

Perencanaan Lampu Penerangan Lapangan Badminton Menggunakan Panel Surya

M. Andrhe Noverazy¹, Abdul Azis^{2*}, Emidiana³

1,2,3 Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Informatika,
Universitas PGRI Palembang, Indonesia.

*e-mail: azis@univpgri-palembang.ac.id

ABSTRAK

Kebutuhan penerangan lapangan badminton yang andal dan hemat energi mendorong penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) off-grid. Studi ini merancang dan mengevaluasi sistem penerangan lapangan badminton outdoor di Palembang dengan beban lampu LED DC floodlight 400 W (operasi 5 jam/malam). Metode meliputi: pemetaan iluminansi pada grid setiap 3 m dengan tinggi ukur 1 m (15 titik, T_1 - T_{15}), dan perhitungan titik-per-titik menggunakan hukum kuadrat terbalik serta faktor kosinus; perancangan kapasitas PLTS berbasis kebutuhan energi harian dan jam penyinaran efektif 6 jam dengan efisiensi sistem 80%. Hasil menunjukkan iluminansi total berkisar 154,03-260,77 lux dengan rata-rata 212,78 lux, memenuhi batas minimal 200 lux untuk penggunaan latihan/rekreasi dan menunjukkan sebaran yang cukup seragam. Kebutuhan energi sistem adalah 2.500 Wh/hari; kapasitas panel hasil perhitungan 520,8 Wp dan dipenuhi oleh panel monokristalin 550 Wp yang memproduksi ± 2.640 Wh/hari. Penyimpanan energi menggunakan baterai VRLA 12 V 260 Ah (≈ 3.120 Wh; otonomi 1 hari) dan pengendalian pengisian dengan SCC MPPT 60 A. Total investasi satu set sistem Rp14.023.000 (empat set: Rp56.092.000). Disimpulkan bahwa rancangan 550 Wp + 12 V/260 Ah + MPPT 60 A layak secara teknis dan ekonomis untuk mencapai target ≥ 200 lux.

Kata Kunci: Perencanaan, Lampu, Lapangan, Badminton, Panel Surya

Badminton Court Lighting Design Using Solar Panels

ABSTRACT

The need for reliable and energy-efficient badminton court lighting has driven the adoption of off-grid Solar Power Plants (PLTS). This study designs and evaluates an outdoor badminton court lighting system in Palembang using a 400 W LED DC floodlight load (operating 5 hours/night). The methods include: illuminance mapping on a grid every 3 m with a measurement height of 1 m (15 points, T_1 - T_{15}), and point-by-point calculations using the inverse square law and cosine factor; PLTS capacity design based on daily energy requirements and 6 hours of effective lighting, with a system efficiency of 80%. The results show a total illuminance range of 154,03-260,77 lux with an average of 212,78 lux, meeting the minimum limit of 200 lux for training/recreational use and exhibiting a fairly uniform distribution. The system's energy requirement is 2,500 Wh/day. The calculated panel capacity is 520,8 Wp and is fulfilled by a 550 Wp monocrystalline panel producing $\pm 2,640$ Wh/day. Energy storage uses a 12 V 260 Ah VRLA battery ($\approx 3,120$ Wh; 1 day autonomy) and charging control with SCC MPPT 60 A. The total investment for one set of the system is Rp14.023.000 (four sets: Rp56.092.000). It is concluded that the 550 Wp + 12 V/260 Ah + MPPT 60 A design is technically and economically feasible to achieve the target of ≥ 200 lux.

Keywords: Planning, Lights, Field, Badminton, Solar Panels

I. PENDAHULUAN

Penerangan merupakan aspek penting dalam desain lapangan olahraga, termasuk lapangan badminton, karena berpengaruh langsung terhadap kenyamanan visual, keselamatan pemain, dan kualitas pertandingan. Menurut SNI 03-3647-1994, tingkat penerangan minimum yang disyaratkan untuk lapangan badminton adalah 200 lux untuk latihan, 300 lux untuk pertandingan, dan hingga 1.000 lux untuk kegiatan dokumentasi video. Standar tersebut memastikan setiap bagian lapangan memiliki distribusi cahaya yang merata sehingga bayangan dan pantulan cahaya dapat diminimalkan selama permainan berlangsung [1-3].

Dalam praktiknya, sistem penerangan lapangan badminton umumnya masih bergantung pada daya listrik dari jaringan PLN. Ketergantungan ini sering menimbulkan kendala seperti biaya operasional tinggi, konsumsi energi berlebih, serta ketergantungan terhadap energi fosil yang berdampak pada peningkatan emisi karbon. Kondisi tersebut menuntut adanya inovasi dalam penyediaan energi penerangan yang lebih efisien dan ramah lingkungan [4].

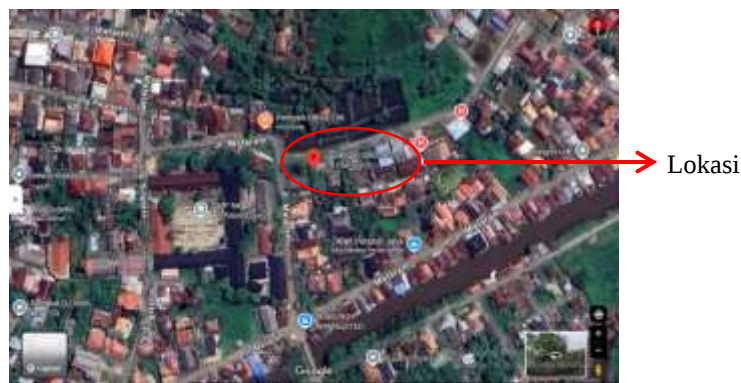
Salah satu solusi potensial adalah penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Teknologi PLTS memanfaatkan energi cahaya matahari yang melimpah di wilayah tropis seperti Palembang, yang memiliki rata-rata penyinaran efektif 5-6 jam per hari. Melalui sistem off-grid, energi listrik yang dihasilkan dari panel surya dapat disimpan dalam baterai dan digunakan untuk menyalakan lampu LED floodlight berdaya tinggi (400 W) pada malam hari [4-6].

Penerapan sistem PLTS pada penerangan lapangan badminton tidak hanya mampu memenuhi standar pencahayaan nasional, tetapi juga mendukung program transisi energi bersih dan efisiensi energi nasional. Dengan rancangan kapasitas panel surya, baterai, dan Solar Charge Controller yang tepat, sistem ini diharapkan dapat menyediakan penerangan yang optimal, hemat biaya, dan berkelanjutan tanpa bergantung pada jaringan listrik konvensional [6].

II. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah Lapangan Badminton yang beralamat di Jalan Mataram, Lorong Nibung, Kelurahan Kemas Rindo, Kecamatan Kertapati, Palembang. Pelaksanaan penelitian dimulai dari pada bulan April 2024 sampai dengan pada bulan Mei 2024.



Gambar 1. Lokasi penelitian

2.2. Tahapan Penelitian

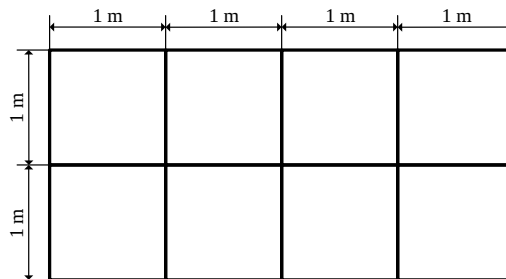
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer

dalam penelitian ini adalah data lapangan badminton, yaitu panjang dan lebar lapangan badminton, titik perhitungan intensitas penerangan, dan lokasi pemasangan panel surya. Data sekunder adalah data pendukung yang diperoleh dari sumber lain seperti data penyinaran matahari di wilayah Palembang, standar penerangan lapangan olahraga, spesifikasi teknis komponen PLTS. Tahapan yang dilaksanakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

2.2.1. Menentukan Pengukuran Intensitas Penerangan

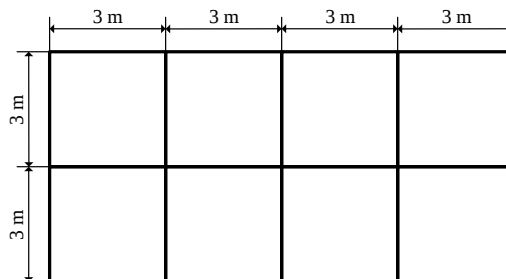
Pengukuran intensitas penerangan atau iluminansi dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu penerangan setempat dan penerangan umum. Sistem penerangan pada lapangan badminton termasuk dalam kategori penerangan umum. Oleh karena itu, pengukuran intensitas penerangan dilakukan pada titik potong garis horizontal yang menghubungkan panjang dan lebar ruangan, dengan jarak pengukuran dilakukan setiap satu meter di atas lantai. Jarak pengukuran ini disesuaikan dengan luas ruangan sebagai berikut [7,8]:

1. Untuk ruangan yang memiliki luas kurang dari 10 m^2 , titik pengukuran pada garis horizontal panjang dan lebar ruangan dilakukan setiap jarak satu meter. Gambar 2 menunjukkan contoh pengukuran intensitas penerangan untuk ruangan dengan luas kurang dari 10 m^2 [7,8].



Gambar 2. Penentuan Titik Pengukuran Penerangan Umum dengan Luas Kurang dari 10 m^2

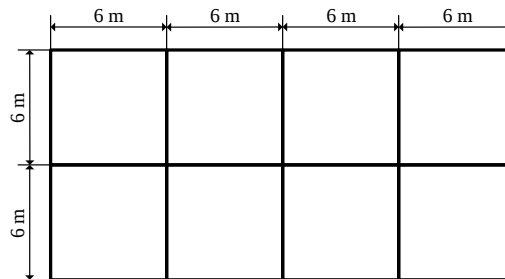
2. Untuk ruangan dengan luas antara 10 m^2 hingga 100 m^2 , titik pengukuran pada garis horizontal yang menghubungkan panjang dan lebar ruangan dilakukan setiap jarak tiga meter. Gambar 3 menunjukkan contoh pengukuran intensitas penerangan umum pada ruangan dengan luas antara 10 m^2 hingga 100 m^2 [7,8].



Gambar 3. Penentuan Titik Pengukuran Penerangan Umum dengan Luas Antara 10 m^2 - 100 m^2

3. Untuk ruangan dengan luas lebih dari 100 m^2 , titik pengukuran pada garis horizontal yang menghubungkan panjang dan lebar ruangan dilakukan setiap jarak enam meter. Gambar 4

menunjukkan contoh pengukuran intensitas penerangan umum pada ruangan dengan luas lebih dari 100 m² [7,8].



Gambar 4. Penentuan Titik Pengukuran Penerangan Umum dengan Luas Lebih dari 100 m²

Pada lapangan badminton, tingkat penerangan horizontal yang diperlukan satu meter di atas permukaan lantai adalah minimal 200 Lux untuk latihan, minimal 300 Lux untuk pertandingan, dan minimal 1.000 Lux untuk pengambilan video dokumentasi [1].

2.2.2. Menentukan Intensitas Penerangan

1. Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya merupakan besarnya fluks cahaya per satuan sudut ruang yang dipancarkan oleh sumber cahaya ke arah tertentu. Nilai intensitas cahaya dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [8-11]:

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \quad \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- I = Intensitas cahaya (Candela)
- Φ = Flux cahaya (Lumen)
- ω = Sudut ruang = 4π (steradian)

2. Intensitas Penerangan

Intensitas penerangan atau iluminansi pada suatu bidang merupakan jumlah fluks cahaya yang jatuh ke permukaan seluas 1 meter persegi dari bidang tersebut. Besarnya intensitas penerangan rata-rata dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [8-11]:

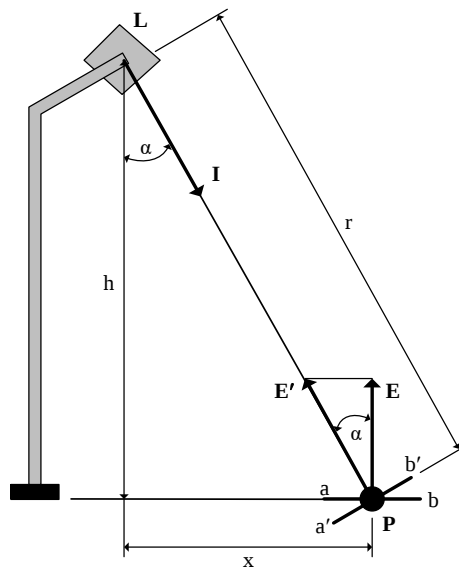
$$E_{rata-rata} = \frac{\Phi}{A} \quad \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

- $E_{rata-rata}$ = Intensitas penerangan rata-rata (Lux)
- A = Luas permukaan bidang (m²)

Apabila suatu sumber cahaya menerangi titik P pada suatu bidang (Gambar 5), maka intensitas penerangan pada titik tersebut dapat ditentukan dengan rumus [8-11]:

$$E = \frac{I}{r^2} \quad \dots\dots\dots (4)$$



Gambar 5. Intensitas penerangan pada titik P

Dari Gambar 5 dapat diketahui bahwa intensitas penerangan E' pada bidang $a'-b'$, yang tegak lurus terhadap arah pancaran intensitas I , dirumuskan sebagai [8-11]:

$$E' = \frac{I}{r^2} \quad \text{..... (5)}$$

Sedangkan intensitas penerangan E pada bidang horizontal $a-b$ merupakan proyeksi dari E' terhadap garis tegak lurus bidang tersebut di titik P, sehingga diperoleh [8-11]:

$$E = E' \cos \alpha \quad \text{..... (6)}$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (5) ke dalam persamaan (6), diperoleh hubungan berikut [8-11]:

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \alpha \quad \text{..... (7)}$$

Keterangan:

- E = Intensitas penerangan di titik P (lux)
- h = Jarak vertikal sumber cahaya ke titik P (m)
- x = Jarak horizontal sumber cahaya ke titik P (m)
- r = Jarak sumber cahaya ke titik P (m)
- $\quad \quad \quad = \sqrt{x^2 + h^2}$
- $\cos \alpha = h/r$

2.2.3. Menentukan Kapasitas Komponen Panel Surya

1. Kebutuhan Energi Harian

Kebutuhan Energi Harian adalah total energi listrik yang diperlukan oleh semua beban listrik dalam satu hari, dihitung sebagai hasil kali daya beban dengan waktu operasi harian [12-15]:

$$E = P t \quad \text{..... (8)}$$

Dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), tidak semua energi dari panel surya akan sampai ke beban, karena ada rugi-rugi daya (losses) akibat efisiensi panel, kabel, baterai,

dan solar charge controller. Umumnya efisiensi total sistem adalah antara 75-85%, setara rugi energi 15-25%. Maka energi total yang harus disediakan oleh sistem adalah:

$$E_{total} = \frac{E_{total}}{\eta_{sistem}} \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan:

E = Kebutuhan energi harian (Wh)

P = Daya peralatan (W)

t = Waktu operasi per hari (jam)

E_{total} = Kebutuhan energi sistem (Wh)

η_{sistem} = Efisiensi sistem

2. Kapasitas Panel Surya

Kapasitas panel surya adalah daya total panel yang dibutuhkan untuk menghasilkan energi listrik setara kebutuhan energi harian sistem. Kapasitas ini mempertimbangkan jumlah jam penyinaran efektif harian di lokasi dan efisiensi sistem [12-15].

$$P_{panel} = \frac{E_{total}}{H_{sun} \eta_{sistem}} \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan:

P_{panel} = Kapasitas total panel (Wp)

H_{sun} = Jam penyinaran efektif (jam/hari)

3. Kapasitas Baterai

Kapasitas baterai menunjukkan jumlah energi listrik yang dapat disimpan untuk menyuplai beban ketika tidak ada energi dari panel surya (misalnya saat malam hari atau mendung). Perhitungannya memperhitungkan total kebutuhan energi harian sistem, tegangan kerja baterai, dan kedalaman pengosongan baterai [12-15].

$$C_{baterai} = \frac{E_{total} D_n}{V_{baterai} DoD} \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan:

$C_{baterai}$ = Kapasitas baterai (Ah)

D_n = Hari otonomi (biasanya 1-2 hari)

$V_{baterai}$ = Tegangan sistem (V)

DoD = Kedalaman pengosongan (0,8)

4. Kapasitas Solar Charge Controller

Solar Charge Controller (SCC) merupakan komponen penting pada sistem PLTS yang berfungsi untuk mengatur pengisian baterai dari panel surya agar tidak terjadi pengisian berlebih dan pengosongan berlebih. SCC mengontrol jumlah arus (ampere) yang mengalir dari panel surya ke baterai sesuai dengan kapasitas dan tegangan sistem [12-15].

$$I_{SCC} = \frac{P_{panel}}{V_{baterai}} \times SF \dots\dots\dots (11)$$

Keterangan:

I_{SCC} = Arus minimal SCC (A)

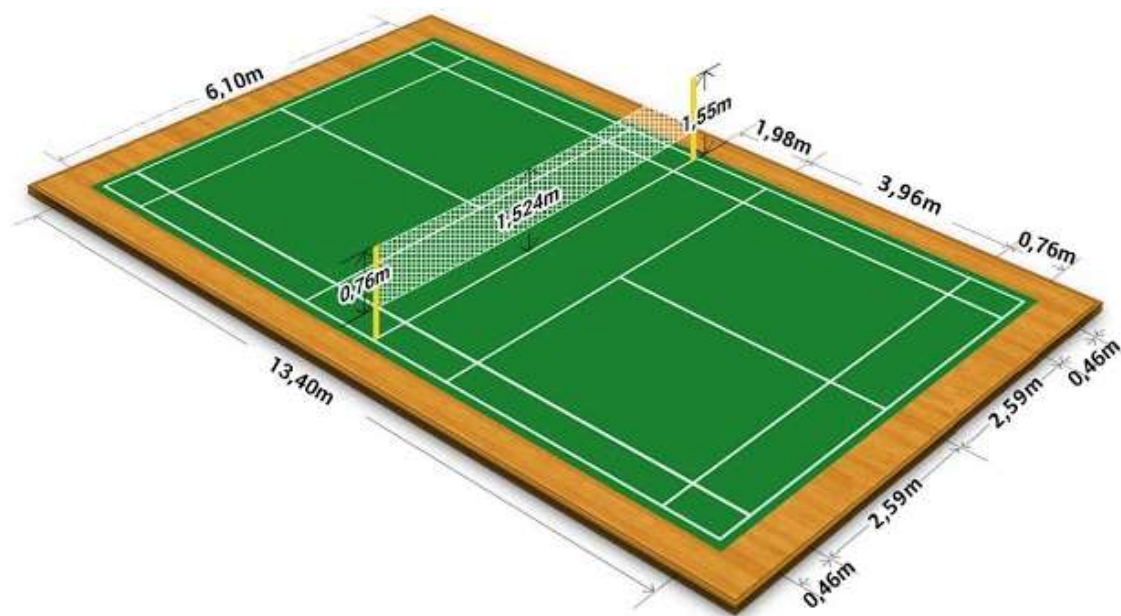
SF = Faktor Keamanan (1,25)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

3.1.1. Data Penelitian

Denah Lapangan Badminton dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Denah Lapangan Badminton

Tabel 1. Data Lapangan Badminton

Lapangan Badminton	Uraian
Panjang	13,4 m
Lebar	6,1 m
Luas	81,74 m ²
Warna Lantai	Hijau

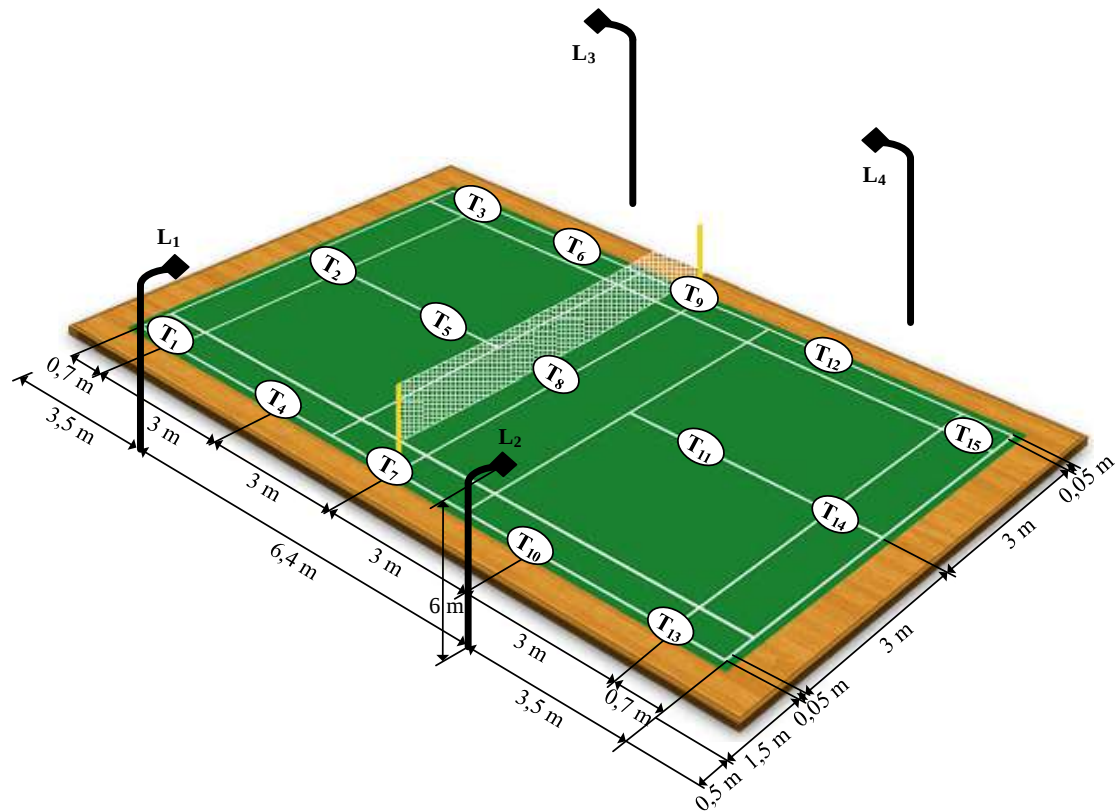
Lampu penerangan yang digunakan untuk perencanaan lapangan badminton dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Data Perencanaan Sistem Penerangan Lapangan Badminton

Sistem Penerangan	Uraian
Jenis lampu	LED DC Floodlight 400 Watt
Fluks cahaya lampu	60.000 Lumen
Jumlah lampu	4 lampu (L ₁ , L ₂ , L ₃ , L ₄)
Jumlah armatur	4 armatur (L ₁ , L ₂ , L ₃ , L ₄)
Tinggi tiang lampu lengan tunggal	6 m
Panjang lengan pada tiang lampu	0,5 m
Jumlah tiang lampu	4 tiang lampu (L ₁ , L ₂ , L ₃ , L ₄)

3.1.2. Titik Pengukuran Intensitas Penerangan

Lapangan Badminton mempunyai luas 81,74 m². Sesuai SNI 16-7062-2004, untuk luas 10 m² hingga 100 m² jarak antar titik pengukuran pada titik potong garis panjang dan lebar adalah setiap 3 m. Dengan demikian, titik pengukuran intensitas penerangan pada lapangan badminton ditetapkan pada grid setiap 3 m sepanjang panjang dan lebar lapangan, dengan jarak pengukuran dilakukan setiap 1 meter di atas lantai, dan terdapat 15 Titik Pengukuran, yaitu: T₁ s.d T₁₅.



Gambar 7. Titik Pengukuran Lapangan Badminton

3.1.3. Perhitungan Intensitas Penerangan

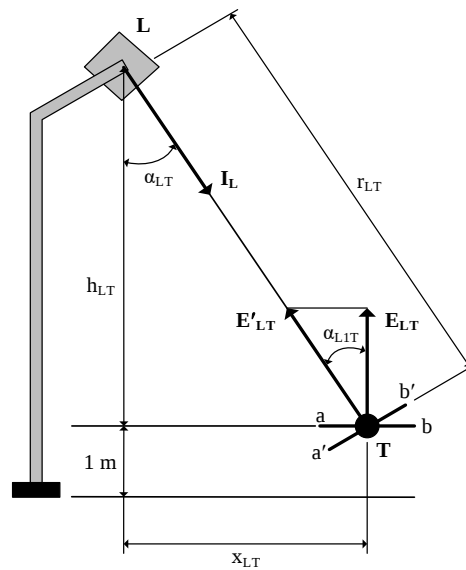
1. Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya pada Lapangan Badminton adalah:

$$I = \frac{\Phi}{\omega} = \frac{60.000}{4 \times 3,14} = 4.777,07 \text{ Candela}$$

2. Intensitas Penerangan

Perhitungan intensitas penerangan Lapangan Badminton dilaksanakan pada titik potong garis horizontal panjang dan lebar lapangan pada jarak 3 m setinggi 1 meter dari lantai. Berdasarkan Gambar 7 terdapat 15 Titik Perhitungan, yaitu: T₁ s.d T₁₅, dan setiap titik perhitungan dipengaruhi oleh intensitas penerangan dari lampu L₁, L₂, L₃, L₄.



Gambar 8. Intensitas penerangan pada titik T

Intensitas penerangan pada T₁

$$E_{L_1 T_1} = \frac{I_{L_1}}{(r_{L_1 T_1})^2} \cos \alpha_{L_1 T_1} = \frac{4.777,07}{\left(\sqrt{(\sqrt{(2,80)^2 + (1,55)^2})^2 + (5)^2}\right)^2} \times \frac{5}{5,94} = 114,1646 \text{ Lux}$$

$$E_{L_2 T_1} = \frac{I_{L_2}}{(r_{L_2 T_1})^2} \cos \alpha_{L_2 T_1} = \frac{4.777,07}{\left(\sqrt{(\sqrt{(9,20)^2 + (1,55)^2})^2 + (5)^2}\right)^2} \times \frac{5}{10,59} = 20,1399 \text{ Lux}$$

$$E_{L_3 T_1} = \frac{I_{L_3}}{(r_{L_3 T_1})^2} \cos \alpha_{L_3 T_1} = \frac{4.777,07}{\left(\sqrt{(\sqrt{(2,80)^2 + (7,55)^2})^2 + (5)^2}\right)^2} \times \frac{5}{9,48} = 28,0485 \text{ Lux}$$

$$E_{L_4 T_1} = \frac{I_{L_4}}{(r_{L_4 T_1})^2} \cos \alpha_{L_4 T_1} = \frac{4.777,07}{\left(\sqrt{(\sqrt{(9,20)^2 + (7,55)^2})^2 + (5)^2}\right)^2} \times \frac{5}{12,91} = 11,1033 \text{ Lux}$$

Intensitas penerangan pada T₂ s.d T₁₅ dapat dihitung dengan menggunakan cara yang sama. Hasil perhitungan intensitas penerangan lapangan badminton dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Intensitas Penerangan Lapangan Badminton

Titik Perhitungan	Intensitas Penerangan (Lux)				
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	Jumlah
T ₁	114,1646	20,1399	28,0485	11,1033	173,4563
T ₂	60,9654	16,0510	60,9654	16,0510	154,0329
T ₃	28,0485	11,1033	114,1646	20,1399	173,4563
T ₄	166,1484	42,2576	32,1420	17,5175	258,0655
T ₅	77,2061	29,6063	77,2061	29,6063	213,6249
T ₆	32,1420	17,5175	166,1484	42,2576	258,0655
T ₇	103,4222	103,4222	26,9609	26,9609	260,7664
T ₈	52,1836	52,1836	52,1836	52,1836	208,7345
T ₉	26,9609	26,9609	103,4222	103,4222	260,7664
T ₁₀	42,2576	166,1484	17,5175	32,1420	258,0655
T ₁₁	29,6063	77,2061	29,6063	77,2061	213,6249

T ₁₂	17,5175	32,1420	42,2576	166,1484	258,0655
T ₁₃	20,1399	114,1646	28,0485	11,1033	173,4563
T ₁₄	16,0510	60,9654	16,0510	60,9654	154,0329
T ₁₅	11,1033	28,0485	20,1399	114,1646	173,4563
Rata-rata	53,1945	53,194502	54,32418	52,06483	212,7780

3.1.4. Menghitung Kapasitas Komponen Panel Surya

1. Kebutuhan Energi Harian

Kebutuhan energi harian per tiang dihitung berdasarkan daya beban dan lama waktu operasi lampu. Jika daya lampu sebesar 400 W dan waktu operasi 5 jam per hari, maka kebutuhan energi hariannya adalah:

$$E = P t = 400 \times 5 = 2.000 \text{ Wh}$$

Dengan mempertimbangkan efisiensi sistem sebesar 80% ($\eta = 0,8$), energi total yang harus disuplai oleh sistem PLTS dapat dihitung sebagai berikut:

$$E_{total} = \frac{E}{\eta_{sistem}} = \frac{2.000}{0,8} = 2.500 \text{ Wh}$$

Oleh karena itu, satu tiang lampu memerlukan kapasitas sistem PLTS minimal sebesar 2.500 Wh per hari agar lampu 400 W dapat menyala secara stabil selama 5 jam. Nilai ini sudah termasuk kompensasi terhadap rugi energi pada panel surya, kabel, dan efisiensi baterai dalam sistem.

2. Kapasitas Panel Surya

Panel surya berfungsi mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik arus searah. Nilai kapasitas total panel surya sangat dipengaruhi oleh jumlah kebutuhan energi harian sistem, lama penyinaran matahari efektif, serta efisiensi sistem. Berdasarkan data penyinaran matahari di Kota Palembang pada bulan April 2024, yang tercatat berlangsung antara pukul 06.00 hingga 18.00 WIB, waktu penyinaran terpanjang terjadi pada 15 April 2024 (8,8 jam), sedangkan waktu penyinaran terpendek terjadi pada 7 April 2024 (0,0 jam) akibat tertutup awan sepanjang hari. Oleh karena itu, dalam penelitian ini digunakan asumsi jam penyinaran efektif rata-rata sebesar 6 jam per hari untuk perhitungan kapasitas panel surya.

$$P_{panel} = \frac{E_{total}}{H_{sun} \eta_{sistem}} = \frac{2.500}{6 \times 0,8} = 520,8 \text{ Wp}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, sistem dapat menggunakan satu panel surya monokristalin berkapasitas 550 Wp, yang mampu menghasilkan energi listrik sekitar 2.640 Wh per hari.

3. Kapasitas Baterai

Kapasitas baterai menunjukkan jumlah energi listrik yang harus disimpan untuk menyuplai beban pada malam hari atau saat cuaca berawan, dan penentuan kapasitasnya disesuaikan dengan kedalaman pengosongan baterai. Dalam penelitian ini, sistem dirancang dengan satu hari cadangan energi (1 hari otonomi) untuk menjaga kontinuitas operasi penerangan.

$$C_{baterai} = \frac{E_{total} D_n}{V_{baterai} DoD} = \frac{2.500 \times 1}{12 \times 0,8} = 260,4 \text{ Ah}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh kebutuhan kapasitas baterai sebesar 260 Ah pada tegangan 12 V untuk menyuplai beban sebesar 2.500 Wh per hari. Dengan demikian, sistem dapat menggunakan satu unit baterai 12 V 260 Ah untuk menyimpan energi listrik yang cukup bagi operasi selama satu hari penuh.

4. Solar Charge Controller

Solar Charge Controller (SCC) adalah alat yang mengatur arus dari panel ke baterai untuk mencegah pengisian berlebih dan pengosongan berlebih. Faktor keamanan digunakan sebagai cadangan arus tambahan (25%) untuk menghindari beban berlebih ketika irradianse matahari berada pada kondisi puncak.

$$I_{SCC} = \frac{P_{panel}}{V_{baterai}} \times SF = \frac{550}{12} \times 1,25 = 57,3 \text{ A}$$

Digunakan SCC MPPT 60 A yang mampu menahan arus lebih dan menjaga efisiensi pengisian baterai hingga 95%.

5. Biaya Investasi PLTS

Setelah diketahui spesifikasi komponen yang sesuai untuk perencanaan PLTS untuk satu set lampu penerangan lapangan badminton, maka selanjutnya dapat ditentukan biaya dari tiap-tiap komponen dan perencanaan biaya investasi untuk PLTS. Rencana anggaran biaya pembangunan PLTS diuraikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rencana Biaya Investasi Satu Set Lampu Penerangan Lapangan Badminton

No	Komponen	Jumlah	Harga (Rp)
1.	Solar Panel 550 Wp	1	3.575.000
2.	Solar Charge Controller MPPT 60 A	1	1.620.000
3.	Baterai VRLA 12V 260Ah	1	3.500.000
4.	LED DC Floodlight 400W 12V DC	1	1.800.000
5.	Box Battery + Fuse Set	1	240.000
6.	Kabel PV 2×2,5 mm ²	9 m	68.000
7.	Kabel Lampu 2×1,5 mm ²	50 m	530.000
8.	Dudukan & Bracket Panel Surya	1	240.000
9.	Tiang Lampu Galvanis 6 m	1	2.200.000
10.	Aksesoris instalasi	1	250.000
Jumlah			14.023.000

Berdasarkan Tabel 4 biaya investasi untuk satu set lampu penerangan lapangan badminton adalah Rp14.023.000. maka biaya investasi untuk empat set lampu penerangan lapangan badminton adalah Rp56.092.000.

3.2. Pembahasan

3.2.1. Intensitas Penerangan

Dari Tabel 3, intensitas penerangan total di 15 titik berkisar antara 154,03 Lux hingga 260,77 Lux, dengan rata-rata keseluruhan sebesar 212,78 Lux. Nilai ini menunjukkan bahwa pencahayaan sudah cukup merata di seluruh lapangan badminton.

Berdasarkan SNI 03-3647-1994, pada lapangan badminton, tingkat penerangan horizontal yang diperlukan satu meter di atas permukaan lantai adalah minimal 200 Lux untuk latihan, minimal 300 Lux untuk pertandingan, dan minimal 1.000 Lux untuk pengambilan video dokumentasi. Berarti intensitas penerangan rata-rata 212,78 Lux sudah memenuhi standar minimum untuk kegiatan rekreasi dan mendekati batas ideal untuk turnamen semi-profesional. Penyebaran intensitas yang relatif merata ($\pm 20\%$) menunjukkan perancangan posisi lampu (L_1 - L_4) telah cukup baik dalam menghindari area terlalu gelap atau terlalu terang.

Beberapa titik seperti T_4 , T_6 , T_7 , T_9 , T_{10} , dan T_{12} menunjukkan nilai tertinggi (258-260 Lux), yang berarti titik-titik di bagian tengah atau di bawah area konsentrasi lampu memiliki pencahayaan paling optimal. Sedangkan T_2 dan T_{14} memiliki nilai terendah (154 Lux), menandakan area tepi lapangan sedikit lebih redup. Namun perbedaan ini masih dalam toleransi

$\leq 30\%$ dari rata-rata, artinya distribusi cahaya masih seragam dan layak.

3.2.2. Kapasitas Komponen Panel Surya

Sistem penerangan lapangan badminton dengan satu lampu LED DC Floodlight 400 W, 12 V DC memerlukan energi sebesar 2.500 Wh per hari untuk beroperasi selama 5 jam. Nilai ini sudah mencakup faktor rugi sistem sebesar 20% sebagai kompensasi terhadap efisiensi baterai, solar charge controller, dan kabel.

Dengan durasi penyinaran efektif rata-rata 6 jam per hari, diperoleh kapasitas panel surya 520,8 Wp. Sistem ini cukup menggunakan satu panel monokristalin 550 Wp, yang secara empiris dapat menghasilkan energi sekitar 2.640 Wh/hari, atau memiliki surplus 5,6% dari kebutuhan aktual. Panel jenis ini cocok diterapkan di wilayah beriklim tropis seperti Palembang yang memiliki intensitas penyinaran tinggi dan suhu rata-rata $> 30^{\circ}\text{C}$.

Berdasarkan perhitungan, diperoleh kapasitas baterai sebesar 260 Ah (12 V) untuk menyuplai beban 2.500 Wh per hari. Sistem menggunakan baterai VRLA 12 V 260 Ah dengan satu hari autonomy (cadangan energi satu hari). Baterai ini mampu menyimpan energi sekitar 3.120 Wh, cukup untuk menjaga kontinuitas operasi penerangan di malam hari atau saat cuaca berawan.

Diperoleh arus nominal SCC sebesar 57,3 A, sehingga digunakan SCC tipe MPPT 60 A. Alat ini mampu menjaga proses pengisian baterai secara optimal dengan efisiensi $> 95\%$, serta menghindari risiko overcharge dan overdischarge. Pemilihan tipe MPPT juga mendukung optimalisasi daya keluaran panel terutama pada saat fluktuasi irradiance matahari harian.

Estimasi total biaya investasi untuk satu unit sistem PLTS penerangan adalah Rp14.023.000, yang mencakup seluruh komponen utama (panel, baterai, SCC, Floodlight, kabel, dan tiang lampu). Dengan empat tiang lampu, total biaya sistem mencapai Rp56.092.000. Nilai ini berada dalam kisaran wajar untuk investasi PLTS skala kecil (sekitar Rp 12-15 juta/kWp) [16].

IV. KESIMPULAN

1. Rata-rata iluminansi lapangan sebesar 212,78 lux memenuhi batas minimal 200 lux untuk latihan/rekreasi menurut SNI 03-3647-1994. Sebaran nilai 154–261 lux masih dalam toleransi ($\leq \pm 30\%$ dari rata-rata), menandakan distribusi cahaya merata dan penempatan empat lampu (L_1 - L_4) sudah efektif.
2. Kebutuhan energi harian 2.500 Wh (termasuk rugi sistem 20%) dapat dipenuhi oleh panel 550 Wp dengan asumsi penyinaran efektif 6 jam/hari (≈ 2.640 Wh/hari). Baterai 12 V 260 Ah memberikan 1 hari otonomi (≈ 3.120 Wh tersimpan), dan MPPT 60 A memadai untuk kendali pengisian, kombinasi ini stabil untuk operasi 5 jam/malam.
3. Arsitektur DC direct (tanpa inverter) menekan rugi konversi 10–15% sehingga efisiensi total sekitar 80% tercapai. Penggunaan LED floodlight 400 W berkontribusi pada efisiensi lumen/W dan umur pakai.
4. Investasi Rp14.023.000/set atau Rp56.092.000/4 set berada pada rentang wajar untuk sistem PLTS skala kecil. Skema ini relevan untuk lokasi tanpa/terbatas PLN, mengurangi biaya operasional jangka panjang dan emisi.
5. Sistem saat ini cukup untuk target ≥ 200 lux dan beban 5 jam. Namun, untuk keandalan saat musim mendung berturut-turut, diperlukan margin melalui salah satu opsi: penambahan kapasitas panel ($\approx \geq 650$ Wp), penambahan otonomi baterai ($\geq 1,5$ hari), atau manajemen beban (dimmer/timer adaptif).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Departemen Pekerjaan Umum. (1994). SNI 03-3647-1994. Tata Cara Perencanaan Teknik Bangunan Gedung Olahraga. Yayasan LPMB, Bandung.
- [2] Mujib, F. K. (2012). Desain Pencahayaan Lapangan Bulu Tangkis Indoor ITS. *Desain Pencahayaan Lapangan Bulu Tangkis Indoor Its*.
- [3] Sutrisno, M., Nurdiana, N., Irwansi, Y., & Al Amin, M. S. (2021). Evaluasi Sistem Penerangan Di Lapangan Bulu Tangkis Kampus B Universitas Pgri Palembang. *TEKNIKA: Jurnal Teknik*, 8(2), 155-162.
- [4] Nurdiana, N., Emidiana, E., Al Amin, M. S., Febrianti, I. K., Perawati, P., Irwansi, Y., & Azis, A. (2021). Sosialisasi Dan Penyuluhan Pemanfaatan Energi Terbarukan Di Lingkungan Smk Tri Darma Palembang. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat (Abdimas) Universitas Baturaja*, 1(2), 35-42.
- [5] Stasiun Klimatologi Kelas I Sumatera Selatan. 2024. Analisis Lama Penyinaran Matahari Bulan April 2024. <https://staklim-sumsel.bmkg.go.id/analisis-lama-penyinaran-matahari-bulan-maret-2024-2/>
- [6] PT. Apindo Karya Lestari. 2024. Desain Lapangan Badminton Outdoor. <https://www.apindokl.co.id/desain-lapangan-badminton-outdoor-kreativitas/>
- [7] Badan Standarisasi Nasional. (2004). SNI 16-7062-2004. PENGUKURAN INTENSITAS PENERANGAN DI TEMPAT KERJA. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- [8] Pebrianti, I. K., Indirwan, D., Perawati, P., & Azis, A. (2023). Evaluasi Sistem Penerangan Lapangan Bola Basket Di Taman Dharma Wanita Palembang. *TEKNIKA: Jurnal Teknik*, 9(2), 106-118.
- [9] Sukma, I. B., Azis, A., & Pebrianti, I. K. (2021). Perencanaan lampu penerangan jalan umum menggunakan tenaga surya (solar cell) untuk alternatif penerangan jalan Talang Pete Plaju Darat. *TEKNIKA: Jurnal Teknik*, 8(2), 140-146.
- [10] Jelita, P., Pebrianti, I. K., Azis, A., & Perawati, P. (2024). Analisa Kuat Penerangan Lampu Penerangan Jalan Pada Fly Over Jakabaring Palembang. *Jurnal Surya Energy*, 8(2), 58-69.
- [11] Azis, A., Nurdiana, N., & Rizal, C. (2022). Illumination Analysis Patal Pusri Intersection Underground Road. *Illumination*, 19(2).
- [12] Akbar, M. C., & Haro, L. P. A. (2024, November). Street Lighting Design and Management Using Solar Cells Along The Perimeter Inspection Road At Binaka Gunungsitoli Airport. In *PROSIDING SEMINAR NASIONAL FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS DHARMAWANGSA* (Vol. 1, No. 1, pp. 241-254).
- [13] Setiawan, R. A., Cendekia, L. E., & Saputri, A. (2025). Analisis Perhitungan Kebutuhan Sistem pada Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Rumah Tangga 900 Watt.
- [14] Djaufani, M. B., Hariyanto, N., & Saodah, S. (2015). Perancangan dan realisasi kebutuhan kapasitas baterai untuk beban pompa air 125 watt menggunakan pembangkit listrik tenaga surya. *Reka Elkomika*, 3(2).
- [15] Alam, I. F., Azis, A., & Perawati, P. (2023). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Untuk Pompa Irigasi Sawah Di Desa Ulak Aurstanding Kecamatan Pemulutan Selatan Kabupaten Ogan Ilir. *Jurnal Surya Energy*, 8(1), 1-11.
- [16] Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan, Dan Konservasi Energi. 2024. Laporan Kinerja Direktorat Jenderal EBTKE Tahun 2023. <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-laporan-kinerja-ditjen-ebtke-tahun-2023.pdf>