

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kebutuhan energi global terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk, perkembangan aktivitas ekonomi, dan peningkatan kebutuhan layanan energi di berbagai sektor. Selama ini, sebagian besar kebutuhan energi masih dipenuhi dari sumber energi fosil, seperti minyak bumi, gas bumi, dan batubara. Namun, penggunaan energi fosil secara terus-menerus menimbulkan tantangan lingkungan karena proses pembakarannya menghasilkan emisi gas rumah kaca, terutama karbon dioksida (CO₂), yang berkontribusi terhadap pemanasan global dan perubahan iklim (Calvin et al., 2023). Isu tersebut telah menjadi perhatian dunia, salah satunya tercermin dalam Paris Agreement yang mendorong upaya global untuk menahan kenaikan temperatur rata-rata bumi dan menurunkan emisi gas rumah kaca (UNFCCC, 2015). Oleh karena itu, dalam masa transisi energi diperlukan pengembangan dan pemanfaatan energi baru terbarukan, termasuk energi surya, sebagai alternatif untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil.

Indonesia yang berada di sekitar garis khatulistiwa memiliki potensi pemanfaatan energi baru terbarukan yang cukup besar, termasuk energi surya. Potensi tersebut memberikan peluang untuk dilakukan penelitian dan pengembangan berbagai alternatif energi baru terbarukan yang dapat mendukung pemenuhan kebutuhan energi nasional. Ketersediaan energi fosil yang semakin terbatas dan kebutuhan energi yang terus meningkat menjadi salah satu alasan pentingnya pengembangan energi alternatif di Indonesia. Untuk mengurangi emisi gas rumah kaca, pemerintah Indonesia juga mendorong pengurangan pemakaian energi fosil seperti batubara dan bahan bakar minyak diesel yang berkontribusi terhadap peningkatan efek rumah kaca.

Salah satu bentuk pemanfaatan energi surya yang dapat diterapkan pada sektor rumah tangga adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Rooftop*. Sistem ini memanfaatkan area atap bangunan sebagai lokasi pemasangan modul fotovoltaik,

sehingga dapat digunakan sebagai sumber energi listrik alternatif tanpa memerlukan lahan tambahan. Pada rumah tinggal, penerapan PLTS *Rooftop* perlu mempertimbangkan kondisi aktual bangunan, seperti luas efektif atap, orientasi atap, sudut kemiringan atap, potensi bayangan, serta pola konsumsi energi listrik harian. Oleh karena itu, analisis desain diperlukan agar kapasitas PLTS yang direncanakan sesuai dengan kebutuhan energi listrik rumah tangga dan kondisi fisik bangunan (Gagnon et al., 2016; Lisell et al., 2009).

Dalam siaran pers Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), dimana peraturan pemerintah Indonesia memasuki masa transisi energi membatasi produksi energi fosil dari tambang batu bara dan dengan penutupan PLTU yang tidak efisien merupakan tonggak awal pengurangan emisi efek rumah kaca yang patut di dukung oleh semua pihak. Kelebihan daya listrik yang dihasilkan oleh PT. Perusahaan Listrik Negara merupakan dampak dari banyaknya kontak PT. PLN dengan pihak swasta IPP, yang pada akhirnya merugikan negara, dimana PT. PLN yang harus membayar biaya yang telah disepakati dalam kontrak, sedang konsumen di kota sudah surplus daya listrik, sedangkan daerah terpencil cenderung masih kekurangan daya listrik (Kementerian ESDM, 2022).

Pada masanya dimana kontrak PT. PLN dengan IPP akan berakhir maka daya listrik yang sekarang dalam kondisi surplus akan semakin berkurang dan kondisi ini harus diantisipasi untuk menjaga pasokan listrik yang dibutuhkan tetap terpenuhi. Untuk kerja sama dalam pengurangan emisi efek rumah kaca maka sudah harus dipersiapkan energi baru terbarukan untuk mengantisipasi kebutuhan disaat itu.

Tertuang dalam Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (PT. PLN, 2014) diinformasikan kapasitas terpasang pembangkit di Provinsi Sulawesi Selatan adalah sebesar 1.437 MW. Daya mampu pembangkit yang ada sekitar 1.238 MW, sedangkan beban puncak sampai triwulan III tahun 2014 adalah sebesar 1.186 MW. Mengenai sistem kelistrikan di Kabupaten Selayar dan pulau-pulau di Kabupaten Pangkep, sepenuhnya dilayani PLTD BBM dengan daya mampu pembangkit sekitar 5,1 MW dan beban puncak hanya 4,2 MW. Rasio elektrifikasi di Provinsi Sulawesi Selatan sampai dengan bulan September 2014 sebesar 82,33%.

PT. PLN pada bulan September 2023 dengan adanya perbaikan jaringan listrik dilakukan pemadaman listrik bergilir di wilayah Sulselbar termasuk pelanggan di

dalam kota Makassar dengan durasi tiga jam selama beberapa hari, hal ini menjadi salah satu kendala untuk memenuhi kebutuhan listrik pelanggan PT. PLN wilayah Sulselbar tertulis dalam media *on line* Makassar (Terkini.Id, 2023). Tidak ditemukan data aktual pemakaian PLTS *Rooftop* di kota Makassar sebagai sumber energi listrik alternatif yang dapat dilakukan secara swadaya oleh masyarakat pada perumahan. PT. PLN Provinsi Sulawesi Selatan dimana kelompok rumah tangga terdaftar sebagai pelanggan PLN berkisar 2.687.354. (PLN Pusat, 2025).

Pada konteks rumah tinggal di Kota Makassar, pemanfaatan PLTS *Rooftop* dapat diarahkan untuk memenuhi kebutuhan beban listrik siang hari melalui pola konsumsi sendiri atau self-consumption dengan skema non-export. Dalam skema ini, energi listrik yang dihasilkan PLTS digunakan langsung untuk beban internal rumah tangga dan tidak dikirimkan kembali ke jaringan PLN. Kapasitas sistem ditentukan berdasarkan kebutuhan energi listrik, keterbatasan luas atap, serta sudut kemiringan atap eksisting sebesar 15°.

Untuk mendukung pola operasi tersebut, digunakan sistem kontrol perpindahan sumber energi berbasis Automatic Transfer Switch (ATS) dan timer. Sistem ini memungkinkan suplai dari PLTS digunakan saat radiasi matahari tersedia, sedangkan jaringan PLN tetap berfungsi sebagai sumber cadangan ketika produksi energi surya menurun. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini menganalisis desain PLTS *Rooftop* 3,3 kWp pada rumah tinggal di Kota Makassar menggunakan PVSyst V8.0.6, serta mengevaluasi sistem kontrol ATS–timer dan kelayakan ekonominya.

1.2 Perumusan Masalah

Dalam penelitian ini perlu dibuat kerangka masalah, proses ini yang akan dilakukan menjadi panduan dan cara menyelesaikan masalah. Berdasarkan dengan kondisi yang umum dilokasi tempat penelitian maka diperlukan beberapa batasan dan dalam pengambilan data. Data yang akan diambil dari PLTS *Rooftop* kita kelompokkan menjadi data-data primer yang akan diperoleh dari kondisi luasan atap rumah tempat penelitian untuk menempatkan modul *PV* dan pemakaian beban-beban listrik di siang hari pada rumah tempat penelitian dan data sekunder yang diperoleh dari referensi-referensi serta sitasi penelitian yang mendukung tulisan ini.

Penelitian dan analisa desain yang ideal untuk mengoptimalkan potensi pengurangan penggunaan daya listrik pada siang hari dari PT. PLN dilakukan pada sebuah rumah dengan daya terpasang 2200 VA. Penelitian ini dilakukan pada perumahan untuk memudahkan promosi masyarakat perkotaan akan potensi PLTS *Rooftop* yang optimal dapat di bangun tanpa melanggar kebijakan PT. PLN. Melakukan analisa penggunaan daya listrik harian pada siang hari dari pagi hingga sore hari, yang akan diakumulasi data-datanya sebagai konsumsi listrik bulanan.

Inverter jenis *Hybrid* yang digunakan pada lokasi penelitian akan dipasang PLTS *Rooftop* berfungsi sebagai suplai listrik saat sinar matahari tersedia. Untuk menghubungkan dengan beban dalam rumah dengan sumber listrik dari PT. PLN dan PLTS *Rooftop* akan diatur kontrol dengan oleh ATS (*Automatic Transfer Switch*) dan Jam (*Timer*), sebagai saklar pemilihan dari dua sumber daya listrik dari PLTS *Rooftop* atau dari PT. PLN yang diinginkan atau sesuai rencana kebutuhan dan mengoptimalkan penggunaan PLTS *Rooftop*.

Untuk mendapatkan daya listrik PLTS *Rooftop* yang optimum maka dibuat desain perencanaan yang untuk dapat dibandingkan dan di analisa, pertama dengan mengetahui jumlah modul *PV* yang dapat dimuat sesuai bidang atap rumah yang tersedia dengan sudut atap rumah yang tetap dan daya listrik yang dihasilkan sebanding dengan daya listrik dari PLN yang umum dibutuhkan dalam konsumsi daya listrik harian rumah tangga. Dengan analisa perhitungan *software PV Syst* yang digunakan untuk mendapatkan hasil daya listrik yang diperoleh dengan maksimal. Sebagai perbandingan untuk memenuhi kebutuhan pokok energi listrik pada sebuah beban kebutuhan listrik rumah tangga saat siang hari.

1. Berapa besar potensi pemanfaatan energi matahari untuk kebutuhan listrik harian saat siang hari pada sebuah rumah tangga di kota Makassar.
2. Berapa besar daya listrik yang dapat diperoleh dengan luas atap perumahan dengan menggunakan sejumlah modul *PV* pada atap sebuah rumah tangga tempat penelitian di kota Makassar.
3. Berapa besar biaya energi listrik yang dapat dihasilkan oleh PLTS *Rooftop* yang dibandingkan dengan harga jual energi listrik berdasarkan tarif listrik R1 PT. PLN pada listrik rumah tangga.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menjadi salah satu acuan dalam analisis desain PLTS Rooftop yang optimal sebelum dilakukannya pekerjaan pemasangan sistem PLTS dengan bantuan perangkat lunak *PVSyst*. Melalui simulasi menggunakan perangkat lunak tersebut, diharapkan masyarakat dapat memperoleh gambaran yang lebih jelas mengenai potensi dan kelayakan pemanfaatan PLTS *Rooftop*, sehingga dapat meningkatkan keyakinan dan dukungan masyarakat untuk secara swadaya maupun mandiri menyediakan sumber energi listrik alternatif. Upaya ini diharapkan dapat mendukung terwujudnya kemandirian energi berbasis energi baru terbarukan, khususnya di Kota Makassar. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai potensi pemanfaatan energi baru terbarukan, khususnya energi surya, untuk memenuhi kebutuhan energi listrik harian pada rumah tinggal di Kota Makassar.
2. Memberikan analisis desain pemasangan modul PV pada atap rumah tinggal dengan sudut kemiringan tetap melalui simulasi menggunakan perangkat lunak *PVSyst V8.0.6*.
3. Merencanakan sistem kontrol PLTS *Rooftop* dengan memanfaatkan teknologi *Automatic Transfer Switch (ATS)* dan pengaturan waktu (*timer*) dalam pengelolaan beban listrik rumah tangga pada saat energi surya tersedia.
4. Merencanakan sistem PLTS *Rooftop On-Grid* yang dioperasikan tanpa menyalurkan daya listrik kembali ke jaringan Perusahaan Listrik Negara (PLN).

1.4 MANFAAT PENELITIAN.

Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan pemaparan analisis mengenai pemanfaatan PLTS *Rooftop* yang disesuaikan dengan kebutuhan konsumsi energi listrik harian rumah tangga yang selama ini disuplai oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN). Hasil analisis tersebut diharapkan dapat menjadi salah satu referensi dan sumber informasi dalam perancangan desain PLTS *Rooftop* yang optimal, baik

untuk kepentingan penelitian lanjutan maupun sebagai bahan pertimbangan bagi masyarakat dalam pemanfaatan energi surya di masa mendatang. Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan gambaran mengenai potensi pemanfaatan energi listrik dari sumber energi baru terbarukan melalui PLTS *Rooftop* untuk memenuhi kebutuhan daya listrik rumah tangga pada siang hari, sekaligus mendukung program transisi menuju energi alternatif yang berkelanjutan.
2. Memberikan gambaran mengenai kapasitas daya maksimum atau daya optimal PLTS *Rooftop* yang dapat dihasilkan pada rumah tinggal dengan pemasangan modul PV sudut tetap dan keterbatasan luas area atap.
3. Memberikan informasi mengenai potensi irradiansi matahari di Kota Makassar berdasarkan data simulasi menggunakan perangkat lunak *PVSyst*, serta keterkaitannya dengan kebutuhan konsumsi energi listrik rumah tangga pada siang hari yang selama ini dipasok oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN).
4. Memberikan gambaran mengenai potensi penerapan teknologi *Automatic Transfer Switch (ATS)* dan timer sebagai sistem kontrol sumber listrik menuju beban rumah tangga pada siang hari, sesuai waktu operasional yang optimal dalam pemanfaatan PLTS *Rooftop*, tanpa mengganggu jaringan Perusahaan Listrik Negara (PLN).

1.5 Batasan Masalah

Batasan-batasan yang ditetapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada analisis potensi energi surya di wilayah Provinsi Sulawesi Selatan, khususnya Kota Makassar, berdasarkan data intensitas radiasi matahari serta karakteristik modul fotovoltaik (PV) yang umum digunakan di Indonesia.
2. Analisis sistem dibatasi pada pemasangan modul PV pada area atap rumah tinggal dengan mempertimbangkan luas efektif atap, kapasitas pemasangan modul, serta variasi sudut kemiringan (*tilt angle*) untuk memperoleh konfigurasi pemasangan yang optimal.

3. Simulasi dan analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak PVsyst sebagai alat bantu perhitungan potensi energi listrik yang dihasilkan sistem PLTS Rooftop.
4. Kajian pemanfaatan energi listrik difokuskan pada pemenuhan kebutuhan beban rumah tangga pada siang hari, sedangkan kebutuhan beban malam hari diasumsikan disuplai oleh jaringan PLN.
5. Penelitian ini tidak membahas implementasi instalasi fisik secara langsung, melainkan difokuskan pada analisis teknis, simulasi kinerja sistem, dan rancangan konsep kontrol perpindahan sumber listrik sesuai standar instalasi kelistrikan yang berlaku.

1.6 Orisinilitas Penelitian

Kajian mengenai pemanfaatan PLTS Rooftop telah banyak dilakukan, baik melalui pendekatan teori, simulasi, maupun implementasi langsung. Penelitian-penelitian sebelumnya umumnya membahas desain sistem PLTS, simulasi produksi energi listrik, analisis keekonomian, serta evaluasi kinerja sistem pada berbagai kapasitas dan lokasi.

Orisinalitas penelitian ini terletak pada analisis desain PLTS Rooftop skala rumah tinggal di Kota Makassar dengan kondisi aktual bangunan, yaitu keterbatasan luas atap, sudut kemiringan atap tetap sebesar 15° , serta kebutuhan energi listrik rumah tangga pada periode siang hari. Sistem dirancang dengan pola konsumsi sendiri atau self-consumption melalui skema non-export, sehingga energi listrik yang dihasilkan PLTS Rooftop dimanfaatkan untuk kebutuhan beban internal rumah tinggal dan tidak dikirimkan ke jaringan PLN.

Penelitian ini juga memberikan gambaran awal mengenai peluang pengembangan PLTS Rooftop skala rumah tinggal di Kota Makassar, khususnya pada kawasan perumahan perkotaan. Dengan mempertimbangkan kondisi atap eksisting, pola konsumsi listrik siang hari, serta penggunaan sistem kontrol berbasis ATS dan timer, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi awal dalam melihat potensi penerapan PLTS Rooftop rumah tinggal berbasis self-consumption non-export. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu disajikan pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Gap Penelitian

No	Peneliti	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Gap
1	Xuan Cuong Ngoa (2022)	<i>The Impact of Electrical Energy Consumption on the Payback Period of a Rooftop Grid-Connected Photovoltaic System: A case Study from Vietnam</i> (Ngo & Do, 2022)	Studi simulasi dan analisis ekonomi proyek pembangkit listrik tenaga surya atap terhubung jaringan listrik dengan kapasitas 8,36 kWp untuk rumah tangga. Studi ini menggunakan perangkat lunak <i>PV Syst</i> dan pelacak surya untuk mensimulasikan sistem dengan beban rumah tangga tertentu, dengan kapasitas total 7 kW dan konsumsi energi harian sekitar 27 kWh.	Simulasi <i>PV Syst</i> On-Grid, penempatan modul PV 3,3kWp sesuai dengan sudut atap tetap 15° dan luas permukaan atap yang terbatas. Melakukan pengukuran kebutuhan listrik yang hanya 12 jam pada rumah tinggal.
2	Mohammad Baqir (2022)	<i>Analysis and design of solar PV System using PV Syst software</i> (Baqir & Channi, 2021)	Dengan menggunakan perangkat lunak <i>PV Syst</i> , Sistem <i>PV 700kWp</i> telah dirancang di lahan pertanian di Daikundi (Nili), Afghanistan.	Analisa <i>software PV Syst</i> sesuai dengan sudut 15° kemiringan diatas atap rumah dengan tinggi atap minimumnya 9 m, kebutuhan 3,3kWp, penggunaan kontrol <i>ATS</i> dan <i>Timer</i> serta menghitung biaya investasi dan periode pengembalian modal.

3	Nike Sartika (2023)	Perancangan Dan Simulasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap pada Masjid Jami' Al-Muhajirin Bekasi (Sartika et al., 2023)	Simulasi <i>PV Syst</i> , Sistem PLTS <i>On-Grid</i> dengan kapasitas sebesar 8,2 kWp di atap Masjid Jami' Al-Muhajirin menggunakan 4 variasi rancangan sistem PLTS.	Simulasi <i>PV Syst</i> , design <i>On-Grid</i> kebutuhan daya siang hari 3,3kWp dengan durasi 12 Jam dengan sudut atap 15° dan luas atap yang terbatas.
4	Anurag Shrivastava (2023)	<i>Solar energy capacity assessment and performance evaluation of a standalone PV System using PV SYST</i> (Shrivastava et al., 2023)	Simulasi Sistem <i>PV</i> , Sistem <i>PV Off-Grid</i> dengan 20,0 kWp dan daya cadangan untuk Institut Teknologi Karunya	Simulasi <i>PV Syst On-Grid</i> , penempatan modul PV 3,3kWp dan Memenuhi kebutuhan listrik siang hari yang hanya 12 jam pada rumah tinggal dan menggunakan <i>ATS</i> dan <i>Timer</i> untuk memisahkan dengan PLN karena tidak menggunakan baterai penyimpanan besar.
5	AS Mathur (2025)	<i>Techno-economic feasibility and sensitivity analysis of a stand-alone solar photovoltaic power</i>	Simulasi Sistem <i>PV</i> , sistem ini memenuhi kebutuhan energi sebesar 480 kWh/hari menggunakan susunan <i>PV</i> 297 modul (masing-masing 400 Wp) dengan susunan <i>PV</i> tetap dengan	Simulasi <i>PV Syst On-Grid</i> , penempatan modul PV 3,3kWp , menggunakan 8 buah modul dengan daya 550Wp sesuai dengan sudut atap tetap 15° dan Melakukan pengukuran kebutuhan listrik siang hari

		<i>plant with battery energy storage using PV Syst</i> (Mathur et al., 2025)	kemiringan optimal 30° dan sistem penyimpanan baterai Lithium-ion.	yang hanya 12 jam pada rumah tinggal dan minim penggunaan baterai.
6	Jaka Windarta (2021)	Perancangan Dan Simulasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap pada Coffee Shop (Windarta et al., 2021)	Analisis Teknis dan Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Surya <i>Off-Grid</i> Menggunakan <i>Software PV Syst</i> untuk Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) <i>Coffeeshop Remote Area</i>	Simulasi <i>PVSyst On-Grid</i> , kontrol dengan timer pada sisi input inverter <i>hybrid</i> untuk kebutuhan listrik siang hari yang hanya 12 jam pada rumah tinggal dan tidak menggunakan baterai penyimpanan kapasitas besar.

Sumber : Elsevier, olah data sekunder (2025)

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu yang ditunjukkan pada Tabel 1.1, kajian mengenai PLTS Rooftop telah banyak dilakukan, baik pada skala rumah tangga, bangunan umum, rumah ibadah, maupun sistem off-grid dengan kapasitas yang lebih besar. Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada simulasi teknis dan analisis keekonomian secara umum, serta belum secara spesifik menjadikan kondisi rumah tinggal di Kota Makassar sebagai studi percontohan dengan mempertimbangkan keterbatasan luas atap, sudut kemiringan atap eksisting sebesar 15° , kebutuhan energi listrik rumah tangga pada siang hari, dan pola operasi konsumsi sendiri tanpa ekspor daya ke jaringan PLN.

Kontribusi utama penelitian ini adalah memberikan contoh desain PLTS Rooftop skala rumah tinggal di Kota Makassar yang disesuaikan dengan kondisi aktual bangunan dan pola kebutuhan energi listrik harian. Penelitian ini menempatkan sudut atap tetap sebesar 15° sebagai salah satu batasan desain yang realistis karena mengikuti kondisi atap eksisting, sehingga hasil analisis dapat menjadi referensi praktis bagi masyarakat perkotaan yang ingin memanfaatkan energi surya tanpa melakukan perubahan besar pada struktur bangunan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menganalisis potensi teknis PLTS Rooftop, tetapi juga memberikan gambaran penerapan sistem self-consumption non-export berbasis ATS dan timer sebagai model percontohan sederhana untuk pemanfaatan PLTS Rooftop rumah tinggal di Kota Makassar.