

EVALUASI TEKNIS PENERANGAN JALAN UMUM (PJU) DESA JERUJU BESAR KECAMATAN SUNGAI KAKAP KABUPATEN KUBU RAYA

Syahrul Gunawan¹, Rudi Gianto², Purwoharjono³

syahrul78381@gmail.com¹, rudygianto@ee.untan.ac.id², purwoharjono@ee.untan.ac.id³

Universitas Tanjungpura

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kondisi eksisting Penerangan Jalan Umum (PJU) di Jalan Desa Jeruju Besar sepanjang 4.200 meter dan lebar 6 meter, serta memberikan rekomendasi redesain berdasarkan BSN SNI 7391:2008. Metode kualitatif deskriptif digunakan melalui observasi lapangan, pengukuran langsung dengan Lux meter dan Laser meter, serta simulasi visual perangkat lunak Dialux 4.13. Hasil perhitungan redesain merekomendasikan pemasangan 85 titik lampu LED 90 Watt dengan tinggi tiang 7 meter dan jarak antar tiang 50 meter secara sejajar/rata kiri. Parameter ini menghasilkan sudut stang ornament 27,1°, intensitas cahaya 931,05 cd, dan iluminasi ujung jalan 6,71 Lux. Simulasi Dialux 4.13 menghasilkan iluminasi rata-rata (Eav) 9,50 Lux dan uniformitas keseluruhan 0,174, sehingga memenuhi kelayakan standar SNI. Dari aspek efisiensi, penggantian lampu SON-T 150 Watt ke LED 90 Watt menekan konsumsi energi harian dari 1,8 kWh menjadi 1,08 kWh, serta menghemat biaya listrik tahunan dari Rp79.574.076,00 menjadi Rp47.744.568,00. PJU Tenaga Surya direkomendasikan sebagai solusi alternatif bebas biaya listrik operasional harian dari PLN.

Kata Kunci: Penerangan Jalan Umum, Redesain, Led 90 Watt, Dialux 4.13, Bsn Sni 7391:2008.

PENDAHULUAN

Lampu penerangan jalan umum (PJU) merupakan fasilitas vital yang dibutuhkan oleh masyarakat. Penerangan Jalan Umum (PJU) berfungsi untuk meningkatkan keselamatan, keamanan, serta kenyamanan masyarakat dalam melakukan aktivitas pada malam hari. Keberadaan PJU ini tidak hanya mendukung mobilitas transportasi, tetapi juga berperan dalam menunjang aktivitas ekonomi dan sosial masyarakat, khususnya di wilayah pedesaan. PJU memiliki peran penting dalam meningkatkan keselamatan dan kenyamanan aktivitas masyarakat pada malam hari[1]. Kualitas pencahayaan jalan yang baik dapat meningkatkan visibilitas, keselamatan, serta mendukung aktivitas sosial dan ekonomi masyarakat[2].

Di Indonesia, sistem PJU umumnya terdiri dari dua jenis utama, yaitu PJU konvensional yang menggunakan listrik dari PLN dan PJU Tenaga Surya (PJUTS) yang memanfaatkan energi matahari sebagai sumber listrik. Teknologi energi surya merupakan solusi berkelanjutan dalam penyediaan energi listrik, khususnya pada sektor infrastruktur publik[3]. Sistem PJU berbasis tenaga surya memiliki kelayakan yang tinggi dan efektif diterapkan di daerah dengan keterbatasan jaringan listrik konvensional[4].

Secara teknis, PJU tenaga surya memiliki keunggulan berupa kemandirian energi dan biaya operasional yang relatif rendah, sedangkan PJU konvensional memiliki keunggulan dalam kestabilan suplai listrik pada wilayah yang telah terjangkau jaringan PLN. Sistem pembangkit listrik tenaga surya memiliki performa yang baik apabila dirancang dan dipelihara dengan optimal[5]. Efisiensi sistem penerangan jalan sangat dipengaruhi oleh desain, distribusi lampu, serta sistem pengelolaan yang digunakan[6].

Desa Jeruju Besar merupakan salah satu desa yang berada di Kabupaten Kubu Raya yang mengimplementasikan kedua jenis PJU tersebut. Keberadaan kedua jenis PJU ini memberikan manfaat nyata bagi masyarakat Desa Jeruju Besar sekitar PJU, salah satunya digunakan sebagai sumber pencahayaan untuk melakukan aktivitas ekonomi seperti menyungkil atau mencongkel Kopra pada malam hari. Aktivitas tersebut menjadi solusi

bagi warga untuk mengoptimalkan waktu kerja, terutama ketika siang hari digunakan untuk kegiatan lain seperti bertani atau pekerjaan rumah tangga. Hal ini menunjukkan bahwa PJU tidak hanya berfungsi sebagai penerangan jalan, tetapi juga sebagai sarana pendukung kegiatan produktif masyarakat.

Namun demikian, pada kenyataannya masih terdapat berbagai permasalahan terkait keberadaan PJU di lapangan, ditemukan beberapa titik PJU yang tidak berfungsi (mati), sehingga mengurangi efektivitas penerangan jalan. Selain itu, terdapat pula ruas jalan yang belum memiliki PJU, baik PJUTS maupun PJU konvensional, padahal secara kebutuhan seharusnya telah tersedia. Kondisi ini menyebabkan keterbatasan aktivitas masyarakat pada malam hari serta berpotensi menurunkan tingkat keamanan lingkungan.

Permasalahan tersebut menunjukkan adanya kesenjangan antara kebutuhan dan ketersediaan infrastruktur PJU di desa. Pemanfaatan energi surya sebagai sumber listrik alternatif memerlukan perencanaan yang matang agar dapat berfungsi secara optimal[7]. Implementasi sistem tenaga surya memerlukan pengelolaan dan pemeliharaan yang baik agar kinerjanya tetap optimal[8]. Desain sistem pembangkit listrik, termasuk distribusi energi dan beban, sangat menentukan keberhasilan sistem dalam jangka panjang[9]. Keberlanjutan sistem energi sangat dipengaruhi oleh aspek penyimpanan energi dan manajemen sistem yang baik[10]. Apabila distribusi dan pemeliharaan PJU tidak dilakukan dengan baik, maka manfaat yang diharapkan dari keberadaan PJU tidak akan tercapai secara maksimal.

Berdasarkan uraian tersebut, maka diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai pemanfaatan PJU tenaga surya dan PJU konvensional oleh masyarakat di Desa Jeruju Besar, khususnya dalam mendukung aktivitas ekonomi malam hari seperti menyungkil atau mencongkel Kopra, serta mengidentifikasi permasalahan berupa PJU yang tidak berfungsi dan ketiadaan PJU di beberapa ruas jalan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi terkait pengelolaan, pemerataan, dan optimalisasi PJU guna meningkatkan kesejahteraan dan produktivitas masyarakat desa. Sekaligus sebagai bahan pertimbangan bagi pihak terkait dalam perencanaan dan pengelolaan PJU di masa mendatang.

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kualitatif dengan metode deskriptif. Penelitian kualitatif adalah metode penelitian yang digunakan untuk meneliti pada kondisi objek yang alamiah, di mana peneliti sebagai instrumen kunci, teknik pengumpulan data dilakukan secara triangulasi, dan analisis data bersifat induktif. Penelitian kualitatif bertujuan untuk memahami fenomena yang terjadi secara mendalam berdasarkan kondisi nyata di lapangan.

Metode deskriptif dalam penelitian ini digunakan untuk menggambarkan secara sistematis dan faktual mengenai kondisi penerangan jalan umum tenaga surya dan penerangan jalan umum PLN di Desa Jeruju Besar, tanpa melakukan manipulasi terhadap variabel yang diteliti. Penelitian deskriptif bertujuan untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai suatu fenomena, baik berupa kondisi, karakteristik, maupun hubungan antar aspek yang diteliti.

Dengan demikian, penelitian ini berfokus pada pemahaman mendalam terhadap fenomena pemanfaatan PJU di Desa Jeruju Besar berdasarkan data yang diperoleh dari hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan dilakukan antara kondisi PJU konvensional lama (SON-T 150W) dengan rencana redesain menggunakan LED 90W pada tiga variasi konfigurasi, dapat dilihat pada tabel 1:

Tabel 1 Rekapitulasi Perhitungan PJU

Keterangan	Kondisi Eksisting (SON-T 150 Watt)	Rekomendasi
		LED 90 Watt (Sejajar/Rata Kiri)
Jumlah Titik Lampu	85	85
Sudut Stang Ornament	27,1°	27,1°
Intensitas Cahaya	1169,78 cd	931,05 cd
Iluminasi	8,44 Lux	6,71 Lux
Energi yang digunakan (Perlampu, Perhari)	1,8 kWh	1,08 kWh
Biaya Listrik (Perlampu, Perhari)	Rp2.600,46	Rp1.560,28
Biaya Listrik (PJU, Perbulan, Pertahun)	Rp6.631.173,00/Bulan	Rp3.978.714,00/Bulan
	Rp.79.574.076,00/Tahun	Rp. 47.744.568,00/Tahun

(Sumber : Data Olahan)

Analisa PJU dilakukan dengan membandingkan antara kondisi eksisting yang menggunakan lampu SON-T 150 Watt dan redesain dengan lampu LED 90 Watt dengan konfigurasi pemasangan : sejajar/rata kiri. Perbandingan ini mencakup aspek teknis seperti jumlah titik lampu, sudut stang ornament, intensitas cahaya, dan tingkat iluminasi, serta aspek efisiensi energi dan biaya operasional.

Berdasarkan hasil perhitungan, sistem penerangan eksisting dengan lampu SON-T 150 Watt terdapat 85 titik lampu. Sudut stang *ornament* yang digunakan dalam seluruh konfigurasi adalah 27,1°, yang dimana menunjukkan kemiringan lampu terhadap tiang. Termasuk kondisi eksisting dikarenakan tidak ada data pengukuran sudut stang *ornament* oleh karena itu dilakukan perhitungan berdasarkan data tinggi tiang dan lebar jalan.

Lampu SON-T 150 Watt menghasilkan intensitas cahaya sebesar 1169,78 candela, sedangkan lampu LED 90 Watt memiliki intensitas cahaya sebesar 931,05 candela. Walaupun intensitas LED lebih rendah, teknologi LED memiliki kemampuan distribusi cahaya yang lebih merata dan efisien.

Iluminasi atau tingkat pencahayaan pada titik ujung jalan yang dihasilkan oleh lampu SON-T adalah sebesar 8,44 lux, dan untuk lampu LED menghasilkan iluminasi sebesar 6,71 lux. Lampu SON-T 150 Watt membutuhkan daya sebesar 1,8 kWh per hari untuk satu unit lampu. Dan untuk lampu LED 90 Watt dalam konfigurasi sejajar hanya memerlukan 1,08 kWh per hari untuk satu unit lampunya. Dari data ini terlihat bahwa penggunaan lampu LED secara umum memberikan efisiensi energi yang signifikan.

Berdasarkan tarif listrik yang digunakan, biaya yang dikeluarkan untuk lampu SON-T mencapai sekitar Rp2.600,46/hari untuk satu unit lampu, dan untuk keseluruhan lampu sebesar Rp.79.574.076,00/Tahunnya. Sementara itu, lampu LED pada konfigurasi sejajar hanya memerlukan biaya sebesar Rp1.560,28 per hari untuk satu unit lampunya, dan untuk keseluruhan lampu sebesar Rp47.744.568,00/Tahunnya. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan LED 90 Watt untuk konfigurasi sejajar dapat menghemat biaya operasional dibandingkan sistem eksisting. Sementara itu, untuk konfigurasi berhadapan akan menyebabkan peningkatan biaya akibat jumlah titik yang lebih banyak.

Sementara itu PJU Tenaga Surya (*Solar Cell*), biaya operasional konsumsi listrik harian dari PLN adalah Rp0 (Gratis), karena energi disuplai sepenuhnya oleh panel surya dan baterai. Namun, diperlukan biaya investasi awal komponen yang lebih tinggi.

Gambaran Titik Lampu Penerangan Jalan Umum (PJU)

Sebagai bagian dari tahapan analisa dan perhitungan sistem PJU di Jalan Desa Jeruju Besar, Kecamatan Sungai Kakap. Dibuat gambaran penyebaran titik lampu kondisi eksisting dan redesain berdasarkan konfigurasi dan jarak antar tiang yang direncanakan. Gambaran ini bertujuan untuk memberikan visual mengenai posisi penempatan lampu pada kondisi eksisting dari konfigurasi sejajar/rata-kiri. Gambar PJU yang dilakukan redesain menunjukkan susunan tiang dan lampu sepanjang ruas jalan 4.200 meter.

Hasil Simulasi Penerangan Jalan Umum (PJU)

Simulasi pencahayaan dilakukan pada Jalan Desa Jeruju Besar, Kecamatan Sungai Kakap, dengan panjang jalan 4.200 meter dan lebar jalan 6 meter, tanpa median. Jenis lampu yang digunakan pada ketiga konfigurasi simulasi adalah LED Ladvance Street MD 90W 757 dengan spesifikasi fluks cahayanya sebesar 11.700 lumen dan daya 90 Watt. Simulasi penerangan ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Dialux 4.13. Hasil gambaran sebaran pencahayaan hasil simulasi dapat dilihat pada lampiran 2 dengan konfigurasi pemasangan lampu, yaitu : Sejajar/Rata Kiri, lampu dipasang di satu sisi jalan secara sejajar dengan jarak 50 meter. Berdasarkan simulasi sebagai berikut:

Tabel 2 Hasil Simulasi PJU

Parameter Evaluasi	Hasil Simulasi Dialux	SNI 7391:2008	Status Kelayakan
Iluminasi Rata-rata (E_{av})	9,50 Lux	5,00 – 11,00 Lux	MEMENUHI
Iluminasi Maksimum (E_{maks})	18,00 Lux	-	-
Iluminasi Minimum (E_{min})	1,65 Lux	-	-
Uniformitas Keseluruhan	0,174	$\geq 0,10$	MEMENUHI
Uniformitas Longitudinal	0,091	$\geq 0,05$	MEMENUHI

(Sumber : Data Hasil Simulasi Dialux 4.13)

Berdasarkan Gambar pada lampiran 2 hasil simulasi perangkat lunak Dialux 4.13 untuk konfigurasi pemasangan Sejajar/Rata Kiri, sebaran pencahayaan pada Jalan Desa Jeruju Besar menunjukkan pola distribusi yang memenuhi standar fungsional jalan lokal. Dengan jarak antar tiang sejauh 50 meter dan lebar jalan 6 meter, diperoleh nilai iluminasi rata-rata (E_{av}) sebesar 9,50 Lux. Titik iluminasi maksimum sebesar 18 Lux terkonsentrasi tepat di bawah armatur lampu pada sisi kiri jalan, sementara titik iluminasi minimum berada di area batas jangkauan pancaran antar tiang sebesar 1,65 Lux pada sisi kanan jalan. Nilai pemerataan pencahayaan atau uniformitas yang dihasilkan adalah 0,174, di mana nilai tersebut telah berada di atas ambang batas minimal yang disyaratkan oleh SNI 7391:2008 yaitu sebesar 0,10. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan lampu LED Ladvance Street MD 90W mampu memberikan aspek visual keselamatan berkendara yang aman dan bebas dari efek silau (*glare*) yang timpang bagi masyarakat Desa Jeruju Besar.

Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Dalam redesain PJU Konvensional dan PJU Tenaga Surya di Jalan Desa Jeruju Besar ini, peneliti juga melakukan perhitungan rencana anggaran biaya (RAB). Penataan biaya investasi awal dibagi berdasarkan sistem yang dipilih. Untuk menyusun Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang akurat untuk 85 titik Penerangan Jalan Umum (PJU) di Jalan Desa Jeruju Besar (panjang 4.200 meter, jarak antar tiang 50 meter), kita harus membaginya menjadi dua draf pilihan sistem agar pemerintah desa dapat membandingkan anggarannya secara objektif.

Berikut adalah estimasi rincian komponen harga material dan jasa pemasangan berdasarkan standar harga umum pekerjaan elektrikal saat ini:

RAB PJU Konvensional (Sistem Jaringan PLN)

Sistem ini menggunakan kabel jaringan udara (Kabel TC) sepanjang jalan dan terhubung ke Box Panel & KWh Meter PLN baru.

Tabel 3 Rencana Anggaran Biaya (RAB) PJU Konvensional

No.	Uraian Pekerjaan / Material	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Total (Rp)
I. Pekerjaan Pendahuluan					
1.	K3 (Keselamatan Kerja) & Administrasi	Set	1	Rp. 850.000	Rp. 850.000
2.	Pembersihan Lokasi Jalur Tiang	Isn	1	Rp. 2.500.000	Rp. 2.500.000
II. Material Jaringan dan Instalasi Listrik					
1.	Kabel Udara Jenis TC 2 × 10 mm ²	meter	4.250	Rp. 8000	Rp. 34.000.000
2.	Pole Bracket dan Perlengkapan Isolasi	Buah	85	35.000	2.975.000
3.	Service Wedge Clamp & Tapping Connector	Set	170	28.000	4.760.000
4.	Jasa Penarikan & Pemasangan Kabel Jaringan	Titik	85	135.000	11.475.000
III. Materil Lampu Penerangan					
1.	Lampu Jalan LED 90 Watt Standar SNI	Buah	85	2.500.000	212.500.000
2.	Kabel Turun Tiang NYY 2 x 2.5 mm ²	Meter	680	20.000	13.600.000
3.	Jasa Instalasi Lampu & Ornament Lengan	Titik	85	220.000	18.700.000
IV. Pengadaan kWh Meter & Box Panel Distribusi					
1.	Penyambungan Daya Baru PLN (Daya 4.400 VA x 2 Unit)	VA	8.800	1.850	16.280.000
2.	Pengadaan Box Panel PJU + Komponen Kontrol/Timer	Set	2	8.300.000	16.600.000
V. Pekerjaan Tiang Lampu Pondasi					
1.	Tiang PJU Oktagonal Single Ornament 7 Meter	Batang	85	6.500.000	552.500.000
2.	Pondasi Tiang Beton + Angkur Baut	Titik	85	1.250.000	106.250.000
3.	Jasa Mendirikan Tiang PJU 7 Meter	Titik	85	1.500.000	127.500.000
VI. Peralatan Penunjang Transportasi					
1.	Mobilisasi Material & Sewa Crane Mobil	Rit	5	1.500.000	7.500.000
SUB TOTAL					1.128.040.000
PPN 11%					124.084.400
TOTAL ESTIMASI BIAYA INVESTASI (PJU KONVENSIONAL)					Rp1.252.124.400

(Sumber : Data Olahan)

RAB PJU Tenaga Surya/Solar Cell (Sistem Mandiri)

Sistem ini berdiri mandiri di setiap tiang menggunakan panel surya dan baterai lithium, tanpa memerlukan jaringan kabel penghubung antar-tiang dan tanpa box panel pusat.

Tabel 4 Rencana Anggaran Biaya (RAB) Tenaga Surya/Solar Cell

No.	Uraian Pekerjaan / Material	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Total (Rp)
I. Pekerjaan Pendahuluan					
1.	K3 (Keselamatan Kerja) & Administrasi	Set	1	Rp. 850.000	Rp. 850.000
2.	Pembersihan Lokasi Jalur Tiang	lsn	1	Rp. 2.500.000	Rp. 2.500.000
II. Material Paket Lampu PJU Solar Cell (All-In-Two / All-In-One)					
1.	Paket Lampu LED 90W + Modul Panel Surya + Baterai Lithium + Smart Controller Terintegrasi	Unit	85	9.500.000	807.500.000
2.	Bracket Dudukan Panel Surya & Modul Lampu	Buah	85	350.000	29.750.000
3.	Jasa Perakitan & Instalasi Modul Solar Cell Atas Tiang	Titik	85	300.000	25.500.000
III. Pekerjaan Tiang Lampu & Pondasi					
1.	Tiang PJU Oktagonal Khusus Solar Cell 7 Meter (Konstruksi lebih kokoh untuk menahan beban panel surya)	Batang	85	7.000.000	595.000.000
2.	Pondasi Beton Tulang + Angkur Baut Berkualitas Tinggi	Titik	85	1.400.000	119.000.000
3.	Jasa Mendirikan Tiang PJU 7 Meter	Titik	85	1.500.000	127.500.000
IV. Peralatan Penunjang & Keamanan					
1.	Mobilisasi Material ke Desa Jeruju Besar + Sewa Crane	Rit	85	1.500.000	7.5000.000
2.	Sistem Pengunci Anti-Maling Baterai/Panel	Set	5	150.000	12.750.000
SUB TOTAL					1.727.850.000
PPN 11%					190.063.500
TOTAL ESTIMASI BIAYA INVESTASI (PJU KONVENSIONAL)					Rp1.917.913.500

(Sumber : Data Olahan)

Perhitungan RAB Dengan Proporsi Seimbang

Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) ini disusun sebagai rekomendasi alternatif dalam menyeimbangkan besarnya biaya investasi awal (*capital expenditure*) dengan efisiensi biaya operasional jangka panjang (*operational expenditure*). dalam analisis bab ini, sistem penempatan lampu dibagi menjadi dua jenis dengan proporsi seimbang 50% : 50%, yaitu:

1. PJU Konvensional (Listrik PLN) sebanyak 43 titik lampu.

Estimasi rincian biaya pengadaan dan instalasi untuk 43 titik lampu adalah sebagai berikut:

Tabel 5 PJU Konvensional (Listrik PLN) sebanyak 43 titik lampu

No.	Uraian Pekerjaan / Material	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Total (Rp)
I. Pekerjaan Pendahuluan					
1.	K3 (Keselamatan Kerja) & Administrasi	Set	1	Rp. 850.000	Rp. 850.000
2.	Pembersihan Lokasi Jalur Tiang	lsn	0,5	Rp. 2.500.000	Rp. 1.250.000
II. Material Jaringan dan Instalasi Listrik					
1.	Kabel Udara Jenis TC 2 × 10 mm ²	meter	2.125	Rp. 8000	Rp. 17.000.000
2.	Pole Bracket dan Perlengkapan Isolasi	Buah	43	35.000	1.505.000
3.	Service Wedge Clamp & Tapping Connector	Set	86	28.000	2.408.000
4.	Jasa Penarikan & Pemasangan Kabel Jaringan	Titik	43	135.000	5.805.000
III. Materil Lampu Penerangan					
1.	Lampu Jalan LED 90 Watt Standar SNI	Buah	43	2.500.000	107.500.000
2.	Kabel Turun Tiang NYY 2 x 2.5 mm ²	Meter	344	20.000	6.880.000
3.	Jasa Instalasi Lampu & Ornament Lengan	Titik	43	220.000	9.460.000
IV. Pengadaan kWh Meter & Box Panel Distribusi					
1.	Penyambungan Daya Baru PLN (Daya 4.400 VA)	VA	8.800	1.850	8.140.000
2.	Pengadaan Box Panel PJU + Komponen Kontrol/Timer	Set	1	8.300.000	8.300.000
V. Pekerjaan Tiang Lampu Pondasi					
1.	Tiang PJU Oktagonal Single Ornament 7 Meter	Batang	43	6.500.000	279.500.000
2.	Pondasi Tiang Beton + Angkur Baut	Titik	43	1.250.000	53.750.000
3.	Jasa Mendirikan Tiang PJU 7 Meter	Titik	43	1.500.000	64.500.000
VI. Peralatan Penunjang Transportasi					
1.	Mobilisasi Material & Sewa Crane Mobil	Rit	3	1.500.000	4.500.000
SUB TOTAL					571.348.000
PPN 11%					62.848.280
TOTAL ESTIMASI BIAYA INVESTASI (PJU KONVENSIIONAL)					Rp634.196.280

(Sumber : Data Olahan)

2. PJU Tenaga Surya (PJUTS / Solar Cell) sebanyak 42 titik lampu.

Estimasi rincian biaya pengadaan dan instalasi untuk 42 titik lampu adalah sebagai berikut:

Tabel 6 PJU Tenaga Surya (PJUTS / Solar Cell) sebanyak 42 titik lampu

No.	Uraian Pekerjaan / Material	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Total (Rp)
I. Pekerjaan Pendahuluan					
1.	K3 (Keselamatan Kerja) & Administrasi	Set	1	Rp. 850.000	Rp. 850.000

2.	Pembersihan Lokasi Jalur Tiang	lsn	0,55	Rp. 2.500.000	Rp. 1.250.000
II. Material Paket Lampu PJU Solar Cell (All-In-Two / All-In-One)					
1.	Paket Lampu LED 90W + Modul Panel Surya + Baterai Lithium + Smart Controller Terintegrasi	Unit	42	9.500.000	399.000.000
2.	Bracket Dudukan Panel Surya & Modul Lampu	Buah	42	350.000	14.700.000
3.	Jasa Perakitan & Instalasi Modul Solar Cell Atas Tiang	Titik	42	300.000	12.600.000
III. Pekerjaan Tiang Lampu & Pondasi					
1.	Tiang PJU Oktagonal Khusus Solar Cell 7 Meter (Konstruksi lebih kokoh untuk menahan beban panel surya)	Batang	42	7.000.000	294.000.000
2.	Pondasi Beton Tulang + Angkur Baut Berkualitas Tinggi	Titik	42	1.400.000	58.800.000
3.	Jasa Mendirikan Tiang PJU 7 Meter	Titik	42	1.500.000	63.000.000
IV. Peralatan Penunjang & Keamanan					
1.	Mobilisasi Material ke Desa Jeruju Besar + Sewa Crane	Rit	3	1.500.000	7.5000.000
2.	Sistem Pengunci Anti-Maling Baterai/Panel	Set	42	150.000	12.750.000
SUB TOTAL					1.727.850.000
PPN 11%					190.063.500
TOTAL ESTIMASI BIAYA INVESTASI (PJU KONVENSIONAL)					Rp949.050.000

(Sumber : Data Olahan)

Berdasarkan hasil perencanaan ulang (redesain) sistem Penerangan Jalan Umum (PJU) sepanjang 4.200 meter dengan kebutuhan 85 titik lampu di Jalan Desa Jeruju Besar, terdapat perbedaan struktur anggaran yang sangat signifikan antara kedua sistem. PJU Konvensional Sistem ini membutuhkan total estimasi biaya investasi sebesar Rp1.252.124.400 (sudah termasuk PPN 11%). Anggaran terbesar dialokasikan pada komponen fisik infrastruktur, seperti pengadaan Tiang PJU Oktagonal 7 Meter (Rp552.500.000) dan pengadaan fisik Lampu Jalan LED 90 Watt standar SNI (Rp212.500.000). Kelemahan utama dari sistem konvensional ini adalah munculnya ketergantungan biaya operasional pasca-pemasangan, di mana pemerintah desa harus membayar tagihan listrik berkala kepada PLN sebesar Rp3.978.714,00 per bulan (atau sekitar Rp47.744.568,00 per tahun).

PJU Tenaga Surya / Solar Cell Sistem mandiri ini membutuhkan biaya investasi awal yang jauh lebih tinggi, yaitu mencapai Rp1.917.913.500 (sudah termasuk PPN 11%). Tingginya biaya awal dipicu oleh mahalnya Paket Lampu LED 90W yang sudah terintegrasi langsung dengan modul panel surya, baterai lithium, dan *smart controller* senilai Rp807.500.000. Selain itu, tiang oktagonal yang digunakan harus memiliki konstruksi khusus yang lebih kokoh untuk menahan beban panel surya di atasnya. Meskipun modal awalnya membengkak, keunggulan mutlak dari sistem ini adalah biaya operasional konsumsi listrik harian dari PLN menjadi Rp0,00 (Gratis) seumur hidup produk karena pasokan energi disuplai sepenuhnya oleh matahari. Secara jangka pendek, PJU Konvensional menghemat anggaran investasi awal desa sebesar Rp665.789.100 dibandingkan PJU Tenaga Surya. Namun, secara jangka panjang, PJU Tenaga Surya jauh

lebih efisien karena membebaskan kas keuangan desa dari beban tagihan listrik bulanan PLN yang bersifat permanen.

Perbandingan PJU Konvensional dengan PJU Tenaga Surya

Tabel 7 Perbandingan PJU Konvensional dengan PJU Tenaga Surya

Dimensi analisis	PJU Konvensional	PJU Tenaga Surya
Investasi Awal	Lebih Rendah (Rp1,25 Miliar per 85 titik, sudah termasuk PPN)	Lebih Tinggi (Rp1,91 Miliar per 85 titik, akibat harga paket solar panel & baterai)
Biaya Operasional	Permanen (Rp3,97 Juta/bulan atau Rp47,7 Juta/tahun untuk membayar tagihan listrik PLN)	Rp0,00 (Gratis), karena memanfaatkan sumber energi matahari sepenuhnya
Ketergantungan Infrastruktur	Sangat Tinggi, membutuhkan penarikan kabel udara (Kabel TC) dan pemasangan Box Panel/KWh Meter baru	Mandiri (Off-Grid), tiap tiang memiliki sistem pembangkitan dan penyimpanan energinya sendiri
Kerentanan Pemadaman	Ikut padam jika terjadi gangguan jaringan atau pemadaman listrik massal dari PLN.	Tetap menyala mandiri meski area sekitar sedang mengalami pemadaman listrik PLN.
Kemudahan Pemasangan	Lebih rumit karena harus menyelaraskan jalur kabel antartiang agar aman dari kendala eksternal	Sangat cepat dan praktis, cukup mendirikan tiang tanpa perlu instalasi kabel antartiang
Risiko Keamanan Komponen	Relatif rendah (komponen panel terkunci di satu titik aman)	Risiko pencurian baterai/panel lebih tinggi pada tiang, membutuhkan sistem pengunci khusus
Keandalan Cuaca	100% Stabil	Tergantung Baterai
Kondisi Tepi Jalan	Kabel udara rentan angin	Sangat Cocok

(Sumber : Data Olahan)

Dari hasil tabel perbandingan antara PJU Konvensional dan PJU Tenaga Surya, Penentuan rekomendasi teknis untuk sistem Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS) di Jalan Desa Jeruju Besar tidak hanya didasarkan pada pemenuhan target daya lampu LED 90 Watt, melainkan harus mengintegrasikan analisis kondisi iklim mikro setempat dan karakteristik topografi tepi jalan. Berdasarkan data geografis wilayah Kabupaten Kubu Raya, kawasan ini memiliki tantangan berupa intensitas curah hujan yang relatif tinggi sepanjang tahun dengan frekuensi hari mendung yang cukup sering. Namun, parameter ini diimbangi oleh kondisi visual riil di sepanjang tepi Jalan Desa Jeruju Besar yang cenderung bersih, terbuka, serta minim dari vegetasi pohon tinggi yang dapat menghalangi datangnya cahaya (*shading effect*) dapat di lihat pada gambar 4.2. Oleh karena itu, diperlukan konfigurasi teknologi komponen PJUTS yang spesifik agar sistem mampu memanen energi matahari secara maksimum sekaligus memiliki ketahanan operasi jangka panjang.



Gambar 1 Kondisi Ruas Jalan

Sistem PJUTS yang paling direkomendasikan untuk diterapkan di Desa Jeruju Besar adalah tipe *Semi-Integrated* (Two-In-One). Pada sistem ini, komponen lampu LED, baterai penyimpanan, dan unit *controller* telah terintegrasi di dalam satu kompartemen kap lampu (*armature*), sedangkan papan modul panel surya (*solar panel*) dipasang secara terpisah di bagian ujung paling atas tiang. Pemilihan tipe *Two-In-One* ini memberikan keunggulan berupa efisiensi waktu instalasi di lapangan, proteksi yang lebih aman dari risiko pencurian baterai karena posisinya berada di ketinggian tiang 7 meter, serta mempermudah akses pemeliharaan berkala oleh teknisi desa jika dibandingkan dengan tipe konvensional yang meletakkan box baterai di bawah tanah atau tipe *All-In-One* yang memiliki sudut kemiringan panel surya statis.

Guna mengatasi fluktuasi cuaca mendung di Kubu Raya, komponen pemanen energi wajib menggunakan jenis *Monocrystalline Silicon Solar Module* dengan kapasitas minimal 180 WP hingga 200 WP. Karakteristik kristal tunggal pada tipe *Monocrystalline* memiliki efisiensi konversi sel tertinggi (*cell efficiency*) mencapai 20-22%, sehingga tetap mampu menyerap arus pengisian baterai secara optimal meskipun kondisi langit sedang berawan atau tertutup mendung tipis. Faktor ketiadaan pohon di sepanjang tepi jalan Desa Jeruju Besar harus dimanfaatkan secara optimal dengan mengatur sudut kemiringan (*tilt angle*) panel surya sebesar 10° hingga 15° menghadap ke arah selatan/utara (sesuai koordinat lintang geografis desa). Sudut kemiringan ini berfungsi ganda sebagai mekanisme pembersihan mandiri (*self-cleaning*) saat terjadi hujan deras, di mana air hujan akan langsung meluruhkan debu atau kotoran burung yang menempel di atas permukaan kaca sel surya tanpa adanya hambatan dari kanopi pepohonan.

Untuk sektor penyimpanan daya dan manajemen energi, teknologi yang direkomendasikan adalah baterai *Lithium Iron Phosphate* (LiFePO₄) berkapasitas 12.8V / 80Ah yang dikombinasikan dengan *Smart Solar Charge Controller* (SCC) tipe MPPT (*Maximum Power Point Tracking*). Baterai LiFePO₄ dipilih karena memiliki kerapatan energi yang tinggi, bobot ringan, serta siklus hidup (*lifespan*) yang sangat panjang mencapai lebih dari 3.000 siklus (estimasi umur pakai 5 hingga 8 tahun) serta tahan terhadap akumulasi suhu panas di dalam kap lampu *outdoor*. Penggunaan *Controller* tipe MPPT mampu meningkatkan efisiensi pengisian hingga 30% lebih tinggi dibanding tipe PWM standar.

Mengingat intensitas aktivitas ekonomi malam hari warga Desa Jeruju Besar yang tinggi seperti kegiatan mencongkel kopra sistem kontrol lampu harus dilengkapi fitur *Smart Dimming System* berbasis sensor waktu (*timer*) selama 12 jam beroperasi (pukul 17.30 hingga 05.30 WIB). Skema *dimming* diatur secara modular, yaitu menyala 100% penuh pada pukul 17.30–22.00 WIB untuk mendukung puncak mobilitas warga, kemudian meredup otomatis ke kapasitas 50-60% pada pukul 22.00–02.00 WIB saat jalanan sepi, dan naik kembali ke kapasitas 80% pada pukul 02.00–05.30 WIB guna menyambut

aktivitas subuh warga ke pasar atau perkebunan. Sistem ini juga wajib memiliki konfigurasi *Autonomy Days* minimal selama 3 hari, yang menjamin lampu LED 90 Watt tetap dapat menyala normal sepanjang malam meskipun wilayah Desa Jeruju Besar dilanda hujan atau cuaca mendung total selama tiga hari berturut-turut tanpa adanya asupan sinar matahari langsung.

Analisis Dampak Redesain PJU Terhadap Aktivitas Masyarakat

Penerapan redesain PJU menggunakan sistem Konvensional maupun Tenaga Surya, akan menggantikan fasilitas lama yang belum memenuhi standar menjadi lampu LED 90 Watt dengan sebaran cahaya yang merata dan seragam. Berdasarkan hasil simulasi Dialux, kualitas pencahayaan baru ini telah memenuhi standar kelayakan fungsional jalan lokal (SNI 7391:2008). Hal tersebut akan membawa dampak positif yang sangat nyata bagi mobilitas masyarakat Desa Jeruju Besar.

Sebagai jalur utama masyarakat, Jalan Desa Jeruju Besar memiliki intensitas kendaraan yang ramai setiap hari. Penggunaan lampu LED 90 Watt yang menghasilkan cahaya terang, lembut, merata, dan tidak menyilaukan akan meningkatkan visibilitas pengendara secara drastis. Warga yang harus menempuh perjalanan jauh keluar masuk kota atau para pekerja yang pulang pada larut malam kini dapat berkendara dengan rasa aman, minim risiko kecelakaan, dan terhindar dari potensi tindak kejahatan jalanan.

Pencahayaan jalan yang memadai memberikan jaminan keselamatan bagi anak-anak sekolah. Khususnya bagi para siswa yang harus berangkat di waktu subuh saat kondisi masih gelap atau mereka yang terpaksa pulang menjelang malam akibat kegiatan ekstrakurikuler di sekolah. Keberadaan lampu PJU yang standar menghilangkan area-area gelap yang rawan dan berbahaya bagi keselamatan anak.

Sektor ekonomi mikro masyarakat Desa Jeruju Besar sangat bergantung pada aktivitas pasca-panen perkebunan, salah satunya adalah menyungkil (mencongkel) Kopra yang sering kali terpaksa dikerjakan pada malam hari. Melalui redesain PJU dengan jarak antar-tiang yang ideal (50 meter), kualitas iluminasi rata-rata di lapangan mencapai 9,50 Lux (memenuhi standar SNI). Cahaya yang menyebar merata ini menghilangkan *blank spot* (area gelap gulita) di sekitar pekarangan dan tepi jalan. Warga dapat bekerja mencongkel Kopra di malam hari dengan pencahayaan yang sangat memadai, sehingga meningkatkan produktivitas hasil kerja, mempercepat proses produksi, serta menekan risiko cedera fisik akibat penggunaan alat tajam dalam kondisi minim cahaya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, perhitungan teknis, dan simulasi yang telah dilakukan mengenai Evaluasi Teknis Penerangan Jalan Umum (PJU) di Jalan Desa Jeruju Besar, Kecamatan Sungai Kakap, Kabupaten Kubu Raya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil evaluasi kondisi eksisting menunjukkan bahwa sistem penerangan di Jalan Desa Jeruju Besar belum memenuhi spesifikasi standar BSN SNI 7391:2008. Fisik tiang yang masih menempel pada tiang jaringan PLN menyebabkan ketinggian lampu tidak seragam (berkisar antara 6,105 hingga 8,348 meter) dan sebaran cahaya terkonsentrasi hanya di bawah tiang, sehingga menimbulkan banyak area gelap (*blank spot*) yang mengurangi kenyamanan dan visibilitas aktivitas masyarakat di malam hari.
2. Berdasarkan hasil perhitungan teknis redesain pada Jalan Lokal Sekunder sepanjang 4.200 meter dan lebar 6 meter, diperoleh rekomendasi pemasangan sistem PJU sebanyak 85 titik lampu dengan spesifikasi tinggi tiang 7 meter dan penataan jarak antar tiang seragam sejauh 50 meter menggunakan konfigurasi sejajar/rata kiri. Rekomendasi ini menghasilkan parameter teknis berupa sudut kemiringan stang

ornament sebesar 27,1°, intensitas cahaya lampu sebesar 931,05 cd, dan tingkat iluminasi pada titik ujung jalan sebesar 6,71 Lux.

3. Hasil validasi melalui simulasi perangkat lunak Dialux 4.13 terhadap redesain lampu LED Ladvance Street MD 90 Watt menunjukkan status MEMENUHI standar kelayakan fungsional SNI 7391:2008. Hal ini dibuktikan dengan perolehan nilai Iluminasi Rata-rata (Eav) sebesar 9,50 Lux (dari rentang standar 5,00 – 11,00 Lux), tingkat Uniformitas Keseluruhan sebesar 0,174 (dari batas minimal $\geq 0,10$), serta Uniformitas Longitudinal sebesar 0,091 (dari batas minimal $\geq 0,05$). Kualitas pencahayaan ini mampu memberikan aspek visual yang aman dan bebas dari efek silau bagi pengguna jalan.
4. Ditinjau dari aspek konsumsi energi dan pembiayaan operasional, implementasi lampu rekomendasi LED 90 Watt terbukti jauh lebih efisien dibandingkan penggunaan lampu konvensional lama (jenis SON-T 150 Watt). Penggunaan LED 90 Watt mampu menekan konsumsi energi harian per lampu dari 1,8 kWh menjadi 1,08 kWh, yang berdampak secara akumulatif pada penghematan pengeluaran biaya listrik operasional tahunan desa dari Rp79.574.076,00 menjadi Rp47.744.568,00. Sementara itu, opsi PJU Tenaga Surya (Solar Cell) menawarkan efisiensi jangka panjang berupa biaya pemakaian listrik PLN sebesar Rp0 karena memanfaatkan kemandirian suplai energi surya, meskipun membutuhkan draf anggaran investasi awal material yang lebih tinggi.

Saran

Beberapa saran teknis dan manajerial yang dapat direkomendasikan berdasarkan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pemerintah Desa Jeruju Besar disarankan secara bertahap mulai menerapkan redesain sistem PJU dengan konfigurasi sejajar/rata kiri menggunakan lampu LED berdaya minimal 90 Watt untuk menggantikan lampu konvensional demi mengoptimalkan aspek keselamatan berkendara dan mendukung produktivitas ekonomi malam hari warga desa.
2. Pengadaan tiang lampu ke depan sebaiknya beralih dari pemanfaatan tiang PLN eksisting ke tiang mandiri berbahan baja galvanis setinggi 7 meter. Hal ini penting dilakukan agar keseragaman tinggi tiang, sudut kemiringan lengan stang (27,1°), dan jarak antar tiang (50 meter) dapat dikontrol secara presisi demi menjaga pemerataan distribusi cahaya di seluruh badan jalan.
3. Mengingat tingginya biaya investasi awal untuk implementasi PJU Tenaga Surya secara menyeluruh, instansi terkait dapat mempertimbangkan kombinasi penerapan sistem, misalnya memprioritaskan PJU Tenaga Surya pada titik ruas jalan desa yang belum terjangkau kabel distribusi PLN, dan menerapkan PJU Konvensional LED pada area dekat jaringan utama.
4. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk memperluas cakupan analisis kelayakan investasi finansial, seperti menghitung nilai Payback Period (periode pengembalian modal) secara mendalam antara PJU jaringan PLN baru dan draf investasi baterai/komponen PJU Tenaga Surya dalam siklus umur teknisnya.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Gutierrez-Escolar, A. Castillo-Martinez, and J. A. Gomez-Pulido, "A review of energy efficiency in street lighting systems," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 73, pp. 368–378, 2017.
- A. Hamka, "Implementasi sistem informasi pengelolaan perlengkapan dan pengawasan lampu penerangan jalan umum (PJU) serta fasilitas jalan berbasis aplikasi pada Dinas Perhubungan Kabupaten Berau," *Musyteri Neraca*, vol. 3, no. 10, 2024. [Online]. Available: <https://ejournal.warunayama.org/index.php/musytarineraca/article/view/2119>.

- A. Hernawan et al., "Evaluasi kinerja sistem PLTS hybrid," *Transmisi: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 26, no. 1, pp. 31–39, 2024.
- A. Kharisma et al., "Kajian potensi energi surya sebagai alternatif energi listrik," *Journal of Emerging Energy and Technology*, vol. 5, no. 2, pp. 145–154, 2024.
- Badan Standardisasi Nasional, SNI 7391: Spesifikasi Penerangan Jalan di Kawasan Perkotaan. Jakarta, Indonesia: BSN, 2008.
- D. O. Akinyele and R. K. Rayudu, "Review of energy storage technologies for sustainable power networks," *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 8, pp. 74–91, 2014.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014. Jakarta, Indonesia: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017.
- M. A. Khan and M. H. Arsalan, "Solar power technologies for sustainable electricity generation – A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 55, pp. 414–425, 2016.
- M. El-Shimy, "Viability analysis of PV powered street lighting systems," *Renewable Energy*, vol. 38, no. 1, pp. 189–197, 2012.
- M. U. Bahagiya et al., "Implementasi panel surya sebagai sumber listrik tambahan," *Scientica Journal*, vol. 2, no. 3, pp. 236–240, 2024.
- P. Bhusal, E. Tetri, and L. Halonen, "Lighting quality and energy efficiency in road lighting systems: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 104, pp. 357–371, 2019.
- R. B. Prasetyo et al., "Desain sistem pembangkit listrik tenaga surya," *Journal of Emerging Energy and Technology*, vol. 5, no. 3, pp. 47–59, 2024.
- Sangkertadi, *Rekayasa Pencahayaan Jalan*. Yogyakarta, Indonesia, 2006.
- Sihombing et al., "Pengembangan smart penerangan jalan umum (PJU) tenaga surya dengan adaptive dimming," *Journal of Electrical Engineering and Renewable Energy*, vol. 5, no. 1, pp. 15–21, 2026.
- Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung, Indonesia: Alfabeta, 2019.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan.