

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki potensi Energi Baru Terbarukan (EBT) sebesar 3.686 GW (Mulyana, 2023). Sukoco (Sukoco, 2025) menyatakan bahwa Indonesia juga menempati peringkat ke-8 di negara Asia dengan kapasitas EBT terpasang sebesar 13.334 MW pada tahun 2024. Posisi ini menunjukkan bahwa dibandingkan dengan negara-negara tetangganya, Indonesia masih tertinggal dari Vietnam dan Thailand dalam hal percepatan pembangunan energi terbarukan (Sukoco, 2025). Hal ini menjadi perhatian penting mengingat potensi sumber daya EBT di Indonesia sangat melimpah berupa energi panas bumi, energi air, energi angin, bioenergi, energi arus laut, energi nuklir, serta energi surya, yang semuanya masih belum tergarap secara optimal (Hakim, 2020). Sampai saat ini penggunaan EBT di Indonesia masih belum optimal, sesuai pernyataan dari Kementerian ESDM target penggunaan EBT pada 2025 mencapai 23% (Tasrif, 2024). Kebijakan ini diharapkan dapat mempercepat transisi energi dan mengurangi ketergantungan energi fosil untuk beralih ke energi terbarukan.

Salah satu sumber energi terbarukan yang paling potensial dan strategis untuk dikembangkan di Indonesia adalah energi surya. Sumber energi surya adalah salah satu sumber energi terbarukan yang paling menjanjikan dan memiliki potensi terbesar untuk memecahkan masalah energi global. Selain itu, energi surya merupakan sumber energi yang ramah lingkungan (Afif dan Martin., 2022). Pembangkit listrik tenaga surya juga sudah dikembangkan di beberapa daerah di Indonesia (Umam dkk., 2022). Hal itu didukung oleh potensi energi surya yang sangat baik, karena negara Indonesia memiliki iklim tropis serta garis khatulistiwa yang melintasinya menjadikan negara ini memiliki potensi energi matahari yang melimpah. Bahkan di sebagian besar wilayah Indonesia mendapatkan radiasi matahari yang cukup stabil dan intens dengan nilai radiasi harian rata-rata sekitar 4 kWh/m² (A. F. Hakim dkk., 2022).

Panel surya konvensional berbasis silikon telah berkembang pesat dan banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, baik skala rumah tangga maupun industri. Namun, teknologi ini masih menghadapi tantangan dalam hal pemasangan, dan keterbatasan desain untuk diaplikasikan pada bangunan dengan kebutuhan estetika tinggi seperti gedung dan perkantoran dengan penggunaan fasad kaca. Hal ini tentunya menjadikan celah inovasi dalam pemanfaatan energi matahari terus berkembang, salah satunya melalui teknologi *Luminescent Solar Concentrator* (LSC) (Richards & Howard., 2023). LSC adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk memusatkan energi cahaya sederhana sehingga menghasilkan listrik dari energi yang terserap pada lembaran fotovoltaik. LSC menawarkan pendekatan baru dengan memanfaatkan material luminesen untuk menangkap dan mengalihkan cahaya matahari ke sel surya yang disusun pada tepi material (Glenn dkk., 2023) Sehingga memungkinkan integrasi yang lebih fleksibel dengan elemen bangunan seperti kaca, jendela, dan *sunroof*.

Berdasarkan yang dikemukakan oleh Glenn dkk 2023, LSC bekerja menyerap cahaya matahari melalui luminofor dan kemudian mengalirkannya ke tepi panel untuk dikonversi menjadi listrik oleh sel fotovoltaik (Glenn dkk., 2023). Karena memiliki sifat transparan yang tinggi, stabil secara kimia, dan mudah diproses sehingga PMMA digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan LSC. Pengembangan LSC transparan berbasis PMMA yang dipadukan dengan *luminofor molybdenum cluster* dan perovskite mampu mencapai tingkat transparansi sekitar 68% dan efisiensi konversi daya hingga 1,96%. Hal ini menjadikan PMMA sebagai pilihan material yang sangat potensial untuk digunakan pada jendela berteknologi fotovoltaik (Choi & Kim., 2024). Kemudian penelitian yang dilakukan Picchi dkk (2024) menganalisis hasil daur ulang LSC berbasis PMMA dengan *fluorofor Lumogen F Red 305*. Penelitian mereka menunjukkan bahwa meskipun perangkat memiliki kualitas optik dan mekanik yang sama dengan PMMA asli, degradasi fotokimia tidak memengaruhi masa pakai perangkat (Picchi dkk., 2024). Studi terkini yang dilakukan oleh (Castelletto dan Boretti 2023) melakukan eksperimen karakterisasi LSC berbasis polimer dengan variasi *fluorophore*, termasuk pengujian spektroskopi, efisiensi transmisi, serta interaksi antara *fluorophore* dan *waveguide*. Namun, dalam penelitian-penelitian tersebut belum dilakukan analisis terhadap

pengaruh variasi ketebalan, dimensi dan pengaruh pemasangan vertikal dan horizontal LSC berbasis PMMA terhadap distribusi intensitas cahaya serta efisiensi energi yang dihasilkan, khususnya dalam konteks integrasi pada fasad bangunan ramah lingkungan.

Oleh karena itu, studi ini dilakukan untuk mengisi celah tersebut dengan pendekatan eksperimental. Dalam penelitian ini, akan dilakukan pembuatan prototipe LSC berbasis polimer PMMA dengan variasi ketebalan dan dimensi. Karakterisasi dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh inovasi tersebut, sehingga diharapkan dapat membuka peluang yang lebih luas dalam penerapan LSC di sektor konstruksi, mendukung efisiensi energi, serta menciptakan solusi yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan dalam penggunaan energi terbarukan terintegrasi.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahannya, yaitu:

1. Bagaimanakah pengaruh ketebalan material yang digunakan untuk mencapai hasil energi listrik maksimal?
2. Bagaimanakah pengaruh luasan terhadap hasil konversi energi listrik?
3. Bagaimanakah pengaruh posisi pemasangan LSC-PV secara vertikal dan horizontal terhadap hasil dari energi listrik?
4. Bagaimanakah desain LSC-V yang paling optimum terhadap hasil energi listrik?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui ketebalan material LSC-PV yang paling efisien dalam penyerapan dan pancaran ulang cahaya untuk menghasilkan energi listrik.
2. Untuk menentukan luasan atau dimensi LSC-PV yang ideal berdasarkan hasil perhitungan dan uji eksperimental.
3. Untuk mengetahui seberapa besar perbedaan keluaran listrik (I, V, P) antara LSC-PV yang dipasang secara vertikal dan horizontal.
4. Untuk merancang LSC-PV yang efektif untuk diaplikasikan sebagai fasad pada bangunan terintegrasi.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah, maka permasalahan perlu dibatasi sebagai berikut:

1. Peneliti hanya mengambil data dengan rentang waktu (3-6 bulan).
2. Melakukan Pengujian LSC-PV melalui eksperimen untuk mengukur efisiensi penyerapan dan transmisi cahaya menjadi energi listrik.
3. Penelitian ini akan membahas konversi energi matahari menjadi listrik menggunakan LSC-PV namun tidak akan membahas integrasi lebih lanjut dengan sistem penyimpanan.
4. Penelitian ini tidak membahas secara khusus karakterisasi efisiensi optik material, seperti *optical gain* maupun analisis spektrum cahaya pada material LSC.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Manfaat teoritis
Penelitian ini berkontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang energi terbarukan, khususnya dalam mencari konfigurasi LSC-PV paling efektif. Hasil studi ini dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya dalam meningkatkan efisiensi LSC-PV, serta mendukung konsep bangunan hijau yang lebih efisien dan berkelanjutan melalui integrasi elemen arsitektural dan teknologi energi surya.
2. Manfaat praktis
Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan LSC berbasis polimer PMMA yang dapat diterapkan pada fasad bangunan ramah lingkungan yang dapat menghasilkan energi tanpa mengorbankan estetika bangunan. Selain itu, inovasi ini dapat membuka peluang lebih luas dalam sektor konstruksi untuk menciptakan bangunan yang hemat energi, ekonomis, dan ramah lingkungan.

1.6 Hipotesis Penelitian

1. Ketebalan LSC yang lebih besar menghasilkan energi listrik yang lebih tinggi dibandingkan ketebalan yang lebih kecil.

2. Dimensi LSC-PV yang lebih besar ($20\text{ cm} \times 20\text{ cm}$) memberikan efisiensi konversi energi lebih tinggi dibandingkan luasan yang lebih kecil ($10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$).
3. LSC yang dipasang secara horizontal menghasilkan energi listrik yang lebih besar dibandingkan dengan pemasangan secara vertikal.
4. Kombinasi desain dengan ketebalan PMMA 14 mm, luasan $20\text{ cm} \times 20\text{ cm}$, sudut datang mendekati normal, dan konfigurasi rangkaian optimal akan menghasilkan output energi listrik lebih besar dibandingkan kombinasi desain lainnya.