

ANALISA PERENCANAAN ENERGI TERBARUKAN SISTEM ATAP SURYA

Karseno¹⁾, Masbah R.T. Siregar²⁾

Magister Teknik Elektro, Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta, 12630 - Indonesia
email: aprilkarseno@gmail.com, mrtsiregar2012@istn.ac.id

ABSTRAK

Perencanaan energi terbarukan sistem atap surya pada type rumah 36,50 dan 70 dengan desain PLTS atap sistem *on-grid*. Atap surya lebih menarik secara estetika dan lebih ramping, tampilan atap sangat menakjubkan yang memiliki pilihan antara ubin bertekstur yang menyatu dengan bangunan dan dapat memberikan banyak keunggulan. Menggunakan teori perhitungan luas atap berbentuk prisma maka dapat diketahui optimalisasi luas atap surya. Hasil perhitungan yang didapat, semakin besar type rumah dan panjang atap surya potensial serta lebar atap surya potensial maka optimalisasi luas atap surya semakin luas, besar type rumah dan jumlah *solar roof tile* yang dibutuhkan lebih banyak maka akan semakin berat dimensi berat atap surya, daya listrik yang dihasilkan oleh atap surya berpotensi menabung energy listrik ke PLN, investasi ekonomi atap surya yang perlu disiapkan dengan hasil perhitungan untuk rumah type 36 senilai Rp.194.504.000, type 50 Rp.268.321.000 dan type 70 Rp.335.296.000.

Kata kunci : Energi terbarukan, type rumah, sistem on-grid, atap surya

ABSTRACT

Planning for renewable energy for solar roof systems on house types 36,50 and 70 with the on-grid rooftop solar system design. Solar roofs are more aesthetically appealing and sleeker, the appearance of the roof is amazing which has a choice between textured tiles that blend into the building and can provide many advantages. Using the theory of calculating the area of the roof in the form of a prism, it can be seen the optimization of the area of the solar roof. The calculation results obtained, the larger the type of house and the length of the potential solar roof and the width of the potential solar roof, the more extensive the optimization of the solar roof area, the larger the type of house and the number of solar roof tiles required, the heavier the dimensions of the weight of the solar roof, the electric power. generated by the solar roof has the potential to save electricity to PLN, the economic investment of the solar roof that needs to be prepared with the calculation results for type 36 houses valued at Rp.194,504,000, type 50 Rp. 268,321,000 and type 70 Rp. 335,296,000.

Keywords : Renewable energy, house type, on-grid system, solar roof

1. PENDAHULUAN

Tujuan perencanaan energi terbarukan sistem atap surya pada desain PLTS atap sistem *on-grid* adalah Mengetahui luas atap surya, dimensi berat atap surya, besar daya listrik yang dihasilkan dan besar biaya investasi untuk memasang atap surya pada rumah type 36, 50 dan 70.

Ada banyak metode yang tersedia untuk menempelkan fotovoltaik hingga struktur atap komersial dan perumahan. Produk atap fotovoltaik yang paling umum terdiri dari panel surya yang berdiri sendiri, yang dipasang ke

atap yang ada atau struktur, menggunakan dukungan bingkai atau pemasangan langsung ke struktur atap. Produk ini digunakan sebagai tambahan, dan bukan dalam tempat struktur atap yang ada. Sistem pengkabelan untuk susunan fotovoltaik ini menggunakan koneksi rangkaian paralel atau seri tradisional.

Untuk produk atap standar, ada bermacam-macam contoh produk jenis atap yang saling mengunci terbuat dari berbagai bahan, termasuk plastik, busa, dan logam. Bahan ini telah digunakan untuk menggantikan bahan atap yang lebih tradisional. Seperti tanah liat yang

dipanggang, batu tulis, cadas, dan aspal. Sementara bahan alternatif ini mengimbangi kelemahan desain tradisional, seperti ketidakstabilan dimensi, berat badan, dan masalah lingkungan, mereka tidak memberikan solusi untuk masalah yang terkait dengan

Dengan popularitas sistem atap fotovoltaik meningkat dari tahun ke tahun, ada sejumlah produk diperkenalkan yang menggabungkan dengan atap bahan plastik *solarcells* terintegrasi. Sel surya bisa berupa fotovoltaik, atau dalam format beberapa ketentuan kasus disertakan dalam ubin untuk menyediakan solar pemanasan saluran air untuk membangun pasokan air panas. Untuk sistem fotovoltaik, panel yang berdiri sendiri telah dikembangkan memilih untuk memasang ke struktur atap yang ada. Dalam kasus di mana sel fotovoltaik telah dipasang ke atap, dalam keseluruhan sistem baik dipaku atau disekrup ke struktur atap. Metode pengkabelan listrik untuk sistem ini melibatkan industri, standar konektor dan tali pengaman.

Sistem fotovoltaik dan penggunaan material alternatif di produk atap telah mampu mencapai pasar komersial khusus. Perakitan sistem fotovoltaik untuk membangun struktur telah menghasilkan sejumlah produk yang menggunakan rel atau track sistem untuk memasang panel fotovoltaik secara structural struktur bangunan atau atap. Produk-produk ini menguntungkan menggunakan sistem rel sebagai jalur atau saluran untuk kabel fotovoltaic. Penggunaan rel logam atau plastik memungkinkan untuk pembungkaihan structural dan metode pemasangan untuk fotovoltaic panel sambil menyediakan jalur tertutup ke lingkungan melindungi sistem kelistrikan dengan baik. Keuntungan dari sistem rel adalah perakitan panel fotovoltaik dilakukan dengan mekanis pengencang atau ikatan kimia.

Kombinasi panjang rel yang berfungsi sebagai jalur untuk menghubungkan panel fotovoltaik telah dipertimbangkan. Desain ini memberikan solusi untuk mengubah keluaran listrik dari fotovoltaik panel dari arus DC ke arus AC. Desain jalur ini memungkinkan sambungan listrik fotovoltaik sels menggunakan stop kontak yang tersambung ke saluran listrik dan dapat menghubungkan beberapa panel fotovoltaik independen sels. Sedangkan sistem ini memberikan solusi antar kelistrikan konektivitas panel fotovoltaik.

Atap surya lebih menarik secara estetika dan lebih ramping dibandingkan dengan panel surya tradisional yang besar dan agak tidak menarik, dan dapat lebih mudah berbaur dengan desain atap rumah yang ada. Jika membangun rumah baru atau mengganti atap, tenaga surya terbukti lebih hemat biaya karena akan

metode instalasi tradisional. Metode pemasangan untuk plastik mirip dengan instalasi atap tunggal tradisional, karena menggunakan paku untuk langsung menempelkan ubin ke atap atau ke reng atap.

menghemat bahan atap tradisional dan tenaga kerja. Atap surya biasanya dapat dilepas dan dipasang kembali dalam situasi di mana harus pindah rumah. Masa garansi terpanjang selama 30 tahun untuk keluaran daya, yang memungkinkan periode pengembalian dengan efisiensi energi maksimum. Tampilan atap sangat menakjubkan yang memiliki pilihan antara ubin bertekstur yang menyatu dengan bangunan dan atap kaca futuristik yang dapat memberikan banyak keunggulan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian PLTS Atap

Berdasarkan SNI 8395:2017, PLTS adalah sistem pembangkit listrik yang energinya bersumber dari radiasi matahari, melalui konversi sel fotovoltaik. Sistem fotovoltaik mengubah radiasi sinar matahari menjadi listrik. Semakin tinggi intensitas radiasi matahari yang mengenai sel fotovoltaik, semakin tinggi daya listrik yang dihasilkannya. Dengan kondisi penyinaran matahari di Indonesia yang terletak di daerah tropis dan berada di garis khatulistiwa, PLTS menjadi salah satu teknologi penyediaan tenaga listrik yang potensial untuk diaplikasikan.

Surya Photovoltaic (PV) adalah teknologi yang mengubah sinar matahari (radiasi matahari) menjadi listrik arus searah dengan menggunakan semikonduktor. Ketika matahari mengenai semikonduktor dalam sel PV, electron dibebaskan dan membentuk arus listrik. PLTS dapat diaplikasikan melalui berbagai bentuk instalasi, dengan konfigurasi sistem terpusat ataupun tersebar, dimana masing-masing aplikasi tersebut dapat bersifat *on-grid* maupun *off-grid*. Perbedaan kedua sistem tersebut adalah sebagai berikut :

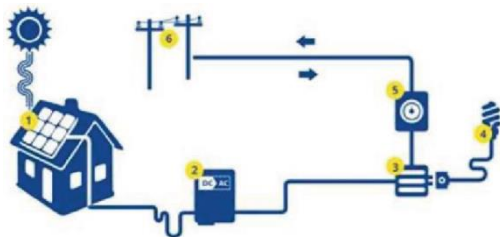
Tabel 1. Perbedaan sistem PLTS *Off-grid* dan *PLTS On-grid*

No	Perbedaan	PLTS <i>Off-grid</i>	PLTS <i>On-grid</i>
1	Pengertian	Sistem PLTS yang tidak terhubung dengan jaringan listrik PLN.	Sistem PLTS yang terhubung dengan jaringan distribusi yang telah disuplai pembangkit listrik lainnya (misalnya jaringan PLN)

2	Baterai	Pada umumnya tetap menggunakan komponen baterai supaya dapat menyuplai listrik di malam hari.	Tidak menggunakan baterai, konsekwensinya tidak bisa beroperasi di malam hari atau ketika tidak ada koneksi ke jaringan PLN.
3	Contoh Aplikasi	Sistem terpusat PLTS komunal (biasanya untuk listrik pedesaan). Sistem Tersebar : <i>solar home sistem</i> (SHS-untuk disetiap rumah), solar water pump (pompa air untuk umum), solar public lighting(penerangan jalan umum)	Sistem terpusat PLTS skala komersial oleh pengembang yang dijual ke PLN (IPP- <i>independent power producer</i>). Sistem tersebar : PLTS Atap

Sumber : Buku panduan studi kelayakan PLTS terpusat *Off-grid*, 2018

Sesuai ketentuan dalam Peraturan Menteri ESDM No.49 tahun 2018, jo. Permen No.13 tahun 2019, jo. Permen No.16 tahun 2019, PLTS atap adalah proses pembangkitan tenaga listrik yang menggunakan modul fotovoltaik, yang diletakkan di atap, dinding, atau bagian lain dari bangunan milik pelanggan PLN. Secara umum PLTS atap memiliki mekanisme dan komponen utama seperti digambarkan pada skema di bawah ini.



Sumber : ISSN 2341-5670
Gambar 1. Mekanisme sistem PLTS atap

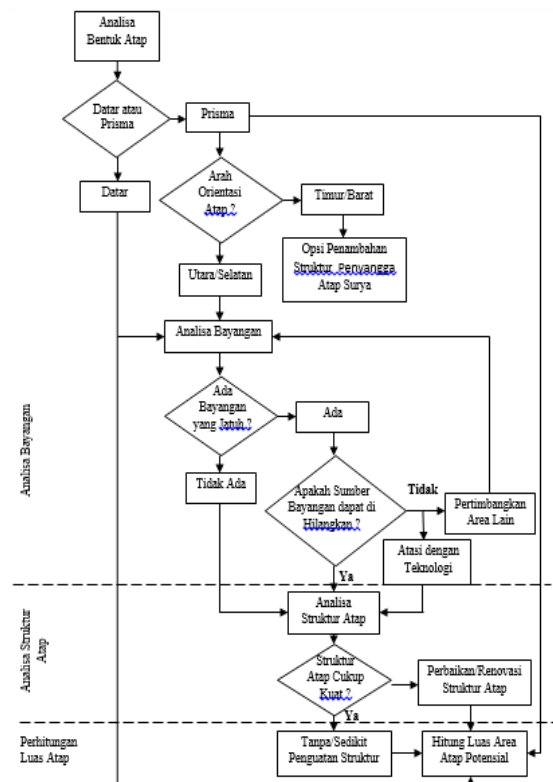
Penjelasan mekanisme sistem PLTS atap adalah sebagai berikut :

1. Panel surya mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Panel surya menghasilkan arus listrik DC.
2. Arus DC diubah oleh inverter menjadi listrik AC.
3. Arus AC masuk ke jaringan listrik di dalam rumah melalui AC breaker panel.
4. Pemakaian energi listrik untuk penerangan atau peralatan elektronik rumah tangga.
5. Penggunaan kWh meter ekspor impor (*exim*) dengan menggunakan sistem *net metering*.
6. Meter *exim* akan membaca ekspor listrik dari pelanggan PLTS ke jaringan PLN, dan

membaca impor listrik dari jaringan PLN ke pelanggan PLTS.

Analisa Lokasi Pemasangan PLTS Atap

Tujuan dari analisa ini adalah untuk memastikan bahwa area atap yang ada dapat menyangga PLTS sebesar kapasitas yang ditentukan. Tahapan analisa ini meliputi analisa bayangan, analisa struktur atap, dan perhitungan luas atap, seperti ditunjukkan pada skema berikut :



Gambar 2. Skema alur analisa lokasi pemasangan PLTS atap



Analisa Bayangan



Analisa bayangan merupakan langkah yang sangat penting dalam tahap perencanaan PLTS atap. Analisa ini bertujuan untuk memastikan sinar matahari yang jatuh ke panel surya tidak terhalang oleh objek yang berada di sekitarnya. Karena efek bayangan ini dapat mempengaruhi efisiensi modul surya dalam memproduksi listrik (kinerja modul surya).


Analisa Struktur Atap

Analisa struktur atap bertujuan untuk memastikan bahwa struktur/konstruksi dari atap bangunan yang ada cukup kuat untuk menyangga beban tambahan yaitu panel surya. Terdapat tiga hal yang perlu diperhatikan dalam analisa struktur atap, sebagaimana ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 2. Pemeriksaan kekuatan struktur atap untuk PLTS

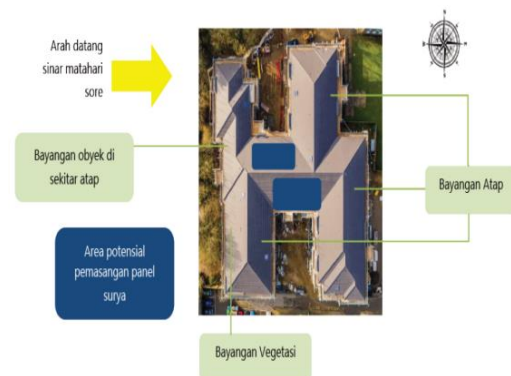
Indikator	Analisa	Ilustrasi
Bahan rangka atap	<ul style="list-style-type: none"> Apakah rangka atap terbuat dari kayu, baja ringan atau bahan lainnya ? 	 <p>Sumber : nikifour.co.id</p>
Struktur rangka atap	<ul style="list-style-type: none"> Apakah bentuk/jenis struktur atap bangunan saat ini ? Bagaimana kerapatan struktur atap bangunan saat ini ? 	 <p>Sumber : Bumi Lancing Pusaka</p>

<ul style="list-style-type: none"> Apakah material genteng saat ini sudah cukup berat ? 	 <p>Sumber : aca.co.id Jenis genteng tanah liat</p>
<ul style="list-style-type: none"> Apakah perlu adanya penguatan struktur untuk dapat menopang beban tambahan dari modul surya ? 	 <p>Sumber : tokopedia.com jenis genteng metal</p>

Genteng yang terpasang	<ul style="list-style-type: none"> Apakah jenis material genteng saat ini ? 	 <p>Sumber : Caritra.org jenis genteng beton</p>
------------------------	--	---

Perhitungan Luas Atap

Analisa bayangan merupakan langkah yang sangat penting dalam tahap perencanaan PLTS, baik itu langkah ini bertujuan menghitung luas atap yang potensial untuk pemasangan panel surya, dengan mempertimbangkan hasil analisa bayangan. Luas atap yang dihasilkan, nantinya menjadi pertimbangan apakah sesuai dengan kebutuhan luas area efektif panel surya untuk kapasitas system yang ditentukan. Luas area efektif panel surya akan dihitung pada tahap perancangan sistem PLTS atap. Dengan adanya ketentuan maksimal kapasitas PLTS atap sebesar daya tersambung PLN, pelanggan PLN dapat mempertimbangkan untuk menambah daya jika luas dan kondisi atap memadai. Luas atap untuk pemasangan PLTS perlu diperhitungkan dengan cermat, karena apabila atap terkena bayangan, atau ada peralatan utilitas yang berada diatas atap (seperti unit outdoor AC, pompa dll), maka luas atap potensial menjadi lebih kecil dari pada total luas atap yang tersedia.

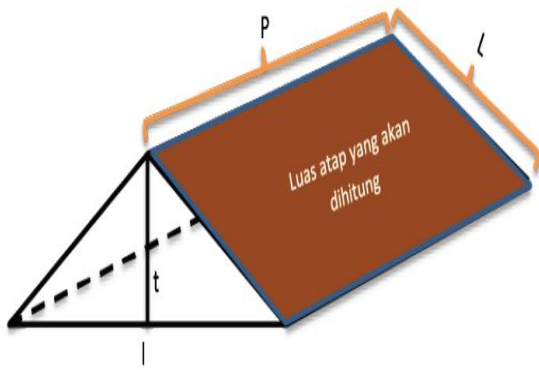


Gambar 3. Potensi area atap prisma untuk pemasangan panel surya

Perhitungan luas atap berbentuk prisma

Atap prisma sering kita jumpai di rumah tinggal karena pertimbangan biaya dan tradisi turun temurun masyarakat. Perhitungan luas atap berbentuk prisma dilakukan setelah analisa bayangan dilakukan sebagaimana dijelaskan sebelumnya. Sehingga telah diperoleh sisi atap yang paling efektif terkena sinar matahari sepanjang hari (lihat ilustrasi gambar di bawah saat sore hari).

Berbeda dengan perhitungan luas atap datar, perhitungan luas atap prisma dilakukan dengan memperhatikan kemiringan sudut prisma, sehingga rumus yang digunakan sedikit lebih kompleks. Pada ilustrasi gambar di bawah ini, area atap yang akan dihitung ditunjukkan dengan area warna coklat.



Gambar 4. Atap prisma dan luasan yang akan dihitung

Dimana :

P = Panjang Atap

L = Lebar Sisi Miring Atap

L = Lebar Sisi Datar Atap

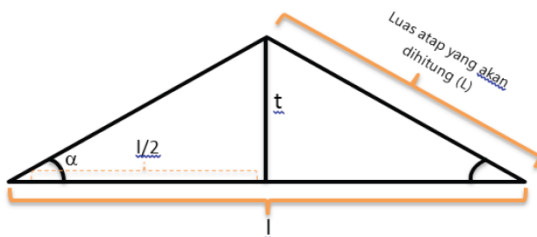
t = Tinggi

Pada prinsipnya, luas atap dari gambar diatas dihitung dengan rumus sederhana, yaitu :

$$\text{Luas Atap} = P \times L \quad (1)$$

Untuk mencari Lebar sisi miring atap (L), dapat diketahui dengan mudah dari gambar denah rumah. Namun jika gambar tersebut tidak ada, maka perhitungannya dapat dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Google Earth, dengan tambahan beberapa langkah perhitungan, sebagai berikut :

1. Mengukur lebar sisi datar atap (l) dengan fitur penggaris pada Google Earth.
2. Menghitung lebar sisi miring atap (L) melalui rumus trigonometri sederhana sebagai berikut :



Gambar 5. Irisan penampang atap prisma

Dimana :

α = Sudut kemiringan atap prisma (antara $15^\circ - 45^\circ$)

t = Tinggi atap prisma

l = Lebar atap Prisma

l/2 = Setengah dari lebar atap prisma

$$\text{Lebar Sisi Miring Atap (L)} = l/2 \times \cos \alpha \quad (2)$$

3. Menghitung luas atap miring, dengan rumus sederhana setelah sisi L diketahui :

No	Type Rumah	Panjang Atap Potensial (meter)	Lebar Atap Potensial (meter)	Bentuk Atap	Sudut Kemiringan Atap
1	36	8	6	Prisma	35°
2	50	10	7	Prisma	40°
3	70	12	8	Prisma	45°

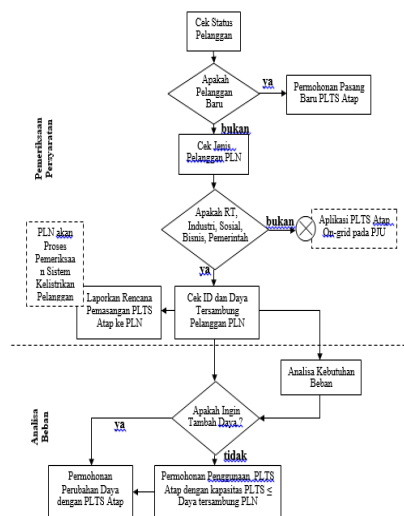
$$\text{Luas Atap} = P \times L \quad (3)$$

Atau, dengan demikian, rumus perhitungan luas atap miring (area warna coklat) menjadi :

$$\text{Luas Atap} = P \times (l/2 \times \cos \alpha) \quad (4)$$

Analisa Sistem Kelistrikan

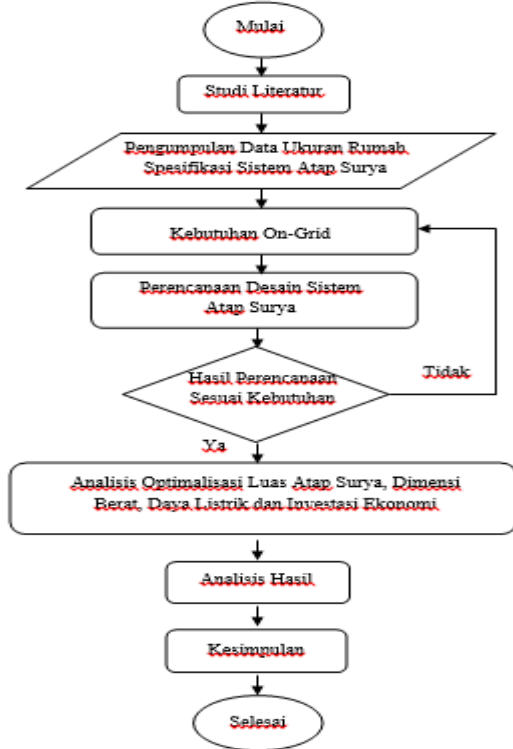
Analisa ini perlu dilakukan sehubungan dengan ketentuan teknis yang telah diatur dalam peraturan perundangan, maupun ketentuan teknis PLN sebagai syarat penyambungan. Oleh karena itu, pemeriksaan sistem kelistrikan perlu dilakukan oleh pelanggan PLN sebelum perencanaan teknis sistem PLTS. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa perencanaan teknis yang dilakukan sesuai dengan ketentuan yang ada. Analisa ini dilakukan dengan mengikuti skema alur sebagai berikut :



Gambar 6. Skema alur analisis sistem kelistrikan

3. METODE PENELITIAN

Berikut ini langkah-langkah yang dilakukan untuk melakukan perencanaan dan perhitungan sistem atap surya.



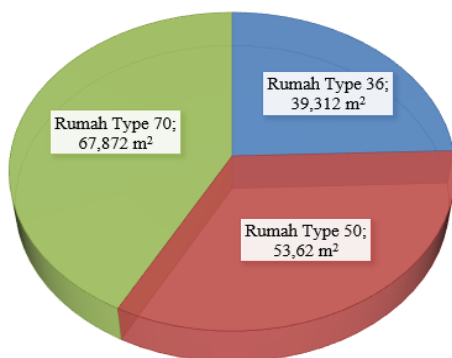
Gambar 7. Diagram alir penelitian

4. HASIL ANALISA

Optimalisasi Luas Atap Surya Rumah Type 36, 50 dan 70

Setelah di lakukan survai dan perhitungan maka di dapatkan hasil data ukuran atap surya rumah type 36,50 dan 70 seperti pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil survai dan perhitungan data optimalisasi luas atap surya




Grafik 1. Hasil perhitungan optimalisasi luas atap surya

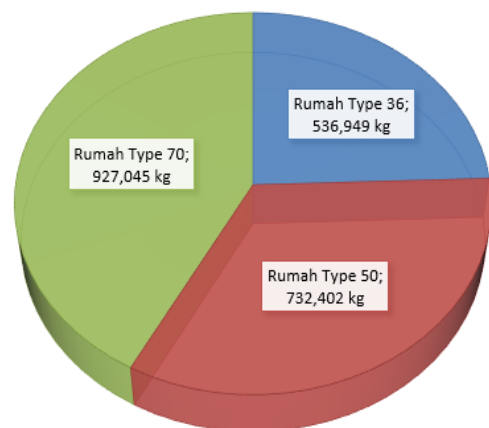
Dari grafik 1. hasil perhitungan optimalisasi luas atap surya di atas bahwa semakin besar type rumah dan panjang atap surya potensial serta lebar atap surya potensial maka optimalisasi luas atap surya semakin luas dengan hasil perhitungan rumah type 36 seluas 39,312 m², rumah type 50 seluas 53,62 m² dan rumah type 70 seluas 67,872 m².

Dimensi Berat Atap Surya Rumah Type 36, 50 dan 70

Setelah di lakukan survai dan perhitungan maka di dapatkan hasil data dimensi berat atap surya rumah type 36,50 dan 70 seperti pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil survai dan perhitungan data berat solar roof tile

Solar Roof Tile	Berat (kg)	Cakupan (m ²)
	1 tile = 8,10	1 tile = 0,593 m ² 1,6 tiles per m ²



Grafik 2. Hasil perhitungan dimensi berat atap surya

Dari grafik 2. hasil perhitungan dimensi berat atap surya di atas bahwa semakin besar type rumah dan jumlah solar roof tile yang dibutuhkan lebih banyak maka akan semakin berat dimensi berat atap surya dengan hasil perhitungan rumah type 36 seberat 536,949 kg ,rumah type 50 seberat 732,402 kg dan rumah type 70 seberat 927,045 kg.

Daya Listrik Dihasilkan Oleh Atap Surya Rumah Type 36, 50 dan 70

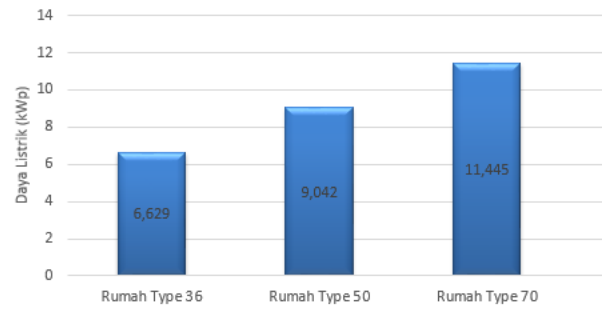
Setelah di lakukan survai dan perhitungan maka di dapatkan hasil urutan daya listrik PLN pada rumah type 36,50 dan 70 seperti pada tabel 5. dan perhitungan spesifikasi ukuran sistem solar PV pada tabel 4.

Tabel 5. Perhitungan urutan daya listrik PLN pada rumah

No	Type Rumah	Daya (VA)	MCB (Ampere)
1	36	1.300	6
2	50	2.200	10
3	70	3.500	16

Tabel 6. Perhitungan spesifikasi ukuran sistem solar PV

Kapasitas Solar Roof Tile (kWp)	Jumlah Solar Roof Tile (Buah)	Mengkaver Area Seluas (m ²)
1	10	5,93
2	20	11,9
4	40	23,7
5	50	29,7
10	100	59,3
20	200	118,6
30	300	177,9



Grafik 3. Hasil perhitungan daya listrik yang dihasilkan atap surya

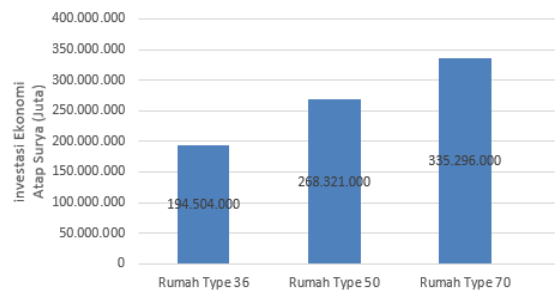
Dari grafik 3. hasil perhitungan daya listrik yang dihasilkan oleh atap surya di atas bahwa semakin besar type rumah dan jumlah solar roof tile yang dipasang lebih banyak maka akan semakin besar daya listrik yang dihasilkan oleh atap surya dengan hasil perhitungan untuk rumah type 36 sebesar 6,629 kWp ,rumah type 50 sebesar 9,042 kWp dan rumah type 70 sebesar 11,445 kWp.

Investasi Ekonomi Memasang Atap Surya Rumah Type 36, 50 dan 70

Setelah di lakukan survai dan perhitungan maka di dapatkan hasil harga solar roof tile dan jasa pemasangan seperti pada tabel 7. adalah sebagai berikut.

Tabel 7. Harga atap surya dan jasa pemasangan

Solar roof tile (m ²)	Roof tile (m ²)	Roofing component (m ²)	Reng (meter)	Solar inverter (2kW)	Pemasangan (m ²)
Rp. 3.300.000	Rp. 650.000	Rp. 800.000	Rp.50.000	Rp.14.000	Rp.200.000



Grafik 4. Hasil perhitungan investasi ekonomi atap surya

Dari grafik 4. investasi ekonomi atap surya hasil perhitungan di atas bahwa semakin besar type rumah dan luas atap surya maka akan semakin besar nilai investasi ekonomi atap surya yang perlu disiapkan dengan hasil perhitungan untuk rumah type 36 senilai Rp.194.504.000, rumah type 50 senilai Rp.268.321.000 dan rumah type 70 senilai Rp.335.296.000.

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan pembahasan ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Optimalisasi luas atap surya type 36 seluas 39,312 m² ,rumah type 50 seluas 53,62 m² dan rumah type 70 seluas 67,872 m². Jadi, semakin besar type rumah dan panjang atap surya potensial serta lebar atap surya potensial maka optimalisasi luas atap surya semakin luas.
- Dimensi berat atap surya dengan hasil perhitungan rumah type 36 seberat 536,949 kg ,rumah type 50 seberat 732,402 kg dan rumah type 70 seberat 927,045 kg. Semakin besar type rumah dan jumlah solar roof tile yang dibutuhkan lebih banyak maka akan semakin berat dimensi berat atap surya.
- Daya listrik yang dihasilkan oleh atap surya dengan hasil perhitungan untuk rumah type 36 sebesar 6,629 kWp ,rumah type 50 sebesar 9,042 kWp dan rumah type 70 sebesar 11,445 kWp. Maka dapat berpotensi menabung energy listrik ke PLN.
- Besar nilai investasi ekonomi atap surya yang perlu disiapkan dengan hasil perhitungan untuk rumah type 36 senilai Rp.194.504.000, rumah type 50 senilai Rp.268.321.000 dan rumah type 70 senilai Rp.335.296.000. Tentunya investasi ekonomi ini akan mendapatkan desain sistem atap surya yang bernilai estetika tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya penulisan jurnal ini saya mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan arahan dan bimbingan :

1. Prof. Dr. Masbah R.T. Siregar, APU
2. Dr. Ir. H. Abdul Multi, M.T

DAFTAR REFERENSI

[1]. Metten,EC. at al. (2012). *Photovoltaic Solar Roof Tile Assembly System*. (pp. 15 – 19). United States : MSR. Innovations Inc.

- [2]. Hanoka J. et al. (1999). *Solar Cell Roof Tile and Method of Forming Same*. (pp. 10 – 14). United States : Evergreen Solar, Inc.
- [3]. United States Agency for International Development/USAID. (2020). *Panduan Perencanaan dan Pemanfaatan PLTS Atap di Indonesia*. Jakarta : Author.
- [4]. Martin A. Green. (2006). *Third Generation Photovoltaics Advanced Solar Conversions*. Netherlands : Springer.
- [5]. Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2019). *Pedoman dan Spesifikasi Teknologi Atap Solar PVROOF*. Bandung : Author.
- [6]. Ramadhani, Bagus. (2018). *Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. Jakarta : Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) Republik Indonesia.
- [7]. <https://tractile.com.au/specifications/> diakses 3 Januari 2021
- [8]. <https://tractile.com.au/installation/> diakses 5 Januari 2021
- [9]. Peraturan Menteri ESDM No.49 tahun 2018 tentang Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Oleh Pelanggan PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero).
- [10]. SNI 8395:2017 Panduan Studi Kelayakan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Fotovoltaik, 2017, Badan Standardisasi Nasional.