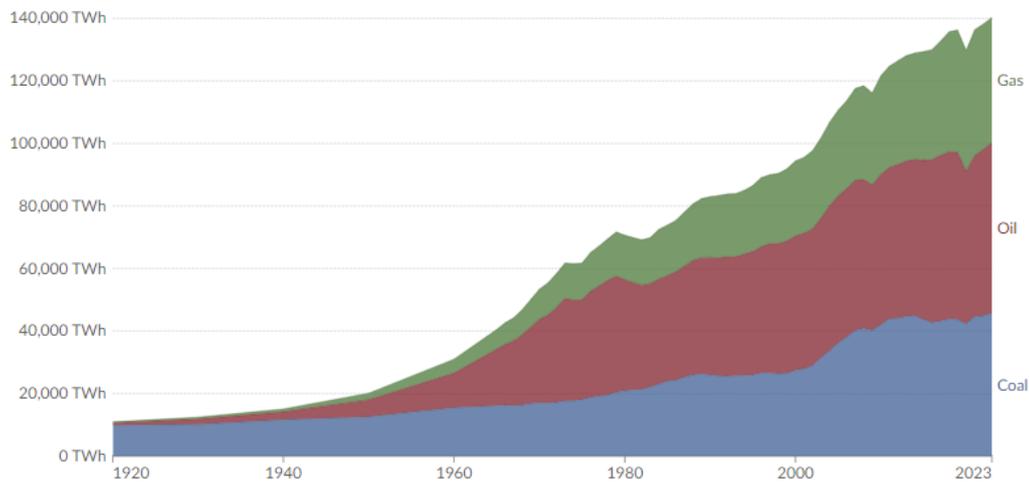


# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pada zaman ini, sebagian besar kebutuhan energi global dipenuhi oleh bahan bakar fosil dan sumber-sumber energi lain yang tidak dapat diperbaharui, yang telah dibuktikan memiliki banyak kerugian [1]. Pertama, bahan bakar fosil tidak dapat diperbaharui dalam kurun waktu jangka hidup manusia, sehingga konsumsinya secara masif akan membuat sumber daya tersebut lama-kelamaan habis [2]. Selain itu, konsumsi sumber energi tidak dapat diperbaharui, khususnya bahan bakar fosil, juga menghasilkan gas rumah kaca (GRK) yang mampu memperparah perubahan iklim (*climate change*) serta menghasilkan polusi yang membuat manusia dan makhluk hidup lain sakit [1]. Gambar 1.1 menunjukkan banyaknya dan bertumbuhnya konsumsi energi fosil global, dengan "Gas" berarti gas bumi, "Oil" berarti minyak, dan "Coal" berarti batu bara.



Gambar 1.1 - Konsumsi energi fosil dunia 1920–2023 [3]

Dalam rangka mengurangi efek dan lingkup dari perubahan iklim dan sekaligus menjunjung transisi dunia yang lebih berkelanjutan, diperlukan cara untuk meningkatkan produksi energi rendah GRK dan juga dapat diperbaharui. Pengembangan cara-cara produksi energi yang rendah GRK dan dapat diperbaharui akan membantu dalam melawan perubahan iklim dan juga

menghilangkan keterbatasan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui [4].

Salah satu sumber energi yang layak ditelusuri untuk menggantikan sumber energi tidak dapat diperbaharui melibatkan penggunaan energi matahari. Sebagai sumber energi, cahaya matahari berpotensi memenuhi seluruh kebutuhan energi dunia tahun 2013 sebanyak 7.500 kali [5]. Karena ketersediannya yang melimpah, energi surya layak ditelusuri sebagai salah satu sumber energi dapat diperbaharui [6]. Sinar matahari merupakan sumber energi yang melimpah di bumi jika dibandingkan dengan kebutuhan energi manusia, dapat diperbaharui, dan bersifat rendah GRK. Untuk keperluan pembangkitan energi listrik, energi surya dapat diubah menjadi listrik dengan proses konversi. Salah satu proses konversi energi ini yaitu menggunakan efek fotovoltaik, sehingga disebut teknologi fotovoltaik (*photovoltaics* atau disingkat PV). Dengan menggunakan efek fotovoltaik, cahaya matahari yang dikumpulkan oleh sel PV diserap dan diubah menjadi energi listrik secara langsung [6].

Salah satu penghambat utama dari adopsi dan implementasi massal dari teknologi fotovoltaik adalah mahalnya biaya produksi sel, modul, dan panel fotovoltaik. Hambatan ini khususnya berlaku untuk sel PV dengan efisiensi tinggi seperti yang bertipe multi-persimpangan (*multi-junction*). Untuk banyak jenis sel PV efisiensi tinggi tersebut, biaya yang dibutuhkan sangatlah tinggi untuk area modul yang relatif kecil [1].

Untuk memaksimalkan energi yang dihasilkan oleh luas area sel modul atau panel fotovoltaik yang terbatas, dikembangkanlah fotovoltaik terkonsentrasi, dikenal juga sebagai teknologi *concentrated photovoltaics* (CPV). CPV adalah salah satu cara meningkatkan daya yang dihasilkan oleh sel, modul, atau panel fotovoltaik dengan bantuan alat optik (cermin atau lensa) untuk memfokuskan lebih banyak cahaya matahari ke setiap satuan area panel fotovoltaik dibandingkan penyinaran matahari biasa (iradiasi matahari atau *solar irradiance*). Konsep ini menggunakan lensa dan atau cermin yang bersifat lebih murah dan mudah didapatkan dibandingkan dengan modul fotovoltaik, untuk memaksimalkan pengumpulan cahaya.

Penggunaan lensa dan atau cermin untuk memfokuskan cahaya ke modul diharapkan membuat sistem CPV lebih terjangkau dibandingkan pemasangan sistem PV konvensional untuk pembangkitan dengan daya yang sama. Selain mengurangi kebutuhan luas panel surya, CPV juga mampu meningkatkan efisiensi beberapa jenis sel PV berefisiensi tinggi seperti sel *multi-junction*, yang mampu menghasilkan efisiensi konversi panel menjadi 40% dibandingkan kondisi penyinaran matahari konvensional dengan efisiensi konversi hanya sekitar 30% [7].

Tetapi, pemfokusan cahaya ke dalam sistem fotovoltaik membuat suhu modul fotovoltaik meningkat drastis. Modul fotovoltaik bersifat sangat sensitif terhadap perubahan suhu, dan akan berdampak buruk dalam bentuk pengurangan efisiensi dan jangka hidupnya. Efisiensi sel menurun sekitar 0,5% untuk setiap peningkatan suhu operasi sel sebanyak 1°C [8], sedangkan jangka hidup dari sel surya juga akan menurun. Dengan demikian, sebuah sistem CPV harus dilengkapi sistem pendinginan untuk menghindari kerusakan dini dan pengurangan efisiensi.

Selain kebutuhan pendinginan, faktor lain yang harus dipertimbangkan dalam pembangunan segala jenis sistem PV adalah jumlah radiasi matahari yang datang ke permukaan bumi, disebut juga *insolation* atau *solar irradiation*. Jumlah iradiasi surya ini adalah sumber energi dari seluruh sistem fotovoltaik. Oleh karena itu, pemetaan jumlah dan intensitas dari iradiasi surya di permukaan bumi sangatlah penting untuk penentuan kelayakan sistem PV dan juga CPV.

Terdapat banyak variasi yang telah dikembangkan untuk konsentrator sistem CPV. Beberapa sistem menggunakan lensa, seperti konsentrator lensa Fresnel linear (*linear Fresnel lens* atau LFL), sedangkan sistem-sistem lain menggunakan cermin, seperti konsentrator reflektor Fresnel linear (*linear Fresnel reflector* atau LFR), reflektor Fresnel linear kompak (*compact linear Fresnel reflector* atau CLFR), palung parabolik (*parabolic trough* atau PT), dan konsentrator parabolik campuran (*compound parabolic concentrator* atau CPC)

[4]. Bahkan, di luar konsentrator menggunakan alat optik konvensional, juga terdapat konsentrator berbasis *quantum dot* (*quantum dot solar concentrator* atau QDSC) [4], [9].

Hingga saat ini, riset maupun implementasi dari sistem CPV belum banyak dilakukan di Indonesia. Oleh karena itu, dirancang sebuah sistem CPV menggunakan konsentrator sederhana, yaitu tipe *V-trough*. Dari rancangan tersebut, dibangun sebuah sistem CPV skala kecil di kawasan kampus Universitas Multimedia Nusantara, tepatnya di Curug Sangereng, Kecamatan Serpong, Kabupaten Tangerang, Banten. Terakhir, kinerja produksi energi sistem CPV dan sistem PV konvensional dengan skala yang sama dibandingkan dan dianalisis.

## **1.2. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana karakteristik dan rancang bangun sistem CPV *V-trough* yang optimal kinerjanya berdasarkan kondisi cuaca dan radiasi matahari yang ada di kawasan kampus Universitas Multimedia Nusantara?
2. Bagaimana perbandingan kinerja antara sistem CPV *V-trough* dengan sistem pembangkit listrik tenaga matahari skala mikro tanpa konsentrator?

## **1.3. Batasan Masalah**

- Lokasi: Lokasi perencanaan dan pembangunan sistem CPV dilaksanakan pada kawasan Kampus Universitas Multimedia Nusantara, yakni daerah Curug Sangereng, Kecamatan Serpong, Kabupaten Tangerang, Banten.
- Jenis konsentrator: Sistem CPV yang diimplementasikan yaitu sistem dengan konsentrator berupa reflektor dengan desain bernama *V-trough concentrator*.
- Skala: Simulasi serta pembangunan PLTS yang dilakukan untuk keperluan proyek tugas akhir ini adalah berskala mikro, dengan rating daya yang dihasilkan jauh kurang dari 1 kW.
- Aspek Sistem: Dalam proses optimasi dan iterasi sistem, aspek sistem

yang divariasikan dan dievaluasi efektivitasnya adalah jenis konsentrator yang digunakan. Bahan kerangka, bahan cermin untuk pembuatan konsentrator, dan aspek-aspek lainnya yang tidak disebutkan tidak divariasikan karena di luar batas proyek tugas akhir.

- Sumber data iradiasi: Digunakan sumber data iradiasi yaitu pengukuran lokal iradiasi surya dari kawasan kampus Universitas Multimedia Nusantara pada Curug Sangereng, Kecamatan Serpong, Kabupaten Tangerang, Banten.

#### **1.4. Tujuan**

1. Menentukan karakteristik dan melakukan rancang bangun sistem CPV *V-trough* yang mampu optimal kinerjanya berdasarkan kondisi cuaca dan radiasi matahari yang ada di kawasan kampus Universitas Multimedia Nusantara.
2. Membandingkan kinerja antara sistem CPV *V-trough* dengan sistem pembangkit listrik tenaga matahari skala mikro tanpa konsentrator.

#### **1.5. Manfaat**

Proyek tugas akhir ini diharapkan dapat menambah pengetahuan mengenai kinerja LCPV *V-trough* pada kawasan kampus Universitas Multimedia Nusantara di Curug Sangereng, Kecamatan Serpong, Kabupaten Tangerang, Banten.

#### **1.6. Sistematika Penulisan**

Bab I menjelaskan mengenai latar belakang dari masalah kebutuhan energi manusia dan cara mengatasinya melalui implementasi tenaga yang dapat diperbaharui, serta memaparkan mengenai sistem CPV secara umum dan kondisi riset saat ini. Bagian ini juga menjelaskan rumusan permasalahan yang dibahas, batasan proyek, tujuan, dan manfaat yang diharapkan dari proyek tugas akhir dan penulisan laporan.

Bab II meliputi tinjauan dari berbagai pustaka mengenai dan sekitar sistem fotovoltaik terkonsentrasi serta jenis-jenis konsentrator. Selain itu,

dibahas pula kelebihan dan kekurangan berbagai jenis desain, yang menjadi dasar dari informasi untuk penelitian lebih lanjut dan perancangan sistem pada bab selanjutnya.

Bab III menjelaskan proses analisis teoretis berupa perhitungan, beserta dengan perancangan yang dilakukan untuk keperluan sistem LCPV berbasis *V-trough* skala kecil di kawasan UMN.

Bab IV menjelaskan proses hasil analisis dari sistem LCPV secara nyata, menggunakan simulasi dan juga data pengukuran yang dikumpulkan di lapangan, yang dibandingkan dengan penghitungan teoretis yang telah disampaikan di bab sebelumnya.

Bab V menutup dan memberikan kesimpulan dari seluruh proyek tugas akhir, beserta dengan saran yang dapat disampaikan baik untuk penelitian lebih lanjut ke dalam topik pengembangan sistem CPV.

