

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada saat ini, listrik sudah menjadi kebutuhan utama bagi sebagian besar manusia. Tanpa adanya listrik, aktivitas sehari-hari manusia dapat terganggu karena hampir seluruh kegiatan manusia saat ini menggunakan listrik dalam pemanfaatannya. Sebagian besar dunia, dalam beberapa dekade terakhir, secara besar-besaran menggunakan bahan bakar fosil untuk membangkitkan listrik karena kebutuhan energi listrik yang terus meningkat. Pembangkit listrik berbahan bakar fosil yang disebut juga dengan pembangkit konvensional dapat dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar batu bara, gas, maupun minyak [1]. Tetapi, jika pembangkit listrik konvensional digunakan secara terus-menerus, terdapat efek negatif yang ditimbulkan pada lingkungan dan makhluk hidup karena emisi karbon yang dihasilkan. Berbagai studi menyebutkan bahwa terjadi peningkatan pada emisi karbon yang dihasilkan jika penggunaan pembangkit konvensional dilakukan secara masif [2] [3] [4] [5].

Oleh karena itu, untuk mengurangi intensitas penggunaan bahan bakar fosil, akhir-akhir ini telah dilakukan pengembangan dan penggunaan *new renewable energy* atau energi baru terbarukan (EBT) sebagai sumber pembangkit listrik. Pembangkit EBT dapat bersumber dari energi terbarukan (ET) ataupun energi baru (EB). ET adalah energi yang berasal dari sumber energi tak terbatas, memiliki pasokan yang berlimpah, dan dapat berproses secara terus menerus, sehingga dapat digunakan secara berkelanjutan [6]. ET dapat bersumber dari matahari, angin, panas bumi, air, bioenergi, dan gelombang laut. Sedangkan energi baru (EB) adalah semua jenis energi yang berasal dari teknologi baru pengolahan sumber energi tidak terbarukan menjadi energi terbarukan. EB dapat bersumber dari hidrogen, gas metana, dan nuklir [7].

Di Indonesia sendiri, terdapat kebijakan baru yang dikeluarkan pemerintah dimana target penetrasi pembangkit EBT mencapai 23% pada 2025 dan 31% pada 2050 [8]. Dilihat dari kondisi geografis Indonesia yang berada di ekuator dan

beriklim tropis, energi matahari menjadi potensi yang cukup besar untuk dimanfaatkan di Indonesia [9]. Berdasarkan potensi bauran ET Indonesia, potensi pemanfaatan energi matahari adalah 207,9 GW dari total potensi ET sebesar 443,2 GW [10]. Artinya, potensi pemanfaatan energi matahari merupakan yang terbesar dibanding ET lainnya dan menyumbang kontribusi lebih dari 45% dari total potensi ET di Indonesia.

Energi matahari dapat dimanfaatkan dalam dua bentuk, panas dan iradiasi (cahaya). Akhir-akhir ini, sebagian besar energi matahari dimanfaatkan dalam bentuk iradiasi (cahaya). Pemanfaatan iradiasi matahari dilakukan dengan menggunakan prinsip efek fotovoltaik. Efek fotovoltaik menggunakan lempengan semikonduktor yang dapat menimbulkan arus listrik sehingga dapat mengubah energi radiasi matahari menjadi energi listrik.

Mirisnya, pemanfaatan energi matahari di Indonesia tidak diikuti dengan potensi yang dimilikinya. Berdasarkan data dari Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia (Dirjen EBTKE ESDM), pemanfaatan energi surya sendiri hingga tahun 2021 masih sebesar 150 MW, atau hanya 0,07% dari potensi yang dimiliki [11]. Sementara, Indonesia menargetkan kontribusi energi baru terbarukan di bauran energi nasional adalah 23% di tahun 2025. Maka dari itu, perlu adanya pemanfaatan energi matahari (energi surya) secara besar-besaran untuk memaksimalkan potensi energi surya di Indonesia.

Oleh karena itu, untuk memaksimalkan potensi energi surya di Indonesia, diperlukan penelitian yang membahas perencanaan sistem pembangkit listrik tenaga surya (solar PV) di suatu lokasi secara komprehensif. Sebuah desain dan studi kelayakan solar PV dapat dirancang dengan menggunakan suatu perangkat lunak, yaitu PVSyst. PVSyst adalah alat pemodelan yang digunakan untuk menentukan seberapa banyak energi yang dihasilkan dari suatu sistem solar PV pada suatu lokasi tertentu.

Penelitian ini mengusulkan suatu studi untuk mendesain dan memodelkan suatu pembangkit solar PV secara ekstensif pada suatu lokasi di Indonesia, mulai dari penentuan iradiasi matahari, perhitungan kapasitas, perhitungan *sizing*

komponen, penentuan jumlah modul surya per *string*, penentuan *layout* dan *shading*, hingga simulasi untuk mendapatkan energi *output* dan *performance ratio* menggunakan PVSyst.

1.2. *State of The Art*

Penelitian mengenai desain dan pemodelan pembangkit solar PV telah banyak dilakukan dan dipublikasi oleh para insinyur maupun peneliti. Penelitian dalam bidang ini termasuk ke dalam kategori ketenagalistrikan sub energi terbarukan (*renewable energy*), dimana banyak membahas tentang kelayakan suatu pembangkit energi terbarukan, baik terhubung dengan jaringan (*grid*) ataupun tidak.

Terdapat beberapa penelitian yang berkaitan dengan perancangan dan pemodelan sistem solar PV yang telah dipelajari pada penelitian ini. Pada artikel [12] dan [13], telah dilakukan penelitian dalam mendesain solar PV untuk sistem *off-grid* di daerah terpencil di Indonesia. Sistem PV tersebut di-*hybrid* dengan baterai dan pembangkit diesel untuk kebutuhan elektrifikasi. Pemodelan dilakukan dengan PVSyst dan HomerPro. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi solar PV hybrid dapat mengurangi biaya operasional pembangkit diesel, yang mana dapat menurunkan nilai *Levelized Cost of Electricity* (LCOE).

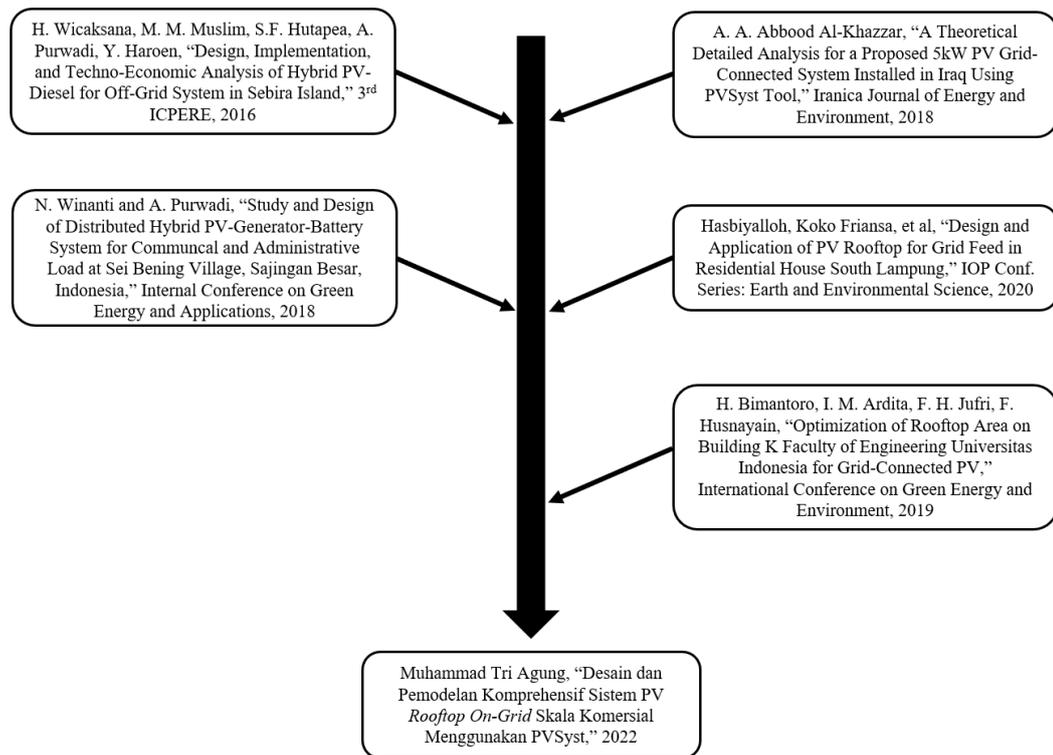
Penelitian lainnya juga dilakukan pada makalah [14] menunjukkan pemodelan solar PV 5 kWp *rooftop* untuk sistem *on-grid* di Baghdad, Iraq. Keluaran energi yang dihasilkan mencapai 9,82 MWh setiap tahunnya, dengan *performance ratio* sebesar 82,5%. Hasil studi juga menunjukkan bahwa penggunaan solar PV di sistem *on-grid* dapat secara efektif membantu beban puncak (*peak load*) suatu jaringan listrik. Selain itu, sistem PV *on-grid* juga cukup ekonomis dengan biaya pemeliharaan yang sangat minim.

Penelitian sistem PV *on-grid* juga dilakukan oleh [15] untuk suatu atap residensial di Lampung, Indonesia. Penelitian ini melakukan pengukuran seperti dimensi atap di lokasi, dilanjutkan dengan pemodelan menggunakan perangkat lunak PVSyst. Dengan kapasitas 1,5 kW, sistem PV dapat menghasilkan energi *output* sebesar 1,71 MWh dengan *performance ratio* senilai 72,4%.

Penelitian lainnya untuk PV *rooftop on-grid* juga dilakukan oleh [16] untuk kapasitas yang lebih besar, yaitu 66 kW pada salah satu bangunan di Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem tersebut dapat menghasilkan energi sebesar 97,89 MWh setiap tahun dengan *performance ratio* sebesar 82%. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa penggunaan PV *rooftop* di bangunan tersebut dapat mengurangi konsumsi energi listrik dari PLN sebesar 19,48% selama hari kerja dan 49,01% selama akhir pekan.

Berdasarkan berbagai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya di atas, dapat dilihat bahwa studi PV *on-grid* yang dilakukan masih berskala residensial, dimana kapasitas sistem PV masih kurang dari 100 kW. Maka dari itu, akan dilakukan pengembangan studi perancangan dan pemodelan sistem solar PV untuk kapasitas yang lebih besar di suatu lokasi di Indonesia. Objek penelitian yang dipilih adalah suatu bangunan komersial ataupun industrial yang cenderung memiliki area atap yang lebih luas dibandingkan residensial. Bangunan komersial dapat berupa perkantoran, supermarket, hotel, dan mall, sedangkan bangunan industrial dapat berupa pabrik dan manufaktur. Dengan mempertimbangkan kemudahan akses lokasi, maka penelitian ini mengusulkan objek penelitian yang letaknya berada di daerah Jawa Barat, khususnya Kota Bandung. Terdapat banyak bangunan komersial maupun industrial di Kota Bandung. Untuk dapat memaksimalkan potensi penggunaan sistem solar PV *rooftop*, maka dipilih bangunan komersial maupun industrial yang memiliki area atap yang cukup luas. Selain itu, pemilihan objek bangunan komersial juga mempertimbangkan kemudahan akses ke lokasi tersebut apabila ingin dilakukan penelitian lebih lanjut yang lebih detail. Dengan mengamati beberapa bangunan komersial yang berada di area Kota Bandung melalui data dari Google Earth, salah satu bangunan yang memenuhi kriteria tersebut adalah Transmart Cipadung. Maka dari itu, penelitian ini mengusulkan untuk melakukan studi desain dan pemodelan sistem solar PV *rooftop on-grid* skala komersial Transmart Cipadung. Lokasi ini juga berdekatan dengan Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung.

State of the art dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.1. *State of the art* tersebut menggambarkan referensi dari berbagai penelitian sebelumnya dan menghasilkan suatu pengembangan yang akan diusulkan dalam penelitian ini.



Gambar 1.1 *State of the Art*.



1.3. Rumusan Masalah

Dari permasalahan yang telah dijabarkan di atas, maka didapatkan beberapa rumusan masalah pada penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

1. Bagaimana desain dan pemodelan suatu sistem solar PV *rooftop on-grid*?
2. Bagaimana mendapatkan data iradiasi matahari dari suatu lokasi?
3. Bagaimana penentuan kapasitas suatu sistem solar PV *rooftop on-grid* dari area yang tersedia?
4. Bagaimana perhitungan *sizing* komponen utama yang digunakan pada suatu sistem solar PV *rooftop on-grid*?
5. Bagaimana energi *output* yang dihasilkan dan *performance ratio* dari suatu sistem solar PV *rooftop on-grid*?

1.4. Tujuan dan Manfaat

1.4.1. Tujuan

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mendesain dan memodelkan suatu sistem solar PV *rooftop on-grid*.
2. Mendapatkan data iradiasi matahari dari suatu lokasi yang akan dirancang pemasangan solar PV *rooftop on-grid*.
3. Menentukan kapasitas suatu sistem solar PV *rooftop on-grid* dari area yang tersedia
4. Menghitung *sizing* komponen utama yang digunakan pada suatu sistem solar PV *rooftop on-grid*.
5. Menentukan energi *output* yang dihasilkan dan *performance ratio* dari suatu sistem solar PV *rooftop on-grid*.

1.4.2. Manfaat

Adapun manfaat yang didapatkan serta diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Manfaat Akademis

Penelitian ini dapat memperkaya ilmu ketenagalistrikan di bidang energi terbarukan serta dapat dikembangkan lebih lanjut pada penelitian selanjutnya khususnya pada topik penelitian desain dan pemodelan sistem solar PV di Indonesia.

2. Manfaat Praktis

Penelitian ini dapat memberikan desain dan pemodelan sistem solar PV *rooftop on-grid* yang dapat diimplementasikan di Indonesia. Penelitian ini juga dapat menjadi referensi bagi masyarakat Indonesia agar dapat mengaplikasikan sistem solar PV, baik aplikasi untuk residensial maupun komersial.

1.5. Batasan Masalah

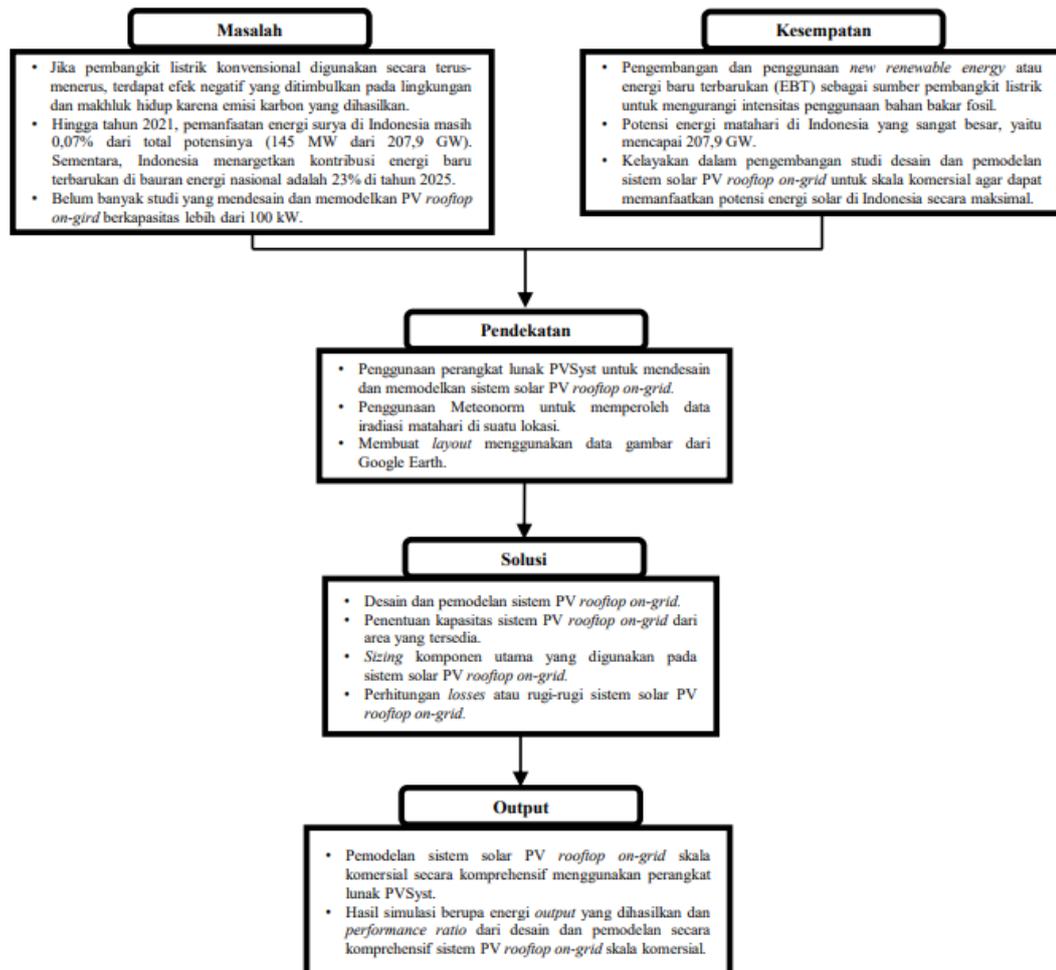
Agar penyelesaian masalah yang dilakukan tidak menyimpang dari ruang lingkup yang ditentukan, maka akan dilakukan pembatasan masalah. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini ialah sebagai berikut :

1. Penelitian ini berfokus pada desain dan pemodelan sistem solar PV *rooftop on-grid*.
2. Desain dan pemodelan solar PV menggunakan sistem *on-grid* atau terhubung dengan jaringan utilitas.
3. Desain dan pemodelan solar PV menggunakan perangkat lunak PVSystem.
4. Data iradiasi matahari yang digunakan berdasarkan informasi dari Meteonorm 7.3.
5. Studi desain dan pemodelan solar PV pada penelitian ini dilakukan pada Transmart Cipadung, Bandung, Indonesia.
6. Dimensi bangunan objek penelitian pemodelan sistem solar PV ditentukan menggunakan perangkat lunak Google *Earth*.
7. Produsen modul solar PV yang digunakan adalah Trina Solar.
8. Produsen *on-grid* inverter yang digunakan adalah Huawei.



1.6. Kerangka Berfikir

Kerangka berfikir yang mendasari penelitian mengenai desain dan pemodelan komprehensif sistem PV *rooftop on-grid* ini dapat dijelaskan pada Gambar 1.2 berikut.



Gambar 1.2 Kerangka Pemikiran Penelitian.

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan digunakan untuk mendapatkan struktur penyusunan dan penulisan yang baik. Sistematika penulisan penelitian Tugas Akhir ini terangkum sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini, dibahas tentang latar belakang permasalahan, *state of the art*, rumusan masalah, tujuan dan manfaat dilaksanakannya penelitian, pembatasan masalah sebagai dasar pemikiran penulis dalam membahas permasalahan, kerangka berfikir penelitian dari awal hingga akhir penelitian, serta sistematika penulisan dari penelitian ini.

BAB II TEORI DASAR

Pada bab ini, dibahas mengenai teori-teori dasar yang berhubungan dengan penelitian ini. Berbagai teori yang dibahas untuk menunjang penelitian dalam mendesain dan memodelkan secara komprehensif sistem PV *rooftop on-grid* skala komersial.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini, dibahas tentang diagram alir proses untuk pemecahan masalah yang terdapat pada penelitian ini. Selain itu, dibahas juga deskripsi objek penelitian, bagaimana pengolahan data dilakukan, metode penelitian yang digunakan, dan instrumentasi yang digunakan pada penelitian.

BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Pada bab ini, dibahas tentang perancangan sistem solar PV *rooftop on-grid* mulai dari penentuan objek bangunan, penentuan data iradiasi matahari, perancangan secara komprehensif, dan implementasi pemodelan 3D *shading scene*.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini, dibahas tentang pengujian sistem yang telah dirancang dan dimasukkan sebagai parameter pada PVSyst. Setelah itu, akan didapatkan nilai energi *output* tahunan dari sistem solar PV. Dari PVSyst juga didapatkan hasil

simulation report. Data *simulation report* tersebut akan dianalisis dan disesuaikan dengan sistem yang sudah dirancang.

BAB VI PENUTUP

Pada bab ini, berisi kesimpulan yang merupakan generalisasi dari hasil penelitian yang menjawab tujuan dari penelitian. Dalam bab ini juga memaparkan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

