

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pemanfaatan energi baru dan terbarukan adalah solusi strategis yang semakin penting dikarenakan adanya krisis global dan perubahan iklim. Peningkatan konsumsi energi menyebabkan peningkatan emisi gas rumah kaca, ketidakstabilan iklim, serta kenaikan suhu global dan permukaan laut. Selain itu cadangan energi fosil semakin menipis, lingkungan semakin tercemar, dan emisi rumah kaca terus mengalami peningkatan, dan sampai saat ini, ketergantungan terhadap energi fosil masih sangat tinggi. Keterbatasan sumber daya energi fosil adalah salah satunya memiliki sifat yang tidak terbarukan, yang mana cadangan semakin menipis tahun ke tahun secara global [1]. Berdasarkan artikel pada laman kumparan.com pada 16 Juli 2021 mengenai kapan bahan bakar fosil akan habis, disebutkan bahwa dari data *Millennium Alliance for Humanity and the Biosphere* (MAHB) Stanford terlihat grafik prediksi dengan memperhitungkan cadangan energi dan laju konsumsi sampai saat ini, seiring dengan pertumbuhan populasi dan meningkatnya kebutuhan energi global, diperkirakan bahwa minyak bumi akan bertahan hingga tahun 2052, yaitu sekitar 31 tahun lagi. Sementara itu, gas alam diperkirakan akan habis pada tahun 2060, dalam 39 tahun mendatang, dan batu bara diperkirakan masih tersedia hingga tahun 2090, yang berarti sekitar 69 tahun lagi [2]. Indonesia, sebagai negara yang masih bergantung pada impor bahan bakar minyak, menghadapi tantangan serius dalam keberlanjutan energi. Ketergantungan terhadap sumber energi fosil menimbulkan krisis energi akibat keterbatasan cadangan minyak bumi dan kenaikan harga minyak global yang fluktuatif. Sebagai solusi yang berkelanjutan, sumber energi terbarukan seperti angin, air, matahari, panas bumi, dan biomassa memberikan berbagai manfaat. Energi ini tidak hanya ramah lingkungan dan bersih, tetapi juga berkelanjutan serta tersedia

melimpah, terutama wilayah Indonesia yang kaya sumber daya alam.

Pengembangan energi terbarukan membantu meningkatkan kemandirian energi nasional dan mengurangi ketergantungan terhadap impor bahan bakar fosil, serta energi dari sumber baru dan terbarukan akan berkontribusi signifikan terhadap pencapaian TPB (Tujuan Pembangunan Berkelanjutan) atau SDGs (*Sustainable Development Goals*), khususnya poin ke-7 mengenai ‘Energi Bersih dan Terjangkau’, yang bertujuan untuk memastikan energi yang terjangkau, andal, berkelanjutan, dan modern untuk semua. *International Renewable Energy Agency (IRENA)*, menyebutkan ‘Transisi energi berbasis baru dan terbarukan dapat membantu memecahkan berbagai masalah sekaligus keberlangsungan atau keterjangkauan energi, keamanan energi, dan krisis iklim’ serta “Percepatan transisi energi sangat penting bagi keamanan energi jangka panjang, stabilitas harga dan ketahanan nasional [3]. Menurut siaran pers 18 Januari 2024 Kementerian ESDM di waktu yang sama untuk mengikuti atau melaksanakan kebijakan dunia tersebut bahwa Pemerintah Indonesia tengah berupaya keras untuk meningkatkan proporsi energi baru dan terbarukan dalam bauran energi nasional, dengan target mencapai 23% pada tahun 2025. Pada tahun 2023, kontribusi Energi Baru dan Terbarukan (EBT) mengalami peningkatan sebesar 0,79%, mencapai angka 13,09%. Meskipun demikian, capaian tersebut masih belum memenuhi target yang telah ditetapkan, yaitu sebesar 17,87%. [4].

Menurut data dari Kementerian ESDM pada siaran pers Februari 2023, Indonesia memiliki potensi yang luar biasa dalam hal Energi Baru dan Terbarukan (EBT). Potensi ini mencakup berbagai sumber energi, seperti tenaga surya, angin, air, bioenergi, panas bumi, dan energi laut, dengan kapasitas total yang diperkirakan mencapai 3.686 gigawatt (GW), dan dari data potensi EBT tersebut sementara terbesar saat ini adalah potensi tenaga surya mencapai 3.294.4 GW di wilayah Indonesia [5]. Berdasarkan Laporan Analisis Neraca Energi Nasional 2023 dari Sekretaris Jenderal DEN (Dewan Energi Nasional), fokus baru energi surya dapat dihitung mulai dari 3,75

kWh/m²/hari, filter, sesuai dengan sebaran energi surya. Berdasarkan peta permukiman daratan (habitat, lahan terbuka dan sabana) tidak termasuk area yang dilindungi (*protected area*), dan juga termasuk diperhitungkan potensi dari PLTS Terapung. Salah satu wilayah terutama daerah tropis di Indonesia potensi surya tersebut ada di Jawa Tengah, yaitu sebesar 185,9 GWp [6].

Energi terbarukan memainkan peran penting dalam meningkatkan kemandirian energi nasional dengan mengurangi ketergantungan energi fosil baik impor maupun mandiri. Dengan dukungan kebijakan seperti Peraturan Presiden No. 112 Tahun 2022 mengenai Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan, yang mana pemanfaatan PLTS akan semakin mudah dan menjadi prioritas pembangunan energi nasional. Salah satu gerakan atau implementasi percepatan tersebut adalah implementasi PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) Atap, di mana dapat menjadi langkah strategis dalam menyediakan energi bersih secara mandiri. PLTS Atap ini bisa diimplementasikan di berbagai bangunan, termasuk gedung pemerintahan seperti gedung DPRD Kabupaten Pemalang. Manfaatnya seperti efisiensi energi dengan menghasilkan listrik secara mandiri di lokasi konsumsi, juga menurut Permen ESDM Nomor 26 Tahun 2021 penghematan biaya dengan mengurangi tagihan listrik PLN dengan memanfaatkan energi surya, dan menurut regulasi terbaru, yaitu Permen ESDM Nomor 2 Tahun 2024 untuk penghematan biaya dengan mengurangi tagihan listrik PLN dengan memanfaatkan energi surya tidak berlaku lagi, dilihat dari sisi Pemerintah dan masyarakat untuk aspek ekonomis tentunya ada keuntungan dan kerugian masing-masing, akan tetapi beberapa tujuan tetap sama.

Kondisi geografis Jawa Tengah sendiri sangat berpotensi untuk memanen energi Surya. Jawa Tengah terletak di kawasan dengan intensitas radiasi matahari berkisar antara 3,5 kWh/m²/hari hingga 4,67 kWh/m²/hari, menjadikannya hampir seluruh wilayah yang sangat potensial untuk pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) [7]. Berdasarkan data IESR (*Institute for Essential Services Reform*) tahun 2022, wilayah Jawa Tengah merupakan wilayah energi surya pertama di Indonesia yang tingkat

energi terbarukannya mencapai 13,38% pada tahun 2021[8], dan menurut Kementerian ESDM ‘Sumber Daya Energi dan Pertambangan’ menyebutkan hingga Agustus 2021, total kapasitas instalasi PLTS Atap di Provinsi Jawa Tengah mencapai 8.800. kWp (rata-rata kilowatt) [9] [10].

Menurut Kepala Dinas ESDM Jawa Tengah dalam laporan penyampaian di 2021 *Central Java Solar Day 2021* mengenai Komitmen Jawa Tengah sebagai Provinsi Solar (*Jateng Solar Province*), bahwa Jawa Tengah berkomitmen merealisasikan target pemanfaatan EBT (Energi Baru dan Terbarukan) sebesar 21,32% pada 2025, menjadikan pertama di Indonesia sebagai provinsi tenaga surya. Sejalan dengan kegiatan percepatan implementasi PLTS Atap di Wilayah Pemerintahan Jawa Tengah tersebut, pengembangan penggunaan PLTS atap harus terus mulai diterapkan pada beberapa lokasi seperti gedung sekolah, pemerintah dan fasilitas lainnya. Berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 12 Tahun 2018 tentang Rencana Umum Energi Daerah Provinsi (RUED-P), yang merupakan turunan dari Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017 mengenai Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), serta didukung oleh Surat Edaran Gubernur Nomor 671.25/000468 terkait penerapan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap di Jawa Tengah dan Surat Sekda Nomor 671/4649 tentang pelaksanaan instalasi PLTS Atap di lingkungan Organisasi Perangkat Daerah (OPD), Pemerintah Provinsi Jawa Tengah aktif mendorong pengembangan pemanfaatan PLTS Atap sebagai bagian dari inisiatif *Central Java Solar Province* yang merupakan hasil kolaborasi antara Dinas ESDM Jawa Tengah dan IESR.

1.2. Rumusan Masalah

Mengacu pada penjelasan latar belakang di atas, rumusan masalah pada penelitian ini penulis berfokus adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana potensi dan performa dari pemanfaatan pembangkit listrik (PLTS) Sistem *On-Grid* dengan adanya luasan atap yang tersedia, profil beban listrik yang terpakai dengan perencanaan secara optimal dari segi

- teknis, ekonomis, dan kelayakan agar memenuhi kebutuhan energi listrik?
2. Berapa potensial kontribusi jumlah emisi karbon dioksida (CO₂) yang berhasil dicegah atau dikurangi melalui pemanfaatan energi dari PLTS Atap Sistem *On-Grid* ini?
 3. Berapa besar penghematan biaya listrik PLN yang dapat dicapai melalui pemanfaatan energi dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap Sistem *On-Grid* ini?

1.3. Batasan Masalah

Penelitian ini diutamakan pada analisis potensi tenaga surya di Kabupaten Pemalang dalam konteks perencanaan dan pemanfaatan unjuk kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap. Pembatasan aspek utama, yaitu sebagai berikut:

a. Batasan Geografis

1. Dibatasi pada wilayah Kabupaten Pemalang, Jawa Tengah, dan fokus pada area atap gedung DPRD Kabupaten Pemalang.
2. Analisis potensi tenaga surya didasarkan pada data sekunder intensitas radiasi matahari yang tersedia dari sumber resmi, seperti BMKG, atau lembaga terkait lainnya nasional. Apabila *database* dari lembaga nasional tidak tersedia, bisa menggunakan data satelit dari NASA, NREL, atau Solargis sebagai alternatif pemodelan. Secara umum, *database* dari lembaga-lembaga di atas dianggap andal karena didasarkan pada pengolahan data jangka panjang [11].

b. Batasan Teknis

1. Pengolahan data primer yang didapat untuk implementasi atap (*roof mounted*) dengan konfigurasi terhubung jaringan listrik umum (*on-grid connected*), dalam hal ini PLN, dengan tiga persepsi visual sebagai referensi dan acuan untuk mendapatkan dan mengetahui potensi kapasitas pembangkit listrik tenaga surya yang bisa dibangkitkan dari profil pemakaian beban listrik, baik dari profil

beban puncak ataupun profil beban rata-rata, yaitu:

- (1) Pemakaian beban aktual hasil perekaman metering panel utama,
 - (2) Pemakaian beban dari proyeksi dan prediksi hasil pengamatan visual pola konsumsi,
 - (3) Pemakaian Beban dari Aktual Perekaman Pembayaran Listrik.
2. Pengolahan data primer dan sekunder yang didapat untuk aspek teknis menggunakan simulasi pemodelan dari aplikasi perangkat lunak *PVsyst 7.2.6*, dan perhitungan manual serta dua perangkat lunak lainnya, yaitu *GSA (Global Solar Atlas)* dan *PVWatts – NREL (National Renewable Energy Laboratory)*.
 3. Pengolahan data primer dan sekunder yang didapat untuk aspek ekonomi, yaitu biaya dan kelayakan investasi menggunakan simulasi perhitungan manual dan perangkat lunak *Excel* serta perangkat lunak *RETScreen*. Kelayakan investasi dengan perhitungan manual menggunakan indikator *PI (Profitability Index)* atau *BCR (Benefit Cost Ratio)* dan dengan perhitungan *Excel* menggunakan indikator *IRR (Internal Rate of Return)*.
 4. Pengolahan data sekunder yang didapat untuk konstanta penggunaan bahan bakar batubara Pembangkit Listrik Konvensional dengan faktor emisi CO_2 efektif untuk Regional Jawa, Madura, dan Bali (*JaMaLi*), serta global Indonesia jenis batubara *Sub-Bituminous* dan *Lignite*.
 5. Pengolahan data primer yang didapat dari pembayaran rekening listrik penggunaan jaringan umum atau PLN untuk estimasi perhitungan penghematan biaya beban listrik terpakai.

c. Batasan Analisis

1. Perhitungan kapasitas optimasi panel surya dari rekomendasi terpilih.
2. Analisis kelayakan teknis meliputi *output* produksi energi dan rugi-rugi dari perangkat lunak utama *PVsyst 7.2.6* pada luasan atap tersedia, beserta perbandingan untuk sudut efektif optimal pada

wilayah Kabupaten Pemalang, dan perbandingan optimal keluaran energi dari panel surya masing-masing sisi implementasinya (utara dan selatan). Perbandingan keluaran energi hasil simulasi pemodelan perangkat lunak utama *PVsyst* 7.2.6 dari luasan atap tersedia dengan memvalidasi untuk keluaran (*output*) energi dari analisis perhitungan manual serta perangkat lunak *GSA (Global Solar Atlas)* dan *PVWatts – NREL (National Renewable Energy Laboratory)*.

3. Analisis ekonomi meliputi estimasi biaya dan kelayakan investasi, seperti biaya operasional dan perawatan, biaya siklus hidup atau pengembalian (*LCC/Life Circle Cost*), biaya energi yang dihasilkan (*COE/Cost Of Energy/LCOE*), kelayakan investasi (*NPV/Net Present Value*, *PI/Profitability Index* atau *BCR/Benefit Cost Ratio*, dan *IRR/Internal Rate of Return*) *PBP/Payback Period*), berikut perbandingan sebagai validasi untuk *BEP (Break Even Point)* atau *PBP (Payback Period)* menggunakan perangkat lunak *RETScreen*.
4. Analisis perhitungan dan evaluasi penghematan beban listrik dari penggunaan jaringan listrik umum PLN.
5. Analisis perhitungan estimasi pencegahan *avoided* emisi gas Karbondioksida (CO_2), berikut perbandingan dengan proyeksi penurunan emisi GRK (Gas Rumah Kaca) yang diperoleh dengan memenuhi target bauran energi EBT (Energi Baru Terbarukan) dari penggunaan Batubara sebagai bahan bakar Pembangkit Listrik Konvensional di Regional Jawa, Madura, dan Bali (JaMaLi) dan di Indonesia.

d. Batasan Waktu

1. Data parameter intensitas radiasi matahari dan temperatur lokasi penelitian yang di ambil dari *database* platform NASA, yaitu *NASA Power Data Access Viewer*, atau BMKG area Jawa Tengah, dengan periode 2022 dan durasi satu tahun.
2. Proyeksi analisis ekonomi dilakukan untuk maksimum periode 25

tahun [12]. Yang mana panel atau modul surya dikenal memiliki *lifetime duration* panjang, setidaknya hingga 30 tahun. Selain itu, biaya perawatannya rendah, dikarenakan tidak memiliki komponen bergerak yang rentan terhadap kerusakan [13].

3. Parameter *Peak Sun Hour* atau durasi efektif sinar matahari 5 jam/hari [14] atau sesuai *daily insolation time* terekam satelit platform terkait.

1.4. Metode dan Tujuan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan metode kuantitatif, yaitu penggabungan data primer dan sekunder. Data sekunder diambil dari lembaga terkait sebagai referensi pendukung dan penguatan, dan data primer dari lokasi penelitian, seperti konsumsi energi listrik harian, kebutuhan listrik, dan referensi aktual yang dibutuhkan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Menganalisis potensi PLTS Atap di lokasi penelitian.
2. Merancang sistem PLTS Atap secara optimal dengan bantuan perhitungan secara manual serta pemodelan simulasi menggunakan aplikasi perangkat lunak *PVsyst 7.2.6*, beserta perbandingannya sebagai validasi.
3. Dapat menganalisis kinerja dan kelayakan dari aspek teknis dan ekonomis pemanfaatan PLTS Atap dari sistem yang direncanakan, , berikut perbandingannya sebagai validasi.
4. Dapat memberikan angka dari estimasi *avoided* emisi gas buang Karbondioksida (CO_2), berikut angka pengurangan untuk emisi GRK di regional Jawa, Madura, dan Bali, serta Indonesia secara keseluruhan.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian dan pengolahan data-data ini akan menghasilkan sebuah kesimpulan dan saran untuk digunakan untuk kepentingan yang telah dijelaskan pada latar belakang penelitian dan berikut adalah manfaat:

1. Manfaat Ilmiah

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat secara ilmiah

sebagai salah satu literatur bagi peneliti atau praktisi atau masyarakat lain yang akan melakukan penelitian sejenis dengan perangkat lunak yang sama ataupun berbeda guna melengkapi penelitian sebelumnya dengan lokasi atau obyek yang sama maupun berbeda.

2. Manfaat Terapan

Penelitian ini akan menjadi salah satu masukan bagi Pemerintah Kabupaten Pemalang pada umumnya dan Gedung Kantor DPRD Kabupaten Pemalang pada khususnya sebagai bahan implementasi regulasi dan kebijakan PLTS Atap yang berlaku saat ini guna pemasangan aktual unjuk kerja dari PLTS Atap, sehingga dapat bermanfaat secara optimal dari sumber energi terbarukan.

3. Sebagai salah satu bahan acuan bagi peneliti atau lembaga terkait yang akan merencanakan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap di lokasi atau obyek yang sama maupun di luar lokasi atau obyek penelitian ini.

4. Jika hasil unjuk kerja perencanaan diimplementasikan nantinya, maka Kabupaten Pemalang pada umumnya dan Gedung DPRD Kabupaten Pemalang pada khususnya dapat lebih berkontribusi atau lebih ikut bersumbangsih dalam aspek pemenuhan energi bersih dan terjangkau sesuai dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB) poin ke Tujuh.