



## Analisis Beban Penerangan dan Daya Listrik untuk Perencanaan Sistem PLTS di Lapangan Sasmita Jaya

Widodo Rizki<sup>1</sup>, Joko Tri Susilo<sup>2\*</sup>

<sup>1-2</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Pamulang, Indonesia

[rizkibaedowi3@gmail.com](mailto:rizkibaedowi3@gmail.com)<sup>1</sup>, [dosen02659@unpam.ac.id](mailto:dosen02659@unpam.ac.id)<sup>2</sup>

\*Penulis Korespondensi: [dosen02659@unpam.ac.id](mailto:dosen02659@unpam.ac.id)

**Abstract:** *Optimal lighting performance is crucial to support sports activities, especially in outdoor facilities operating at night. To improve energy efficiency and reduce dependence on conventional electricity sources, the implementation of Solar Power Plants (PLTS) is a viable alternative. This study aims to analyze the lighting load requirements and electrical power consumption at Sasmita Jaya Field as a basis for designing an appropriate solar power system capacity. The research methods include measuring lighting levels using a lux meter, collecting technical specifications for all lighting fixtures, calculating total installed power, and analyzing daily energy usage profiles. In addition, an evaluation of lighting conditions was conducted based on the Indonesian National Standard (SNI 03-6575-2001) for sports facilities to ensure adequate lighting quality. The results show that the main electrical load comes from the main lighting system, with daily energy consumption significantly affected by high nighttime operating hours. Based on the total energy demand and load profile, PLTS capacity planning is carried out by calculating daily energy requirements, solar panel derating factors, battery capacity, and the required inverter size. The recommended PLTS capacity is expected to meet lighting needs independently, reliably, and efficiently. The implementation of a solar power system at the Sasmita Jaya Field has the potential to reduce long-term operational costs, increase energy efficiency, and encourage the use of environmentally friendly renewable energy sources.*

**Keywords:** *Electric Power Consumption; Energy Efficiency; Lighting Load Analysis; Renewable Energy; Sasmita Jaya Field.*

**Abstrak.** Kinerja pencahayaan yang optimal sangat penting untuk mendukung kegiatan olahraga, terutama di fasilitas luar ruangan yang beroperasi pada malam hari. Untuk meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi ketergantungan pada sumber listrik konvensional, penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi alternatif yang layak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan beban pencahayaan dan konsumsi daya listrik di Lapangan Sasmita Jaya sebagai dasar untuk merancang kapasitas sistem tenaga surya yang sesuai. Metode penelitian meliputi pengukuran tingkat pencahayaan menggunakan lux meter, pengumpulan spesifikasi teknis semua perlengkapan pencahayaan, perhitungan daya terpasang total, dan analisis profil penggunaan energi harian. Selain itu, dilakukan evaluasi kondisi pencahayaan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 03-6575-2001) untuk fasilitas olahraga guna memastikan kualitas pencahayaan yang memadai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beban listrik utama berasal dari sistem pencahayaan utama, dengan konsumsi energi harian yang sangat dipengaruhi oleh jam operasional malam hari yang tinggi. Berdasarkan total permintaan energi dan profil beban, perencanaan kapasitas PLTS dilakukan melalui perhitungan kebutuhan energi harian, faktor derating panel surya, kapasitas baterai, dan ukuran inverter yang diperlukan. Kapasitas PLTS yang direkomendasikan diharapkan dapat memenuhi kebutuhan pencahayaan secara mandiri, andal, dan efisien. Penerapan sistem tenaga surya di Lapangan Sasmita Jaya berpotensi mengurangi biaya operasional jangka panjang, meningkatkan efisiensi energi, dan mendorong penggunaan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan.

**Kata kunci:** Analisis Beban Penerangan; Sistem Tenaga Surya; Konsumsi Daya Listrik; Energi Terbarukan; Efisiensi Energi.

### 1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan elemen vital dalam pengoperasian fasilitas publik, termasuk sarana olahraga yang memerlukan penerangan berkualitas tinggi untuk mendukung aktivitas pengguna (*Illuminating Engineering Society [IES], 2020*). Pada fasilitas olahraga yang beroperasi pada malam hari, seperti Lapangan Sasmita Jaya, kebutuhan penerangan menjadi aspek yang sangat penting untuk memastikan keamanan, kenyamanan visual, dan performa

optimal para pemain (Fotios & Gibbons, 2018). Penerangan yang tidak memadai dapat menurunkan kualitas permainan, meningkatkan risiko kecelakaan, serta berdampak pada citra profesional suatu fasilitas (*Illuminating Engineering Society [IES]*, 2020; Fotios & Gibbons, 2018). Oleh karena itu, evaluasi dan perencanaan sistem penerangan yang sesuai standar menjadi langkah awal yang krusial sebelum mengimplementasikan sumber energi alternatif seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) (Jenkins & Kane, 2016).

Sistem penerangan pada lapangan olahraga umumnya menggunakan lampu dengan daya tinggi dan distribusi cahaya yang luas untuk mencapai tingkat iluminasi sesuai standar (Philips Lighting, 2017). Namun, penggunaan lampu berdaya besar dan beroperasi dalam durasi yang cukup panjang menyebabkan konsumsi energi yang signifikan, yang berdampak pada meningkatnya biaya operasional dan tingginya ketergantungan terhadap pasokan listrik dari PLN (Susanto & Riyadi, 2021). Sementara itu, efisiensi energi semakin menjadi perhatian dunia seiring meningkatnya biaya energi dan tuntutan untuk menerapkan prinsip keberlanjutan (Kneissl & Rass, 2016). Isu ini menjadi latar utama perlunya analisis beban penerangan sebelum merencanakan sistem PLTS yang efisien dan mandiri (Jenkins & Kane, 2016; Susanto & Riyadi, 2021).

Penggunaan energi terbarukan menjadi salah satu langkah strategis untuk menjawab kebutuhan energi yang terus meningkat (International Renewable Energy Agency [IRENA], 2019). Di antara berbagai sumber energi terbarukan, PLTS merupakan solusi yang paling potensial untuk diterapkan pada fasilitas olahraga di Indonesia, didukung oleh kondisi geografis Indonesia yang berada di kawasan tropis dengan intensitas radiasi matahari tinggi sepanjang tahun (International Renewable Energy Agency [IRENA], 2019; Sharma & Kumar, 2020). Dengan pemanfaatan PLTS, fasilitas olahraga dapat mengurangi biaya listrik jangka panjang, meningkatkan kemandirian energi, serta mendukung upaya pelestarian lingkungan (Susanto & Riyadi, 2021). Namun, perencanaan PLTS yang tepat harus didasari oleh analisis beban listrik yang akurat, terutama pada sistem penerangan (Sharma & Kumar, 2020; Susanto & Riyadi, 2021).

Penelitian terdahulu yang relevan telah menunjukkan efektivitas simulasi pencahayaan dalam optimalisasi sistem penerangan. Amiruddin, Asri, & Yani (Amiruddin et al., 2022) melakukan redesain sistem penerangan pada Lapangan Sepak Bola Universitas Malikussaleh menggunakan DIALux, dan menemukan bahwa konsumsi energi untuk lampu LED mencapai 57,82 kWh per pertandingan dengan iluminansi memenuhi standar SNI (Amiruddin et al., 2022). Zein et al. (2023) juga merancang sistem penerangan Lapangan PSP dengan membandingkan empat konfigurasi lampu, dan menyimpulkan bahwa optimasi tata letak

lampu dapat meningkatkan efisiensi daya (Zein et al., 2023). Selain itu, Erdiansyah (2023) merancang sistem PLTS *off-grid* untuk penerangan outdoor sirkuit di Madiun, menunjukkan bahwa perhitungan beban yang tepat memungkinkan sistem PLTS beroperasi secara mandiri dengan kapasitas terukur (Erdiansyah, 2023).

Berdasarkan kajian literatur, standar iluminansi yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada SNI 03-3647-1994 dan SNI 03-6575-2001 yang mensyaratkan tingkat pencahayaan 200–300 lux untuk lapangan olahraga kategori latihan (Badan Standardisasi Nasional [BSN], 1994; (Badan Standardisasi Nasional [BSN], 2001). Standar internasional seperti EN 12193 dan *CIE Sports Lighting* juga merekomendasikan nilai serupa untuk aktivitas rekreasi (European Committee for Standardization [CEN], 2019; (*Commission Internationale de l'Éclairage* [CIE], 2010). Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi pencahayaan *existing* di Lapangan Sasmita Jaya menggunakan simulasi DIALux, menentukan standar pencahayaan yang sesuai, serta menghitung kebutuhan daya listrik sebagai dasar perencanaan sistem PLTS yang efektif dan efisien (Amiruddin et al., 2022; Zein et al., 2023; Erdiansyah, 2023).

## **2. METODE PENELITIAN**

### **Pendekatan Penelitian**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, dengan pengolahan data melalui perhitungan teknis, simulasi pencahayaan, dan analisis energi listrik (Creswell, 2018). Pendekatan kuantitatif dipilih karena memungkinkan pengukuran objektif terhadap variabel iluminansi, daya listrik, dan kebutuhan energi, serta pengujian terhadap standar yang telah ditetapkan (Sugiyono, 2019). Data primer diperoleh melalui observasi langsung di lapangan meliputi kondisi sistem penerangan eksisting, jumlah dan jenis armatur lampu, spesifikasi lampu, tinggi tiang penerangan, serta kondisi lingkungan lapangan (Yin, 2018). Data sekunder diperoleh dari literatur teknik antara lain standar pencahayaan SNI 03-6197-2011, publikasi terkait efisiensi lampu LED, data radiasi matahari, serta referensi akademik mengenai perancangan sistem energi surya (International Renewable Energy Agency [IRENA], 2019; Badan Standardisasi Nasional [BSN], 1994).

### **Lokasi dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilaksanakan di Lapangan Sasmita Jaya, sebuah fasilitas olahraga outdoor yang digunakan untuk berbagai kegiatan latihan dan pertandingan (Handoko, 2019). Pemilihan lokasi didasarkan pada kebutuhan untuk mengevaluasi performa sistem penerangan eksisting serta merancang sistem PLTS yang sesuai dengan kebutuhan energi lapangan. Penelitian

dilaksanakan pada periode Mei-Juni 2025, dengan kegiatan pengumpulan data lapangan dilakukan dalam rentang 2 minggu, sedangkan analisis data, perhitungan teknis, dan penyusunan laporan dilakukan pada periode berikutnya (Handoko, 2019). Pengaturan waktu ini penting untuk menjaga konsistensi data, terutama terkait kondisi cuaca dan intensitas cahaya alami yang dapat memengaruhi proses pengukuran (Sugiyono, 2019).

### **Populasi dan Subjek Penelitian**

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh sistem penerangan pada Lapangan Sasmita Jaya, yang mencakup seluruh lampu penerangan, instalasi tiang lampu, dan area lapangan yang mendapatkan distribusi cahaya dari sistem tersebut (Handoko, 2019). Subjek penelitian terdiri dari: (1) armatur penerangan lapangan berupa lampu LED floodlight 200 Watt per unit, (2) area permukaan lapangan voli (9 m × 18 m), basket (15 m × 28 m), dan futsal (15,5 m × 25,6 m) sebagai objek penerima cahaya, serta (3) beban konsumsi energi dari sistem penerangan yang dihitung berdasarkan total daya dan durasi pemakaian (Philips Lighting, 2017; Badan Standardisasi Nasional [BSN], 1994).

### **Teknik Pengumpulan Data**

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui tiga metode (Sugiyono, 2019). Pertama, observasi lapangan untuk mencatat kondisi fisik sistem pencahayaan seperti jumlah titik lampu, jenis dan spesifikasi lampu, tata letak lampu, tinggi pemasangan (6,84 meter), serta kondisi instalasi listrik (Yin, 2018). Kedua, dokumentasi berupa pengambilan foto, pencatatan data harian, dan grafik hasil pengukuran sebagai data pendukung analisis Handoko. (2019). Ketiga, wawancara informal dengan pihak pengelola lapangan untuk memperoleh informasi tambahan mengenai durasi penggunaan lampu (pukul 18.00–23.00 atau 5 jam/hari), pola kegiatan di lapangan, serta kendala yang dihadapi terkait sistem penerangan saat ini (Sugiyono, 2019; Yin, 2018).

### **Alat dan Bahan**

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi lux meter digital untuk mengukur intensitas pencahayaan dalam satuan lux, tang ampere untuk mengukur arus dan tegangan listrik lapangan, meteran untuk memastikan titik-titik pengukuran berada pada jarak yang sesuai, kamera untuk dokumentasi visual, laptop untuk input data dan pengolahan menggunakan software DIALux, alat tulis untuk mencatat hasil pengukuran, stopwatch untuk mencatat durasi penyalaan lampu, denah atau ukuran lapangan untuk pemodelan, serta data spesifikasi lampu (lumen, watt, beam angle, CCT) untuk simulasi DIALux dan perhitungan energi Krüger. (2020).

## **Teknik Analisis Data**

### ***Analisis Tingkat Penerangan (Lux)***

Analisis tingkat penerangan dilakukan melalui pengukuran lapangan menggunakan lux meter serta simulasi pemodelan pencahayaan menggunakan DIALux (Singh & Kaur, 2021). Nilai iluminansi rata-rata ( $\bar{E}$ ), minimum ( $E_{min}$ ), maksimum ( $E_{max}$ ), dan keseragaman ( $U_0 = E_{min}/\bar{E}$ ) dihitung dan dibandingkan dengan standar SNI 03-3647-1994 (200–300 lux) serta standar internasional EN 12193 dan CIE (Badan Standardisasi Nasional [BSN], 1994; European Committee for Standardization [CEN], 2019; *Commission Internationale de l'Éclairage* [CIE], 2010). Pendekatan lux terhadap watt digunakan dengan rumus  $Lux = Total\ Lumen / Luas\ Area$ , sedangkan total lumen dipengaruhi oleh efikasi lampu:  $Lumen = Daya\ (Watt) \times Efikasi\ Lampu\ (lm/W)$  (Philips Lighting, 2017; Krüger, 2020).

### ***Perhitungan Kebutuhan Daya Listrik***

Perhitungan total kebutuhan daya listrik dilakukan dengan rumus  $P_{total} = n \times P_{lampu}$ , di mana  $P_{total}$  adalah total daya listrik (Watt),  $n$  adalah jumlah lampu (unit), dan  $P_{lampu}$  adalah daya per lampu (Watt) (Philips Lighting, 2017). Konsumsi energi listrik harian dihitung menggunakan persamaan  $E\ (kWh) = (P_{total} \times t)/1000$ , di mana  $E$  adalah energi listrik (kWh/hari),  $P_{total}$  adalah total daya listrik (Watt), dan  $t$  adalah waktu operasi lampu (jam/hari) (Philips Lighting, 2017; Susanto & Riyadi, 2021).

### ***Evaluasi Efisiensi Energi***

Evaluasi efisiensi energi dilakukan dengan menghitung *luminous efficacy*, yaitu rasio antara jumlah cahaya yang dihasilkan (lumen) terhadap konsumsi daya listrik (watt), dinyatakan dalam lm/W (Radulovic et al., 2015; Mulyani, 2021). Nilai *luminous efficacy* dari sistem penerangan eksisting dibandingkan dengan teknologi lampu LED yang memiliki efikasi cahaya di atas 100 lm/W (U.S. Department of Energy, 2016; Radulovic et al., 2015). Evaluasi ini bertujuan untuk menentukan apakah sistem pencahayaan yang digunakan saat ini telah optimal atau perlu diganti dengan sistem yang lebih efisien (Mulyani, 2021).

### ***Analisis Kebutuhan Energi untuk Perencanaan PLTS***

Analisis kebutuhan energi untuk perencanaan PLTS diawali dengan mengidentifikasi beban listrik sistem penerangan, menghitung total daya terpasang, dan kebutuhan energi harian (*International Renewable Energy Agency* [IRENA], 2019; Sharma & Kumar, 2020). Selanjutnya, diperhitungkan faktor efisiensi sistem yang mencakup rugi-rugi pada panel surya, inverter, kabel, serta sistem penyimpanan energi (baterai) (Badan Standardisasi Nasional [BSN], 2001). Kapasitas PLTS (kWp) ditentukan berdasarkan kebutuhan energi harian dan potensi radiasi matahari (peak sun hours) di lokasi penelitian (*International Renewable Energy*

*Agency* [IRENA], 2019; Sharma & Kumar, 2020). Hasil analisis digunakan untuk menentukan jumlah dan jenis panel surya, kapasitas inverter, serta kapasitas baterai penyimpanan energi yang sesuai (Badan Standardisasi Nasional [BSN], 2001; *European Committee for Standardization* [CEN], 2019).

### **Alur Penelitian**

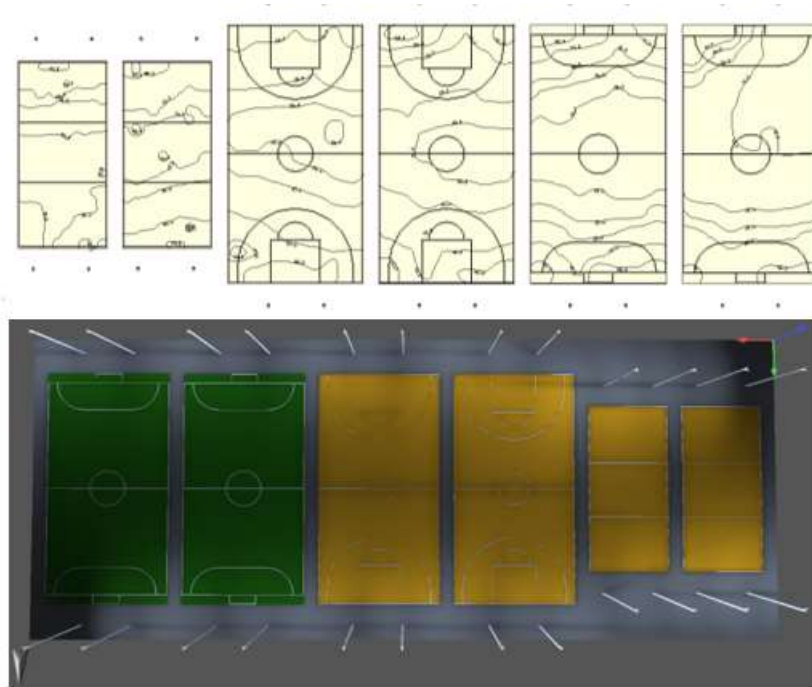
Penelitian diawali dengan survei lokasi untuk memahami kondisi eksisting Lapangan Sasmita Jaya, meliputi ukuran lapangan, tata letak tiang lampu, jenis armatur, serta kondisi lingkungan sekitar (Yin, 2018). Tahap selanjutnya adalah persiapan peralatan seperti lux meter, alat ukur dimensi, kamera dokumentasi, serta perangkat lunak DIALux (Krüger, 2020). Setelah peralatan siap, dilakukan pengukuran parameter lapangan yang meliputi tingkat iluminansi (*lux*), daya lampu, tinggi pemasangan, serta jumlah dan posisi armatur (Handoko, 2019). Data hasil pengukuran kemudian digunakan pada tahap simulasi sistem pencahayaan menggunakan DIALux (Singh & Kaur, 2021). Hasil simulasi dievaluasi terhadap standar SNI; apabila belum sesuai, dilakukan penyesuaian berupa penambahan lumen dengan daya lampu yang sama (Badan Standardisasi Nasional [BSN], 1994). Apabila hasil simulasi telah memenuhi standar, penelitian dilanjutkan dengan perhitungan tingkat iluminansi dan konsumsi daya listrik sesuai standar, yang kemudian digunakan sebagai dasar dalam perencanaan sistem PLTS (International Renewable Energy Agency [IRENA], 2019; Sharma & Kumar, 2020; Badan Standardisasi Nasional [BSN], 2001).

### **3. HASIL**

Penelitian dilakukan di Lapangan Sasmita Jaya yang terdiri dari tiga jenis lapangan olahraga outdoor, yaitu futsal (15,5 m × 25,6 m), basket (15 m × 28 m), dan voli (9 m × 18 m), dengan luas area keseluruhan 33,3 m × 82,4 m (Handoko, 2019). Sistem penerangan eksisting terdiri dari 24 unit lampu LED 200 W yang terpasang pada tiang dengan tinggi 6,84 meter dan jarak antar lampu sekitar 5,5 meter (Yin, 2018). Waktu operasional penerangan berlangsung pada pukul 18.00–23.00 atau 5 jam per hari (Handoko, 2019). Data fisik ini menjadi parameter penting dalam pemodelan geometris pada software DIALux untuk menganalisis distribusi cahaya secara akurat (Singh & Kaur, 2021; Firmansyah, 2022).

#### **Hasil Simulasi Aktual Penerangan**

Simulasi pencahayaan menggunakan DIALux dilakukan dengan memasukkan data aktual hasil pengukuran, spesifikasi lampu (200 W, 25.000 lumen, efikasi 130,7 lm/W, suhu warna 6500 K, CRI 80), serta konfigurasi 24 unit lampu (Krüger, 2020; Singh & Kaur, 2021). Simulasi Dialux disajikan dalam Gambar 1.



**Gambar 1.** Simulasi Pencahayaan Existing

**Tabel 1.** Data Existing Penerangan pada Lapangan Sasmita Jaya

Jenis Lapangan	$\bar{E}$ (lx)	$E_{min}$ (lx)	$E_{max}$ (lx)	Uniformity ( $U_0 = E_{min}/\bar{E}$ )	Glare Index
Voli 1	29,6	6,67	73,2	0,23	$G_2 = 0,091$
Voli 2	35,5	20,7	76,8	0,58	$G_2 = 0,27$
Basket 1	37,4	22,5	78,7	0,60	$G_2 = 0,29$
Basket 2	31,5	18,6	62,5	0,59	$G_2 = 0,30$
Futsal 1	28,5	14,9	59,4	0,52	$G_2 = 0,25$
Futsal 2	20,1	3,79	58,7	0,19	$G_2 = 0,065$

Berdasarkan hasil simulasi pada keenam lapangan disajikan pada Tabel 1, seluruh lapangan memiliki nilai iluminansi rata-rata ( $\bar{E}$ ) jauh di bawah standar SNI 03-3647-1994 yang mensyaratkan 200–300 lux untuk kategori latihan (Badan Standardisasi Nasional [BSN], 1994). Nilai tertinggi terdapat pada Basket 1 (37,4 lx) dan terendah pada Futsal 2 (20,1 lx). Kondisi ini mengindikasikan bahwa sistem penerangan eksisting belum memenuhi standar keselamatan dan kualitas visual untuk aktivitas olahraga (*Illuminating Engineering Society* [IES], 2020; Fotios & Gibbons, 2018). Hal ini disebabkan oleh ketidakseimbangan distribusi cahaya, sudut pancaran lampu yang belum optimal, serta keterbatasan jumlah titik lampu (Amiruddin et al., 2022; Zein et al., 2023).

Nilai keseragaman pencahayaan ( $U_0$ ) menunjukkan variasi yang signifikan (Philips Lighting, 2017). Voli 2, Basket 1, Basket 2, dan Futsal 1 memiliki  $U_0$  antara 0,52–0,60 yang tergolong cukup merata untuk lapangan outdoor, namun Voli 1 (0,23) dan Futsal 2 (0,19)

menunjukkan ketidakmerataan yang sangat tinggi (Susanto & Riyadi, 2021). Nilai Emin pada Futsal 2 yang hanya 3,79 lx mengindikasikan adanya area gelap yang signifikan, berpotensi mengganggu kenyamanan visual dan keselamatan pemain (Kneissl & Rass, 2016; Amiruddin et al., 2022). Sementara itu, indeks silau ( $G_2$ ) seluruh lapangan berada di bawah 0,3, menunjukkan tingkat silau tidak menjadi permasalahan utama (*Illuminating Engineering Society* [IES], 2020).

### Hasil Simulasi Standar Penerangan

Simulasi perbaikan dilakukan menggunakan 24 unit lampu tipe GWF1100ZH830 dengan daya 200 W, output cahaya 26.894 lumen per unit (total 645.456 lumen), efikasi 134,5 lm/W, temperatur warna 3000 K, dan CRI 80 (Krüger, 2020). Hasil simulasi standar disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Data Standar Pencahayaan pada Lapangan Sasmita Jaya

Jenis Lapangan	$\bar{E}$ (lx)	Emin (lx)	E <sub>max</sub> (lx)	Uniformity ( $U_0 = \frac{E_{min}}{\bar{E}}$ )	Glare Index
Voli 1	255	87,4	359	0,34	$G_2 = 0,24$
Voli 2	274	116	361	0,42	$G_2 = 0,32$
Basket 1	181	73,5	282	0,41	$G_2 = 0,26$
Basket 2	170	71,2	277	0,42	$G_2 = 0,26$
Futsal 1	169	68,5	276	0,41	$G_2 = 0,25$
Futsal 2	156	50,5	269	0,32	$G_2 = 0,19$

Berdasarkan Tabel 2, seluruh lapangan telah memenuhi standar SNI 03-3647-1994 untuk kategori latihan (200–300 lux) maupun standar EN 12193 (minimum 200 lux) dan CIE (150–200 lux) (Badan Standardisasi Nasional [BSN], 1994; *European Committee for Standardization* [CEN], 2019; Commission Internationale de l'Éclairage [CIE], 2010). Lapangan Voli 1 dan Voli 2 bahkan melampaui standar dengan nilai 255 lx dan 274 lx. Peningkatan signifikan ini disebabkan oleh penggunaan lampu dengan lumen output lebih tinggi (26.894 lumen) dibandingkan lampu existing (25.000 lumen) serta distribusi cahaya yang lebih merata (U.S. Department of Energy, 2016; Radulovic et al., 2015). Hasil ini membuktikan bahwa peningkatan kualitas pencahayaan tidak selalu memerlukan penambahan daya listrik, tetapi dapat dicapai melalui pemilihan armatur dengan efikasi lebih tinggi (Amiruddin et al., 2022; Mulyani, 2021).

Nilai keseragaman ( $U_0$ ) pada skenario standar berkisar antara 0,32–0,42, memenuhi standar minimum untuk lapangan outdoor (Philips Lighting, 2017; Susanto & Riyadi, 2021). Nilai tertinggi terdapat pada Voli 2 (0,42) dan Basket 2 (0,42), menunjukkan distribusi cahaya yang baik di seluruh area permainan (Zein et al., 2023). Indeks silau ( $G_2$ ) masih berada dalam

batas aman (0,19–0,32), sehingga tidak mengganggu kenyamanan visual pemain (Illuminating Engineering Society [IES], 2020; Fotios & Gibbons, 2018).

### Perbandingan Intensitas Penerangan Existing dengan Standar

**Tabel 3.** Perbandingan Existing dan Standar SNI

Jenis Lapangan	Luas (m <sup>2</sup> )	Existing (Lux)	Standar SNI (Lux)	Keterangan	
Futsal	396,8	70-80	200-300	Tidak Standar	Sesuai
Basket	420	60-70	200-300	Tidak Standar	Sesuai
Voli	162	50-60	200-300	Tidak Standar	Sesuai

Tabel 3 menunjukkan bahwa seluruh lapangan memiliki tingkat pencahayaan eksisting di bawah 50 lx, sementara standar SNI mensyaratkan 200–300 lx (Badan Standardisasi Nasional [BSN], 1994). Kesenjangan ini sangat signifikan (mencapai 80–90% di bawah standar) dan berisiko menurunkan kualitas permainan serta keselamatan pengguna (Kneissl & Rass, 2016; Amiruddin et al., 2022). Kekurangan lumen ini tidak selalu harus diatasi dengan menambah daya (Watt); solusi praktis berupa penggantian armatur dengan tipe yang memiliki lumen output lebih tinggi pada daya yang sama telah terbukti efektif melalui simulasi standar (U.S. Department of Energy, 2016; Radulovic et al., 2015; Mulyani, 2021).

### Kebutuhan Konsumsi Energi

Pengukuran tegangan dan arus pada sistem eksisting menggunakan tang ampere diperoleh tegangan kerja 195 V dan arus total 13,16 A untuk 12 unit lampu (Yin, 2018; Handoko, 2019). Dengan faktor daya 0,9, daya listrik total dihitung sebagai berikut (Philips Lighting, 2017):  $P = V \times I \times \cos \phi = 195 \times 13,16 \times 0,9 = 2.309$  Watt per sisi rangkaian. Total daya keseluruhan (2 rangkaian) = 4.618 Watt  $\approx$  4,62 kW. Perbandingan dengan pembacaan kWh meter (2.237 W per sisi) menunjukkan selisih sekitar 3,12% yang masih dalam batas toleransi pengukuran (Yin, 2018).

Perhitungan konsumsi energi untuk 24 unit lampu LED 200 W:

- Total daya terpasang =  $24 \times 200 \text{ W} = 4.800 \text{ W} = 4,8 \text{ kW}$  (Philips Lighting, 2017).
- Energi harian (operasi 5 jam/hari) =  $4,8 \text{ kW} \times 5 \text{ jam} = 24 \text{ kWh/hari}$  (Susanto & Riyadi, 2021).
- Energi bulanan (30 hari) =  $24 \text{ kWh} \times 30 = 720 \text{ kWh/bulan}$
- Biaya listrik bulanan (tarif Rp1.500/kWh) =  $720 \times 1.500 = \text{Rp}1.080.000/\text{bulan}$

Hasil ini menunjukkan bahwa sistem penerangan memiliki konsumsi energi yang relatif efisien karena penggunaan lampu LED dengan efikasi 130,7 lm/W (U.S. Department of Energy, 2016; Radulovic et al., 2015). Namun, tingkat efisiensi visual belum optimal karena pencahayaan yang dihasilkan belum memenuhi kebutuhan lapangan sesuai standar (Amiruddin et al., 2022; Mulyani, 2021).

## **Analisis Perencanaan Sistem PLTS**

### ***Rekomendasi Kapasitas Panel Surya***

Berdasarkan kebutuhan energi harian sebesar 24 kWh/hari, potensi radiasi matahari di wilayah penelitian, serta faktor efisiensi sistem (rugi-rugi panel, inverter, kabel, dan baterai), kapasitas PLTS yang direkomendasikan adalah sekitar 7,2 kWp (*International Renewable Energy Agency [IRENA], 2019; Sharma & Kumar, 2020*). Dengan menggunakan panel surya monocrystalline silicon 560 Wp (efisiensi  $\geq 21\%$ ), jumlah panel yang dibutuhkan adalah 13 unit, dengan total kapasitas terpasang 7,28 kWp (Badan Standardisasi Nasional [BSN], 2001; *European Committee for Standardization [CEN], 2019*). Panel direncanakan dipasang di atap gedung administrasi (ketinggian 4,5 meter) dengan orientasi menghadap utara dan sudut kemiringan  $5^{\circ}$ – $10^{\circ}$  untuk memaksimalkan penerimaan radiasi matahari tahunan (*International Renewable Energy Agency [IRENA], 2019; Sharma & Kumar, 2020*).

### ***Rekomendasi Inverter***

Inverter yang direkomendasikan memiliki kapasitas 6–8 kW dengan rasio DC/AC sekitar 1,2, tipe string inverter (Badan Standardisasi Nasional [BSN], 2001). Perhitungan kapasitas inverter:  $\text{Kapasitas Inverter} = \text{Total Beban} \times (1 + \text{Faktor Keamanan}) = 4,8 \text{ kW} \times 1,25 = 6,0 \text{ kW}$  (Philips Lighting, 2017; Susanto & Riyadi, 2021). Spesifikasi yang disarankan meliputi tegangan input DC maksimum 1.000 V, rentang tegangan MPPT 200–850 V, efisiensi maksimum  $\geq 97\%$ , serta dilengkapi sistem monitoring WiFi/RS485 (Badan Standardisasi Nasional [BSN], 2001; *European Committee for Standardization [CEN], 2019*).

### ***Rekomendasi Sistem Baterai***

Untuk menjamin kontinuitas pasokan listrik pada malam hari dan saat kondisi cuaca kurang optimal, kapasitas baterai yang direkomendasikan adalah sekitar 33 kWh (Sharma & Kumar, 2020; Susanto & Riyadi, 2021). Jenis baterai yang disarankan adalah Lithium-ion ( $\text{LiFePO}_4$ ) dengan tegangan nominal sistem 48 V, DoD hingga 80–90%, efisiensi siklus  $\geq 95\%$ , dan umur siklus 4.000–6.000 siklus (Badan Standardisasi Nasional [BSN], 2001; *European Committee for Standardization [CEN], 2019*). Jumlah baterai yang dibutuhkan adalah 4 unit (48 V–200 Ah) dengan sistem manajemen baterai (BMS) terintegrasi (*European Committee for Standardization [CEN], 2019*).

## Komponen Pendukung

Komponen pendukung sistem PLTS meliputi charge controller (MPPT), panel proteksi DC dan AC, sistem grounding, struktur mounting panel surya, serta sistem monitoring PLTS (Badan Standardisasi Nasional [BSN], 2001; *European Committee for Standardization* [CEN], 2019). Charge controller jenis MPPT direkomendasikan karena mampu melacak titik daya maksimum panel surya secara dinamis, meningkatkan efisiensi sistem PLTS dibandingkan PWM (Badan Standardisasi Nasional [BSN], 2001).

## Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem penerangan eksisting Lapangan Sasmita Jaya belum memenuhi standar SNI 03-3647-1994 (Badan Standardisasi Nasional [BSN], 1994). Temuan ini sejalan dengan penelitian Amiruddin et al. (2022) yang menemukan bahwa redesain sistem penerangan menggunakan DIALux dapat meningkatkan iluminansi hingga memenuhi standar. Zein et al. (2023) juga menekankan pentingnya optimasi layout lampu untuk mencapai distribusi iluminansi yang merata dan efisiensi daya yang optimal.

Simulasi standar membuktikan bahwa peningkatan kualitas pencahayaan dapat dicapai tanpa menambah konsumsi daya, cukup dengan mengganti armatur LED ber-efikasi tinggi (134,5 lm/W) (U.S. Department of Energy, 2016; Radulovic et al., 2015). Hal ini mendukung temuan Prosiding Seminar Nasional Riset Teknologi Terapan (Prosiding Seminar Nasional Riset Teknologi Terapan, 2022), bahwa optimasi desain pencahayaan dapat mencapai efisiensi energi hingga 40–55% dibandingkan desain konvensional.

Perencanaan PLTS dengan kapasitas 7,2 kWp, 13 unit panel surya 560 Wp, inverter 6–8 kW, dan baterai 33 kWh sejalan dengan rancangan Erdiansyah. (2023), yang menggunakan 24 unit panel 50 Wp dan 24 unit baterai 50 Ah untuk kebutuhan 3,8 kWh/hari. Dengan implementasi PLTS, konsumsi energi dari jaringan PLN dapat dikurangi, biaya operasional ditekan, dan mendukung upaya efisiensi energi serta pengurangan emisi karbon (Jenkins & Kane, 2016; *International Renewable Energy Agency* [IRENA], 2019; Sharma & Kumar, 2020; Susanto & Riyadi, 2021).

## 4. KESIMPULAN

Intensitas pencahayaan existing pada seluruh lapangan outdoor (Voli, Basket, dan Futsal) masih berada di bawah standar SNI 03-6197-2011 untuk fasilitas olahraga rekreasi, yaitu kisaran 200–300 lux, dengan nilai rata-rata pencahayaan tertinggi pada lapangan Basket serta yang terendah pada lapangan Futsal dan Voli. Hasil simulasi DIALux menunjukkan pola distribusi cahaya yang tidak merata, ditandai dengan nilai keseragaman pencahayaan ( $U_0$ ) yang rendah pada beberapa lapangan, terutama bagian tengah dan sudut yang cenderung lebih gelap.

Simulasi perbaikan dengan skenario standar menunjukkan peningkatan signifikan pada iluminansi rata-rata dan keseragaman pencahayaan sehingga mampu memenuhi standar SNI, membuktikan bahwa tata letak lampu dan spesifikasi luminaire sangat berpengaruh terhadap kualitas penerangan. Konsumsi daya listrik total sebesar 4,8 kW untuk 24 unit lampu LED 200 W masih tergolong efisien karena efikasi cahaya lampu tinggi dan biaya operasional relatif rendah, meskipun tingkat efisiensi visual belum optimal karena pencahayaan belum sesuai kebutuhan lapangan. Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energi alternatif berpotensi mendukung sistem penerangan lapangan olahraga secara berkelanjutan, sehingga konsumsi energi listrik dari jaringan PLN dapat dikurangi, biaya operasional ditekan, serta mendukung upaya efisiensi energi dan pengurangan emisi karbon tanpa mengganggu kualitas pencahayaan lapangan.

#### DAFTAR REFERENSI

- Amiruddin, A., Asri, A., & Yani, Y. (2022). Redesain sistem penerangan lapangan sepak bola Universitas Malikussaleh menggunakan simulasi DIALux. *Jurnal Teknik E(2)*, 89–98.
- Badan Standardisasi Nasional. (1994). *SNI 03-3647-1994: Tata cara perancangan pencahayaan lapangan olahraga luar ruangan*. Standar Badan
- Badan Standardisasi Nasional. (2001). *SNI 03-6575-2001 : Tata cara perancangan sistem pencahayaan bua*Badan Standar
- Komisi Internasional de l'Éclairage. (2010). *CIE 115-2010: Lig*. CIE.
- Creswell, JW (2018). *Re*(Edisi ke-5). SAGE Publications.
- Erdiansyah. (2023). Perancangan sistem PLTS off-grid untuk penerangan sirkuit outdoor di Kota Madiun. *Jurnal Energi dan Keli(1)*, 33–42.
- Komite Standardisasi Eropa. (2019). *EN 1219*. CEN.
- Firmansyah, A. (2022). Simulasi pencahayaan luar ruangan menggunakan DIALux untuk mengoptimalkan efisiensi energi. *Jurnal Teknik Elektro(1)*, 33–41.
- Fotios, S., & Gibbons, R. (2018). Penelitian penerangan jalan untuk pengemudi dan pejalan kaki: Dasar rekomendasi luminansi dan iluminasi. *Cahaya(1)*, 154–172.
- Handoko, T. (2019). *Tekn. Gr*
- Illuminating Engineering Society. (2020). *Buku pegangan pencahayaan IES: Referensi dan aplikasi* (edisi ke-10).

- Badan Energi Terbarukan Internasional. (2019). *Statistik energi terbarukan*IRENA.
- Jenkins, D., & Kane, D. (2016). *Efisiensi energi dalam olahraga*. Olahraga Inggris.
- Kneissl, J., & Rass, M. (2016). Efisiensi energi di fasilitas olahraga luar ruangan: Tantangan dan peluang. *Internasional*(8), 789–802.
- Krüger, U. (2020). *Simulasi pencahayaan*. DIAL GmbH.
- Mulyani, S. (2021). Efisiensi energi pada sistem pencahayaan outdoor berbasis LED. *Jurnal Teknik Elektro dan Energi*, 7 (2), 55–63.
- Philips Lighting. (2017). *Pencahayaan olahraga: Panduan untuk mendesain*Philips.
- Prosiding Seminar Nasional Riset Teknologi Terapan. (2022). Evaluasi sistem pencahayaan outdoor menggunakan algoritma meta-heuristik dan simulasi DIALux. *PR*(1), 78–85.
- Radulovic, D., Skok, S., & Kirincic, V. (2015). Efisiensi energi pencahayaan LED dalam aplikasi luar ruangan. *Energi dan Bisnis*, 342–349.
- Sharma, A., & Kumar, A. (2020). Penilaian potensi energi surya di wilayah tropis: Sebuah tinjauan. *R*, 109–118.
- Singh, R., & Kaur, P. (2021). Aplikasi perangkat lunak DIALux untuk desain pencahayaan luar ruangan: Sebuah tinjauan. *Jurnal*(3), 45–52.
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian k. A*
- Susanto, R., & Riyadi, S. (2021a). Analisis potensi penghematan energi listrik pada fasilitas olahraga berbasis PLTS. *Jurnal*(2), 45–54.
- Susanto, R., & Riyadi, S. (2021b). Penerapan PLTS pada fasilitas olahraga untuk kemandirian energi. *Jurnal Teknik Elektro dan Energi Terbarukan*, 3 (1), 22–31.
- Departemen Energi AS. (2016). *Pencahayaan LED: Energi*Departemen AS
- Yin, RK (2018). *Penelitian studi kasus*(Edisi ke-6). SAG
- Zein, Z., Purwoharjono, P., Abidin, A., & Arsyad, A. (2023). Optimasi konfigurasi lampu untuk penerangan lapangan PSP berbasis DIALux 4.13. *Prosiding Sem*(1), 112–121.