

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Kebutuhan akan energi listrik dapat terpenuhi dari berbagai macam sumber energi baik energi yang dapat diperbaharui maupun energi yang tidak dapat diperbaharui. Energi terbarukan memiliki kelebihan utama dimana energi tidak akan habis dan memiliki tingkat polusi lingkungan yang rendah. Pemerintah Indonesia menargetkan energi baru dan terbarukan paling sedikit berkontribusi sebesar 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050 dengan kontribusi Energi terbarukan saat ini sekitar 6,2% dan perkembangan energi terbarukan saat ini sebesar 0,36% setiap tahun [1]. Pertumbuhan Energi terbarukan yang kecil setiap tahunnya akan mempersulit untuk mencapai target pemenuhan energi yang berasal dari Energi terbarukan pada tahun 2025. Pengembangan dan penggunaan sumber Energi terbarukan seperti air, angin, cahaya, matahari, panas bumi, dan biomassa dapat ditingkatkan sebagai sumber energi listrik.

Salah satu pilihan sumber energi listrik baru dan terbarukan adalah energi matahari. Sebagai sumber energi terbarukan, matahari dapat menjadi sumber cahaya bersih. Energi yang bersumber dari cahaya matahari langsung dikonversikan menjadi energi listrik menggunakan panel surya *photovoltaic (PV)*. *PV* memiliki konsep kerja mengubah gelombang elektromagnetik berupa foton yang memiliki hubungan foton dengan elektron pada sambungan P-N berbahan semikonduktor yang dapat dilakukan penggambaran karakteristik umum hubungan kurva V-I dimana pengukuran terhadap *PV* diperlukan untuk mengetahui karakteristik dari panel surya yang sedang diuji secara langsung menggunakan matahari tetapi hal ini memiliki kendala dalam praktik [2]. Beberapa kendala dalam pengujian panel surya adalah pengaruh suhu dan perubahan intensitas cahaya matahari.

Salah satu jawaban untuk kendala tersebut adalah penggunaan simulator pengujian panel surya dalam ruangan sehingga dapat dilakukan pengkondisian ketika melakukan pengujian yang sesuai dengan *Standard Test Conditions (STC)* dengan suhu 25 °C dan *irradiance* 1.000 W/m² [3]. Kondisi ini dicapai dengan melakukan pengujian dalam ruangan menggunakan simulator sehingga dapat dilakukan kontrol terhadap parameter suhu dan juga *irradiance*. *irradiance* merupakan besaran *radiometric flux* yang diterima pada suatu bidang dalam satuan W/m² yang memiliki keterkaitan dengan *illuminance* yaitu jumlah *luminous flux* yang jatuh pada satu bidang permukaan yang dinyatakan dalam (lm/m²) atau *lux* (lx), dan keduanya memiliki keterkaitan dalam kinerja panel surya [4].

Simulator panel surya memiliki kategori yang dapat ditentukan dari beberapa parameter seperti: *spectral match*, *temporal instability*, dan *non-uniformity of irradiance* dengan kelas kategori A, B, dan juga C sesuai dengan nilai dari parameter yang disebutkan sebelumnya yang diatur dalam tiga organisasi dari Amerika (ASTM), Eropa (IEC), dan Jepang (JIS) [5]. Penggambaran parameter dapat dipengaruhi oleh intensitas spektrum dengan tujuan untuk menghasilkan spektrum cahaya buatan yang menyerupai spektrum matahari dengan *air mass* (AM) 1,5 G (global) dan juga tingkat *irradiance* yang sesuai [6].

Secara ideal pengujian untuk menentukan apakah sumber cahaya sesuai dengan karakteristik cahaya matahari dilakukan dengan cara melakukan pengukuran menggunakan instrumentasi berupa *Pyranometer* [7]. Selain itu, pengukuran *irradiance* dapat dilakukan menggunakan mikrokontroler dengan memanfaatkan sensor tegangan dan arus dengan hasil pengukuran yang menunjukkan kesesuaian dengan data Badan Meteorologi, Geofisika dan klimatologi [8]. Untuk fungsi pemantauan simulator dengan tujuan mengetahui beberapa parameter seperti suhu, intensitas cahaya, tegangan, dan arus dilakukan oleh [9] dimana nilai arus berbanding lurus dengan intensitas cahaya. Sementara simulasi menggunakan *software matlab* sehingga tercapai efisiensi biaya untuk melakukan rancangan dan analisa dilakukan oleh [10].

Beberapa penelitian telah dilakukan mengenai rancangan sumber cahaya buatan pada simulator panel surya yang dilakukan dengan menggunakan jenis lampu dan konfigurasi yang berbeda dengan hasil akhir yang menunjukkan perbedaan karakteristik/kategori cahaya. Ada beberapa pilihan jenis lampu sebagai sumber cahaya simulator yang menunjukkan kelebihan dan kekurangan masing-masing jenis lampu [11]. Dengan mayoritas menggunakan standar IEC 60904 dan jenis lampu LED dengan beberapa pertimbangan seperti kemampuan LED untuk menghasilkan spektrum dan *irradiance* menyerupai matahari seperti yang telah dilakukan oleh [12] dan [13] dengan hasil yang memenuhi standar untuk sumber cahaya buatan untuk pengujian panel surya. Lampu sebagai sumber cahaya menghasilkan panas yang ditunjukkan [14] dengan contoh menggunakan *high power* LED sehingga perlu dilakukan rancangan sistem pendingin. Pengaturan intensitas LED dilakukan oleh [15] dengan menggunakan mikrokontroler sebagai penghasil sinyal PWM untuk kontrol mosfet yang terhubung dengan LED dan sumber tegangan. Sementara penelitian [16] menggunakan lampu xenon dengan tujuan untuk mempelajari persebaran fluks yang menunjukkan pengaruh pada *non-uniformity*. Tipe lain berupa lampu halogen dengan hasil keluaran *PV* yang serupa dengan perbandingan cahaya matahari tersaring dilakukan penelitian [17]. Cahaya lampu dapat dikonsentrasikan untuk mencapai tujuan tertentu menggunakan lensa optik dengan jenis lampu xenon digunakan [18].

Secara ideal sumber cahaya buatan untuk pengujian panel surya dikembangkan dan diproduksi oleh manufaktur dengan kapabilitas produksi berstandar dan berskala besar. Sehingga produk yang dihasilkan memiliki kemampuan yang sesuai dengan spektrum cahaya matahari dan fitur tambahan yang menjadi nilai jual produk. Dengan produk yang di beli dalam bentuk siap pakai dan dioperasikan. Modul sumber cahaya yang sudah jadi memiliki harga yang mahal dan harus diintegrasikan dengan modul lain dari manufaktur yang sama sehingga masing-masing modul memiliki kesesuaian satu sama lain.

Produk sumber cahaya buatan untuk pengujian panel surya merupakan salah satu solusi untuk menciptakan cahaya yang sesuai dengan standar IEC. Produk mampu menghasilkan tingkat *irradiance* yang sesuai dengan standar untuk pengujian panel surya. Dengan nilai tambah berupa kemampuan untuk melakukan kustomisasi dan penyesuaian dengan modul lain dalam simulator pengujian panel surya dimana fleksibilitas, optimalisasi dan efisiensi produk dapat tercapai dalam menghasilkan sumber cahaya.

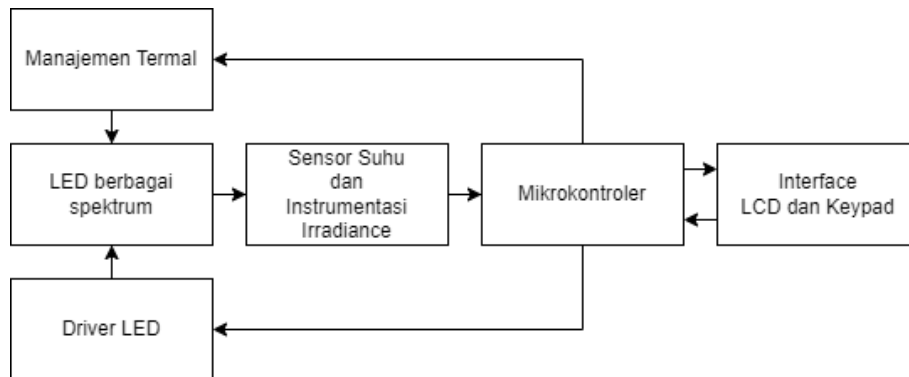
1.2 Konsep Desain

Konsep desain membahas mengenai konfigurasi sistem secara umum yang terdiri dari beberapa subsistem, kapasitas dan kemampuan sistem, dan penentuan batasan dari sistem.

1.2.1 Konfigurasi Umum

Sumber cahaya buatan digunakan sebagai pengganti cahaya alami matahari yang digunakan dalam simulator panel surya. Berfungsi sebagai sumber cahaya pada simulator dengan spesifikasi cahaya dalam *irradiance* sebesar 1000 W/m^2 . Komponen lampu sebagai sumber cahaya buatan di tanamkan sebagai fungsi penyempurnaan pada sistem secara keseluruhan. Simulator terdiri dari modul subsistem kontroler pelacakan dan sudut dengan aktuator penggerak, modul subsistem sistem kendali dan kontrol sebagai integrator, dan modul subsistem sumber cahaya buatan terkendali. Subsistem sumber cahaya buatan terkendali ini menyempurnakan keseluruhan sistem simulator untuk pengujian panel surya dalam ruangan.

U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A



Gambar 1.1 - Diagram blok sumber cahaya buatan terkendali

1.2.2 Kemampuan dan Kapasitas Produk

Produk sumber cahaya buatan untuk simulator panel surya yang dirancang agar memiliki kemampuan sistem secara total sebagai berikut:

- Memiliki tingkat *irradiance* sebesar 1000 W/m^2
- Melakukan pengaturan terhadap parameter cahaya seperti intensitas cahaya yang dapat dilakukan kontrol menggunakan PWM
- Pemantauan dan manajemen termal

1.2.3 Teknologi yang Digunakan

Realisasi produk sumber cahaya buatan untuk simulator panel surya memerlukan teknologi:

1. Elektronika dan PWM
2. Mikrokontroler
3. Sensor/instrumentasi dan akuisisi data
4. Pencahayaan
5. Kendali suhu

1.2.4 Batasan-batasan Sistem

Produk sumber cahaya buatan untuk simulator panel surya dituntut untuk memiliki performa yang sesuai dengan standar yang diatur dalam organisasi internasional dalam standardisasi spesifikasi minimum untuk simulator surya. Dengan batasan sistem dalam penggambaran spektrum cahaya yang dihasilkan produk.

1.3 Skenario Pemanfaatan Produk

Pihak yang menggunakan produk sumber cahaya buatan dengan keseluruhan sistem berupa simulator untuk pengujian panel surya ini adalah pengguna khusus seperti lembaga yang membutuhkan simulator panel surya untuk mengetahui karakteristik V-I panel surya seperti manufaktur untuk tujuan pengujian panel surya sehingga target pasar dari produk ini bersifat khusus dan spesifik. Dengan adanya

simulator, maka pengguna dapat melakukan kontrol terhadap parameter yang dapat memengaruhi penggambaran karakteristik panel surya ketika melakukan pengujian. Simulator memungkinkan pengguna untuk melakukan simulasi dalam kondisi tertentu dalam ruangan.

1.4 Nilai Strategis

Produk sumber cahaya buatan terkendali untuk simulator panel surya memiliki manfaat yang dapat dirasakan (secara tidak langsung) oleh masyarakat secara umum. Produk simulator panel surya akan mempermudah peneliti untuk melakukan pengembangan terhadap panel surya. Dengan adanya pengembangan panel surya ini diharapkan selanjutnya menjadi jawaban terkait kebutuhan energi bersih terbarukan yang bersumber dari energi surya yang merupakan jawaban dari SDGs poin 7 mengenai energi yang bersih dan terjangkau. Dimana perkembangan panel surya dapat menjadi solusi sebagai sumber energi bersih yang dapat dijangkau oleh semua golongan/kalangan masyarakat dengan terciptanya panel surya dengan nilai ekonomis, ramah lingkungan, efisien energi, dan juga berkesinambungan dalam penggunaan material dan proses manufaktur. Tujuan ini dapat tercapai dengan adanya produk sumber cahaya buatan terkendali sebagai sumber cahaya dalam simulator panel surya sebagai katalisator pengembangan panel surya sebagai solusi kebutuhan energi bersih dan terjangkau.

1.5 Usaha Pengembangan Produk

Produk akhir yang hendak dikembangkan adalah perangkat simulator untuk pengujian panel surya sebagai suatu sistem yang utuh, dengan subsistem berupa modul-modul yang terpisah. Produk sumber cahaya buatan terkendali untuk pengujian panel surya merupakan modul subsistem untuk menyempurnakan sistem simulator untuk pengujian panel surya secara keseluruhan.

Dalam proses pengembangan, *effort* yang dibutuhkan/dikeluarkan dirinci namun bersifat fleksibel dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengembangan produk, dengan contoh sebagai berikut:

- Meningkatkan performa cahaya yang dihasilkan agar sesuai dengan spektrum AM 1,5 G.
- Kestabilan suhu modul sumber cahaya buatan terkendali.
- Melakukan penyetelan (tuning) dan kalibrasi terhadap modul sumber cahaya buatan.
- Peningkatan efisiensi produk agar optimal.

1.5.1 Man-Month

Berikut ini estimasi alokasi dan kebutuhan sumber daya manusia pada tahapan pengembangan sumber cahaya buatan untuk pengujian panel surya :

- *design engineer* untuk pengembangan modul subsistem sumber cahaya buatan, minimal diperlukan satu orang, dipekerjakan *full time* selama proses pengembangan rata-rata 9 bulan.
- *test engineer*, sejumlah dua orang, *full time* selama dua bulan.
- *expert*, untuk seluruh tahapan proyek (diperkirakan satu bulan).
- teknisi, diperlukan dua orang.

1.5.2 Machine-Month

Jam mesin yang dibutuhkan untuk proyek ini antara lain:

- Mesin potong, selama 12 jam kerja.
- Mesin bor, selama 8 jam kerja.

1.5.3 Development Tools

Tools yang diperlukan dalam pengembangan ini berkisar pada perangkat yang mendukung proses perancangan, implementasi, dan karakterisasi produk yang dibuat, antara lain :

- Komputer beserta *software* untuk mikrokontroler.
- *Toolkits* perangkat keras (mencakup *power tools*).
- *Soldering station* untuk perakitan elektrikal.

1.5.4 Test Equipment

Untuk keseluruhan proses pengembangan, diperlukan peralatan-peralatan pengujian sebagai berikut :

- *Power supply* variabel
- Multimeter digital
- Instrumentasi solar power meter
- Instrumentasi pengukuran suhu

1.5.5 Kebutuhan Expert

Expert yang dibutuhkan terutama untuk titik kaji sebagai berikut :

- Ahli konstruksi rangka perangkat
- Ahli pemrograman

1.5.6 Kebutuhan Biaya

Perkiraan biaya yang diperlukan dalam pengembangan produk sumber cahaya untuk pengujian panel surya mencakup biaya bahan dan peralatan yang dapat dilihat pada Tabel 2.6 - Analisis Kebutuhan Biaya.

1.5.7 Peluang Keberhasilan

Dengan mempertimbangkan semua aspek baik teknis dan non-teknis peluang keberhasilan dari produk sumber cahaya buatan terkendali untuk pengujian panel surya adalah lebih dari 80%. Dengan pertimbangan kinerja masing-masing modul dalam subsistem lainnya yang terintegrasi dengan keseluruhan sistem simulator untuk pengujian panel surya. Pertimbangan lain berupa batasan dalam pengembangan produk sumber cahaya buatan ini berupa penggunaan instrumentasi ideal untuk pengukuran *irradiance* dan instrumentasi untuk menggambarkan spektrum cahaya. Dengan target utama yang dicapai adalah pemenuhan standar minimum tingkat *irradiance* sesuai standar IEC.

1.5.8 Jadwal dan Waktu Pengembangan

Proyek simulator untuk pengujian panel surya ini dirancang untuk rentang kurang dari satu tahun, dimulai pada Januari 2023 – Juni 2023. *Time table* proyek ini dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 1.1 - Jadwal dan Waktu Pengembangan

| Fase | Deliverables | Jadwal (yang dicantumkan adalah akhir tahap) | Kebutuhan Sumberdaya |
|--------------------------------------|---|---|--|
| Konsep Produk | Proposal | Februari 2023 | Literatur |
| Analisis | Spesifikasi Fungsional | Februari 2023 | - Spek standar - Engineer |
| Desain | Skematik dan Rancangan Sistem Keseluruhan | Februari 2023 | - Dev Tools - Penguasaan Teknologi Pendukung - Literatur - Engineer |
| Implementasi | Implementasi Prototype Lab | Februari 2023 | - Dev Tools - Engineer |
| Uji Subsistem | - Error report - Field prototype | Maret 2023 | - Chamber - Test Equipment - Field Trial Facility - Test Engineer |
| Integrasi Sistem | Lab prototype | April 2023 | - Dev Tools - Engineer |
| Uji Sistem | Field Prototype | Mei 2023 | - Chamber - Test Equipment - Field Trial Facility - Test Engineer |
| Analisis, Kesimpulan dan Dokumentasi | Pengujian dan Analisis | Juni 2023 | - ATK |