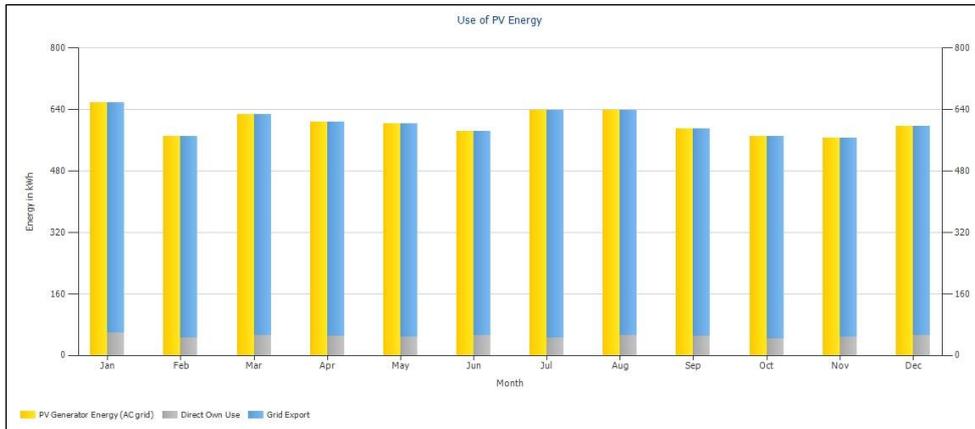
Arah hadap	Produksi per tahun (kWh)
Utara (Arah awal)	7159
Utara (+10 derajat CW)	7156
Utara (+20 derajat CW)	7162
Utara (+30 derajat CW)	7170
Utara (+40 derajat CW)	7185
Utara (+50 derajat CW)	7201
Utara (+60 derajat CW)	7215
Utara (+70 derajat CW)	7227
Utara (+80 derajat CW)	7238
Utara (+90 derajat CW)	7245
(arah timur)	
Utara (+100 derajat CW)	7244
Utara (+110 derajat CW)	7237
Utara (+120 derajat CW)	7223
Utara (+130 derajat CW)	7207
Utara (+140 derajat CW)	7193
Utara (+150 derajat CW)	7183
Utara (+160 derajat CW)	7173
Utara (+170 derajat CW)	7164
Utara (+180 derajat CW)	7159

Karena sistem jaringan yang dipilih adalah *on-grid*, maka besarnya energi dari panel surya yang diteruskan ke jaringan listrik hasil simulasi juga bisa ditampilkan. Arah hadap ke timur dipilih sebagai acuan karena menghasilkan energi listrik terbesar. Gambar 7 menampilkan seberapa besar energi listrik produksi hasil PLTS yang diteruskan ke jaringan listrik maupun dikonsumsi sebagai kebutuhan rumah tangga. Berdasarkan beban listrik yang ditetapkan, sebagian besar energi yang diproduksi panel surya ternyata disalurkan ke jaringan. Hal ini disebabkan oleh instalasi panel surya yang relatif jauh lebih besar daripada konsumsi energi listrik rumah tangga pada rumah tipe 36 meter persegi. Artinya, pada kebutuhan listrik yang dipilih, dapat digunakan kapasitas PLTS yang lebih kecil dari keadaan yang disimulasikan. Namun penggunaan skema *on-grid* ini memiliki keuntungan karena aturan *feed-in* ke jaringan saat ini sudah mulai diterapkan. Artinya dari sektor rumah tangga juga dapat memberikan peran atau kontribusi sumber energi listrik ke jaringan. Hal yang perlu diperhatikan ketika menerapkan skema ini adalah perlunya cadangan sumber energi pada jaringan, mengingat bahwa sifat *intermittent* pada energi surya masih menjadi karakter yang perlu diantisipasi pada saat instalasi. Sebanyak 6.649 kWh energi diteruskan ke jaringan dan hanya sebanyak 595 kWh yang dimanfaatkan secara langsung sebagai energi listrik yang dikonsumsi.



Gambar 7. Skema feed in pada on-grid

Sedangkan pada produksi energi listrik dari PLTS per tahun jika dilihat pada tiap bulan ditampilkan pada Gambar 8 sebagai berikut dengan nilai produksi energi tertinggi terjadi pada bulan januari.



Gambar 8. Produksi energi listrik dan penggunaan energi dari PLTS

4. KESIMPULAN

Telah dilakukan simulasi menggunakan PV*Sol sebagai salah satu perangkat lunak simulasi PLTS untuk mengetahui bagaimana pengaruh arah hadap rumah terhadap energi produksi listrik PLTS atap. Hasil simulasi menunjukkan bahwa arah hadap rumah berpengaruh terhadap energi listrik yang diproduksi oleh PLTS. Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan, variasi arah hadap terbaik pada tipe rumah 36 meter persegi untuk lokasi Balikpapan Timur adalah arah timur. Penyebabnya adalah kemiringan pada panel surya yang bisa memaksimalkan penggunaan cahaya matahari pada pagi dan sore hari. Sedangkan simulasi yang dilakukan menggunakan 16 buah panel surya dengan kapasitas 315 Wp dan dua buah inverter berkapasitas total 5,04 kWp didapatkan hasil energi produksi total selama satu tahun adalah sebesar 7.245 kWh. Hasil ini bisa dijadikan acuan bagi pengembang perumahan yang ingin menggunakan PLTS atap pada bangunan-bangunan baru dengan tujuan penyediaan energi bersih.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Foster, M. Ghassemi, and A. Cota, *SOLAR ENERGY: Renewable Energy and the Environment*. CRC Press.
- [2] J. Sih Setyono, F. Hari Mardiansjah, and M. Febrina Kusumo Astuti, "Potensi Pengembangan Energi Baru Dan Energi Terbarukan Di Kota Semarang," *J. Riptek*, vol. 13, no. 2, pp. 177–186, 2019, [Online]. Available: <http://riptek.semarangkota.go.id>.
- [3] E. Tarigan, "Simulasi Sistem PLTS Atap dan Harga Satuan Energi Listrik Untuk Skala Rumah Tangga di Surabaya," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 18, no. 2, pp. 86–93, 2022, doi: 10.17529/jre.v18i2.25535.
- [4] J. T. Mesin, F. T. Industri, and U. Trisakti, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Atap Gedung Harry Hartanto Universitas Trisakti," pp. 1–11, 1974.
- [5] R. S. Rahmany, Jefri Aldo, and Halim, "Simulasi Penggunaan Panel Surya Atap Di Lingkungan Kampus Politeknik Batulicin," *Sci. J. Mech. Eng. Kinemat.*, vol. 8, no. 1, pp. 74–84, 2023, doi: 10.20527/sjme kinematika.v8i1.254.
- [6] M. Iman and A. P. Pambayun, "Penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap Untuk Keperluan Pada Rumah Tinggal Studi Kasus: Rumah Tinggal Di Jalan Swadaya, Depok," *Trave*, 2018.
- [7] S. Baqaruzi, K. Kananda, and A. Muhtar, "Perbandingan Penempatan Panel Fotovoltaik Di Atas Tanah (Ground Mounting Pv) Atau Di Atas Atap (Rooftop Pv) Sebagai Implementasi Pemanfaatan Plts Yang Efisien Di ITERA," *J. Elektro*, vol. 13, no. 1, pp. 31–38, 2020, doi: 10.25170/jurnalelektro.v13i1.1822.

- [8] D. Wahyu, Y. Rosa, Hanif, Ardiyanto, and Hendra, "Pengaruh Sudut Kemiringan Dan Orientasi Solar Cell Terhadap Luaran Energi Listrik Sebagai Kajian Power Charge Station Untuk Kendaraan Alat Berat," *Rotasi*, vol. 25, no. 1, pp. 9–16, 2022.
- [9] M. Ashrulloh, M. M. Rosadi, and M. A. Irfan, "Analisis Pengaruh Arah Posisi Panel Surya Terhadap Output Daya Pada Sistem Penerangan Rumah," *J. Reaktom*, vol. 6, no. 2, pp. 48–52, 2021.
- [10] Y. Shalih and S. Suratno, "Pengaruh Arah Posisi Pemasangan Panel Surya Terhadap Output Daya Keluaran," *Just TI (Jurnal Sains Terap. Teknol. Informasi)*, vol. 11, no. 2, p. 12, 2019, doi: 10.46964/justti.v11i2.145.
- [11] H. Kristiawan, I. N. S. Kumara, and I. A. D. Giriantari, "Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Gedung Sekolah di Kota Denpasar," *J. SPEKTRUM*, vol. 6, no. 4, p. 66, 2019, doi: 10.24843/spektrum.2019.v06.i04.p10.
- [12] J. T. Mesin, U. Balikpapan, and P. Surya, "Analisis Potensi Energi Tenaga Surya Kota Balikpapan Dengan Variasi Sudut Kemiringan Panel Surya," vol. 14, pp. 1–5, 2023.
- [13] F. A. F. Sugiono, P. D. Larasati, and E. A. Karuniawan, "Pengaruh sudut kemiringan panel surya terhadap potensi pemanfaatan PLTS rooftop di bengkel teknik mesin, Politeknik Negeri Semarang [The Effect of Solar Panel Tilt Angle on the Potential Utilization of Rooftop Solar Power Plants (PLTS) at the Mechanical E," *Rekayasa Energi*, vol. 01, no. 01, pp. 1–8, 2022, [Online]. Available: <https://www.helioscope.com/>.
- [14] M. Nur Fahmi, "Analisa Perencanaan Rooftop Solar Panel Sebagai Supply Energi Tambahan Menggunakan Software HelioScope," pp. 24–2021, 2021.
- [15] L. Halim, "Analisis Teknis dan Biaya Investasi Pemasangan PLTS On Grid dan Off Grid di Indonesia," *Resist. (Elektronika Kendali Telekomun. Tenaga List. Komputer)*, vol. 5, no. 2, p. 131, 2022, doi: 10.24853/resistor.5.2.131-136.
- [16] R. Sulistyowati, A. Fadholi, I. T. Adhi, and T. Surabaya, "Optimalisasi Panel Surya Untuk Skala Rumah Tangga," *SNESTIK Semin. Nas. Tek. Elektro, Sist. Informasi, dan Tek. Inform.*, pp. 11–20, 2022, [Online]. Available: <https://ejurnal.itats.ac.id/snestikdanhttps://snestik.itats.ac.id>.