

**ANALISA KELAYAKAN PENERANGAN JALAN UMUM SESUAI
STANDAR SNI PADA RUAS JALAN TOLL SIMPANG SUSUN
GERBANG KELUAR TOL BANDARA ADI SOEMARMO SOLO**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Laporan ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh Gelar S1 pada
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam
Sultan Agung Semarang



DISUSUN OLEH :

MUHAMMAD AMIN SUPRAYOGA

NIM. 30602200053

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2025

FINAL PROJECT

**FEASIBILITY ANALYSIS OF PUBLIC STREET LIGHTING IN ACCORDANCE
WITH SNI STANDARDS ON THE TOLL ROAD INTERMEDIATION AND ADI
SOEMARMO SOLO AIRPORT TOLL EXIT GATE**

*Proposed to complete the requirement to obtain a bachelor's degree (S1) at
Departement of Electrical Engineering, Faculty of Industrial Technology,*

Universitas Islam Sultan Agung Semarang



**MAJORING OF ELECTRICAL ENGINEERING
INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2025

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “Analisa Kelayakan Penerangan Jalan Umum Sesuai Standar SNI Pada Ruas Jalan Jalan Toll Simpang Susun Gerbang Keluar Toll Bandara Adi Soemarmo Solo”. ini disususn oleh :

Nama : Muhammad Amin Suprayoga

NIM : 30602200053

Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 27 November 2025

Pembimbing I

Dr.Ir. Agus Adhi Nugroho, MT.,IPM.

NIDN. 06208086501

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro

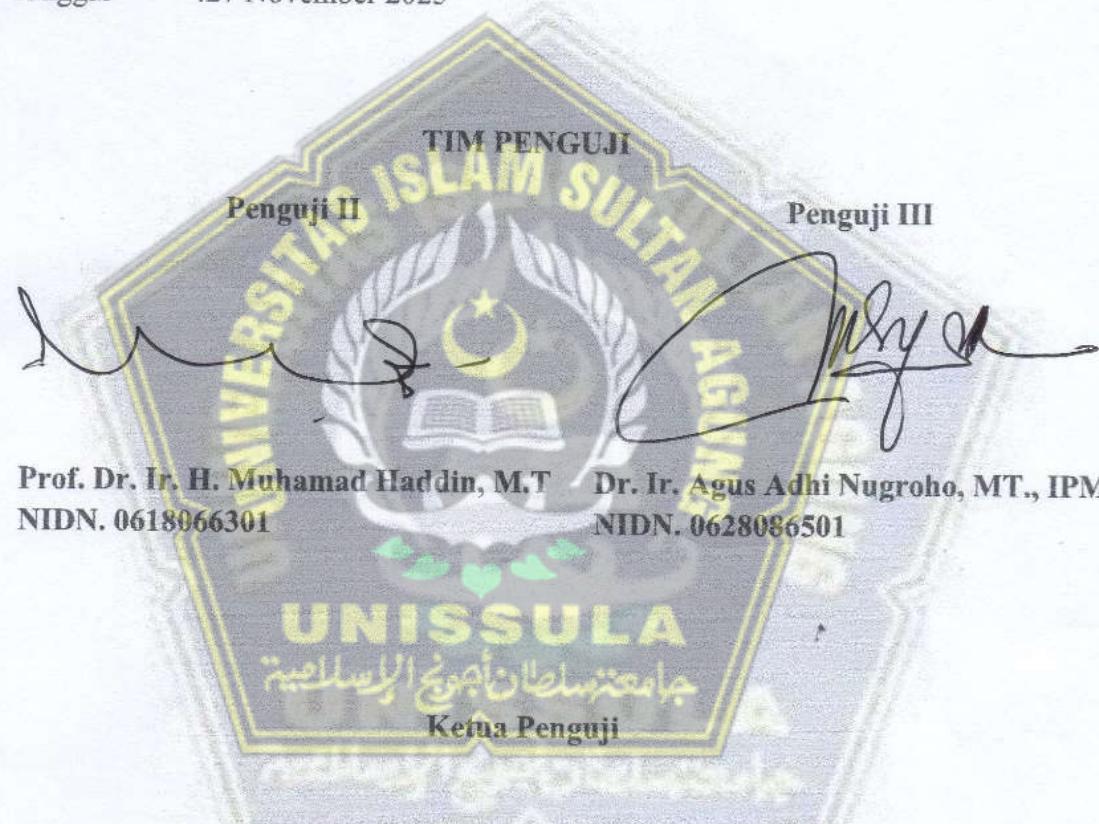


LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “Analisa Kelayakan Penerangan Jalan Umum Sesuai Standar SNI Pada Ruas Jalan Jalan Toll Simpang Susun Gerbang Keluar Toll Bandara Adi Soemarmo Solo” ini telah diperlihatkan didepan dosen penguji sidang Tugas Akhir pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 27 November 2025



Ir. Ida Widihastuti, M.T.

NIDN. 0005036501

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini adalah :

Nama : Muhammad Amin Suprayoga

NIM : 30602200053

Judul Tugas Akhir : Analisa Kelayakan Penerangan Jalan Umum Sesuai Standar SNI Pada Ruas Jalan Jalan Toll Simpang Susun Gerbang Keluar Toll Bandara Adi Soemarmo Solo

Dengan ini saya menyatakan bahwa judul dari isi Laporan Tugas Akhir yang saya kerjakan sebagai syarat untuk menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Elektro Tersebut adalah asli dan orisinal (bukan plagiat) serta belum pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan oleh siapapun baik keseluruhan maupun sebagian, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka, dan apabila dikemudian hari ternyata bahwa judul Tugas Akhir tersebut pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

UNISSULA

جامعة سلطان عبد العزiz الإسلامية

Semarang, 26 November 2025

Yang menyatakan,



Muhammad Amin Suprayoga

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Amin Suprayoga

NIM : 30602200053

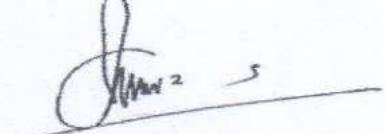
Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknologi Industri

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir dengan judul : **“Analisa Kelayakan Penerangan Jalan Umum Sesuai Standar SNI Pada Ruas Jalan Jalan Toll Simpang Susun Gerbang Keluar Toll Bandara Adi Soemarmo Solo”** Menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung Semarang serta memberikan Hak bebas Royalti Non-Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dalam pangkalan data, dan dipublikasikan di internet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap menyantumkan nama penulis sebagai pemilik hak cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang akan timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Semarang, 26 November 2025

Yang menyatakan



Muhammad Amin Suprayoga

HALAMAN PERSEMPAHAN

Pertama,

Teruntuk kedua orang tua saya (Alm. Bp. Sunardi & Ibu Sri Wahyuni) terimakasih untuk jasa yang telah merawat dan memberi motivasi, terkhusus untuk ibu yang selalu memberi nasihat serta doa hingga saya berada di titik sekarang dan kakak perempuan saya (Puspa Sari Kinasih). Terimakasih untuk semangat sehingga saya dapat menyelesaikan studi ini. Juga kepada pasangan saya (Hapsari Sifa Widyanti) yang tak pernah berhenti memotivasi dan membantu serta mendoakan agar bisa segera menyelesaikan pendidikan saya ini

Kedua,

Teruntuk Dosen Pembimbing serta kepada seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah memberikan ilmu dan motivasi dalam menyelesaikan studi.

Ketiga,

Teruntuk sahabat seperjuangan Tugas Akhir dan teman-teman Teknik Elektro angkatan 2022 yang telah memberikan motivasi dukungan dan semangat dalam menyelesaikan studi.

HALAMAN MOTTO

MOTTO :

“Semua bisa kita kalahkan, kecuali Tuhan dan Doa restu dari Orang Tua kita”

(Evan Dimas Darmono)

“Tanpa mimpi, kita tak akan bisa meraih apapun, Tanpa cinta kita tak akan bisa merasakan apapun, dan tanpa Allah kita bukan siapa-siapa”

(Mezut Ozil)

“Maka sesungguhnya bersama dengan kesulitan selalu ada kemudahan, sesungguhnya bersama kesulitan selalu ada kemudahan”

(Qs. Al-Insyirah : 5-6)

“Jangan menjelaskan tentang dirimu kepada siapapun. Karena yang menyukaimu tidak membutuhkan itu, dan yang membencimu tidak mempercayai itu.”

(Ali bin Abi Thalib)

“Apa yang melewatkanku tidak akan pernah menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkanku, karena pada akhirnya takdir Allah SWT itu baik, walau terkadang perlu air mata untuk menerimanya”

(Umar bin Khattab)

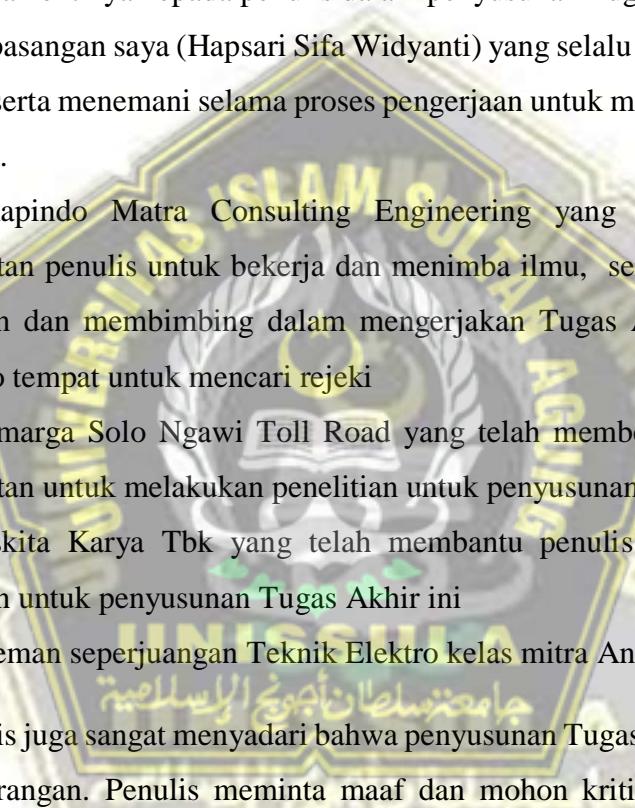
KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahi rabbil 'Alamin segala puja puji syukur bagi Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahnya sehingga masih diberi kesehatan dan kesempatan untuk dapat menyelesaikan penelitian dan laporan Tugas Akhir yang berjudul “Analisa Kelayakan Penerangan Jalan Umum Sesuai Standar SNI Pada Ruas Jalan Jalan Toll Simpang Susun Gerbang Keluar Toll Bandara Adi Soemarmo Solo” dengan lancar dan baik. Shalawat seta salam senantiasa tercurahkan kepada nabi besar kita, Nabi Muhammad SAW, utusan Allah SWT yang membawa cahaya petunjuk kepada semua umat manusia dan semoga kita kelak menerima syafaat beliau. Aamiin Ya rabbal' alamin.

Penyusunan laporan Tugas Akhir ini adalah salah satu syarat mahasiswa/i Jurusan Teknik Elektro Fakultas teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang untuk memperoleh gelar Sarjana. Dalam proses penulisan Tugas Akhir ini tentunya telah diusahakan semaksimal mungkin, dan tentunya banyak pihak yang memberikan bantuan baik moril maupun materil. Untuk itu penulis menyampaikan ucapan banyak terimakasih setulus hati kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Gunarto, SH., MH. Selaku Rektor Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Ibu Dr. Ir. Hj. Novi Marlyana, ST., MT. sebagai Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Munaf Ismail, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
4. Bapak Dr.Ir. Agus Adhi Nugroho, MT.,IPM. selaku dosen wali Teknik Elektro kelas mitra 2022, sekaligus selaku dosen pembimbing yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat, arahan, dukungan, motivasi serta dengan sabar membimbing penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.yang telah memberikan arahan selama menempuh studi.

- 
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen, Tenaga Pendidik dan karyawan Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang atas segala ilmu yang telah diberikan, bimbingan, dan dukungan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
 6. Kedua orang tua saya beserta keluarga yang sangat saya cintai, yang telah memberikan dukungan baik materil maupun non materil dan emosional serta senantiasa memberikan doa, semangat, perhatian, kesabaran, dan kasih sayang yang tiada hentinya kepada penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
 7. Kepada pasangan saya (Hapsari Sifa Widyanti) yang selalu memberi dukungan dan doa serta menemani selama proses penggerjaan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
 8. PT. Eskapindo Matra Consulting Engineering yang telah memberikan kesempatan penulis untuk bekerja dan menimba ilmu, serta mengambil data penelitian dan membimbing dalam mengerjakan Tugas Akhir ini sekaligus memberi tempat untuk mencari rejeki
 9. PT. Jasamarga Solo Ngawi Toll Road yang telah memberikan fasilitas dan kesempatan untuk melakukan penelitian untuk penyusunan Tugas Akhir
 10. PT. Waskita Karya Tbk yang telah membantu penulis dalam melakukan penelitian untuk penyusunan Tugas Akhir ini
 11. Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro kelas mitra Angkatan 2022

Penulis juga sangat menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini memiliki banyak kekurangan. Penulis meminta maaf dan mohon kritik serta saran yang membangun dari berbagai disiplin ilmu agar laporan ini dapat bermanfaat di masa yang akan datang. Akhir kata, penulis berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi para pembaca khususnya penulis, dan dapat menambah wawasan.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullah Wabarakatuh

Semarang, 11 September 2025

Muhammad Amin Suprayoga

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
HALAMAN MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Pembatasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	6
2.1. Tinjauan Pustaka	6
2.2. Landasan Teori.....	8
2.2.1. Lampu Penerangan Jalan.....	10
2.2.2. Satuan Penerangan Sistem International	14

2.2.3. Dasar Merencanakan Penerangan Jalan Perencanaan.....	15
2.2.5. Jenis Penerangan Lampu Jalan.....	19
2.2.6. Posisi penempatan Lampu Jalan	22
2.2.8. Perencanaan Penerangan Jalan Umum.....	27
BAB III METODE PENELITIAN.....	38
3.1. Metode Penelitian.....	38
3.2. Model Penelitian	39
3.3. Parameter Penelitian.....	39
3.4. Obyek Penelitian	40
3.5. Alat dan Bahan Penelitian.....	40
3.4. Data Penelitian	41
3.5. Diagram Alur Penelitian	41
3.6. Tahapan Dalam Penelitian	43
BAB IV ANALISA DAN HASIL PEMBAHASAN.....	45
4.1. Data Hasil Pengukuran.....	45
4.2. Perbandingan Hasil Pengukuran dengan Standar	60
4.3. Validasi Hasil Pengukuran Dengan Rumus	63
4.4. Perbandingan nilai Kuat Pencahayaan dengan variabel daya lampu	73
4.5. Masukan dan Saran untuk Lampu Penerangan di Pintu Tol	74
BAB V PENUTUP.....	77
V.1. Kesimpulan	77
V.2. Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN	82

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Iluminasi Pencahayaan pada Ruas Jalan (SNI 7391 2008) [12]	19
Tabel 2. 2 Bahan-bahan lampu jalan.....	20
Tabel 2. 3 Jenis lampu Penerangan Jalan.....	21
Tabel 2. 4 Rumah Lampu Tipe A.....	23
Tabel 2. 5 Rumah Lampu Tipe B.....	23
Tabel 2. 6 Kriteria penempatan penerangan jalan.....	24
Tabel 2. 7 Kategori Presentase Kualitas Validitas	35
Tabel 4. 1 Pengukuran Kuat Pencahayaan Lampu Penerangan Jalan Tol dari Gerbang Tol Menuju ke Bandara Adi Soemarmo.....	46
Tabel 4. 2 Pengukuran Kuat Pencahayaan Penerangan Lampu Jalan pada Akses masuk Gerbang Tol	48
Tabel 4. 3 Pengukuran Kuat Pencahayaan Lampu Penerangan Jalan Dari Gerbang Tol Bandara ke Arah Kota Semarang Dengan Jenis Tiang Lampu Lengan Tunggal (Single Arm) Jalur B	50
Tabel 4. 4 Pengukuran Kuat Pencahayaan Lampu Penerangan Jalan Dari Kota Solo Menuju ke Arah Gerbang Tol Bandara Dengan Jenis Tiang Lampu Lengan Tunggal (Single Arm) Jalur B	52
Tabel 4. 5 Pengukuran Kuat Pencahayaan Lampu Penerangan Jalan Menuju ke Gerbang Tol Dari Arah Kota Semarang menuju ke Gerbang Tol Dengan Jenis Tiang Lampu Lengan Ganda (Double Arm) Jalur A.....	54
Tabel 4. 6 Pengukuran Kuat Pencahayaan Lampu Penerangan Jalan Menuju ke Gerbang Tol Dari Arah Kota Semarang menuju ke Gerbang Tol Dengan Jenis Tiang Lampu Lengan Tunggal (Single Arm) Jalur A	56
Tabel 4. 7 Pengukuran Kuat Pencahayaan Lampu Penerangan Jalan Dari Gerbang Tol Bandara ke Arah Kota Solo Dengan Jenis Tiang Lampu Lengan Tunggal (Single Arm) Jalur A.....	58
Tabel 4. 8 Hasil Pengukuran kuat pencahayaan rata-rata pada lokasi	60
Tabel 4. 9 Perbandingan nilai kuat pencahayaan antara pengukuran dilapangan dengan perhitungan rumus dan dasar aturan pada SNI 7391-2008.....	65
Tabel 4. 10 Keterangan perbandingan dengan standar yang berlaku sesuai SNI ..	65

Tabel 4. 11 Prosentase Selisih antara perhitungan dan Pengukuran langsung	69
Tabel 4. 12 Perbedaan Penerangan Jalan Umum untuk jalan tol dan jalan biasa atau non tol.....	71
Tabel 4. 13 Tabel Hasil Perbandingan Kuat Pencahayaan dengan variabel daya lampu.....	73



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur dasar LED.....	13
Gambar 2. 2 Kualitas Pencayaan Berdasarkan Jenis Jalan dan Klasifikasinya ...	17
Gambar 2. 3 Pemilihann Letak Lampu pada jalan satu arah.....	22
Gambar 2. 4 Tiang Lampu Lengan Tunggal.....	25
Gambar 2. 5 Tiang Lampu Lengan Ganda.....	26
Gambar 2. 6 Tiang Lampu Tegak Tanpa Lengan ..	27
Gambar 2. 7 Penentuan sudut kemiringan stang ornamen terhadap lebar jalan ..	29
Gambar 2. 8 Titik pengukuran kuat penerangan lampu penerangan jalan dengan lengan ganda.....	36
Gambar 3. 1 alat ukur Lux meter	39
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian	42
Gambar 4. 1 Ilustrasi Pengukuran di titik tengah jalan	45
Gambar 4. 2 Gambar denah dari gerbang toll menuju ke Bandara Adi Soemarmo	47
Gambar 4. 3 Gambar Denah Lokasi Gerbang Tol	48
Gambar 4. 4 Gambar Denah Lokasi dari Gerbang Toll Bandara menuju Ke Kota Semarang.....	51
Gambar 4. 5 Denah Lokasi Dari Kota Solo Menuju Ke Gerbang Bandara	53
Gambar 4. 6 Gambar Denah Lokasi Dari Kota Semarang Menuju Ke Gerbang Toll Bandara	55
Gambar 4. 7 Gambar Denah Lokasi Dari Kota Semarang Menuju Ke Gerbang Toll Bandara	56
Gambar 4. 8 Gambar Denah Lokasi Dari Gerbang Toll Ke Arah Kota Solo	59
Gambar 4. 9 Grafik Kuat Pencahayaan di lokasi berbeda Pada Gerbang Tol Bandara Adi Sumarmo	61
Gambar 4. 10 Grafik Hasil Perhitungan Uniformitas pada lokasi jalan di gerbang Tol	62
Gambar 4. 11 Gambar Denah Interchange Jalan Tol Bandara Adi Soemarmo ...	72
Gambar 4. 12 Grafik Pengaruh Daya Lampu Terhadap Kuat Pencahayaan.....	74



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi pengambilan Data dilapangan	82
Lampiran 2 Denah Lokasi Area	82
Lampiran 3 Kondisi Penerangan Ruas Jalan Interchange Tol Bandara Adi Soemarmo	83
Lampiran 4 Data Spesifikasi Lampu	84
Lampiran 5 Biodata Penulis	87



ABSTRAK

Lampu Penerangan Jalan Umum (PJU) adalah fasilitas vital yang dibutuhkan masyarakat, karena dapat memberikan kenyamanan dan keamanan demi keselamatan pengguna jalan. Instalasi penerangan jalan umum (PJU) yang baik harus dirancang sesuai standar agar berfungsi optimal dan memiliki umur pakai yang panjang. Fokus pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kelayakan penerangan yaitu pada kuat pencahayaan dan pemerataan cahaya di ruas jalan toll Interchange Adi Soemarmo sesuai dengan standar yang telah ditetapkan pada standar SNI 7391:2008, demi memberikan kenyamanan bagi para pengguna jalan tol di ruas tersebut. Tujuan dari penelitian yang dilakukan untuk dapat memberikan saran dan masukan kepada pihak pengelola jalan tol di ruas Interchange Bandara Adi Soemarmo dan diharapkan pengelola melakukan evaluasi dengan melakukan penggantian lampu apabila ditemukan titik lampu yang mendapatkan nilai dibawah standar yang telah dilakukan.

Pengukuran dilaksanakan dengan metode pengukuran secara langsung dilapangan dengan menggunakan alat ukur lux meter digital dengan menempatkan alat ukur di bawah lampu penerangan yang sudah dipasang. Lebar jalan diarea tersebut adalah 11,3 meter dan jarak antar tiang lampu yaitu 40 meter. Hasil pengukuran menunjukkan data bahwa nilai iluminansi rata-rata mencapai 20 lux pada segmen gerbang tol menuju bandara, 22–23,3 lux pada berbagai segmen Jalur A/B, serta 58,5 lux pada area pintu gerbang, dengan nilai uniformitas relatif tinggi ($\approx 0,73$ – $0,94$, melebihi batas minimum 0,4). Validasi teoritis menunjukkan perbedaan hasil pengukuran dan perhitungan sekitar 3–38%, yang masih dapat diterima dalam kondisi lapangan. Secara umum, sistem penerangan telah memenuhi ambang minimal standar iluminansi (SNI 7391:2008 sebesar 15–20 lux) maupun acuan operator setempat (13–15 lux). Namun demikian, intensitas pencahayaan di area pintu gerbang berpotensi menimbulkan silau sehingga diperlukan penyesuaian.

Rekomendasi evaluasi yang diajukan meliputi penggunaan daya lampu yang lebih sesuai atau penambahan optik anti-silau, pemeliharaan berkala, optimalisasi tata letak berbasis perangkat lunak (misalnya DIALux), pemasangan rambu reflektif, serta penambahan fasilitas pendukung keselamatan seperti CCTV dan lampu darurat.

Kata kunci: penerangan jalan umum, iluminansi, luxmeter, SNI 7391:2008, jalan tol



ABSTRACT

Street Lighting (PJU) is a vital facility needed by the community, because it can provide comfort and security for the safety of road users. A good street lighting (PJU) installation must be designed according to standards so that it functions optimally and has a long service life. The focus of this research was carried out to determine the suitability of lighting, namely on the lighting strength and distribution of light on the Adi Soemarmo Interchange toll road section according to the standards set in the SNI 7391: 2008 standard, in order to provide comfort for toll road users on the section. The purpose of the research was to be able to provide suggestions and input to the toll road managers on the Adi Soemarmo Airport Interchange section and it is hoped that the managers will evaluate by replacing the lights if they find light points that get a value below the standards that have been carried out.

Measurements were carried out using a direct measurement method in the field using a digital lux meter by placing the measuring instrument under the installed lighting. The road width in the area is 11.3 meters and the distance between lampposts is 40 meters. The measurement results show data that the average illuminance value reaches 20 lux in the toll gate segment leading to the airport, 22–23.3 lux in various segments of Lane A/B, and 58.5 lux in the gate area, with a relatively high uniformity value (≈ 0.73 –0.94, exceeding the minimum limit of 0.4). Theoretical validation shows a difference in measurement and calculation results of around 3–38%, which is still acceptable in field conditions. In general, the lighting system has met the minimum threshold of the illuminance standard (SNI 7391:2008 of 15–20 lux) and the local operator reference (13–15 lux). However, the lighting intensity in the gate area has the potential to cause glare so adjustments are needed.

The proposed evaluation recommendations include the use of more appropriate lamp power or the addition of anti-glare optics, regular maintenance, software-

based layout optimization (e.g., DIALux), installation of reflective signs, and the addition of safety support facilities such as CCTV and emergency lights.

Key words: public road lighting, illuminance, luxmeter, SNI 7391:2008, toll roads



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Listrik adalah salah satu bentuk energi yang memiliki banyak manfaat serta sangat dibutuhkan untuk segala kebutuhan sehari-hari, dimana energi listrik memiliki fungsi yang sangat penting untuk menunjang segala aktivitas manusia di era modern ini yang dimana-mana sangat bergantung dengan adanya energi listrik. Kebutuhan akan pasokan energi listrik terus mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan ekonomi, perkembangan industri serta juga meningkatnya populasi penduduk. Listrik sendiri banyak diperlukan untuk keperluan rumah tangga, kebutuhan industry maupun digunakan sebagai penunjang fasilitas public, seperti halnya penerangan, suplai energi untuk peralatan elektronika, penunjang telekomunikasi, serta bisa digunakan untuk menghasilkan energi panas dan gerak. Salah satu kebutuhan dan pemanfaatan energi listrik salah satunya untuk kebutuhan akan penerangan umum, dimana salah satunya yaitu untuk menerangi area jalan dan lingkungan di sekitarnya serta fasilitas-fasilitas umum yang lain. Penerangan jalan umum adalah upaya dari pemerintah dan merupakan salah satu program dalam hal memberikan pelayanan sosial kepada masyarakat sebagai pengguna jalan agar lebih nyaman dalam berkendara. Diharapkan dengan pemberian fasilitas penerangan jalan umum dapat mengurangi dan meminimalisir nilai tingkat kecelakaan dan kriminalitas di jalan [1]. Penerangan jalan umum sendiri adalah fasilitas umum, fasilitas umum sendiri berarti memiliki sifat publik atau untuk bersama-biasa, penerangan jalan biasa diletakkan di tengah jalan, tempat-tempat umum lainnya juga salah satunya pada jembatan maupun pada terowongan, yang bertujuan untuk memberikan rasa aman dan nyaman kepada masyarakat saat beraktivitas dan bepergian dimalam hari [2]. Lampu penerangan jalan umum adalah bagian dari bangunan pelengkap jalan yang dapat dipasang di kiri, di kanan atau di tengah jalan [3].

Namun seiring berjalaninya waktu meskipun pada jalan atau area fasilitas umum telah diberi penerangan ditemukan beberapa problem, diantaranya

adanya kecelakaan lalu lintas bahkan tindak kirriminalitas yang diantaranya diakibatkan oleh penerangan area yang tidak sesuai standar. Dengan penerangan yang tidak memenuhi standar berakibat membahayakan bagi pengguna jalan sehingga hal ini perlu menjadi pertimbangan serius bagi pengelola jalan dalam memberikan fasilitas bagi para pengguna jalan. Di jalan tol kejadian kecelakaan lalu lintas juga sering terjadi pada titik-titik lokasi yang kurang mendapatkan pencahayaan yang memadai. Hal ini diperkuat dengan kajian pustaka pada penelitian-penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya dimana hasil yang didapatkan ada beberapa titik area jalan tol yang tidak sesuai standar SNI 7391-2008, dengan berdasarkan hasil tersebut menjadi dasar penelitian ini dilaksanakan yang bertujuan untuk memberikan masukan dan saran bagi pengelola jalan tol yang dijadikan tempat penelitian untuk menindaklanjuti jika ada titik atau area lokasi ditemukan penerangan yang belum memenuhi standar untuk melakukan evaluasi demi meminimalisir kejadian kecelakaan lalu lintas dan mampu memberikan kenyamanan dan kewaspadaan bagi para pengguna jalan.

Area yang tidak mendapatkan pencahayaan yang memadai membuat mata menjadi bekerja lebih ekstra dan konstrasi akan sangat terkuras untuk memperhatikan kondisi jalan yang dimana akan membuat mata menjadi mudah kelelahan. Kemudian ada juga area lokasi yang sangat terang, hal ini juga menimbulkan rasa kurang nyaman bagi pengendara karena para pengendara merasakan silau dari pancaran lampu yang terlalu terang sehingga membuat berkendara menjadi kurang nyaman hal ini juga tentunya harus menjadi perhatian bagi pengelola jalan tol melakukan evaluasi terhadap penerangan di area tersebut.

Pada instalasi penerangan jalan umum yang sudah dibuat atau dioperasikan namun jarang mendapatkan perawatan dan perbaikan , juga akan ditemui masalah pada penerangan jalan umum itu sendiri,dimana masalah itu antara lain sumber cahaya (lampu) yang digunakan bermasalah, perangkat pengaman yang tak berfungsi sebagaimana mestinya, penghantar yang bermasalah. Upaya untuk menangani dan menyelesaikan masalah tersebut yaitu dalam pelaksanaan

pembangunan penerangan jalan umum sangat memerlukan perencanaan yang tepat dan baik, sehingga pemasangan lampu penerangan jalan umum yang akan dipasang memiliki efisiensi yang tinggi, mempunyai efisiensi yang bagus. Untuk mencapai hal tersebut adalah dengan memperhatikan pemilihan jenis lampu lampu yang sesuai, yang akan dipakai menjadi lampu penerangan jalan umum, serta harus memperhatikan perawatan dari penerangan tersebut.

Instalasi penerangan jalan umum yang baik dan tepat yaitu harus mengacu dan sesuai pada aturan dan standar yang telah ditetapkan sesuai BSN SNI 7391:2008 [4] supaya instalasi penerangan jalan umum yang digunakan bisa beroperasi optimal dan memberikan pelayanan dengan baik sebagaimana fungsinya dan mempunyai masa pemakaian yang panjang. Lampu jalan umum yang baik adalah suatu unit lengkap, terdiri dari lampu, pemantul, penyebar, elemen-elemen elektrik, struktur penopang seperti pondasi tiang lampu.

1.2. Perumusan Masalah

Mengacu pada uraian penjelasan di atas, berikut merupakan perumusan masalah pada penelitian ini :

1. Menentukan kelayakan pencahayaan di jalan toll ruas interchange exit gerbang toll Bandara Adi Soemarmo sesuai pada standar yang telah ditentukan
2. Bagaimana kondisi penerangan kuat pencahayaan di ruas jalan toll Interchange exit gerbang toll Bandara Adi Soemarmo

1.3. Pembatasan Masalah

Batasan pembahasan masalah dalam penelitian studi kasus ini dimaksudkan supaya lebih fokus menegenai masalah yang ingin dibahas dan juga tidak meluas pada pembahasan topik yang lain, berikut ini batasan permasalahan yang ada pada penelitian ini pada :

1. Penelitian ini tidak membahas Biaya efisiensi pemakaian tarif Listrik bulanan serta Rencana anggaran biaya pemasangan lampu
2. Penelitian ini juga tidak membahas tentang faktor kebutuhan daya Listrik yang digunakan

3. Penelitian ini hanya membahas Kelayakan pencahayaan di jalan toll ruas interchange exit gerbang toll Bandara Adi Soemarmo pada standar yang telah ditetapkan.

1.4. Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan dari diadakannya penelitian tugas akhir ini harapannya adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui tentang kondisi penerangan jalan pada jalan toll ruas Interchange gerbang exit toll Bandara Adi Soemarmo sudah memenuhi dan sesuai dengan standart yang telah ditentukan.
2. Dapat mengetahui kuat pencahayaan pada penerangan lampu jalan umum yang ada di jalan toll ruas Interchange gerbang exit toll Bandara Adi Soemarmo sesuai standar atau belum
3. Memberikan masukan untuk kenyamanan dan keamanan pengguna jalan tol di ruas tersebut.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin diharapkan dari dilaksanakannya penelitian ini sebagai tugas akhir yaitu bisa untuk mengetahui lalu dapat melakukan analisa terhadap pemasangan lampu penerangan jalan umum di jalan toll ruas Interchange Bandara Adi Soemarmo mengenai intensitas pencahayaan dan standarisasi pencahayaan penerangan jalan umum agar dapat memberikan saran dan masukan kepada pihak terkait demi kenyamanan dan keamanan pengguna jalan tol.

1.6 Sistematika Penulisan Penelitian

Adapun sistematika penulisan dan penyusunan laporan tugas akhir ini adalah proyeksi secara garis besar, yang memiliki 5 bab dengan masing-masing bab yang berisi :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisikan soal latar belakang dari penelitian, rumusan masalah penelitian, tujuan dari penelitian, batasan topik masalah yang dibahas, manfaat dari penelitian, dan sistematika dalam penulisan laporan penelitian.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Bab ini berisi tentang referensi serta tinjauan pustaka dari penelitian serupa yang telah dilaksanakan sebelumnya dan dasar teori yang isinya tentang hasil dari penelitian sebelumnya tersebut yang kemudian dijadikan oleh referensi oleh penulis dalam melaksanakan penelitian.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini menceritakan mengenai metodelogi penelitian yang dilakukan, waktu penelitian itu dilaksanakan, peralatan dan bahan yang dipakai dalam melakukan penelitian sehingga bisa mendapatkan hasil dari penelitian yang telah dilaksanakan tersebut.

BAB IV : HASIL DAN ANALISIS

Menjelaskan tentang isi dari penelitian yang dilaksanakan dan analisa hasil data pengukuran kuat pencahayaan yang telah dilakukan dan melakukan analisa terhadap standar dari aturan yang telah ditetapkan oleh PT. Jasamarga Toll Road mengacu pada SNI

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari pembahasan mengenai Tugas Akhir sehingga dapat dikembangkan lebih lanjut untuk lebih sempurna lagi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Pada pembahasan disini adalah dasar dan bahan tinjauan pustaka serta referensi dari beberapa peneliti terdahulu yang telah melaksanakan beberapa penelitian tentang penerangan jalan umum pada jalan tol yang selanjutnya akan dikaji sebagai dasar dan pedoman dari penulisan penelitian ini :

1. Referensi pertamana yaitu penelitian yang dilakukan oleh MOHAMMAD DANANG NARSTYO NUGROHO, mahasiswa Universitas Semarang, dengan judul “ANALISA PEMASANGAN PENERANGAN JALAN UMUM (PJU) PADA GERBANG EXIT TOLL PEMALANG”. Dimana hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa untuk nilai intensitas Cahaya dari yang dihasilkan lampu penerangan jalan pada ruas exit Tol Pemalang belum memenuhi standart yang hanya menghasilkan nilai 11,49 lux sedangkan nilai standart yang telah ditetapkan yaitu 15-20 lux. Jadi harus dilaksanakan penggantian lampu dengan daya yang lebih tinggi agar memenuhi standart Intensitas Cahaya yang telah ditentukan [5].
2. Pada penelitian sebelumnya dilakukan oleh Rudini , Edvin Pariatna , Ifkar Usrah dari Universitas Siliwangi dengan judul, “ANALISIS PENCAHAYAAN PENERANGAN JALAN UMUM DI JALAN TOL KABUPATEN PANGANDARAN DAN PELUANG HEMAT ENERGI”. Dimana hasil penelitian tersebut yaitu tingkat iluminasi ratarata dan nilai kemerataan sudah sesuai SNI 7391:2008 [3]
3. Pada penelitian sebelumnya dilakukan oleh Ananta Aditya Pratama dari Politeknik Negeri Jakarta, penelitian tersebut berjudul, “ANALISIS KONDISI PENERANGAN JALAN TOL DAN PENERAPAN PENERANGAN JALAN ENERGI TERBARUKAN”. Pada hasil penelitian tersebut, terdapat 182 lampu penerangan yang dinilai dapat mempengaruhi pencahayaan pada rute penelitian. Jenis lampu yang digunakan adalah (Light – Emitting Diode) dan lampu Sodium Bertekanan Tinggi (SON). Tipikal penempatan lampu yang digunakan yaitu

menggunakan penempatan lampu pada bagian kiri/kanan jalan pada Gerbang TOL Bekasi Timur 2 s/d Simpang Susun Cikunir dan tipikal di media jalan mulai dari Simpang Susun Cikunir s/d Exit Pondok Gede. Dari 182 buah lampu pada rute tersebut, sebanyak 61 buah (33,52%) dalam keadaan tidak menyala dan 2 buah (1,1%) dalam keadaan tidak baik. Mengacu pada standar aturan SNI 7391:2008 didapatkan spesifikasi kuat cahaya yang tidak sesuai dengan aturan SNI. Bahwa hasil perhitungan menunjukan dari ketiga lampu tersebut mendapatkan nilai dibawah kriteria yaitu 15 – 20 lux pada aturan standar (Badan Standardisasi Nasional, 2008). Berdasarkan SPM Jalan TOL (Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia, 2014) lampu tidak masuk standar karena tidak menyala 100% dan lebih dari 2 x 24 jam [6].

4. Lalu selanjutnya ada penelitian yang dilakukan oleh Sri Pringatun, Karnoto, M. Toni Prasetyo dari Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Semarang dan Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Sri Pringatun, Karnoto, dengan hasil penelitian yaitu Kuat Penerangan (Iluminasi) pada lampu eksisting Tol Semarang – Solo adalah sebagai berikut : a. Lampu SON – T 150 W = 19.43 lux b. Lampu SON – T 250 W = 36.27 lux sesuai dengan ketentuan dari SNI 7391:2008 hlm. 8 yang memberikan standar iluminasi antara 15 lux – 20 lux [7].
5. Analisis Pencahayaan Lampu Penerangan Jalan Umum (LPJU) Pada Jalan Tol Semayang oleh Yogi Waliy Satrio, Muhammad Fahreza, Amani Darma Tarigan dari Universitas Pembangunan Panca Budi Medan Dimana hasil dari penelitian penerangan jalan umum pada eksisting ruas Tol Semayang memiliki kondisi rata-rata tingkat penerangan yang dihasilkan lampu SON-T 150W sebesar 3,1 lux dengan kererataan cahaya 0,0. Tingkat penchayaan rata-rata yang dihasilkan oleh luminer dari lampu LED Philips 150 W yaitu 11 lux dengan kemerataan cahaya sebesar 0,106 lux. Jika kalau mengacu pada standar aturan SNI 7391:2008, rata-rata tingkat pencahayaan dan nilai kemerataan sesuai dengan SNI 7391:2008. Untuk hasil simulasi luminer Philips LED 120 W, tingkat penerangan rata-rata sebesar 11 lux dengan kemerataan cahaya sebesar 0,114

lux. Dimana ketika mengacu dengan ketentuan aturan standar SNI 7391:2008 maka nilai rata-rata tingkat penerangan dan nilai pada area tersebut tidak sesuai memenuhi standar aturan SNI 7391:2008 [4].

2.2. Landasan Teori

Penerangan jalan umum merupakan salah satu objek layanan publik yang sangat mendominasi bagi kelancaran pengguna jalan dalam berlalu lintas. Keamanan, ketertiban dan keselamatan menjadi modal utama bagi terlaksananya tertib berlalu lintas di jalan. Guna menunjang tertibnya berlalu lintas bagi para pengendara dan pengguna trotoar jalan (pedestrian), sistem lampu jalan yang baik memegang peranan penting demi keselamatan pemakai jalan disekitarnya. Penggunaan jalan umum pada saat ini merupakan penggunaan teknologi yang berkembang dari tahun ke tahun, awalnya penerangan jalan umum dikendalikan dengan sakelar manual namun, pada saat ini cukup dengan menggunakan sensor LDR (*light Delay Relay*) yang memiliki prinsip kerja ketika langit mulai padam maka otomatis lampu akan menyala dan juga sebaliknya. Selain menggunakan sensor LDR, Penerangan Jalan Umum juga bisa dengan Timer dengan cara melakukan setting terhadap komponen tersebut, Penerangan Jalan Umum dengan menggunakan Sensor dan timer banyak digunakan karena dapat membantu pekerjaan manusia, efisien waktu dan bisa memproteksi manusia dari bahaya di jalan raya perlu diketahui penggunaan PJU selain di jalan raya juga banyak digunakan pada jalan tol di Indonesia[8].

Jalan tol Indonesia sering disamakan dengan istilah jalan bebas hambatan adalah suatu jalan yang diperuntukkan bagi pengguna jalan dengan kendaraan bersumbu dua atau lebih yang bertujuan untuk mempercepat waktu tempuh dan bisa menyingkat jarak perjalanan dari satu tempat ke tempat yang lain. Pada pengemudi yang memakai fasilitas ini, para pengguna jalan tol diwajibkan untuk mengeluarkan biaya sesuai dengan tarif yang diberlakukan di area tersebut [9]. Penetapan biaya tarif penggunaan jalan tol berdasarkan pada golongan kendaraan yang digunakan. Gedung bangunan atau tempat fasilitas tol dikumpulkan disebut sebagai gerbang tol. Bangunan ini biasanya dapat ditemukan pada pintu keluar, di awal maupun

akhir jembatan (misal: Jembatan Suramadu), dan ketika memasuki area jalan layang (fly-over). Di Indonesia, jalan tol sering disamakan dengan sinonim untuk jalan bebas hambatan, meskipun hal ini sebenarnya salah. Di dunia secara keseluruhan, tidak semua jalan bebas hambatan memerlukan bayaran. Jalan bebas hambatan tanpa berbayar dinamakan freeway atau expressway kemudian untuk jalan bebas hambatan yang berbayar disebut dengan istilah toll way atau tollroad. Jalan tol diperkenalkan pertama kali di Indonesia adalah pada abad ke 21 tepatnya dimulai dari tahun 1987 dengan beroperasinya Jalan Tol Jagorawi dengan panjang rute 59 km (termasuk jalan akses), yang menghubungkan Jakarta, Bogor, dan Ciawi. Pemerintah memulai pembangunan jalan tol pertama kali di Indonesia yaitu dimulai pada tahun 1975 dengan menggunakan anggaran dana dari anggaran Pemerintah dan dari pinjaman luar negeri yang diserahkan dan dikelola oleh PT. Jasamarga Persero.

Pemerintah memberikan tugas kepada PT. Jasa Marga Persero untuk melaksanakan pembangunan jalan tol dengan menggunakan tanah yang dibiayai pemerintah. Kemudian dimulai pada tahun 1987 perusahaan swasta mulai ikut bersinergi dan kolaborasi dalam investasi jalan tol sebagai operator jalan tol dengan menandatangani perjanjian kuasa pengusahaan (PKP) dengan PT Jasa Marga. Sampai pada tahun 2007, sepanjang 553 kilometer jalan tol telah dibangun dan beroperasi di Indonesia. Dari panjang total jarak tersebut, 418 kilometer jalan tol dikelola oleh PT Jasa Marga dan 135 kilometer lainnya dikelola dari pihak perusahaan non pemerintah atau swasta yang lain. Tahap pembangunan jalan tol kembali memasuki fase percepatan yaitu dimulai pada tahun 2005. Pada tanggal 29 Juni 2005 Badan Pengatur Jalan Tol (BPJT) didirikan dengan memiliki tugas sebagai regulator jalan tol di Indonesia.

Usaha guna mengurai kepadatan lalu lintas di dalam kota, maka London menerapkan tarif kemacetan London di tahun 2003, yang menjadi dasar pertama semua jalan didalam kota dikenakan tarif. Di Amerika Serikat, saat negara bagian mencari cara untuk membangun jalan baru tanpa pendanaan federal lagi, untuk meningkatkan pendapatan untuk pemeliharaan jalan lebih lanjut, dan untuk

mengendalikan kemacetan, konstruksi jalan tol baru mengalami peningkatan yang signifikan selama dua decade pertama abad

2.2.1. Lampu Penerangan Jalan

PJU (Penerangan Jalan Umum) adalah satu kesatuan bagian dari bangunan pelengkap fasilitas jalan yang peletakan atau pemasangannya di sisi kiri maupun sisi kanan jalan dan atau bahkan pada bagian di tengah (di bagian median jalan) yang digunakan untuk memberikan pencahayaan pada jalan atau bahkan lingkungan di sekitar jalan yang diperlukan termasuk pada jalan layang (interchange, fly over, overpass), jembatan dan jalan bawah tanah (underpass, terowongan), serta persimpangan jalan (intersection).

Penerangan yang dimaksud merupakan satu kesatuan unit lengkap yang terdiri dari reflector/pemantul (elemen optik), lampu sebagai sumber cahaya, pembias/refractor, penyebar/diffuser serta elemen-elemen elektrik lsinnya (seperti konektor ke power supply atau sumber tenaga, dan lain-lain) struktur penopang yang terdiri dari pondasi tiang lampu, lengan penopang, dan tiang penopang vertikal lengan penopang, tiang penopang vertikal [3].

Lampu penerangan jalan adalah lampu yang gunanya untuk menerangi jalan di malam hari sehingga mempermudah pengguna jalan melihat dengan lebih jelas jalan atau medan yang dilalui pada malam hari, sehingga dapat meningkatkan keselamatan lalu lintas, kenyamanan pengguna jalan dan memberikan keamanan kewaspadaan dari aksi kriminalitas [4]

Fungsi penerangan jalan Penerangan jalan di kawasan perkotaan mempunyai fungsi antara lain:

1. Menghasilkan kekontrasan antara obyek dan permukaan jalan;
2. Sebagai alat bantu navigasi pengguna jalan;
3. Meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan, khususnya pada malam hari;
4. Mendukung keamanan lingkungan;
5. Memberikan keindahan lingkungan jalan.

[3]

Berbagai macam sumber cahaya yang digunakan di era modern saat ini adalah lampu dengan klasifikasi dan beberapa karakter cahaya, yaitu:

1. Lampu Pijar

Cahaya dari lampu pijar memiliki penjelasan, dihasilkan dengan mengalirkan arus listrik dalam suatu kawat halus. Dalam kawat ini energi listrik diubah menjadi panas dan cahaya. Sebagai kawat pijar umumnya digunakan kawat wolfram, karena memiliki titik lebur yang tinggi, yaitu 3.655°K . Jika temperatur kawat pijar wolfram ditingkatkan hingga mencapai temperatur kira-kira 3.300°K , akan diperoleh lampu dengan spesifik fluks cahaya yang sangat tinggi mencapai 50 lumen per watt (lm/w). Tetapi ketika pada temperatur ini kawat pijarnya akan sangat cepat untuk menguap, sehingga life time atau masa pakai menjadi pendek. Suhu yang terlalu tinggi dapat membuat penguapan kawat pijarnya menjadi sangat cepat dan menjadikan lampunya memiliki umur pakai yang pendek.

Setelah pemakaian lama, fluks cahaya lampu pijar akan menyusut. Hal ini disebabkan penguapan maka luas penampang kawat pijarnya akan berkurang, sehingga tahanan listriknya akan meningkat dan menyebabkan arus listrik dari lampu pijar tersebut juga akan berkurang. Selain itu, bagian dalam bolanya akan menghitam. Oleh sebab itu banyak perusahaan yang menggunakan lampu pijar, menggantinya setelah menyala 700-800 jam, tanpa menunggu lampunya rusak. Penggantian kelompok demi kelompok ini dilakukan bertujuan efisiensi jam kerja. Lampu-lampu pijar kebanyakan dilengkapi dengan kawat monel, yang dipasang seri didalam lampu. Kawat monel ini, berfungsi sebagai pengaman lebur. Kalau terjadi gangguan hubung singkat di dalam lampu, maka kawat monel tersebut akan lebur sehingga pengaman instalasinya menjadi tidak sampai rusak.

2. Lampu Halogen

Lampu halogen adalah lampu sejenis lampu pijar dimana sebuah filamen wolfram disegel didalam sampul transparan kompak yang diisi dengan gas lembam dan sedikit unsur halogen seperti iodin atau bromin.

Iodine atau biasa disebut yodium dalam lampu akan mengalami reaksi kimia, yang mengembalikan wolfram yang telah menguap ke kawat pijar lampu. Jadi dengan mencampurkan sedikit yodium, wolfram yang telah menguap dapat dikembalikan ke kawat pijar. Lampu pijar yodium ini adalah sebuah lampu pijar dengan bola yang sangat panas. Suhu dinding bola mempunyai panas kira-kira 600°C , supaya reaksinya dapat berlangsung dengan baik. Karena itu bola lampu ini terbuat dari kuarsa lampu yodium. Lampu Halogen masa kini memiliki fluxcahaya spesifik 20 lm/w untuk lampu dengan umur 2.000 jam nyala, dan 25 lm/w untuk lampu dengan umur 200 jam. Diameter lampu yodium kira-kira 10mm dan panjangnya 200 mm.

3. Lampu Tabung Gas

Lampu tabung gas terdiri dari tabung berbagai bentuk yang diisi dengan gas dan uap logam. Gas dalam tabung berfungsi untuk membentuk menyalakan lampunya. Gas yang digunakan adalah gas mulia misalnya neon atau argon. Gas-gas mulia mempunyai sifat tidak melakukan reaksi kimia dengan unsur-unsur lain. Logam-logam yang digunakan adalah natrium, air raksa dan sodium. diantaranya adalah:

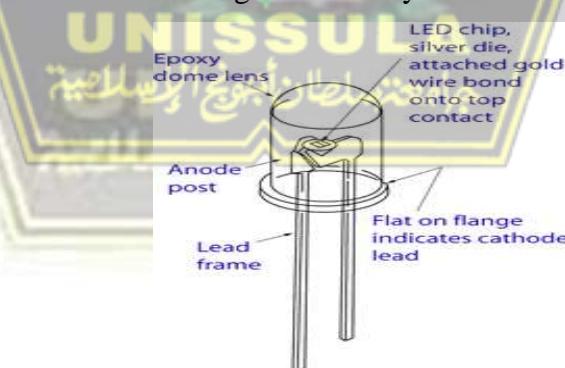
- a. Lampu natrium Lampu natrium terdiri dari tabung berbentuk U dengan dua elektroda. Masing-masing elektroda dilengkapi dengan sebuah emiter, tabungnya diisi dengan natrium cair dan suatu gas bantu. Gas bantu yang digunakan biasanya berupa gas neon, karena itu bila baru dinyalakan cahayanya mula-mula berwarna merah. Setelah beberapa saat, sesudah dicapai suhu kerja sebenarnya, baru dipancarkan cahaya yang sebenarnya.
- b. Lampu tabung fluoresen Lampu ini berbentuk tabung, yang bagian dalamnya diberi lapisan serbuk fluoresen. Pada setiap ujung tabung terdapat sebuah elektroda. Elektroda ini terdiri dari kawat pijar dari wolfram dengan sebuah emitter untuk memudahkan emisi elektron-

elektron. Tabung fluoresen diisi dengan uap air raksa dan gas mulia argon.

c. Lampu sodium Jenis lampu berbentuk tabung dan kedua ujungnya terpasang elektroda yang biasanya terdiri dari filamen tungsten. Untuk menjaga dinding tabung dari kerusakan akibat tekanan uap sodium maka tabung gas dibuat dari gelas “lime borate” khusus yang tahan terhadap tekanan uap sodium. Cara kerjanya, jika rangkaian lampu dihubungkan terhadap sumber arus bolak-balik, maka arus akan mengalir melalui ballast dan seterusnya ke lampu. Setelah beberapa menit, panas dalam tabung gas akan mencapai temperatur tertentu sehingga sodium yang ada dalam tabung gas akan berubah menjadi uap (vapour) dan hasilnya akan memancarkan cahaya kekuningan.

4. Lampu LED

Lampu Light Emitting Diode (LED) merupakan jenis dioda semikonduktor yang dapat mengeluarkan energi cahaya ketika diberikan tegangan listrik. Dengan penggunaan energi yang lebih kecil Lampu LED mampu menghasilkan cahaya yang memiliki 60 - 100 Lumens / Watt dan bahkan teknologi LED ini berkembang seiring kemajuannya karena bahan semikonduktor semakin bagus kualitasnya.



Gambar 2. 1 Struktur dasar LED

2.2.2. Satuan Penerangan Sistem International

Satuan sistem penerangan yang digunakan yaitu sebagai berikut, dibawah ini :

- a. Iluminasi (kuat penerangan) , dapat diartikan dengan istilah sejumlah cahaya yang jatuh dalam lumen dan mengenai luas suatu bidang tertentu. Dinyatakan dengan satuan lux
- b. Intensitas Cahaya adalah cahaya yang bersumber dari sumber cahaya dalam satu kerucut (cone) cahaya, dinyatakan dengan satuan unit Candela[10].
- c. Luminasi dapat artikan sebagai area permukaan benda yang mengeluarkan / memantulkan intensitas cahaya yang tampak pada satuan luas permukaan benda tersebut, satuan pengukuran luminasi dinyatakan dalam satuan candela per meter persegi (Cd/m^2)
- d. Lumen yaitu seluruh jumlah cahaya persatuan sudut ruang [5].

Berikut ini adalah perbedaan antara Kuat penerangan, intensitas cahaya dan luminasi yang dijelaskan oleh gambar dibawah ini



Gambar : Beda Candela, Lumen, Lux[8]

2.2.3. Dasar Merencanakan Penerangan Jalan Perencanaan

1. Merencanakan penerangan jalan sangat berkaitan dengan hal-hal berikut ini [11] :
 - a. Memperhatikan kondisi volume lalu lintas jalan, baik kendaraan maupun lingkungan di area sekitar yang akan diberi penerangan
 - b. Tipikal potongan melintang jalan, situasi jalan dan persimpangan jalan.
 - c. Kondisi area jalan yang akan diberi penerangan, seperti alignment horizontal, alignment men vertikal, dan lain-lain atau disebut dengan geometri jalan.
 - d. Kondisi Jalan seperti tekstur jalan dan jenis perkerasan yang mempengaruhi pantulan cahaya penerangan.
 - e. Memilih jenis lampu dengan kualitas yang baik, data fotometrik lampu dan lokasi dari power listrik untuk mensuplai energi listrik.
 - f. Memperhatikan tingkat kebutuhan, anggaran biaya operasional, biaya perbaikan pemeliharaan dan lain-lain agar perencanaan sistem lampu penerangan efektif dan ekonomis.
 - g. Rencana jangka panjang pengembangan jalan
 - h. Memperhatikan data kecelakaan di lokasi yang hendak diberi penerangan.
2. Beberapa area yang perlu perhatian khusus dalam merencanakan penerangan jalan antara lain sebagai berikut [11]:
 - a. Memiliki lebar ruang milik jalan yang bervarias di satu ruas jalan.
 - b. Area yang memiliki kondisi tikungan tajam (lengkung horizontal)
 - c. Area yang luas contoh seperti pada jalan interchange, persimpangan, area parkir, dan lain-lain
 - d. Jalan-jalan yang disekitarnya terdapat pepohonan.
 - e. Jalan-jalan yang memiliki lebar median yang sempit, terutama untuk pada pemasangan penerangan lampu di bagian median.
 - f. Area jembatan sempit atau panjang dan pada area jalan bawah tanah (terowongan).

- g. Tempat-tempat lain dimana lingkungan jalan banyak berinterferensi dengan jalannya.
3. Menentukan lampu penerangan jalan umum yang berkualitas dan akan dipakai perlu memperhatikan 6 aspek, yaitu [11]:
- a. Memiliki rata-rata iluminasi atau kuat cahaya yang baik.
 - b. Distribusi cahaya, kemerataan pencaran cahaya dari sumber cahaya pada jalan adalah hal yang sangat penting, untuk itu perlu menentukan faktor cahaya yang merupakan perbandingan kuat penerangan pada bagian tengah lintasan dengan tepi jalan.
 - c. Memilih lampu yang tidak menyilaukan karena dapat menyebabkan kelelahan pada mata, perasaan tidak nyaman dan bisa terjadi resiko kecelakaan. Untuk meminimalisir kesilauan tersebut, maka bisa menggunakan filter cahaya dengan memakai gelas pada armatur.
 - d. Memperhatikan arah pancaran cahaya dan pembentukan bayangan.
 - e. Memperhatikan warna dari pacaran cahaya dari lampu dan perubahan warna. Warna cahaya lampu pelepasan gas tekanan tinggi (khusus lampu merkuri) berpengaruh terhadap warna tertentu.
 - f. Memperhatikan faktor kondisi dari area lingkungan, seperti berkabut maupun berdebu mempunyai faktor absorsi terhadap cahaya yang dipancarkan oleh lampu.
4. Besarnya pencahayaan yang dipakai untuk penerangan lampu jalan dapat diklasifikasikan dengan beberapa kelas:
- a. Jalan arteri primer adalah jalur jalan penampung kegiatan lokal dan regional, lalu lintasnya yang sangat padat sehingga perlu penerangan yang optimal.
 - b. Jalan arteri sekunder adalah jalur jalan penampung kegiatan lokal dan regional yang menunjang dan hampir sama dengan jalan arteri primer, dimana kondisi lalu lintas pada jalur ini padat sehingga memerlukan lampu yang sama dengan arteri primer.

- c. Kolektor primer adalah jalur pengumpul dari jalan-jalan lingkungan sekitarnya yang akan bermuara pada jalan arteri primer maupun arteri sekunder. Jenis lampu yang akan digunakan lebih rendah daripada jalan arteri.
- d. Jalan lingkungan adalah area dan jalan lingkungan yang padat penduduk pemukiman.
5. Kualitas pencahayaan normal berdasarkan jenis jalan dan klasifikasi jalan bisa dilihat seperti di bawah ini.

Jenis/Klasifikasi Jalan	Kuat Pencahayaan (Iluminasi)		Luminasi		Batasan Silau		
	E Rata-Rata (Lux)	Kemerataan (Uniformity)	L Rata-Rata (cd/m ²)	Kemerataan (Uniformity)	G	TJ (%)	
VD	VI						
Trotoar	1 - 4	0,10	0,10	0,40	0,50	4	20
Jalan Lokal :							
- Primer	2 - 5	0,10	0,50	0,40	0,50	4	20
- Sekunder	2 - 5	0,10	0,50	0,40	0,50	4	20
Jalan Kolektor :							
- Primer	3 - 7	0,14	1,00	0,40	0,50	4 - 5	20
- Sekunder	3 - 7	0,14	1,00	0,40	0,50	4 - 5	20
Jalan Arteri :							
- Primer	11 - 20	0,14 - 0,20	1,50	0,40	0,50 - 0,70	5 - 6	20
- Sekunder	11 - 20	0,14 - 0,20	1,50	0,40	0,50 - 0,70	5 - 6	10 - 20
Jalan Arteri Dengan Akses Jalan Bebas Hambatan	15 - 20	0,14 - 0,20	1,50	0,40	0,50 - 0,70	5 - 6	10 - 20
Jalan Layang, Simpang Susun, Terowongan	20 - 25	0,20	2,00	0,40	0,70	6	10

Gambar 2. 2 Kualitas Pencahayaan Berdasarkan Jenis Jalan dan Klasifikasinya [12]

2.2.4. Karakteristik Jalan

Karakteristik jalan merupakan semua data yang diperoleh dari pengukuran yang dilaksanakan di lapangan secara langsung dengan melakukan observasi lapangan yang salah satunya meliputi lebar jalan. Lebar jalan berpengaruh terhadap jarak antar tiang dan tinggi lampu penerangan

jalan. [5]. Semakin lebar suatu jalan, maka jarak antar tiang lampu akan semakin dekat dan pemasangan tiang lampu harus lebih tinggi untuk mencapai distribusi penerangan rata-rata yang baik. Selain lebar jalan, Kelas jalan sangat penting untuk menentukan koefisien luminasi rata-rata pada permukaan jalan, karena sangat berpengaruh pada nilai distribusi penerangan rata-rata dan nilai ambang batas silau.

Berdasarkan UU No.38 Tahun 2004, jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk pada bagian pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukan bagi lalu lintas. Jalan dan besar pencahayaan yang dipakai sebagai penerangan lampu jalan dapat diklasifikasi dengan beberapa kelas yaitu :

- a. Jalan arteri primer, atau jalan nasional adalah jalur jalan penampung kegiatan lokal dan regional, lalu lintas sangat padat sehingga memerlukan kondisi penerangan jalan yang optimal.
- b. Jalan arteri sekunder, Merupakan jalur jalan penampung kegiatan lokal dan regional sebagai penunjang jalan arteri primer, memiliki kondisi lalu lintas pada jalur ini yang padat sehingga perlu penerangan yang sama dengan arteri primer.
- c. Kolektor primer, adalah jalan pengumpul dari jalan-jalan lingkungan terdekatnya yang akan menuju pada jalan arteri primer maupun arteri sekunder. Jenis lampu yang akan digunakan biasanya lebih rendah daripada jalan arteri.
- d. Jalan lingkungan, Merupakan jalur jalan lingkungan perumahan, pedesaan atau perkampungan.

Nilai pencahayaan yang normal berdasarkan jenis jalan dan klasifikasi jalan bisa dilihat pada gambar dan tabel.

Tabel 2. 1 Iluminasi Pencahayaan pada Ruas Jalan (SNI 7391 2008) [12]

Jenis / klasifikasi jalan	Kuat pencahayaan (iluminasi) rata-rata (lux)
Trotoar	1-4
Jalan Lokal :	
-Primer	2-5
-Sekunder	2-5
Jalan kolektor :	
-Primer	3-7
-Sekunder	3-7
Jalan arteri :	
-Primer	11-20
-Sekunder	11-20
Jalan arteri dengan akses kontrol, jalan bebas hambatan	15-20
Jalan layang, terowongan simpang susun,	20-25

2.2.5. Jenis Penerangan Lampu Jalan

Instalasi Pencahayaan Jalan Umum adalah suatu instalasi pencahayaan yang diletakkan di alam terbuka atau luar ruangan. Kondisi cuaca yang berubah-ubah, sehingga peralatan yang dipakai harus tahan terhadap berubahan cuaca agar tidak gampang rusak. Oleh karena itu, bahan-bahan yang digunakan sebagai lampu jalan adalah jenis merkuri, lampu natrium, lampu hogen, lampu tabung dan juga lampu LED [13].

Tabel 2. 2 Bahan-bahan lampu jalan

Jenis Lampu	Efisiensi Rata-Rata (lumen/Watt)	Umur Rencana RataRata	Daya (Watt)	Pengaruh Terhadap Warna Objek	Keterangan
LED	70 – 150	50.000 – 100.000	100 - 200	Baik	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Untuk jalan tol, arteri, kolektor, persimpangan besar/luas dan interchange. ▪ Efisiensi tinggi, umur sangat panjang. ▪ Jenis lampu ini sangat baik dan sangat dianjurkan untuk digunakan
Lampu tabung fluorescent tekanan rendah	60 – 70	8.000 – 10.000	18 – 20; 36 – 40	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Untuk jalan kolektor dan lokal. ▪ Memiliki efisiensi cukup tinggi tetapi berumur pendek. ▪ Jenis lampu ini masih dapat dipakai untuk hal-hal yang terbatas.
Lampu gas merkuri tekanan tinggi	50 -55	16.000 – 24.000	125; 250 400; 700	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Untuk jalan kolektor, lokal dan persimpangan. ▪ Efisiensi rendah, umur panjang dan ukuran lampu kecil. ▪ Jenis lampu ini masih digunakan secara terbatas
Lampu gas sodium bertekanan rendah (SOX)	100 - 200	8.000 – 10.000	90; 180	Sangat buruk	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Untuk jalan kolektor, lokal, persimpangan, terowongan, rest area. ▪ Efisiensi sangat tinggi, umur cukup panjang, ukuran lampu besar sehingga sulit untuk mengontrol cahayanya dan cahaya lampu sangat buruk karena berwarnakuning
Lampu gas sodium tekanan tinggi (SON)	110	12.000 – 20.000	150; 250; 400	Buruk	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Untuk jalan tol, arteri, kolektor, persimpangan besar/luas, efisiensi tinggi, umur sangat panjang, ukuran lampu kecil sehingga mudah pengontrolan cahayanya. ▪ Jenis lampu ini sangat baik dan sangat dianjurkan untuk digunakan.

Tabel 2. 3 Jenis lampu Penerangan Jalan

Jenis Lampu	Efisiensi rata-rata (lumen/watt)	Umur rencana rata-rata (jam)	Daya (watt)	Pengaruh thd warna obyek	Keterangan
Lampu tabung fluorescent tekanan rendah	60 – 70	8.000 – 10.000	18 - 20; 36 - 40	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> - untuk jalan kolektor dan lokal; - efisiensi cukup tinggi tetapi berumur pendek; - jenis lampu ini masih dapat digunakan untuk hal-hal yang terbatas.
Lampu gas merkuri tekanan tinggi (MBF/U)	50 – 55	16.000 – 24.000	125; 250; 400; 700	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> - untuk jalan kolektor, lokal dan persimpangan; - efisiensi rendah, umur panjang dan ukuran lampu kecil; - jenis lampu ini masih dapat digunakan secara terbatas.
Lampu gas sodium bertekanan rendah (SOX)	100 - 200	8.000 - 10.000	90; 180	Sangat buruk	<ul style="list-style-type: none"> - untuk jalan kolektor, lokal, persimpangan, peryeberangan, terowongan, tempat peristirahatan (rest area); - efisiensi sangat tinggi, umur cukup panjang, ukuran lampu besar sehingga sulit untuk mengontrol cahayanya dan cahaya lampu sangat buruk karena warna kuning; - Jenis lampu ini dianjurkan digunakan karena faktor efisiensinya yang sangat tinggi.
Lampu gas sodium tekanan tinggi (SÖN)	110	12.000 - 20.000	150; 250; 400	Buruk	<ul style="list-style-type: none"> - Untuk jalan tol, arteri, kolektor, persimpangan besar/luas dan <i>interchange</i>; - efisiensi tinggi, umur sangat panjang, ukuran lampu kecil, sehingga mudah pengontrolan cahayanya; - Jenis lampu ini sangat baik dan sangat dianjurkan untuk digunakan.

2.2.6. Posisi penempatan Lampu Jalan

Tipikal lampu penerangan jalan berdasarkan pemilihan letak pada jalan satu arah ditunjukkan pada gambar berikut [5]:



Gambar 2. 3 Pemilihann Letak Lampu pada jalan satu arah

Keterangan Gambar :

- Di bagian kiri atau bagian kanan jalan
- Di bagian kiri dan di bagian kanan jalan (diletakkan berselang seling)
- Di bagian kiri dan di bagian kanan jalan (diletakkan saling berhadapan)
- Di bagian mediang tengah jalan
- Kombinasi
- Katenasi

Pembatasan meletakkan atau menempatkan sumber pencahayaan lampu tergantung pada tipe lampu yang dipakai, tinggi dari tiang lampu, lebar jalan yang dipasang penerangan. Jarak antar tiang yang digunakan untuk

penempatan lampu penerangan secara umum dapat mengacu pada aturan seperti pada tabel berikut :

Tabel 2. 4 Rumah Lampu Tipe A

Jenis Lampu	Tinggi Lampu (m)	Lebar Jalan									Tingkat Pencahayaan
		4	5	6	7	8	9	10	11		
35W SOX	4	32	32	32	-	-	-	-	-	3,5 lux	
	5	35	35	35	35	35	34	32	-		
	6	42	40	38	36	33	31	30	29		
55W SOX	6	42	40	38	36	33	32	30	28	6,0 lux	
90W SOX	8	60	60	58	55	52	50	48	46		
90W SOX	8	36	35	35	33	32	30	29	28	10 Lux	
135W SOX	10	46	45	45	44	43	41	40	39		
135W SOX	10	-	-	25	24	23	22	21	20		
180W SOX	10	-	-	37	36	35	33	32	31	20 Lux	
180W SOX	10	-	-	-	-	22	21	20	20		

Tabel 2. 5 Rumah Lampu Tipe B

Jenis Lampu	Tinggi Lampu (m)	Lebar Jalan									Tingkat Pencahayaan
		4	5	6	7	8	9	10	11		
70W SON/ 125W MBF/U	4	31	30	29	28	26	-	-	-	3,5 Lux	
	5	33	32	32	31	30	29	28	27		
70W SON/ 125W MBF/U	6	48	47	46	44	43	41	39	37	6,0 Lux	
70W SON/ 125W MBF/U	6	34	33	32	31	30	28	26	24		
100W SON	6	48	47	45	42	40	38	36	34		

150W SON/ 250W MBF/U	8	-	-	48	47	45	43	41	39	10 Lux
100W SON	6	-	-	28	26	23	-	-	-	
250W SON/ 400W MBF/U	10	-	-	-	-	55	53	50	47	
250W SON/ 400W MBF/U	10	-	-	36	35	33	32	30	28	
400W SON	12	-	-	-	-	39	38	37	36	

Penataan dalam meletakkan lampu penerangan jalan , pada daerah-daerah atau kondisi kondisi dimana median sangat lebar (> 10 meter) atau pada jalan dimana jumlah lajur sangat banyak (> 4 lajur setiap arah) 13 perlu mempertimbangkan dengan memilih penempatan lampu penerangan jalan dengan pemasangan kombinasi dari cara-cara tersebut di atas dan pada kondisi seperti ini, pemilihan penempatan lampu penerangan jalan direncanakan sendiri-sendiri untuk setiap arah lalu lintas. Menata letak lampu penerangan jalan diatur seperti tabel berikut

Tabel 2. 6 Kriteria penempatan penerangan jalan

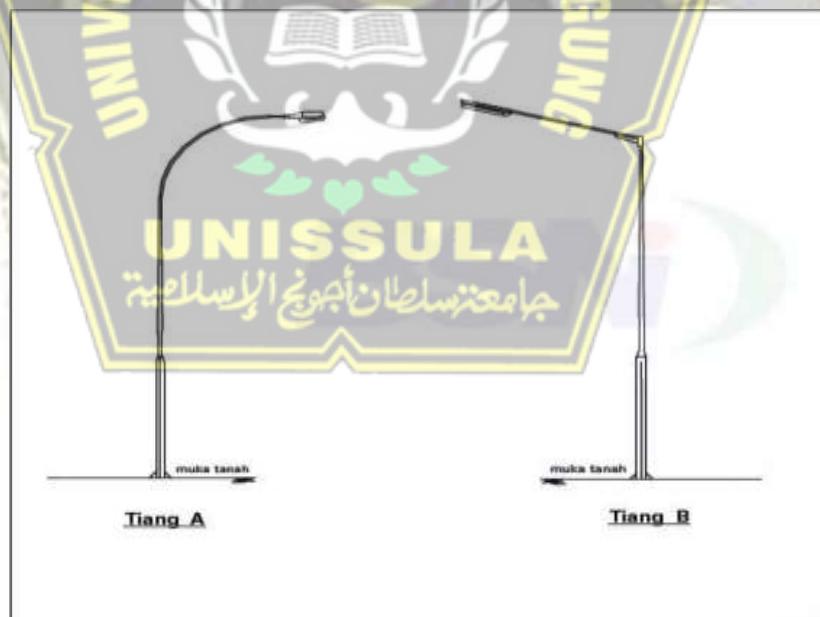
Tempat	Penataan / pengaturan jarak
Jalan satu arah	<ul style="list-style-type: none"> ○ Di kiri atau kanan jalan ○ Di kiri dan kanan jalan berseling-seling ○ Di kiri dan kanan jalan berhadapan ○ Di bagian Tengah/separator jalan
Jalan dua arah	<ul style="list-style-type: none"> ○ Di bagian Tengah/ median jalan ○ Kombinasi antara di kiri dan kanan berhadapan dengan di bagian Tengah/median jalan ○ Katenasi (dibagian Tengah jalan dengan sistem digantung)

Persimpangan	Dapat dilakukan dengan beberapa lampu, umumnya ditempatkan di pulau-pulau, di median jalan, di luar daerah persimpangan
--------------	---

2.2.7. Tiang Penerangan Jalan

Tiang lampu jalan adalah komponen yang dipakai untuk menopang lampu. Beberapa macam tiang yang dipakai untuk lampu jalan adalah tiang dengan jenis besi dan tiang octanginal. Lalu untuk berdasarkan bentuk lengan tiangnya , tiang lampu jalan dapat dibagi menjadi beberapa bagian sebagai berikut :

1. Tiang lampu singel arm (dengan lengan tunggal) Tiang lampu ini biasanya diletakkan pada bagian sisi kiri atau kanan jalan. Tipikal bentuk dan struktur tiang lampu dengan lengan tunggal yang dapat dilihat pada Gambar



Gambar 2. 4 Tiang Lampu Lengan Tunggal

[12]

2. Tiang lampu double arm (dengan lengan ganda), Tiang lampu ini khusus diletakkan di bagian tengah atau median jalan dengan syarat jika kondisi

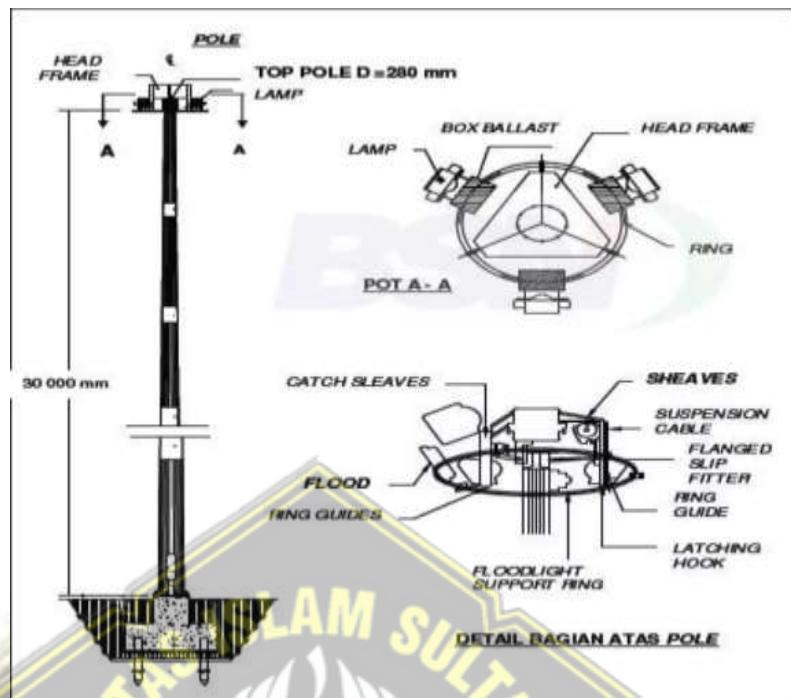
jalan yang akan diterangi masih mampu dilayani oleh satu tiang, yang dituangkan pada Gambar



Gambar 2. 5 Tiang Lampu Lengan Ganda

[12]

3. Tiang lampu tegak tanpa lengan, Tiang lampu ini diperlukan untuk menopang lampu Menara, yang pada umumnya ditempatkan di persimpangan-persimpangan jalan ataupun tempat-tempat yang luas seperti taman, jenis tiang lampu ini sangat tinggi, sehingga sistem penggantian atau perbaikan lampu dilakukan di bawah dengan menurunkan dan menaikkan lampu tersebut menggunakan kabel suspensi.



Gambar 2. 6 Tiang Lampu Tegak Tanpa Lengan

[12]

2.2.8. Perencanaan Penerangan Jalan Umum

Perencanaan teknis adalah sebuah analisa yang memiliki sifat observatif, serta memiliki perhitungan rumus yang ada dengan menyesuaikan kriteria dan Standarisasi Nasional Indonesia (SNI) yang diteapkan. Analisa hal teknis terhadap lampu penerangan jalan umum dilakukan untuk mendapatkan efisiensi yang baik dalam hal pemanfaatan, penggunaan, keamanan dan memperhatikan faktor ekonomis

Lampu merupakan suatu unit lengkap yang terdiri dari sumber cahaya, untuk membuatnya bekerja (hidup) dan akan menghabiskan energi selama lampu tersebut bekerja (hidup).

I = Intensitas cahaya dinyatakan dalam satuan candela (cd)

ϕ = Fluks cahaya dinyatakan dalam satuan lumen (lm)

Persamaan yang digunakan untuk mencari besaran energi yang dipakai lampu ditentukan pada Persamaan 2.1[13] :

$$E_{Load} = P_{Load} \times t$$

Dimana :

E_{load} = Beban Energi yang dibutuhkan (Wh / Watt hour)

P_{load} = Daya dari beban atau dalam hal ini lampu (Watt)

t = Lama pemakaian beban atau lampu dalam satu hari (hour)

2.2.8.1. Besaran Pengukuran

Dalam teknik penerangan dikenal beberapa istilah, lambang dan metode perhitungan yang perlu diketahui untuk memberikan gambaran yang lebih baik tentang teknik penerangan. Besaran dan satuan yang dipakai dalam penghitungan dalam teknik penerangan adalah sebagai berikut:

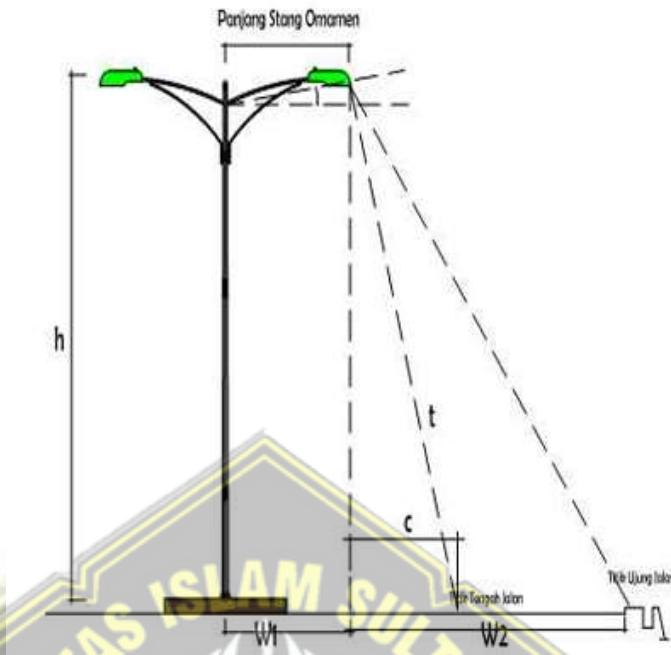
1. Menghitung sudut stang ornamen

Sudut stang ornamen Menentukan sudut stang ornamen ini berfungsi agar titik penerangan mengarah ke tengah jalan yang dapat di tulis berikut ini :

$$t = \sqrt{h^2 + c^2} \quad (2.2)$$

Kemudian setelah mendapatkan nilai t , didapatkan Persamaan 2.3 :

$$\cos \varphi = \frac{h}{t} \quad (2.3)$$



Gambar 2. 7 Penentuan sudut kemiringan stang ornamen terhadap lebar jalan

[12]

Dimana :

h = tinggi tiang (m)

t = jarak lampu ke tengah-tengah jalan (m)

c = jarak horizontal lampu-tengah jalan (m)

W_1 = tiang ke ujung lampu (m)

W_2 = jarak horizontal lampu ke ujung jalan (m)

2. Fluks Cahaya

Fluks cahaya yang dipancarkan dari umber cahaya adalah seluruh jumlah cahaya yang dapat dipancarkan oleh sumber cahaya selama satu detik, bisa juga dijelaskan dengan Sumber Cahaya yang yang memancarkan sama kuat ke setiap jurusan dinamakan sumber cahaya seragam. Fluk cahaya dapat didefinisikan sebagai intensitas pada setiap sudut ruang yang dipancarkan ke suatau arah tertentu[8]. Jika sumber cahaya ditempatkan dalam suatu reflektor, maka cahaya yang dipancarkan akan diarahkan

tetapi jumlah fluks cahayanya stabil ,dalam perhitungannya dapat dituliskan dalam persamaan [6]:

$$\phi = \frac{Q}{t} \quad (2.4)$$

Dimana :

ϕ = Fluks cahaya dalam satuan lumen (lm)

Q = Energi cahaya dalam satuan lumen jam atau lumen detik

T = waktu dalam jam atau detik

Atau bisa juga dengan persamaan berikut

$$\phi = (E \times A) / n \quad (2.5)$$

Keterangan :

ϕ = flux cahaya yang dipancarkan oleh semua sumber cahaya yang ada dalam ruangan (lumen)

E = Intensitas penerangan yang diperlukan dibidang kerja (Lux)

A = Luas Ruangan (m^2)

n = efisiensi penerangan

3. Intensitas Cahaya (candela)

Intensitas cahaya adalah arus cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya dalam satu cone atau kerucut cahaya. Intensitas cahaya dapat diartikan fluks cahaya persatuan sudut ruang dalam arah pancaran cahaya yang dituliskan dengan persamaan [6]:

$$I = \frac{\phi}{\omega} \quad (2.6)$$

atau

$$\Phi = I \cdot \omega \quad (2.7)$$

Dimana :

Φ = fluks cahaya, dalam satuan lumen (lm)

I = intensitas cahaya, dalam satuan candela (cd)

ω = Sudut ruang (steradian)

Dimana besarnya fluks cahaya dalam lumen dapat dicari menggunakan Persamaan sebagai berikut [11]:

$$\Phi = I \cdot \omega \quad (2.7)$$

Dimana :

K = Efikasi cahaya rata-rata lampu dalam lumen/Watt

P = Daya listrik dalam Watt

Maka didapatkan persamaan :

$$I = \frac{K \cdot P}{\omega} \quad (2.8)$$

4. Iluminasi (Kuat Cahaya)

Iluminasi atau tingkat kuat cahaya penerangan diartikan sebagai sejumlah arus cahaya yang jatuh pada permukaan seluas 1 (satu) meter persegi sejauh 1 (satu) meter dari sumber cahaya 1 (satu) lumen dalam satuan Lux. Maksud dari Illuminasi yaitu kerapatan fluks cahaya yang mengenai suatu permukaan, intensitas penerangan rata-rata secaramatematis dapat ditulis :

$$E = \frac{\Phi}{A} \quad (2.9)$$

Dimana :

E = illuminasi, dalam satuan lux (lux)

Φ = fluks cahaya, dalam satuan lumen (lm)

A = luas bidang, dalam satuan meter persegi (m^2)

Atau

$$E_{avg} = \frac{\varphi \cdot CU \cdot LLF}{A} \quad (2.10)$$

Dimana :

φ = Fluks cahaya lampu (lumen)

CU = Koefisien Pemanfaatan ($LED = 0,8$)

LLF = Faktor kehilangan Cahaya ($LED = 0,7$)

A = Luas Area (m^2)

Intensitas penerangan pada suatu titik, umumnya tidak sama untuk setiap titik pada bidang tersebut. Intensitas penerangan suatu bidang karena suatu sumber cahaya dengan intensitas, berkurang dengan kuadrat dari jarak antara sumber cahaya dan bidang itu (inversesquare law). Apabila pengukuran lebih dari satu lampu maka dapat dihitung dengan rumus rata-rata sebagai berikut :

$$E_{avg} = \frac{E_{T1} + E_{T2} + E_{T3} + E_{T4} + \dots + E_n}{n} \quad (2.11)$$

5. Koefisien Utilitas

Koefisien utilitas merupakan sebagian cahaya yang dipancarkan oleh lampu diserap oleh armatur, sebagian dipancarkan ke arah atas dan sebagian dipancarkan ke arah bawah. Faktor penggunaan didefinisikan sebagai perbandingan antara fluks luminous yang sampai di bidang

terhadap keluaran cahaya yang dipancarkan oleh semua lampu. Besarnya koefisien penggunaan dipengaruhi oleh :

- a. Distribusi cahaya dari armatur
- b. Perbandingan antara keluaran cahaya dari armatur dengan keluaran dari lampu di dalam armatur
- c. Reflektansi cahaya dari langit-langit, dinding, dan lantai
- d. Pemasangan armatur, menempel atau dengan sistem gantung
- e. Area permukaan/ruangan

Umumnya nilai koefisien utilitas yang umum digunakan yaitu menggunakan nilai 0,7-1 semakin tinggi nilai koefisien utilitas menunjukkan semakin baik area tersebut mendapat penceran cahaya dari sumber cahaya. Untuk area jalan tol nilai yang umum digunakan adalah 0,8 hingga 1, karena jalan tol memerlukan pencahayaan yang baik dan efisien hal ini bisa didapatkan dengan memperhatikan pemilihan jenis lampu dan jumlah lengan pada tiang lampu.

Semakin besar daya lampu yang dipakai akan meningkatkan nilai koefisien utilitas termasuk pada tiang yang digunakan seperti tiang lampu lengan ganda akan memiliki nilai yang lebih tinggi karena area yang mendapat penceran cahaya dari sumber cahaya lebih luas dibanding dengan tiang lampu dengan lengan tunggal [19].

6. Uniformitas

Dengan lampu yang banyak akan menggunakan uniformitas, Uniformitas dalam konteks penerangan jalan adalah ukuran seberapa merata distribusi cahaya di suatu area, dihitung sebagai rasio antara iluminasi minimum (E_{min}) dan iluminasi rata-rata (E_{avg}) dapat dirumuskan sebagai berikut [12]:

$$E = \frac{E_{min}}{E_{avg}} \quad (2.12)$$

7. Validitas Hasil Iluminasi

Validitas dalam sistem penerangan jalan merupakan ukuran kesesuaian antara hasil perhitungan teoretis (berdasarkan metode lumen atau simulasi perangkat lunak seperti DIALux) dengan hasil pengukuran aktual di lapangan. Menurut Commission Internationale de l'Éclairage (CIE).

Sistem penerangan dikatakan valid apabila perbedaan nilai iluminasi antara hasil perhitungan dan hasil pengukuran berada dalam batas toleransi deviasi yang masih diperbolehkan oleh standar penerangan, seperti SNI 7391:2008 dan IESNA RP-8-18:2018.

Untuk mengetahui besarnya deviasi tanpa memperhatikan arah penyimpangan, maka digunakan persamaan Validitas Selisih sebagai berikut :

$$\text{Validitas Selisih} = \frac{[E^{\text{Perhitungan}} - E^{\text{Pengukuran}}]}{E^{\text{Perhitungan}}} \times 100\% \quad (2.13)$$

Dimana :

$E^{\text{Perhitungan}}$ = Kuat Cahaya Hasil Perhitungan (lux)

$E^{\text{Pengukuran}}$ = Kuat Cahaya Hasil Pengukuran (lux)

Dengan demikian, rumus persentase selisih ini berfungsi sebagai parameter kuantitatif untuk mengukur tingkat perbedaan antara hasil teoretis dan hasil empiris pada sistem penerangan jalan. Selanjutnya, hasil ini dapat dijadikan dasar dalam analisis validitas dan pengujian kesesuaian terhadap standar SNI 7391:2008 dan CIE 115:2010

Tabel 2. 7 Kategori Presentase Kualitas Validitas

Persentase Selisih (%)	Interpretasi	Kategori
0 – 10%	Sangat kecil, hasil sangat sesuai	Sangat baik
10 – 25%	Masih dalam batas toleransi	Baik
25 – 50%	Deviasi cukup besar	Perlu evaluasi
>50%	Hasil tidak sesuai dengan kondisi lapangan	Kurang valid

8. Menentukan banyaknya titik lampu

Dalam merencanakan banyaknya jumlah titik lampu pada perencanaan penerangan jalan umum dapat menggunakan persamaan berikut ini [11]:

$$T = \frac{L}{S} + 1 \quad (2.14)$$

Dimana :

T = Jumlah titik lampu

L = Panjang jalan

S = Jarak antar tiang

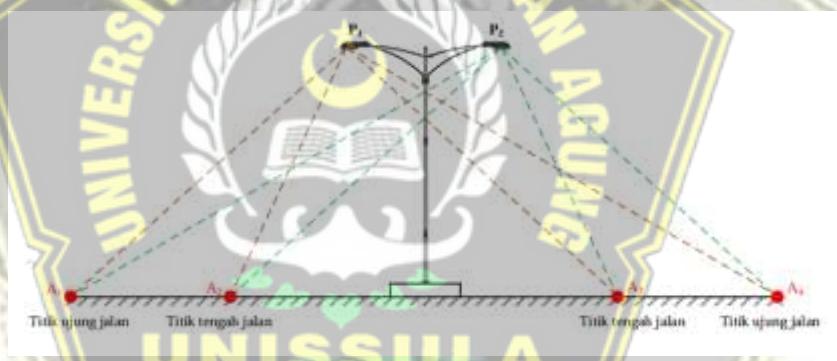
2.2.8.2. Pengukuran Kuat Cahaya

1. Titik Pengukuran

Pengukuran iluminasi atau kuat penerangan cahaya jalan merupakan proses untuk mendapatkan nilai dan menentukan kinerja serta efektivitas lampu yang dipakai dalam sistem penerangan di suatu area jalan [15]. Hal ini dilaksanakan untuk memastikan bahwa lampu yang digunakan tersebut dapat menyediakan tingkat pencahayaan yang memadai dan aman untuk area lingkungan sekitarnya. Titik pengukuran lampu penerangan jalan

dipilih dengan mempertimbangkan berbagai faktor termasuk jenis jalan, kondisi lalu lintas, dan kebutuhan pencahayaan [12].

Pada gambar 3 memperlihatkan tiang lampu penerangan jalan dengan lengan ganda. Tiang lampu ini khusus diletakkan pada bagian tengah/median jalan, dengan catatan jika kondisi jalan yang ingin diterangi masih mampu dilayani oleh satu tiang lampu dengan besaran daya tertentu. Titik untuk melakukan pengukuran lampu penerangan jalan yaitu di tengah jalan atau area pusat jalan, dan di ujung jalan atau pinggir jalan. Pengukuran kuat penerangan di tengah jalan atau area pusat jalan untuk memastikan bahwa pencahayaan dari lampu yang digunakan merata di seluruh lebar jalan, dan pengukuran kuat penerangan di ujung jalan atau pinggir jalan untuk memeriksa seberapa baik pencahayaan mencapai trotoar dan area tepi jalan [12].



Gambar 2. 8 Titik pengukuran kuat penerangan lampu penerangan jalan dengan lengan ganda

2. Alat Ukur

Pengukuran kuat penerangan atau iluminansi lampu penerangan jalan menggunakan alat luxmeter. Luxmeter alat ukur yang dipakai untuk mengukur nilai kuat penerangan dalam satuan lux, dan hasil pengukuran bisa langsung dibaca setalah tampil pada layar di alat ukur [13]. Tatacara dalam melaksanakan pengukuran kuat penerangan adalah sebagai berikut:

- Menghidupkan alat ukur luxmeter yang telah dikalibrasi dengan membuka penutup sensor
- Meletakkan alat ukur luxmeter pada titik pengukuran yang telah ditentukan
- Alat ukur luxmeter akan menampilkan hasil pada layar monitor luxmeter
- Mencatat hasil data pengukuran yang diperolah.
- Matikan luxmeter setelah selesai melakukan pengukuran



BAB III

METODE PENELITIAN

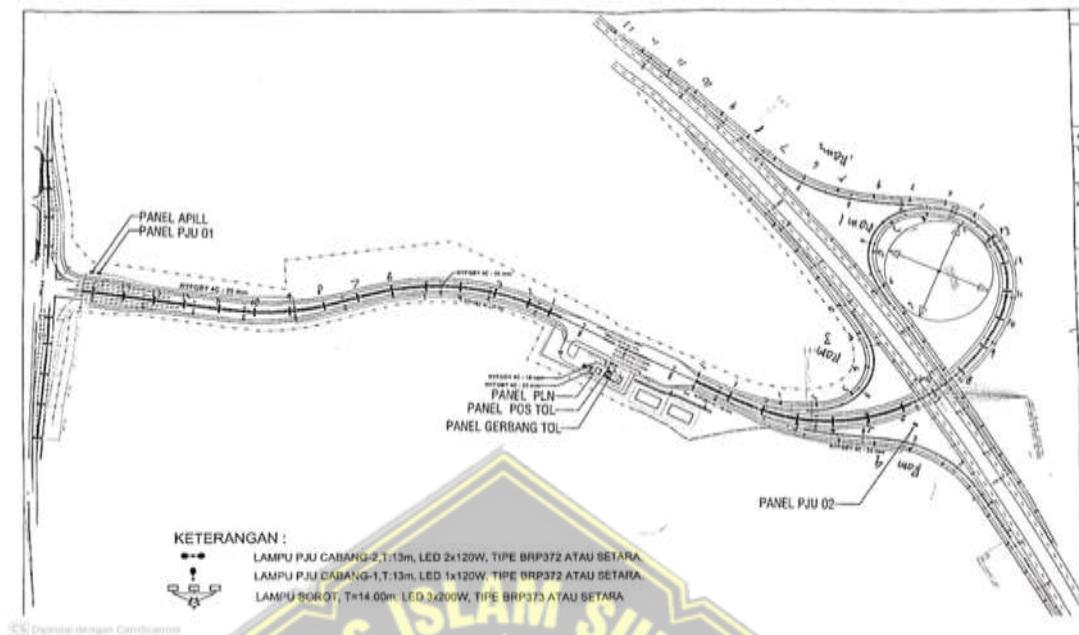
3.1. Metode Penelitian

Metode atau cara pengambilan data tentang penerangan cahaya yang di gunakan di ruas jalan tol Interchang Bandara Adi Soemarmo yaitu dengan melakukan pengukuran secara langsung pada tiap masing-tiang lampu penerangan yang ada di ruas jalan tol tersebut dan membandingkan dengan menggunakan perhitungan rumus sesuai yang ada pada Landasan Teori di Bab II. Untuk pengukuran kuat cahaya secara aktual langsung di lapangan yang sering digunakan yaitu menggunakan alat ukur Bernama Lux Meter. Lux meter merupakan salah satu alat ukur intensitas Cahaya yang banyak digunakan. Dalam dunia fotografi, sering digunakan untuk menentukan eksposur yang tepat pada sebuah foto. Dengan cara meletakkan alat secara vertikal tegak lurus dengan posisi lampu yang terpasang. Pengukuran yang jauh dari sumber cahaya akan menunjukkan nilai yang semakin kecil, lalu untuk mengetahui nilai kuat pencahayaan bisa juga dengan menggunakan rumus

$$E = \frac{\varphi \cdot CU \cdot LLF}{A} \quad (2.10)$$

Dimana :

- Φ = Fluks cahaya lampu (lumen)
CU = Koefisien Pemanfaatan (LED = 0,8)
LLF = Faktor kehilangan Cahaya (LED = 0,7)
A = Luas Area (m^2)



Gambar 3. 1 Denah Lokasi Interchange Jalan Toll Gerbang Adi Soemarmo

Penelitian Tugas Akhir ini berfokus pada kelayakan penerangan pada Interchange Jalan Tol Bandara Adi Soemarmo sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

3.2. Model Penelitian

Model penelitian yang dilakukan pada penelitian kali ini yaitu menggunakan model penelitian kuantitatif dan model penelitian kualitatif. Dimana data penelitian ini diperoleh berdasarkan data yang didapat dari hasil obervasi dan pengukuran langsung pada tiap titik lampu di lapangan mengenai kelayakan pencahayaan yang ada di ruas jalan tol Interchange Bandara Adi Soemarmo, dan berkonsultasi dengan pihak pengelola, pelaksana dan pengawas pada proyek Pembangunan jalan tol tersebut.

3.3. Parameter Penelitian

Parameter yang digunakan pada penelitian ini antara lain meliputi :

- a. Lampu penerangan, seperti jenis dan daya serta data spesifikasi lampu yang digunakan menggunakan daya lampu 120 watt LED dan 200 watt LED untuk lampu highmass

- b. Jarak antara tiang lampu satu dengan tiang lampu yang lain adalah 40 meter
- c. Ketinggian tiang lampu adalah 13 meter dan 14 meter untuk tiang lampu highmass
- d. Lebar jalan adalah 11,3 meter.

3.4. Obyek Penelitian

Obyek penelitian dilakukan pada lampu penerangan jalan tol di ruas keluar dan masuk Gerbang Tol Bandara Adi Soemarmo, yang kebetulan sedang diperiksa atau diuji kelayakannya oleh PT. Eskapindo Matra Consulting Engineering Bersama PT. Jasamarga dan juga PT. Waskita Karya Persero Tbk.

3.5. Alat dan Bahan Penelitian

Untuk menunjang peneliti dalam melaksanakan penelitian ini, peneliti memerlukan penggunaan alat dan peralatan yang memadai, berikut ini alat dan peralatan yang digunakan penulis :

1. Lux Meter

Alat ukur yang dipakai pada pengukuran besarnya intensitas cahaya adalah Lux meter. Besar kecilnya nilai intensitas yang terukur pada Lux meter bergantung pada nilai nominal pada pancaran atau sorot dari lampu penerangan yang digunakan serta besaran daya lampu yang digunakan juga dapat mempengaruhi nilai yang terukur pada Lux Meter tersebut.

Prinsip kerja Lux Meter adalah Lux meter bekerja dengan cara mengkonversi energi foton menjadi elektron. Hal ini karena memang foton bisa mentrigger elektron. Jadi, cahaya akan jatuh pada sel foto lalu ditangkap sensor yang kemudian diteruskan oleh sefoto menjadi arus listrik. Pada prinsipnya, semakin banyak cahaya yang bisa ditangkap atau jatuh pada sel foto, maka arus yang dihasilkan pun menjadi lebih banyak.

2. Handphone

Handphone digunakan untuk mendokumentasikan kegiatan pengukuran intensitas cahaya yang telah dilaksanakan dilapangan sebagai bentuk barang bukti pertanggungjawaban bahwa data yang diperoleh benar-benar hasil dari pelaksanaan pengukuran. Hanphone yang digunakan adalah

milik Ketua Bidang ME Konsultan dari PT. Eskapindo Matra yaitu merk Oppo tipe Reno 4 dan milik saya pribadi dengan merk Samsung dengan seri Galaxy A50s.

3. Laptop

Laptop pada penelitian ini digunakan peneliti untuk melakukan pembuatan dan penyusunan laporan.

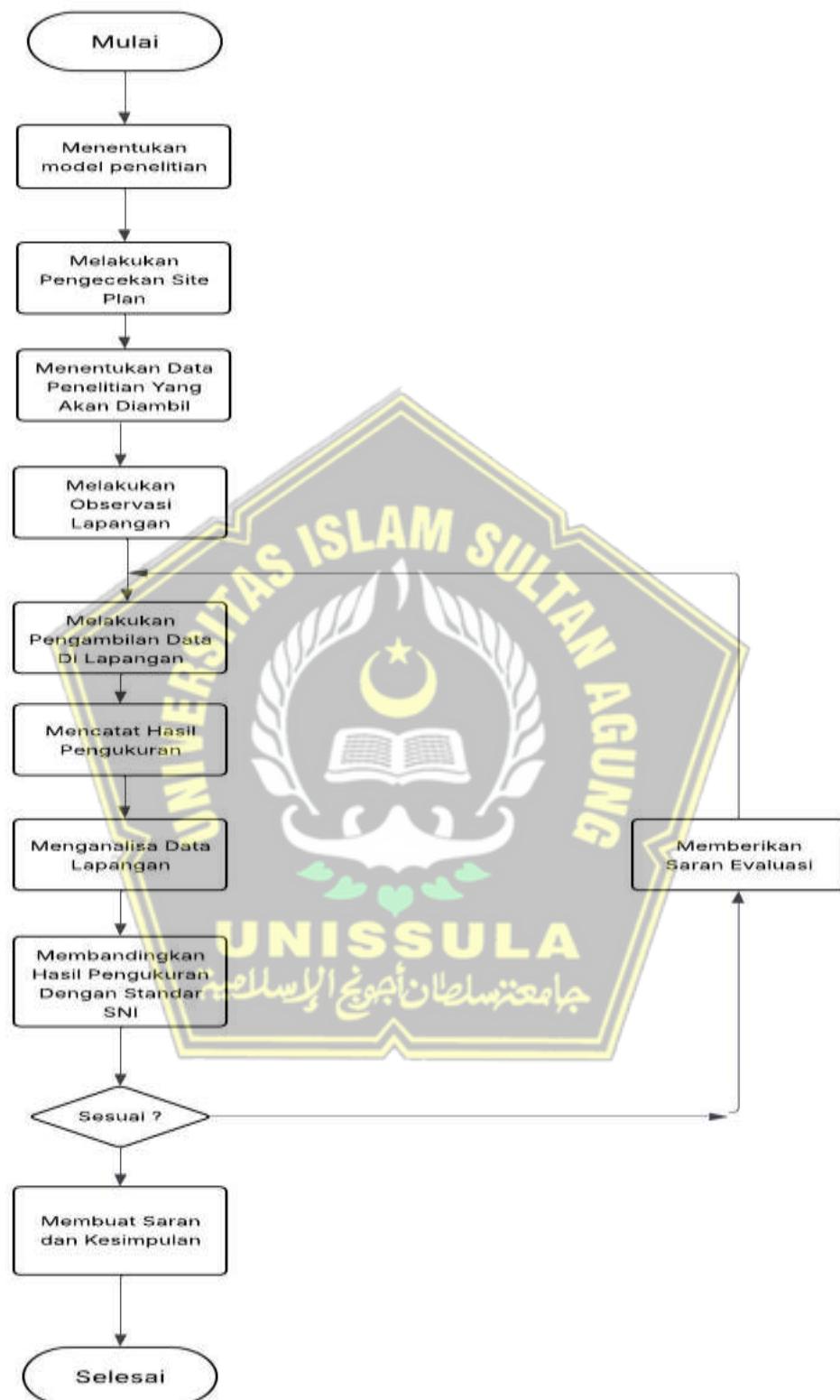
3.4. Data Penelitian

Data penelitian yang diambil dari penelitian kali ini adalah data actual dan real yang diambil langsung oleh peneliti didampingi PT. Eskapindo Matra Consulting Engineering. Data penelitian diambil dengan menggunakan metode pengukuran memakai Lux Meter. Setelah data berhasil mendapatkan data, tahap selanjutnya adalah melakukan analisa hasil tersebut lalu kemudian menyimpulkan tentang kelayakan dari pencahayaan yang ada di Lokasi ruas jalan Gerbang Toll Bandara Adi Soemarmo.

3.5. Diagram Alur Penelitian

Data– data yang didapatkan pada tugas akhir ini berasal dari hasil survey lapangan, ataupun sumber-sumber lain seperti buku-buku yang berkaitan, artikel artikel, dan internet.





Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian

3.6. Tahapan Dalam Penelitian

Pada Tahapan penelitian ini mendeskripsikan pada gambar diatas sebagai berikut [14].

1. Menentukan terlebih dahulu model penelitian yang akan dilaksanakan
2. Melakukan pengecekan site plan / gambar area
3. Menentukan data penelitian yang akan diambil meliputi :
 - a. Lebar jalan
 - b. Posisi jarak antar tiang
 - c. Jumlah tiang yang akan diukur
 - d. Jenis dan daya lampu
 - e. Kuat cahaya lampu
4. Melakukan observasi lapangan yakni oleh PT. Eskapindo Matra Bersama dengan PT. Waskita Karya selaku pelaksana kerja dan PT. Jasamarga Solo Ngawi selaku pengelola jala tol di ruas Bandara Adi Soemarmo, ke Lokasi ruas jalan Toll Interchange Bandara International Adi Soemarmo yang berlokasi di Kelurahan Ngesrep, Kec. Ngemplak, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah.
5. Melakukan pengukuran kuat pencahayaan (iluminasi) tiap titik lampu pada Lokasi tersebut menggunakan alat Lux Meter. Pengukuran dilakukan dengan cara mengukur kuat cahaya dengan meletakkan alat Lux Meter tepat di bawah lampu
6. Mencatat hasil pengukuran yang telah dilaksanakan
7. Melakukan analisa dengan membandingkan nilai hasil dari pengukuran yang telah dilakukan tersebut dengan nilai dan aturan standar dari Dinas Perhubungan dan Jasa Marga yang telah ditetapkan minimal 15-20 lux untuk jalan bebas hambatan dan 20-25 lux untuk jalan simpang susun pada ruas jalan tol tersebut
8. Mengalisa nilai pengukuran tersebut, jika nilai yang didapat lebih dari 15-20 lux untuk jalan bebas hambatan dan 20 – 25 lux, maka sistem pencahayaan telah sesuai dan memenuhi standar, dan jika nilai kuat

pencahayaan kurang dari 15 lux – 20 untuk jalan bebas hambatan dan 20 – 25 lux untuk jalan simpang susun maka harus melakukan tindak lanjut yaitu penggantian lampu

9. Setelah menganalisa maka, langkah selanjutnya yaitu membuat kesimpulan mengenai data yang diperoleh , melakukan rekomendasi dan laporan terkait pemeriksaan dan pemeriksaan yang telah dilakukan
10. Setelah melaksanakan pengukuran , langkah terakhir yaitu mematikan alat ukur yang telah dipakai kemudian, merapikan dan menyususun kembali pada tempat semula

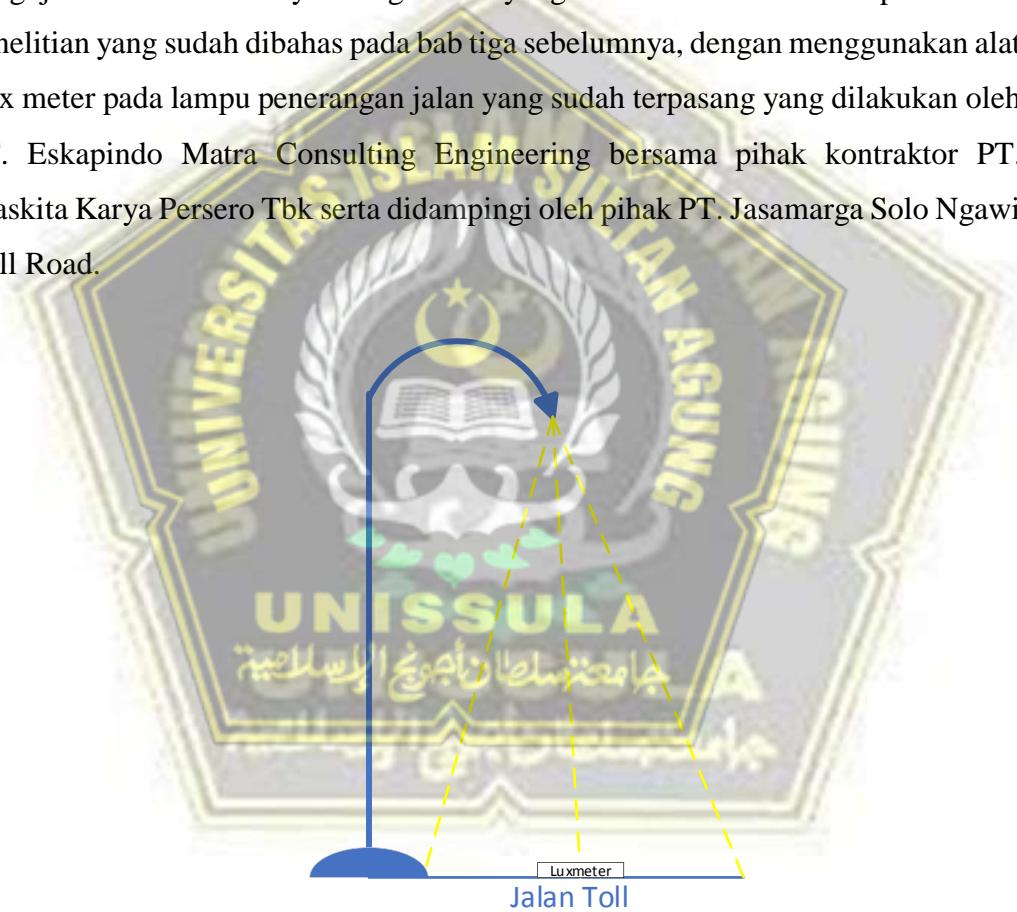


BAB IV

ANALISA DAN HASIL PEMBAHASAN

4.1. Data Hasil Pengukuran

Penelitian Tugas Akhir ini berfokus pada kelayakan penerangan pada Interchange Jalan Tol Bandara Adi Soemarmo sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Data hasil pengukuran yang didapatkan dengan mengukur nilai dari pengujian intensitas cahaya. Pengukuran yang dilakukan berdasarkan pada mode penelitian yang sudah dibahas pada bab tiga sebelumnya, dengan menggunakan alat Lux meter pada lampu penerangan jalan yang sudah terpasang yang dilakukan oleh PT. Eskapindo Matra Consulting Engineering bersama pihak kontraktor PT. Waskita Karya Persero Tbk serta didampingi oleh pihak PT. Jasamarga Solo Ngawi Toll Road.



Gambar 4. 1 Ilustrasi Pengukuran di titik tengah jalan

Pengukuran kuat pencahayaan ini menggunakan Digital Luxmeter Victor 1010C dimana sesuai dengan Standar Operasional pada alat yang digunakan yaitu menyalakan Luxmeter kemudian menekan tombol range sesuai dengan rentang pengukuran yang dilakukan, kemudian sensor lux meter dihadapkan posisi

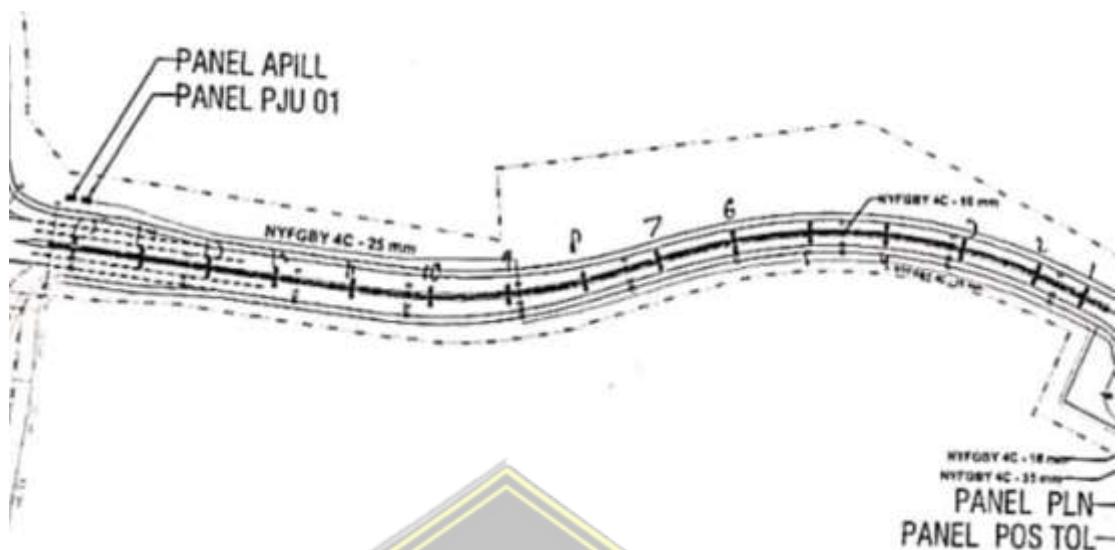
horisontal ke sumber cahaya dari lampu penerangan jalan tersebut, sehingga display monitor layar pada lux meter akan menampilkan data hasil pengukuran. Untuk titik pengukuran sendiri digunakan standar SNI 7391:2008 yaitu seperti Gambar 2.9 pada titik tengah jalan di setiap sorot lampunya. Sebagai contoh ilustrasi pengukuran ditampilkan pada gambar 4.1. Data hasil pengukuran yang telah dilakukan akan disajikan pada beberapa tabel sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Pengukuran Kuat Pencahayaan Lampu Penerangan Jalan Tol dari Gerbang Tol Menuju ke Bandara Adi Soemarmo

Pada ruas ini jenis tiang lampu yang digunakan yaitu tiang lampu dengan lengan tunggal

Daya lampu yang digunakan 120watt. Jarak antar tiang adalah 40 meter
Ketinggan tiang lampu 13 meter dengan lebar jalan 11,3 meter

No	Titik tiang Lampu	data terukur (lux)
1	Tiang Lampu Pertama Double Arm LED 2x120 watt	16
2	Tiang Lampu Kedua Double Arm LED 2x120 watt	18
3	Tiang Lampu Ketiga Double Arm LED 2x120 watt	17
4	Tiang Lampu Keempat Double Arm LED 2x120 watt	18
5	Tiang Lampu Kelima Double Arm LED 2x120 watt	21
6	Tiang Lampu Keenam Double Arm LED 2x120 watt	24
7	Tiang Lampu Ketujuh Double Arm LED 2x120 watt	20
8	Tiang Lampu Kedelapan Double Arm LED 2x120 watt	22
9	Tiang Lampu Kesembilan Double Arm LED 2x120 watt	20
10	Tiang Lampu Kesepuluh Double Arm LED 2x120 watt	24



Gambar 4. 2 Gambar denah dari gerbang toll menuju ke Bandara Adi Soemarmo

Berdasarkan data yang didapatkan pada pengukuran kuat pencahayaan lampu di jalan gerbang tol menuju bandara yang menggunakan tipe *double arm* LED 2x120 watt didapatkan hasil yang berbeda pada setiap tiang yang diukur. Dimana perhitungan rata-rata hasil kuat pencahayaan dari 10 tiang yang diukur menggunakan persamaan (2.11) adalah sebagai berikut:

$$E_{avg} = \frac{E_{T1} + E_{T2} + E_{T3} + E_{T4} + E_{T5} + E_{T6} + E_{T7} + E_{T8} + E_{T9} + E_{T10}}{10}$$

$$E_{avg} = \frac{16 + 18 + 17 + 18 + 21 + 24 + 20 + 22 + 20 + 24}{10}$$

$$E_{avg} = 20 \text{ Lux}$$

Nilai rata-rata didapatkan sebesar 20 lux pada 10 tiang dengan menggunakan *double arm* LED 2x120 watt. Dengan nilai terendah kuat pencahayaan yang didapatkan sebesar 16 Lux pada tiang lampu yang pertama dan tertinggi pada tiang lampu Keenam dan Kesepuluh sebesar 24 Lux. Uniformitas dari keseluruhan tiang lampu dapat dihitung menggunakan persamaan (2.12) sebagai berikut:

$$E = \frac{E_{min}}{E_{avg}} = \frac{16}{20} = 0,8$$

Uniformitas menunjukkan nilai sebesar 0,8 pada hasil perhitungan. Hasil ini menunjukkan bahwa distribusi cahaya dari lampu diatas 0,4 sehingga menunjukkan hasil yang positif untuk distribusi cahaya yang merata.

Tabel 4. 2 Pengukuran Kuat Pencahayaan Penerangan Lampu Jalan pada Akses masuk Gerbang Tol

Pada ruas ini jenis tiang lampu yang digunakan yaitu tiang lampu dengan lengan tunggal

Daya lampu yang digunakan 120watt. Jarak antar tiang adalah 40 meter

Ketinggan tiang lampu 14 meter dengan lebar jalan 11,3 meter

No	Titik tiang Lampu	data terukur (lux)
1	Lampu Sorot Highmas Tiang Pertama LED 3 X 200 watt	62
2	Lampu Sorot Highmas Tiang Kedua LED 3 X 200 watt	55



Gambar 4. 3 Gambar Denah Lokasi Gerbang Tol

Berdasarkan data yang didapatkan pada pengukuran kuat pencahayaan lampu di akses masuk gerbang tol yang menggunakan tipe Lampu Sorot Highmas LED 3x200 watt yang berjumlah 2 didapatkan hasil yang berbeda pada setiap tiang yang diukur. Dimana perhitungan rata-rata hasil kuat pencahayaan dari 2 tiang yang diukur dengan persamaan (2.11) adalah sebagai berikut:

$$E_{avg} = \frac{E_{T1} + E_{T2}}{10}$$

$$E_{avg} = \frac{62 + 55}{2}$$

$$E_{avg} = 58,5 \text{ Lux}$$

Nilai rata-rata didapatkan sebesar 58,5 lux pada 2 tiang dengan menggunakan Lampu Sorot Highmas LED 3x200 watt. Dengan nilai terendah kuat pencahayaan yang didapatkan sebesar 55 Lux pada tiang lampu yang kedua dan tertinggi pada tiang lampu Kedua sebesar 62 Lux. Uniformitas dari keseluruhan tiang lampu dapat dihitung menggunakan persamaan (2.12) sebagai berikut:

$$E = \frac{E_{min}}{E_{avg}} = \frac{55}{58,5} = 0,942$$

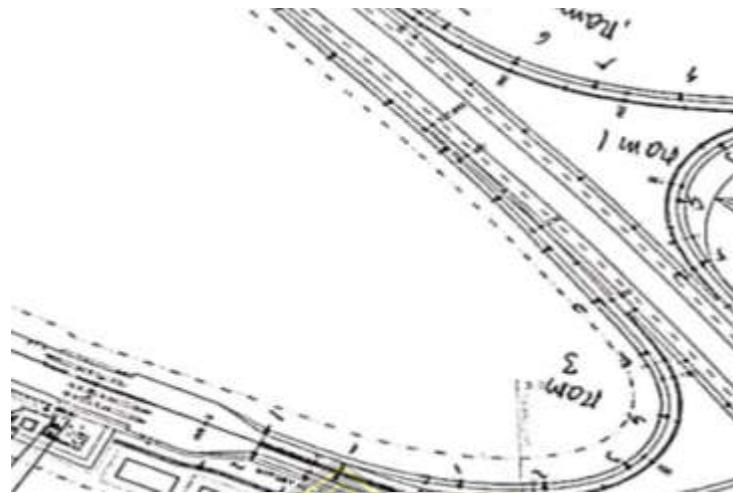
Uniformitas menunjukkan nilai sebesar 0,667 pada hasil perhitungan. Hasil ini menunjukkan bahwa distribusi cahaya dari lampu diatas 0,4 sehingga menunjukkan distribusi cahaya yang merata.

Tabel 4. 3 Pengukuran Kuat Pencahayaan Lampu Penerangan Jalan Dari Gerbang Tol Bandara ke Arah Kota Semarang Dengan Jenis Tiang Lampu Lengan Tunggal (Single Arm) Jalur B

Pada ruas ini jenis tiang lampu yang digunakan yaitu tiang lampu dengan lengan tunggal

Daya lampu yang digunakan 120watt. Jarak antar tiang adalah 40 meter
Ketinggan tiang lampu 13 meter dengan lebar jalan 11,3 meter

No	Titik tiang Lampu	data terukur (lux)
1	Tiang Lampu Pertama Single Arm LED 1x120 watt	28
2	Tiang Lampu Kedua Single Arm LED 1x120 watt	22
3	Tiang Lampu Ketiga Single Arm LED 1x120 watt	21
4	Tiang Lampu Keempat Single Arm LED 1x120 watt	24
5	Tiang Lampu Kelima Single Arm LED 1x120 watt	21
6	Tiang Lampu Keenam Single Arm LED 1x120 watt	18
7	Tiang Lampu Ketujuh Single Arm LED 1x120 watt	20
8	Tiang Lampu Kedelapan Single Arm LED 1x120 watt	17
9	Tiang Lampu Kesembilan Single Arm LED 1x120 watt	19
10	Tiang Lampu Kesepuluh Single Arm LED 1x120 watt	18
11	Tiang Lampu Kesebelas Single Arm LED 1x120 watt	19
12	Tiang Lampu Kedua Belas Single Arm LED 1x120 watt	16
13	Tiang Lampu Ke Tiga Belas Single Arm LED 1x120 watt	17



Gambar 4. 4 Gambar Denah Lokasi dari Gerbang Toll Bandara menuju Ke Kota Semarang

Berdasarkan data yang didapatkan pada pengukuran kuat pencahayaan lampu di Jalan Dari Gerbang Tol Bandara ke Arah Kota Semarang Dengan Jenis Tiang Lampu Lengan Tunggal (*Single Arm LED 1x120 watt*) Jalur B yang berjumlah 13 tiang didapatkan hasil yang berbeda pada setiap tiang yang diukur. Dimana perhitungan rata-rata hasil kuat pencahayaan dari 13 tiang yang diukur dengan persamaan (2.11) adalah sebagai berikut:

$$E_{avg} = \frac{E_{T1} + E_{T2} + E_{T3} + E_{T4} + \dots + E_{T13}}{10}$$

$$E_{avg} = \frac{28 + 22 + 21 + 24 + 21 + 18 + 20 + 17 + 19 + 18 + 19 + 16 + 17}{13}$$

$$E_{avg} = 20 \text{ Lux}$$

Nilai rata-rata didapatkan sebesar 20 lux pada 13 tiang dengan menggunakan *Singel Arm LED 1x120 watt*. Dengan nilai terendah kuat pencahayaan yang didapatkan sebesar 16 Lux pada tiang lampu yang kedua belas dan tertinggi pada tiang lampu Pertama sebesar 28 Lux. Uniformitas dari keseluruhan tiang lampu dapat dihitung menggunakan persamaan (2.12) sebagai berikut:

$$E = \frac{E_{min}}{E_{avg}} = \frac{16}{20} = 0,8$$

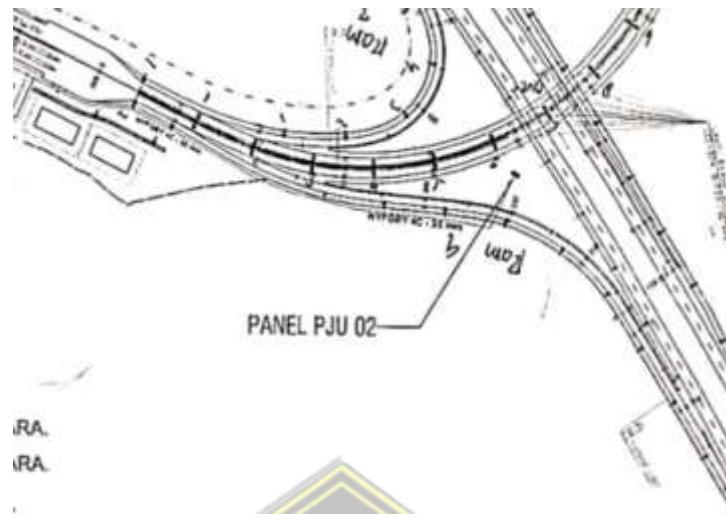
Uniformitas menunjukkan nilai sebesar 0,8 pada hasil perhitungan. Hasil ini menunjukkan bahwa distribusi cahaya dari lampu diatas 0,4 sehingga menunjukkan distribusi cahaya yang merata.

Tabel 4. 4 Pengukuran Kuat Pencahayaan Lampu Penerangan Jalan Dari Kota Solo Menuju ke Arah Gerbang Tol Bandara Dengan Jenis Tiang Lampu Lengan Tunggal (Single Arm) Jalur B

Pada ruas ini jenis tiang lampu yang digunakan yaitu tiang lampu dengan lengan tunggal

Daya lampu yang digunakan 120watt. Jarak antar tiang adalah 40 meter
Ketinggan tiang lampu 13 meter dengan lebar jalan 11,3 meter

No	Titik tiang Lampu	data terukur (lux)
1	Tiang Lampu Pertama Single Arm LED 1x120 watt	29
2	Tiang Lampu Kedua Single Arm LED 1x120 watt	26
3	Tiang Lampu Ketiga Single Arm LED 1x120 watt	22
4	Tiang Lampu Keempat Single Arm LED 1x120 watt	19
5	Tiang Lampu Kelima Single Arm LED 1x120 watt	20
6	Tiang Lampu Keenam Single Arm LED 1x120 watt	18



Gambar 4. 5 Denah Lokasi Dari Kota Solo Menuju Ke Gerbang Bandara

Berdasarkan data yang didapatkan pada pengukuran kuat pencahayaan lampu di Jalan Dari Gerbang Tol Bandara ke Arah Kota Solo Dengan Jenis Tiang Lampu Lengan Tunggal (*Single Arm LED 1x120 watt*) Jalur B yang berjumlah 6 tiang didapatkan hasil yang berbeda pada setiap tiang yang diukur. Dimana perhitungan rata-rata hasil kuat pencahayaan dari 6 tiang yang diukur dengan persamaan (2.11) adalah sebagai berikut:

$$E_{avg} = \frac{E_{T1} + E_{T2} + E_{T3} + E_{T4} + E_{T5} + E_{T6}}{6}$$

$$E_{avg} = \frac{29 + 26 + 22 + 19 + 20 + 18}{13}$$

$$E_{avg} = 22,3 \text{ Lux}$$

Nilai rata-rata didapatkan sebesar 22,3 lux pada 6 tiang dengan menggunakan *Singel Arm LED 1x120 watt*. Dengan nilai terendah kuat pencahayaan yang didapatkan sebesar 18 Lux pada tiang lampu yang Keenam dan tertinggi pada tiang lampu Pertama sebesar 29 Lux. Uniformitas dari keseluruhan tiang lampu dapat dihitung menggunakan persamaan (2.12) sebagai berikut:

$$E = \frac{E_{min}}{E_{avg}} = \frac{18}{22,3} = 0,806$$

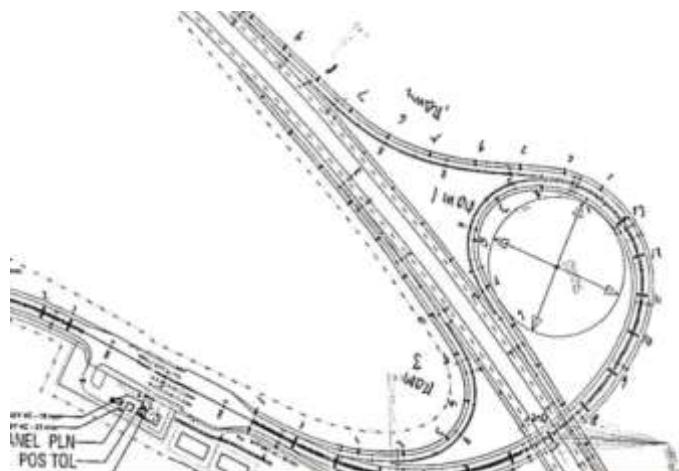
Uniformitas menunjukkan nilai sebesar 0,806 pada hasil perhitungan. Hasil ini menunjukkan bahwa distribusi cahaya dari lampu diatas 0,4 sehingga menunjukkan distribusi cahaya yang merata.

Tabel 4. 5 Pengukuran Kuat Pencahayaan Lampu Penerangan Jalan Menuju ke Gerbang Tol Dari Arah Kota Semarang menuju ke Gerbang Tol Dengan Jenis Tiang Lampu Lengan Ganda (Double Arm) Jalur A

Pada ruas ini jenis tiang lampu yang digunakan yaitu tiang lampu dengan lengan ganda.

Daya lampu yang digunakan 120watt. Jarak antar tiang adalah 40 meter Ketinggan tiang lampu 13 meter dengan lebar jalan 11,3 meter

No	Titik tiang Lampu	data terukur (lux)
1	Tiang Lampu Pertama Double Arm LED 2x120 watt	25
2	Tiang Lampu Kedua Double Arm LED 2x120 watt	24
3	Tiang Lampu Ketiga Double Arm LED 2x120 watt	23
4	Tiang Lampu Keempat Double Arm LED 2x120 watt	26
5	Tiang Lampu Kelima Double Arm LED 2x120 watt	28
6	Tiang Lampu Keenam Double Arm LED 2x120 watt	22
7	Tiang Lampu Ketujuh Double Arm LED 2x120 watt	19
8	Tiang Lampu Kedelapan Double Arm LED 2x120 watt	21
9	Tiang Lampu Kesembilan Double Arm LED 2x120 watt	18
10	Tiang Lampu Kesepuluh Double Arm LED 2x120 watt	18
11	Tiang Lampu Kesebelas Double Arm LED 2x120 watt	22
12	Tiang Lampu Kedua Belas Double Arm LED 2x120 watt	24
13	Tiang Lampu Ke Tiga Belas Double Arm LED 2x120 watt	26



Gambar 4. 6 Gambar Denah Lokasi Dari Kota Semarang Menuju Ke Gerbang Toll Bandara

Berdasarkan data yang didapatkan pada pengukuran kuat pencahayaan lampu di jalan gerbang tol menuju bandara yang menggunakan tipe *double arm* LED 2x120 watt didapatkan hasil yang berbeda pada setiap tiang yang diukur. Dimana perhitungan rata-rata hasil kuat pencahayaan dari 13 tiang yang diukur dengan persamaan (2.11) adalah sebagai berikut:

$$E_{avg} = \frac{E_{T1} + E_{T2} + E_{T3} + \dots + E_{T13}}{13}$$

$$E_{avg} = \frac{25 + 24 + 23 + 26 + 28 + 22 + 22 + 19 + 21 + 18 + 18 + 22 + 24 + 26}{13}$$

$$E_{avg} = 22,77 \text{ Lux}$$

Nilai rata-rata didapatkan sebesar 22,77 lux pada 13 tiang dengan menggunakan *double arm* LED 2x120 watt. Dengan nilai terendah kuat pencahayaan yang didapatkan sebesar 18 Lux pada tiang lampu yang kesembilan dan kesepuluh dan tertinggi pada tiang lampu kelima sebesar 28 Lux. Uniformitas dari keseluruhan tiang lampu dapat dihitung menggunakan persamaan (2.12) sebagai berikut:

$$E = \frac{E_{min}}{E_{avg}} = \frac{18}{22,78} = 0,79$$

Uniformitas menunjukkan nilai sebesar 0,79 pada hasil perhitungan. Hasil ini menunjukkan bahwa distribusi cahaya dari lampu diatas 0,4 sehingga menunjukkan hasil yang positif untuk distribusi cahaya yang merata.

Pada ruas ini jenis tiang lampu yang digunakan yaitu tiang lampu dengan lengan tunggal

Daya lampu yang digunakan 120watt. Jarak antar tiang adalah 40 meter

Ketinggan tiang lampu 13 meter dengan lebar jalan 11,3 meter



Gambar 4. 7 Gambar Denah Lokasi Dari Kota Semarang Menuju Ke Gerbang Toll Bandara

Tabel 4. 6 Pengukuran Kuat Pencahayaan Lampu Penerangan Jalan Menuju ke Gerbang Tol Dari Arah Kota Semarang menuju ke Gerbang Tol Dengan Jenis Tiang Lampu Lengan Tunggal (Single Arm) Jalur A

No	Titik tiang Lampu	data terukur (lux)
1	Tiang Lampu Pertama Single Arm LED 1x120 watt	35
2	Tiang Lampu Kedua Single Arm LED 1x120 watt	29
3	Tiang Lampu Ketiga Single Arm LED 1x120 watt	26
4	Tiang Lampu Keempat Single Arm LED 1x120 watt	21
5	Tiang Lampu Kelima Single Arm LED 1x120 watt	25
6	Tiang Lampu Keenam Single Arm LED 1x120 watt	20
7	Tiang Lampu Ketujuh Single Arm LED 1x120 watt	18
8	Tiang Lampu Kedelapan Single Arm LED 1x120 watt	19

No	Titik tiang Lampu	data terukur (lux)
9	Tiang Lampu Kesembilan Single Arm LED 1x120 watt	20
10	Tiang Lampu Kesepuluh Single Arm LED 1x120 watt	22
11	Tiang Lampu Kesebelas Single Arm LED 1x120 watt	17
12	Tiang Lampu Kedua Belas Single Arm LED 1x120 watt	18
13	Tiang Lampu Ke Tiga Belas Single Arm LED 1x120 watt	16

Berdasarkan data yang didapatkan pada pengukuran kuat pencahayaan lampu di jalan gerbang tol menuju bandara yang menggunakan tipe *single arm* LED 1x120 watt didapatkan hasil yang berbeda pada setiap tiang yang diukur. Dimana perhitungan rata-rata hasil kuat pencahayaan dari 13 tiang yang diukur dengan persamaan (2.11) adalah sebagai berikut:

$$E_{avg} = \frac{E_{T1} + E_{T2} + E_{T3} + \dots + E_{T13}}{13}$$

$$E_{avg} = \frac{35 + 29 + 26 + 21 + 25 + 20 + 18 + 19 + 20 + 22 + 17 + 18 + 16}{13}$$

$$E_{avg} = 22 \text{ Lux}$$

Nilai rata-rata didapatkan sebesar 22 lux pada 13 tiang dengan menggunakan *single arm* LED 1x120 watt. Dengan nilai terendah kuat pencahayaan yang didapatkan sebesar 16 Lux pada tiang lampu yang ketiga belas dan tertinggi pada tiang lampu pertama sebesar 35 Lux. Uniformitas dari keseluruhan tiang lampu dapat dihitung menggunakan persamaan (2.12) sebagai berikut:

$$E = \frac{E_{min}}{E_{avg}} = \frac{16}{22} = 0,73$$

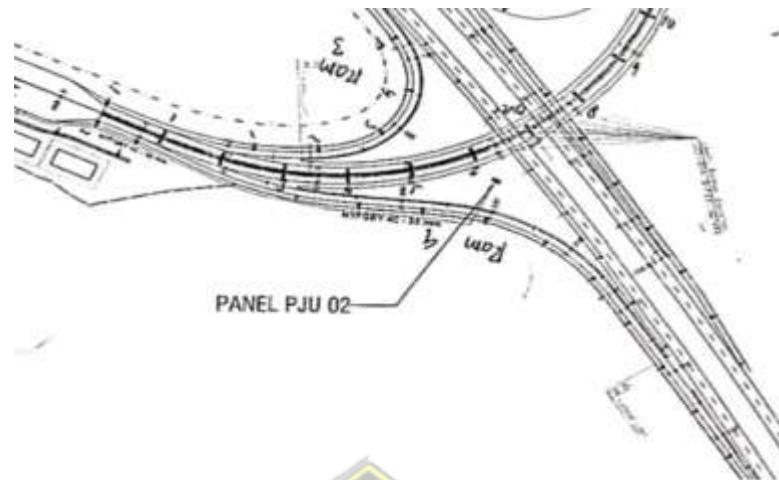
Uniformitas menunjukkan nilai sebesar 0,73 pada hasil perhitungan. Hasil ini menunjukkan bahwa distribusi cahaya dari lampu diatas 0,4 sehingga menunjukkan hasil yang positif untuk distribusi cahaya yang merata.

Tabel 4. 7 Pengukuran Kuat Pencahayaan Lampu Penerangan Jalan Dari Gerbang Tol Bandara ke Arah Kota Solo Dengan Jenis Tiang Lampu Lengan Tunggal (Single Arm) Jalur A

Pada ruas ini jenis tiang lampu yang digunakan yaitu tiang lampu dengan lengan tunggal

Daya lampu yang digunakan 120watt. Jarak antar tiang adalah 40 meter
Ketinggan tiang lampu 13 meter dengan lebar jalan 11,3 meter

No	Titik tiang Lampu	data terukur (lux)
1	Tiang Lampu Pertama Single Arm LED 1x120 watt	34
2	Tiang Lampu Kedua Single Arm LED 1x120 watt	28
3	Tiang Lampu Ketiga Single Arm LED 1x120 watt	24
4	Tiang Lampu Keempat Single Arm LED 1x120 watt	21
5	Tiang Lampu Kelima Single Arm LED 1x120 watt	18
6	Tiang Lampu Keenam Single Arm LED 1x120 watt	19



Gambar 4. 8 Gambar Denah Lokasi Dari Gerbang Toll Ke Arah Kota Solo

Berdasarkan data yang didapatkan pada pengukuran kuat pencahayaan lampu di jalan gerbang tol menuju bandara yang menggunakan tipe *single arm* LED 1x120 watt didapatkan hasil yang berbeda pada setiap tiang yang diukur. Dimana perhitungan rata-rata hasil kuat pencahayaan dari 6 tiang yang diukur dengan persamaan (2.11) adalah sebagai berikut:

$$E_{avg} = \frac{E_{T1} + E_{T2} + E_{T3} + E_{T4} + E_{T5} + E_{T6}}{6}$$

$$E_{avg} = \frac{34 + 28 + 24 + 21 + 18 + 19}{6}$$

$$E_{avg} = 24 \text{ Lux}$$

Nilai rata-rata didapatkan sebesar 24 lux pada 6 tiang dengan menggunakan *single arm* LED 1x120 watt. Dengan nilai terendah kuat pencahayaan yang didapatkan sebesar 18 Lux pada tiang lampu yang kelima dan tertinggi pada tiang lampu pertama sebesar 34 Lux. Uniformitas dari keseluruhan tiang lampu dapat dihitung menggunakan persamaan (2.12) sebagai berikut:

$$E = \frac{E_{min}}{E_{avg}} = \frac{18}{24} = 0,75$$

Uniformitas menunjukkan nilai sebesar 0,75 pada hasil perhitungan. Hasil ini menunjukkan bahwa distribusi cahaya dari lampu diatas 0,4 sehingga menunjukkan hasil yang positif untuk distribusi cahaya yang merata.

4.2. Perbandingan Hasil Pengukuran dengan Standar

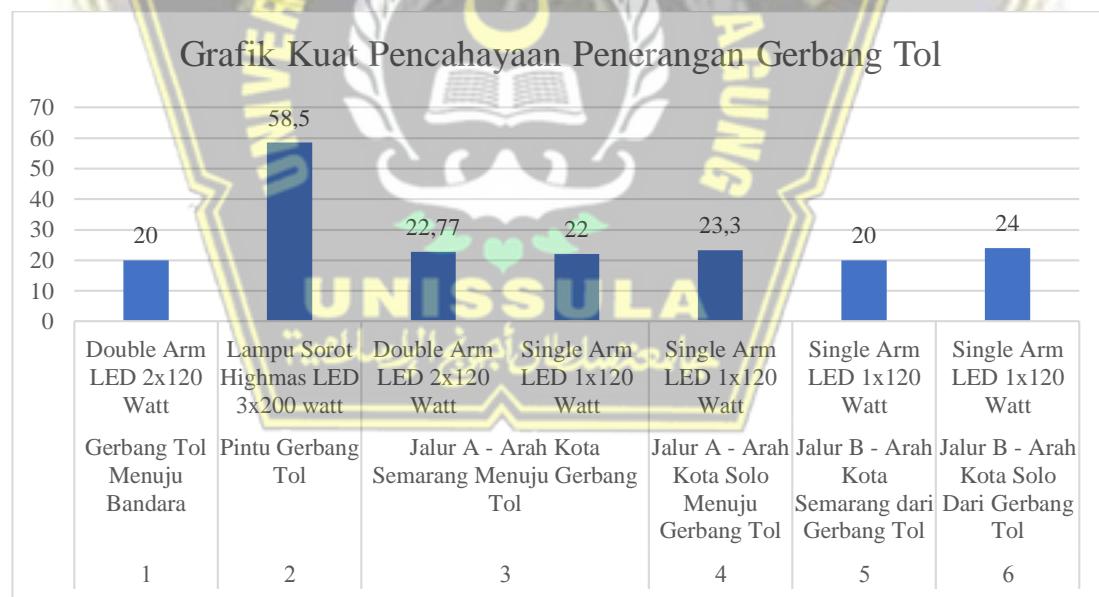
Berdasarkan data yang sudah didapatkan kemudian hasil tersebut secara keseluruhan dapat dijabarkan pada tabel 4. 8. Dimana hasil menunjukkan rata-rata disetiap lokasi dengan kuat pencahayaan rata-rata yang sudah dihitung.

Tabel 4. 8 Hasil Pengukuran kuat pencahayaan rata-rata pada lokasi

No	Lokasi	Tipe Lampu	Kuat Cahaya	Uniformitas
1	Gerbang Tol Menuju Bandara	Double Arm LED 2x120 Watt	20 Lux	0,8
2	Pintu Gerbang Tol	Lampu Sorot Highmas LED 3x200 watt	58,5 Lux	0,942
3	Jalur A - Arah Kota Semarang Menuju Gerbang Tol	Double Arm LED 2x120 Watt	22,77 Lux	0,79
		Single Arm LED 1x120 Watt	22 Lux	0,73
4	Jalur A - Arah Kota Solo Menuju Gerbang Tol	Single Arm LED 1x120 Watt	23,3 Lux	0,806
5	Jalur A - Arah Kota Semarang dari Gerbang Tol	Single Arm LED 1x120 Watt	20 Lux	0,8
6	Jalur A - Arah Kota Solo Dari Gerbang Tol	Single Arm LED 1x120 Watt	24 Lux	0,75

Berdasarkan data yang telah diukur didapatkan nilai rata-rata kuat pencahayaan penerangan pada gerbang tol Bandara Adi Sumarmo yang didapatkan

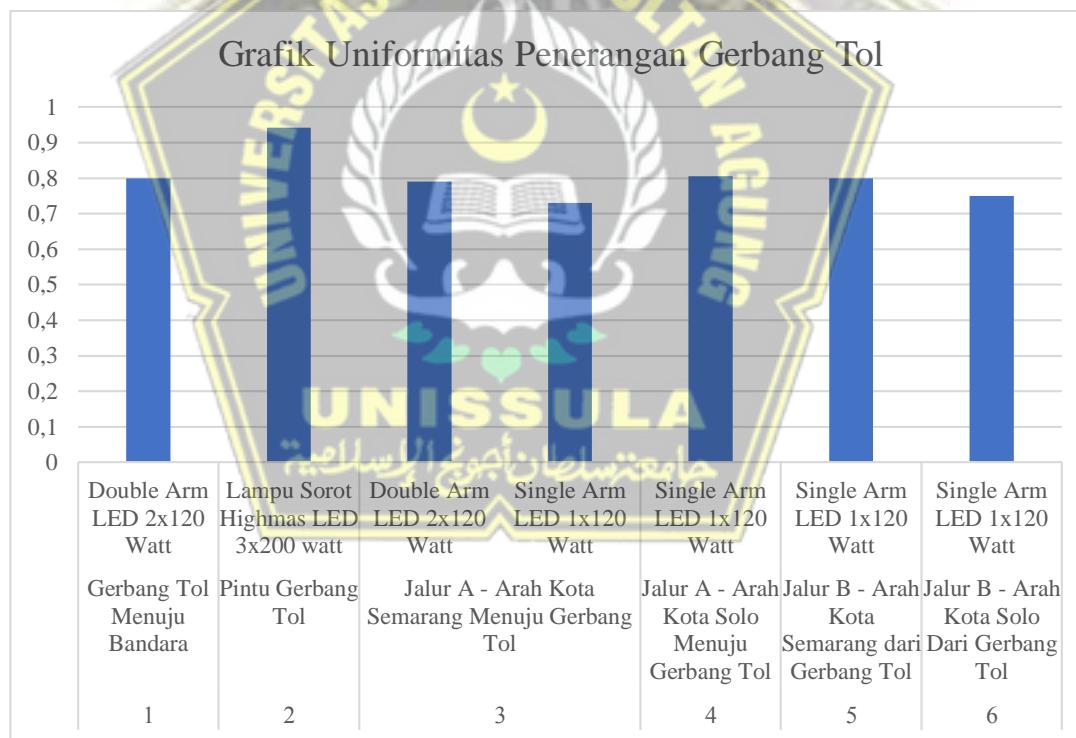
pada pintu Gerbang didapatkan sebesar 58,5 Lux dengan menggunakan Lampu Sorot Highmas LED 3 x 200 Watt. Kemudian pada exit gerbang menuju bandara menggunakan Double Arm LED 2x120 watt didapatkan kuat pencahayaan sebesar 20 Lux. Pada Jalur A dari Arah Kota Semarang Menuju Gerbang Tol Bandara menggunakan 2 jenis tipe tiang yang pertama menggunakan Doubel Arm LED 2x120 Watt yang berada di tengah jalur didapatkan Kuat pencahayaan sebesar 22,77 Lux sedangkan yang menggunakan tiap Single Arm didapatkan kuat pencahayaan sebesar 22 Lux. Untuk jalur A dari arah Kota Solo menuju Gerbang Tol Bandara menggunakan tiang single Arm LED 1x120 Watt didapatkan kuat pencahayaan sebesar 23,3 Lux. Di Jalur B dari Gerbang Tol Menuju Kota Semarang dengan menggunakan Tiang Single Arm didapatkan sebesar 20 Lux. Untuk seberang Jalur B yaitu dari Gerbang Tol Menuju Kota Solo didapatkan Kuat Pencahayaan sebesar 24 Lux. Jika digambarkan dengan grafik disajikan pada gambar 4.2.



Gambar 4. 9 Grafik Kuat Pencahayaan di lokasi berbeda Pada Gerbang Tol Bandara Adi Sumarmo

Setelah Perhitungan Uniformitas pada setiap lokasi pemasangan tiang lampu maka didapatkan seperti tabel 4.8 diatas. Dimana, pada gerbang tol Bandara Adi Sumarmo yang didapatkan pada pintu Gerbang didapatkan sebesar 0,942

dengan menggunakan Lampu Sorot Highmas LED 3 x 200 Watt. Kemudian pada exit gerbang menuju bandara menggunakan Double Arm LED 2x120 watt didapatkan nilai Uniformitas sebesar 0,8. Pada Jalur A dari Arah Kota Semarang Menuju Gerbang Tol Bandara menggunakan 2 jenis tipe tiang yang pertama menggunakan Doubel Arm LED 2x120 Watt yang berada di tengah jalur didapatkan Uniformitas sebesar 0,79 sedangkan yang menggunakan tiap Single Arm didapatkan uniformitas 0,73. Untuk jalur A dari arah Kota Solo menuju Gerbang Tol Bandara menggunakan tiang single Arm LED 1x120 Watt didapatkan uniformitas sebesar 0,806. Di Jalur B dari Gerbang Tol Menuju Kota Semarang dengan menggunakan Tiang Single Arm didapatkan unifromitas sebesar 0,8. Untuk seberang Jalur B yaitu dari Gerbang Tol Menuju Kota Solo didapatkan uniformitas sebesar 0,75. Jika digambarkan dengan grafik disajikan pada gambar 4.2.



Gambar 4. 10 Grafik Hasil Perhitungan Uniformitas pada lokasi jalan di gerbang Tol

Sehingga dari pengukuran tersebut dapat dilihat kekuatan standar dengan mengacu pada SNI 7391:2008 untuk penerangan jalan di kawasan Perkotaan dan IESNA RP-8-18 untuk jalan tol dengan ketentuan sebagai berikut :

- Kuat Pencahayaan = 20-30 Lux hal ini telah sesuai dengan aturan standar yang telah ditetapkan, untuk area interchange jalan tol di kawasan urban (volume sibuk - lalu lintas tinggi) , standar aturan yang ditetapkan untuk nilai kuat cahaya yaitu 15-20;ux untuk area jalan bebas hambatan, dan 20-25 lux untuk area simpang susun
- Uniformitas = $\geq 0,4$ Pemerataan distribusi cahaya, dimana standar yang ditetapkan untuk nilai uniformitas yaitu 0,4 untuk batas minimal dan 0,5-0,70 untuk batasan rata-rata normalnya
- Data yang diperoleh berdasarkan hasil pengukuran langsung pada tiap lampu telah memenuhi standar SNI 7391-2008

4.3. Validasi Hasil Pengukuran Dengan Rumus

Berdasarkan hasil data pengukuran maka dapat divalidasikan menggunakan persamaan (2.10) sehingga digunakan :

$$E_{avg} = \frac{\phi \cdot CU \cdot LLF}{A}$$

Dimana :

Φ = Fluks cahaya lampu (lumen)

CU = Koefisien Pemanfaatan (LED = 0,8)

LLF = Faktor kehilangan Cahaya (LED = 0,7)

A = Luas Area (m^2)

Dengan contoh perhitungan di Tiang Lampu Single Arm LED 1X120 W, sebagai parameter LED 120 Watt, efikasi 130 lm/watt pada data spesifikasi lampu, $\phi = 15.600$ Lumen. maka perhitungannya menjadi :

$$E_{avg} = \frac{15.600 \times 0,8 \times 0,7}{11,3 \cdot 40}$$

$$E_{avg} = \frac{8.736}{452}$$

$$E_{avg} = 19,33 \text{ Lux}$$

Lalu untuk perhitungan lampu dengan jenis tiang lengan ganda dihitung menggunakan persamaan rumus

$$E_{avg} = \frac{15.600 \times 0,9 \times 0,7}{11,3 \cdot 40}$$

$$E_{avg} = \frac{9828}{452}$$

$$E_{avg} = 21,74 \text{ Lux}$$

Disini terjadi perbedaan nilai koefisien utilitas (CU), penggunaan nilai koefisien utilitas 0,9 karena jumlah lampu yang digunakan pada tiang lengan ganda ada 2 buah lampu sehingga menambah peningkatan dalam hal kuat pencahayaan, selain itu area yang mendapat pencaran cahaya juga semakin luas, nilai CU yang mendekati 0,9 menunjukkan bahwa sebagian besar cahaya yang dipancarkan oleh lampu diarahkan secara efektif ke permukaan jalan. Penggunaan nilai CU 0,9 adalah target yang realistik dan diinginkan untuk memastikan efisiensi dan keamanan pencahayaan di jalan tol.

Lalu untuk lampu highmass menggunakan perhitungan

$$E_{avg} = \frac{26.000 \times 1 \times 0,7}{11,3 \cdot 40}$$

$$E_{avg} = \frac{18.200}{452}$$

$$E_{avg} = 40,265 \text{ Lux}$$

Penggunaan nilai CU dengan nilai 1 karena lampu highmass memiliki daya lampu yang tinggi dan area jangkuan pancaran cahaya yang sangat luas, mampu menyinari area dengan sangat baik sehingga mendapat nilai CU yang tinggi.

Sehingga berdasarkan perhitungan didapatkan nilai validasi dari pengukuran secara langsung tersajikan pada tabel 4.11.

Tabel 4. 9 Perbandingan nilai kuat pencahayaan antara pengukuran dilapangan dengan perhitungan rumus dan dasar aturan pada SNI 7391-2008

NO	Lokasi	Tipe Lampu	Kuat Cahaya		
			Pengukuran (Lux)	Perhitungan (Lux)	Standar Aturan (Lux)
1	Gerbang Tol Menuju Bandara	Double Arm LED 2x120 Watt	20	21,74	15 - 20
2	Pintu Gerbang Tol	Lampu Sorot Highmas LED 3x200 watt	58,5	40,26	15 - 20
3	Jalur A - Arah Kota Semarang menuju Gerbang Tol	Double Arm LED 2x120 Watt	22,77	21,74	20 - 25
		Single Arm LED 1x120 Watt	22	19,33	20 - 25
4	Jalur A - Arah Kota Solo Menuju Gerbang Tol	Single Arm LED 1x120 Watt	23,3	19,33	20 - 25
5	Jalur B - Arah Kota Semarang dari Gerbang Tol	Single Arm LED 1x120 Watt	20	19,33	20 - 25
6	Jalur B - Arah Kota Solo Dari Gerbang Tol	Single Arm LED 1x120 Watt	24	19,33	20 - 25

Berdasarkan standar yang berlaku maka didapatkan perbandingan disajikan pada tabel 4.10 dimana kuat pencahayaan, uniformitas dan tingkat kesilauan pada setiap lokasi interchange gerbang tol Bandara Adi Sumarmo Solo.

Tabel 4. 10 Keterangan perbandingan dengan standar yang berlaku sesuai SNI

No	Lokasi	Kuat Cahaya	Ket.	Uni formitas	Ket.	Kesilauan Max	Ket.
1	Gerbang Tol Menuju Bandara	20 Lux	Standar	0,8	Merata	24 Lux	Aman
2	Pintu Gerbang Tol	58,5 Lux	Diatas Standar	0,942	Merata	62 Lux	Silau

3	Jalur A - Arah Kota Semarang Menuju Gerbang Tol	22,77 Lux	Standar	0,79	Merata	28 Lux	Aman
		22 Lux	Standar	0,73	Merata	35 Lux	Silau
4	Jalur A - Arah Kota Solo Menuju Gerbang Tol	23,3 Lux	Standar	0,806	Merata	34 Lux	Silau
5	Jalur B - Arah Kota Semarang dari Gerbang Tol	20 Lux	Standar	0,8	Merata	28 Lux	Aman
6	Jalur B - Arah Kota Solo Dari Gerbang Tol	24 Lux	Standar	0,75	Merata	29 Lux	Aman

Mengacu pada table standar SNI 7391-2008, bahwa data pengukuran aktual yang diperoleh dengan melaksanakan peninjauan langsung di lapangan telah memenuhi standar aturan yang ditetapkan dan bisa dikatakan layak untuk operasi. Untuk nilai kuat cahaya dari tiap masing-masing tiang lampu telah memenuhi kriteria standar dari aturan yang telah ditetapkan, Dimana nilai kuat cahaya yang ditetapkan sebagai nilai standar yaitu 15-20 lux untuk area jalan yang bebas hambatan, dan 20-25 lux untuk Lokasi simpang susun, untuk nilai actual pengukuran dilapangan yang telah dilakukan untuk tiap masing-masing tiang lampu memperoleh nilai diatas batas minimal yang ditetapkan yaitu 15 lux. Hanya memang ada beberapa titik lampu yang mendapatkan nilai pengukuran yang melampaui batas maksimal standar nilai yang ditetapkan yaitu 25 lux. Hal ini bisa terjadi karena faktor posisi penempatan lampu. Untuk tiang lampu PJU 1x120 watt dan PJU 2x120 watt ada yang posisi penempatannya berada di Lokasi yang berdekatan , ditambah dengan pancaran cahaya dari sorot lampu HighMas yang memiliki daya yang lebih besar sehingga menghasilkan nilai kuat cahaya yang yang lebih tinggi, seperti pada area gerbang tol dan pada area simpang susun, sehingga pada saat melakukan pengukuran pada titik tiang lampu yang satu alat ukur lux

meter menangkap pancaran sinar cahaya dari lampu yang lainnya sehingga mendapatkan data nilai yang relative lebih tinggi. Untuk batas maksimal kategori aman untuk kuat pencahayaan lampu yang diberikan oleh konsultan yang Dimana telah disetujui oleh pihak pengelola dalam hal ini PT. Jasamarga bilamana nilai data terukur kuat cahaya yang diperoleh tidak lebih dari 30lux, jika nilai kuat pencahayaan lebih dari 30 lux maka dikategorikan area yang pendapat pencahayaan dari lampu tersebut dinilai masuk dalam kategori silau.

Lalu untuk nilai uniformity atau tingkat pemerataan cahaya di area ruas jalan toll gerbang Bandara Adi Soemarmo dapat dikatakan telah memenuhi standar dari aturan standar yang telah ditetapkan pada SNI 7391-2008, Dimana pada table aturan dasar standar yang ditetapkan untuk nilai uniformity atau kemerataan cahaya yang ditetapkan yaitu 0,4 untuk nilai minimal aturan yang harus dipenuhi, dan untuk nilai rata-rata yang umum yang harus didapatkan untuk bisa dikatakan area tersebut telah memenuhi standar uniformity atau kemerataan cahaya yaitu 0,5 hingga 0,7. Pada penelitian yang telah dilaksanakan berdasarkan pada pengukuran nilai kuat cahaya dari masing-masing lampu bahwa tiap ruas di interchange Bandara Adi Soemarmo telah memenuhi standar yang telah ditetapkan, ini berarti bahwa Interchange Toll Gerbang Bandara Adi Soemarmo memiliki nilai uniformity yang merata untuk tiap areanya.

Adanya perbedaan nilai pengukuran kuat pencahayaan dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti debu atau kabut yang ada dilokasi serta penempatan titik tiang lampu yang saling berdekatan dengan titik tiang lainnya seperti yang ada di lokasi gerbang tol, nilai kuat cahaya dari lampu yang letaknya di area gerbang tol memiliki nilai yang cukup tinggi karena lokasinya saling berdekatan sehingga pada waktu melakukan pengukuran alat ukur lux meter menangkap pancaran cahaya dari sumber cahaya yang lain. Pengukuran kuat cahaya di area Jalan Toll Interchange Gerbang Bandara Adi Spemarmo semua dilaksanakan dari mulai gerbang tol

Berdasarkan data pada Tabel 4.9 Keterkaitan perbandingan dengan standar yang berlaku sesuai SNI, analisis teoretis terhadap tingkat iluminasi di berbagai

lokasi interchange gerbang exit tol Bandara Adi Soemarmo Solo menunjukkan variasi yang signifikan terhadap standar penerangan jalan tol. Lokasi Gerbang Tol Menuju Bandara mencatat iluminasi sebesar 20 lux dengan uniformitas 0,8, yang sesuai dengan standar minimum 20 lux, menunjukkan kondisi pencahayaan yang aman meskipun mendekati batas bawah, dengan nilai maksimum 24 lux yang masih dalam kategori aman. Sebaliknya, lokasi Pintu Gerbang Tol menunjukkan iluminasi yang jauh di atas standar dengan 58,5 lux dan uniformitas 0,942, dengan nilai maksimum 62 lux, yang mengindikasikan potensi silau yang signifikan bagi pengemudi, memerlukan evaluasi lebih lanjut terkait optik lampu atau penyesuaian daya. Untuk Jalur A - Arah Kota Semarang Menuju Gerbang Tol, iluminasi rata-rata 22,77 lux dengan uniformitas 0,79 dan maksimum 28 lux tergolong aman, meskipun sedikit di bawah standar optimal untuk interchange urban (20-30 lux). Lokasi Gerbang Tol lainnya menunjukkan iluminasi 22 lux dengan uniformitas 0,73 dan maksimum 35 lux, yang juga berpotensi menyebabkan silau meskipun masih dalam batas wajar. Pada Jalur A - Arah Kota Solo Menuju Gerbang Tol, iluminasi 23,3 lux dengan uniformitas 0,806 dan maksimum 34 lux menunjukkan kondisi yang cukup baik namun dengan risiko silau ringan. Sementara itu, Jalur B - Arah Kota Semarang dari Gerbang Tol mencatat 20 lux dengan uniformitas 0,8 dan maksimum 28 lux, yang memenuhi standar dan aman, sedangkan Jalur B - Arah Kota Solo dari Gerbang Tol dengan 24 lux, uniformitas 0,75, dan maksimum 29 lux juga berada dalam kategori aman. Secara keseluruhan, data ini menunjukkan bahwa sebagian besar lokasi memenuhi standar iluminasi minimum, namun terdapat ketidakseimbangan dengan adanya potensi silau di beberapa titik, terutama di Pintu Gerbang Tol, yang memerlukan penyesuaian desain penerangan untuk memastikan keamanan dan kenyamanan pengemudi.

Tabel 4. 11 Prosentase Selisih antara perhitungan dan Pengukuran langsung

No	Lokasi	Tipe Lampu	Kuat Cahaya		Selisih	Prosesntase Validitas
			Pengukuran	Perhitungan		
1	Gerbang Tol Menuju Bandara	Double Arm LED 2x120 Watt	20	21,74	1,74	8,7%
2	Pintu Gerbang Tol	Lampu Sorot Highmas LED 3x200 watt	58,5	40,25	18,25	31,1%
3	Jalur A - Arah Kota Semarang Menuju Gerbang Tol	Double Arm LED 2x120 Watt	22,77	21,74	1,03	4,5%
		Single Arm LED 1x120 Watt	22	19,33	2,67	14%
4	Jalur A - Arah Kota Solo Menuju Gerbang Tol	Single Arm LED 1x120 Watt	23,3	19,33	3,97	21%
5	Jalur B - Arah Kota Semarang dari Gerbang Tol	Single Arm LED 1x120 Watt	20	19,33	0,67	3%
6	Jalur B - Arah Kota Solo Dari Gerbang Tol	Single Arm LED 1x120 Watt	24	19,33	4,67	24%

Berdasarkan data pada Tabel 4.11 yang menunjukkan persentase selisih antara hasil pengukuran dan perhitungan iluminasi di interchange gerbang exit tol Bandara Adi Soemarmo Solo, terlihat variasi signifikan dalam validitas data di setiap lokasi. Pada Gerbang Tol Menuju Bandara dengan tipe lampu Double Arm LED 2x120 watt, iluminasi pengukuran sebesar 20 lux menunjukkan selisih 1,74lux dibandingkan perhitungan, menghasilkan persentase validasi sebesar 8,7%, yang menunjukkan perolehan yang tidak terlalu jauh. Sebaliknya, di Pintu Gerbang Tol yang menggunakan High Mast LED 3x200 watt dengan iluminasi 58,5 lux, selisihnya mencapai 18,25 lux dengan persentase validasi 31,1%, telah melewati batas wajar serta menunjukkan ketidaksesuaian yang perlu diperhatikan, terutama terkait potensi silau akibat iluminasi berlebih. Untuk Jalur A - Arah Kota Semarang

Menuju Gerbang Tol dengan Single Arm LED 1x120 watt, iluminasi 22,77 lux memiliki selisih 1,03 lux dan persentase validasi 4,5%, menandakan konsistensi yang cukup baik, sedangkan Gerbang Tol dengan iluminasi 22 lux menunjukkan selisih 2,67 lux dan validasi 14%, yang menunjukkan ketidaksesuaian signifikan yang mungkin disebabkan oleh perbedaan asumsi perhitungan atau kondisi lapangan. Pada Jalur A - Arah Kota Solo Menuju Gerbang Tol dengan iluminasi 23,3 lux, selisih 3,97 lux menghasilkan persentase validasi 21%, menunjukkan deviasi tinggi yang memerlukan evaluasi lebih lanjut, sementara Jalur B - Arah Kota Semarang dari Gerbang Tol dengan iluminasi 20 lux memiliki selisih 0,67 lux dan validasi 3%, yang masih dapat diterima dengan penyesuaian. Terakhir, Jalur B - Arah Kota Solo dari Gerbang Tol dengan iluminasi 24 lux menunjukkan selisih 4,67 lux dan persentase validasi 24%. Secara keseluruhan, hasil ini menegaskan perlunya kalibrasi ulang alat ukur, verifikasi spesifikasi lampu, dan simulasi tata letak untuk meningkatkan akurasi dan keandalan data penerangan di ruas tol tersebut.

Selain itu, faktor lingkungan memainkan peran besar dalam menciptakan kesenjangan ini. Area interchange, yang berada di dekat jalan tol dengan lalu lintas padat, rentan terhadap polusi udara dan penumpukan debu pada lensa lampu, yang dapat menurunkan tingkat cahaya yang sampai ke permukaan jalan. Vegetasi di sekitar lokasi atau struktur bangunan tambahan, seperti rambu atau pagar, juga bisa menghalangi distribusi cahaya, terutama jika perhitungan awal tidak memasukkan hambatan tersebut. Kondisi cuaca pada saat pengukuran, seperti kelembapan atau kabut ringan yang mungkin terjadi pada sore hari seperti sekarang, pukul 12:20 WIB, juga dapat memengaruhi hasil pengukuran, sementara perhitungan teoretis biasanya mengabaikan variabel ini.

Lebih lanjut, ketidak akuratan dapat muncul dari cara pengukuran dilakukan di lapangan. Posisi titik pengukuran yang tidak konsisten dengan titik referensi perhitungan, atau penggunaan alat lux meter yang belum dikalibrasi dengan baik, bisa menghasilkan data yang menyimpang. Tinggi tiang lampu, terutama untuk tipe High Mast yang mungkin lebih dari 13 meter seperti standar umum 18-20 meter,

jugalah perlu diperhitungkan dengan presisi, karena sudut pancar cahaya akan berbeda signifikan dibandingkan asumsi awal. Tanpa penyelarasan ini, perhitungan tetap akan menghasilkan nilai yang ideal, sementara pengukuran mencerminkan realitas yang lebih kompleks, sehingga selisih seperti 48% pada Double Arm LED pada Gerbang Tol menjadi wajar terjadi.

Untuk mengatasi perbedaan ini, diperlukan pendekatan yang lebih mendalam dengan memverifikasi setiap elemen yang memengaruhi pencahayaan. Pemeriksaan langsung terhadap kondisi lampu, pencatatan variabel lingkungan saat pengukuran, dan penggunaan simulasi berbasis data lapangan dapat membantu menjembatani kesenjangan tersebut. Dengan demikian, analisis berikutnya akan lebih mencerminkan kenyataan dan memberikan dasar yang lebih kuat untuk perbaikan desain penerangan di ruas tol ini.

Tabel 4. 12 Perbedaan Penerangan Jalan Umum untuk jalan tol dan jalan biasa atau non tol

Jenis/Klasifikasi Jalan	Kuat Pencahayaan (Luminasi)			Luminasi		Batasan Silau	
	E Rata-Rata (Lux)	Kemerataan (Uniformity)	L Rata-Rata (cd/m ²)	VD	VI	G	TJ (%)
Trotoar	1 - 4	0,10	0,10	0,40	0,50	4	20
Jalan Lokal :							
- Primer	2 - 5	0,10	0,50	0,40	0,50	4	20
- Sekunder	2 - 5	0,10	0,50	0,40	0,50	4	20
Jalan Kolektor :							
- Primer	3 - 7	0,14	1,00	0,40	0,50	4 - 5	20
- Sekunder	3 - 7	0,14	1,00	0,40	0,50	4 - 5	20
Jalan Arteri :							
- Primer	11 - 20	0,14 - 0,20	1,50	0,40	0,50 - 0,70	5 - 6	10 - 20
- Sekunder	11 - 20	0,14 - 0,20	1,50	0,40	0,50 - 0,70	5 - 6	10 - 20
Jalan Arteri Dengan Akses Jalan Bebas Hambatan	15 - 20	0,14 - 0,20	1,50	0,40	0,50 - 0,70	5 - 6	10 - 20
Jalan Layang, Simpang Susun, Terowongan	20 - 25	0,20	2,00	0,40	0,70	6	10

Mengacu pada tabel standar penerangan SNI 7391:2008 diatas, Untuk perbedaan penerangan jalan umum di jalan toll dengan jalan biasa sebut saja seperti jalan arteri dan jalan local maupu jalan kolektor tentu ada , dapat dilihat pada table SNI diatas

bahwa aturan pencahayaan di jalan tol memiliki standar nilai kuat cahaya yang lebih tinggi dibanding jalan biasa, berkat penggunaan lampu dengan daya yang lebih tinggi. Hal ini dikarenakan di jalan tol sumber pencahayaannya hanya berasal dari lampu yang terpasang dipinggir jalan maupun di bagian median jalan, dibandingkan jalan biasa yang pencahayaannya bisa berasal dari penerangan bangunan Gedung dan fasilitas umum yang ada disekitarnya, dan karena di jalan tol kebanyakan pengendara mengemudi kendaraa dengan kecepatan yang lebih tinggi maka dibutuhkan penerangan yang memadai untuk di area menuju gerbang tol dan rest area agar pengendara bisa lebih berhati-hati dalam mengemudikan kendaraan menuju ke tempat pemberhentian maupun keluar dari jalan tol.

Lalu untuk ketinggian tiang lampu pada jalan tol sudah ditetapkan standar aturan yaitu tiang dengan ketinggian 13 meter, sedangkan untuk ketinggian tiang lampu untuk jalan local, arteri maupun jalan kolektor biasanya ketinggian tiang lampunya bisa lebih bervariasi, tergantung pada kondisi dan situasi jalan yang akan diberi penerangan. Acuan ketinggian tiang lampu 13 meter yaitu dari gambar kerja yang digunakan Dimana telah disesuaikan dengan standar penerangan di jalan tol pada buku aturan “Spesifikasi Umum – Jalan Toll, Bab 13 Tentang Pencahayaan, Lampu Lalu Lintas & Pekerjaan Listrik



Gambar 4. 11 Gambar Denah Interchange Jalan Tol Bandara Adi Soemarmo

4.4. Perbandingan nilai Kuat Pencahayaan dengan variabel daya lampu

Berdasarkan standar diatas maka bisa dilakukan perhitungan terhadap pengaruh perbedaan lampu terhadap besarnya intensitas cahaya yang diterima permukaan jalan. Dalam perhitungan ini menggunakan ketinggian tiang tetap yaitu 13 meter menggunakan persamaan (2.10) dan contoh perhitungan pada daya lampu 70 W sebagai berikut:

$$E_{avg} = \frac{\varphi \cdot CU \cdot LLF}{A}$$

$$E_{avg} = \frac{9100 \cdot 0,8 \cdot 0,7}{452}$$

$$E_{avg} = 11,27 \text{ Lux}$$

Berikut tabel hasil perhitungan untuk daya lampu yang berbeda ditunjukkan pada Tabel 4.13.

Tabel 4. 13 Tabel Hasil Perbandingan Kuat Pencahayaan dengan variabel daya lampu

No	Daya Lampu (Watt)	Kuat Pencahayaan (Lux)
1	70	11,27
2	90	14,49
3	135	21,68
4	180	28,99

Berdasarkan Tabel 4.13 sebagai hasil perhitungan perbandingan daya lampu yang berbeda untuk tinggi tiang sebesar 13 m, didapatkan korelasi linier positif antara daya lampu dan tingkat iluminasi yaitu semakin besar daya lampu yang digunakan maka semakin besar nilai kuat pencahayaan yang diperoleh pada permukaan jalan. Sehingga dapat disajikan grafik pada gambar 4. 5.



Gambar 4. 12 Grafik Pengaruh Daya Lampu Terhadap Kuat Pencahayaan

Pada lampu 70 Watt dan 90 Watt menghasilkan iluminasi sebesar 11,27 Lux dan 14,29 Lux dimana berada dibawah standar minimal SNI 7391:2008 untuk jalan tol yaitu 20-30 Lux. Sedangkan untuk lampu dengan daya sebesar 135 Watt dan 180 Watt menghasilkan kuat pencahayaan sebesar 21,68 Lux dan 28,99 Lux yang keduanya memenuhi standar penerangan jalan tol. Hal ini menunjukkan bahwa pada ketinggian tiang sebear 13 m untuk lampu dibawah 120 watt kurang optimal untuk digunakan dijalan tol karena tidak mencapai standar. Sedangkan lampu diatas 120 watt kuat pencahayaan ditemukan memenuhi standar SNI 7391:2008 serta CIE 115:2010 dengan kategori ME1-ME2. Selain itu, peningkatan daya lampu tidak hanya menambah intensitas cahaya tetapi juga mempengaruhi distribusi pencahayaan dan potensi kesilauan oleh pengguna jalan. Walaupun dengan daya lampu tinggi memberikan kuat pencahayaan yang maksimal perlu diperhatikan efisiensi energi dan tingkat kesilauan agar tidak mencapai batas TI sebesar 15%.

4.5. Masukan dan Saran untuk Lampu Penerangan di Pintu Tol

Untuk memastikan kenyamanan dan keamanan pengguna jalan tol di ruas interchange gerbang exit tol Bandara Adi Soemarmo Solo, analisis data iluminasi menunjukkan perlunya penyesuaian yang cermat pada sistem penerangan saat ini.

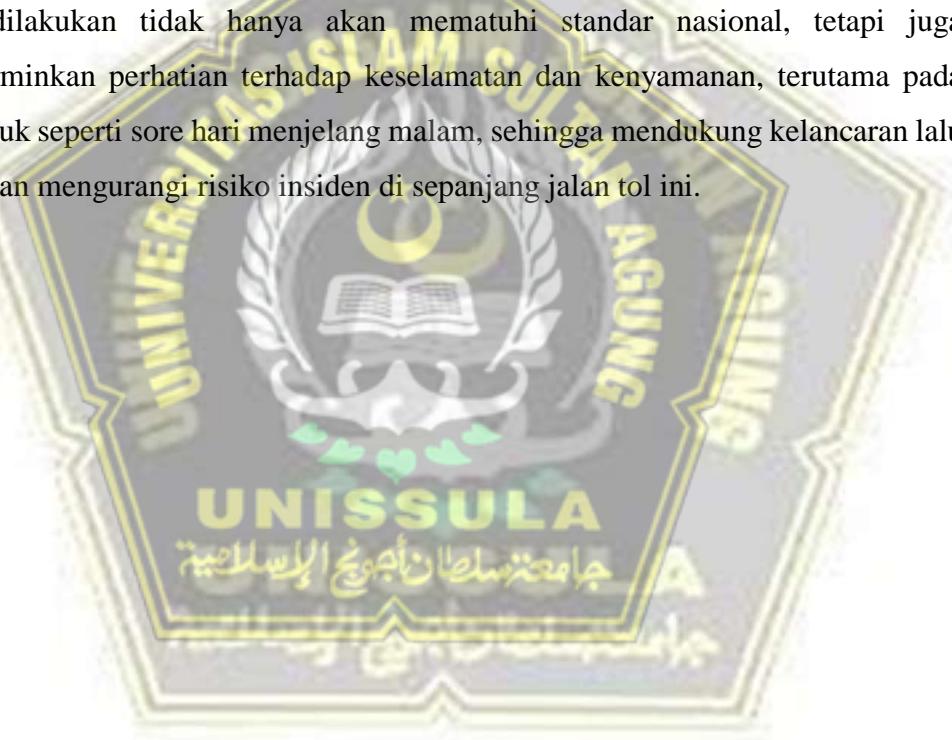
Salah satu fokus utama adalah menangani kondisi iluminasi berlebih di Pintu Gerbang Tol, di mana tingkat cahaya mencapai 58,5 lux dengan puncak 62 lux. Kondisi ini dapat menyebabkan silau, terutama bagi pengemudi yang melintas pada malam hari atau saat hujan, yang berpotensi mengurangi visibilitas dan meningkatkan risiko kecelakaan. Solusi yang diusulkan adalah pengurangan daya lampu atau penggunaan optik anti-silau yang dapat mengarahkan cahaya secara lebih terkontrol ke permukaan jalan tanpa mengganggu pengemudi. Atau bisa juga mengambil keputusan untuk mengganti lampu dengan daya yang lebih rendah, hal ini bisa mengurangi tingkat kesilauan di area gerbang tol selain itu bisa bermanfaat untuk mengurangi biaya pemakaian tarif listrik. Penyesuaian ini akan menciptakan lingkungan yang lebih nyaman, memungkinkan pengemudi untuk fokus pada perjalanan tanpa terganggu oleh pantulan cahaya yang menyilaukan.

Di sisi lain, beberapa lokasi seperti Gerbang Tol Menuju Bandara dan Jalur B - Arah Kota Semarang menunjukkan iluminasi yang mendekati batas bawah standar, yakni 20 lux. Tingkat cahaya ini memenuhi minimum, tetapi kurang optimal untuk area interchange yang sibuk, di mana visibilitas tinggi sangat diperlukan untuk mencegah tabrakan atau kesalahan navigasi, terutama pada sore hingga malam hari seperti pada pukul 04:16 WIB saat ini. Untuk mengatasi ini, disarankan untuk menambah jumlah lampu atau mengurangi jarak antar tiang dari 40 meter menjadi 30-35 meter. Langkah ini diperkirakan dapat meningkatkan iluminasi rata-rata ke kisaran 20-30 lux, sesuai standar yang diperlukan untuk jalan tol urban, sehingga memberikan rasa aman dan kejelasan bagi pengguna jalan dalam segala kondisi cuaca.

Uniformitas pencahayaan yang baik, dengan nilai antara 0,73 hingga 0,94 di sebagian besar titik, menunjukkan distribusi cahaya yang cukup merata, yang merupakan keunggulan desain saat ini. Namun, area dengan iluminasi rendah atau berlebih tetap memerlukan evaluasi lebih lanjut, misalnya melalui simulasi tata letak menggunakan perangkat lunak seperti DIALux untuk memastikan keseimbangan yang optimal. Selain itu, pemasangan rambu reflektif berstandar tinggi di sekitar gerbang tol dan simpang susun akan memperkuat visibilitas,

terutama di malam hari, sementara penambahan CCTV dan lampu darurat bertenaga surya dapat memberikan lapisan keamanan tambahan, terutama jika terjadi pemadaman listrik atau kegagalan lampu. Pemeliharaan rutin, seperti pembersihan lensa lampu setiap enam bulan dan penggantian lampu yang sudah mencapai batas usia pakai, juga akan menjaga konsistensi performa penerangan, memastikan keandalan sistem untuk mendukung perjalanan yang aman dan nyaman.

Dengan menerapkan langkah-langkah ini, ruas interchange dapat menjadi lebih ramah pengguna, mengurangi potensi bahaya seperti silau atau area gelap, dan meningkatkan kepercayaan pengemudi saat melintasi area kritis ini. Penyesuaian yang dilakukan tidak hanya akan mematuhi standar nasional, tetapi juga mencerminkan perhatian terhadap keselamatan dan kenyamanan, terutama pada jam sibuk seperti sore hari menjelang malam, sehingga mendukung kelancaran lalu lintas dan mengurangi risiko insiden di sepanjang jalan tol ini.



BAB V

PENUTUP

V.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang telah dapat disimpulkan bahwa Secara umum, penerangan PJU pada interchange Gerbang Exit Toll Bandara Adi Soemarmo telah memenuhi dan bahkan melebihi standar SNI 7391:2008. Dari sisi kelayakan, sistem penerangan sudah aman dan layak digunakan, tetapi terdapat beberapa titik (khususnya gerbang tol dengan 58,5 lux dan beberapa ruas dengan >22 lux) yang perlu penyesuaian teknis untuk menghindari potensi silau. Dengan penerapan solusi seperti pengurangan daya atau penggunaan optik anti-silau, serta pemeliharaan rutin, sistem penerangan ini dapat mencapai kondisi yang lebih optimal, efisien, dan aman bagi pengguna jalan.

Serta untuk nilai pemerataan cahaya diarea yang mendapatkan pancaran dari sinar cahaya juga telah memenuhi standar dari aturan yang telah ditetapkan, dengan mendapat nilai uniformity untuk tiap-tiap ruas jalan yaitu melebihi nilai batas minimun yang ditetapkan yaitu 0,4

Adanya perbedaan nilai standar kuat cahaya antara jalan tol dengan jalan-jalan yang lain seperti jalan arteri, jalan lokal maupun jalan kolektor hal ini dikarenakan di jalan tol sumber pencahayaannya hanya berasal dari lampu yang terpasang dipinggir jalan maupun di bagian median jalan, dibandingkan jalan biasa yang pencahayaannya bisa berasal dari penerangan bangunan Gedung dan fasilitas umum yang ada disekitarnya.

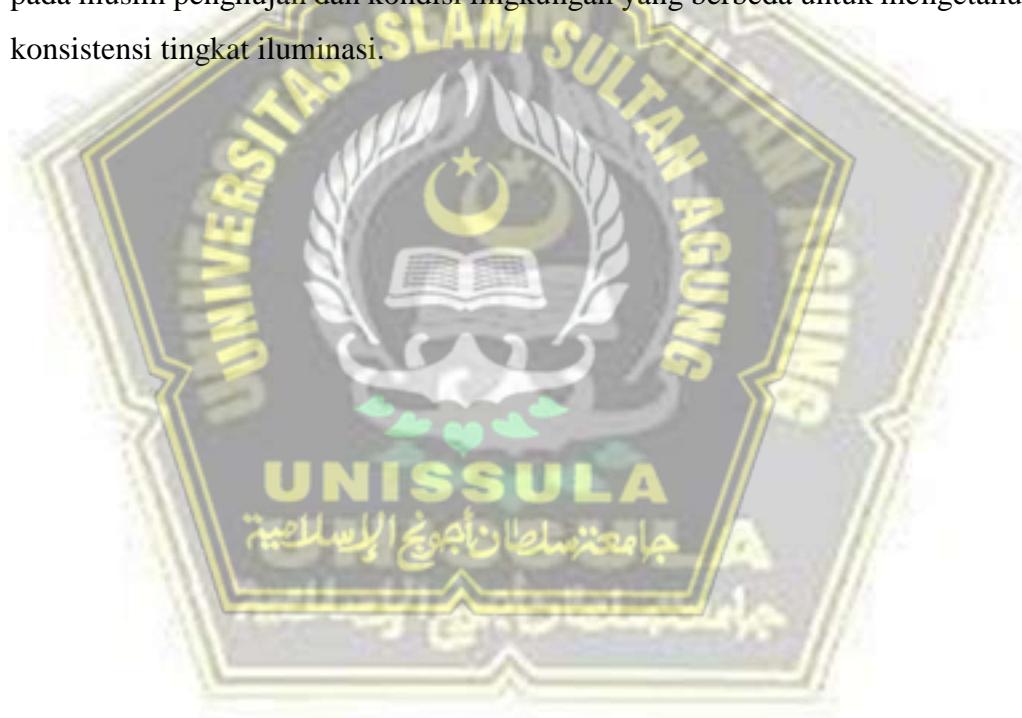
V.2. Saran

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan dari Analisa Pemasangan Penerangan Jalan Umum (PJU) pada Interchange Gerbang Exit Toll Bandara Adi Soemarmo Solo maka penulis menyarankan :

1. Melaksanakan pemeliharaan rutin secara berkala untuk menjaga nilai maintenance factor agar tetap stabil fungsinya mencegah penurunan

intensitascahaya akibat debu, kotoran, atau penurunan performas lampu seiring waktu.

2. Sebagai bahan evaluasi perlu melakukan penggantian daya lampu untuk lampu highmas dengan daya lampu yang lebih rendah untuk meminimalisir tingkat kesilauan di area gerbang tol Bandara Adi Soemarmo demi meningkatkan kenyamanan pengendara di area tersebut.
3. Sebagai tindak lanjut penelitian penulis menyarankan untuk menggunakan simulasi perangkat lunak untuk memodelkan distribusi cahaya secara lebih detail dan membandingkan dengan pengukuran secara langsung.
4. Sebagai pengembangan penelitian dapat dilakukan dengan pengambilan data pada musim penghujan dan kondisi lingkungan yang berbeda untuk mengetahui konsistensi tingkat iluminasi.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. M. A. Andarista, “Studi Perencanaan Lampu Penerangan Jalan (Pju) Di Jalan Utama Penghubung Kecamatan Udanawu Dan Kecamatan Ponggok Kabupaten Blitar,” *J. Sci. Nusant.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–12, 2023, doi: 10.28926/jsnu.v3i1.778.
- [2] K. Andi, S. Subianto, and D. S. Yansuri, “Analisis Penerangan Jalan Umum diatas Jembatan Ampera Kota Palembang (Analysis of Public Street Lighting on the Ampera Bridge in Palembang City),” vol. 1, no. 3, pp. 121–129, 2024.
- [3] G. Andre Agusta Putra, I. K. Wijaya, and I. W. Arta Wijaya, “Analisis Perhitungan Ulang Lampu Penerangan Jalan Bypass Ngurah Rai,” *J. SPEKTRUM*, vol. 7, no. 4, p. 124, 2020, doi: 10.24843/spektrum.2020.v07.i04.p16.
- [4] Dudit Maulana, Ojak Abdul Rozak, Woro Agus Nurtiyanto, and Toto Raharjo, “Efisiensi Daya dan Konsumsi Energi Listrik pada Penerangan Jalan Tol Pondok Aren,” *Electr. J. Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol. 17, no. 3, pp. 262–269, 2023, doi: 10.23960/elc.v17n3.2522.
- [5] T. Elektro, T. Elektro, U. Brawijaya, and J. M. T. Haryono, “Penerangan Jalan Umum Solar Cell Untuk,” pp. 1–6, 2014.
- [6] Gia Edu Fialdy and Aris Heri Andriawan, “Kajian Teknis Perencanaan Penggantian Lampu Penerangan Jalan Umum Lampu Son-T Ke Led Di Jalan Jenggolo Asri - Randu Asri Sidoarjo,” *J. Tek. Mesin, Ind. Elektro dan Inform.*, vol. 2, no. 3, pp. 16–28, 2023, doi: 10.55606/jtmei.v2i3.2037.
- [7] H. Hanafi, F. Rusgiyarto, and R. Pratama, “Analisis Tingkat Keselamatan Jalan Tol Berdasarkan Metode Pembobotan Korlantas (Studi Kasus: Jalan Tol Cipularang),” *J. Tek. Media Pengemb. Ilmu dan Apl. Tek.*, vol. 18, no. 2, p. 49, 2020, doi: 10.26874/jt.vol18no2.106.

- [8] J. Indrawan, “Analisis Dan Perencanaan Lampu Penerangan Jalan Umum (Pju) Di Jalan Kartini Kabupaten Semarang,” no. April, pp. 1–17, 2017.
- [9] P. Jelita, I. K. Pebrianti, A. Azis, and P. Perawati, “Analisa Kuat Penerangan Lampu Penerangan Jalan Pada Fly Over Jakabaring Palembang,” *J. Surya Energy*, vol. 8, no. 2, p. 58, 2024, doi: 10.32502/jse.v8i2.7639.
- [10] E. A. Latifa, “Analisis Kondisi Penerangan Jalan Tol Dan Penerapan Penerangan Jalan Energi Terbarukan,” *Repository.Pnj.Ac.Id*, 2022, [Online]. Available: <https://repository.pnj.ac.id/7306/7/BAB I %26 BAB V.pdf>
- [11] A. A. Maiyanti, A. M. Surur, A. Syaifulah, and E. N. Fadillah, “Program Revitalisasi Melalui Penerangan Jalan (Pju) Di Desa Panglungan Kecamatan Wonosalam Kabupaten Jombang,” *GreenSa Inn UIN Sunan Ampel Surabaya*, pp. 125–132, 2023, doi: 10.15642/acce.v4i.
- [12] E. MULJO, “Analisis Efisiensi Daya Lampu Penerangan Jalan Umum Untuk Optimasi Di Jalan Dr.Wahidin Dari Lampu SON 250 Watt Ke Lampu LED 120 Watt,” pp. 1–23, 2016.
- [13] M. Mustaqim and M. Haddin, “Perhitungan Kuat Cahaya Pada Penerangan Jalan Umum Berstandar SNI 7391:2008,” *Setrum Sist. Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 6, no. 1, p. 106, 2017, doi: 10.36055/setrum.v6i1.2260.
- [14] M. D. N. Nugroho, “Analisa Pemasangan Penerangan Jalan Umum (Pju) Pada Gerbang Exit Toll Pemalang,” pp. 1–66, 2020.
- [15] E. D. Nursita, “Penentuan Jarak Antar Tiang Penerangan Jalan Umum Untuk Jalan Lurus Dan Jalan Melengkung Pada Jalan Tol Ruas Lingkar Luar Jakarta W2 Utara Seksi I,” *Energi & Kelistrikan*, vol. 12, no. 2, pp. 121–130, 2020, doi: 10.33322/energi.v12i2.1063.

- [16] S. Oktamia, “Analisa pemasangan penerangan jalan umum di kota klaten,” vol. 1, pp. 1–18, 2018.
- [17] S. Pangatun, M. Tony Prasetyo, S. Pringatun, M. Toni Prasetyo, and J. Teknik Elektro, “Analisis Komparasi Pemilihan Lampu Penerangan Jalan Tol,” *Media Elektr.*, vol. 4, no. 1, 2011.
- [18] D. G. Puspitasari and J. Darmawan, “Signage dan Penerapannya: Lingkungan Jalan Raya Tol Bintaro,” *Humaniora*, vol. 4, no. 1, p. 475, 2013, doi: 10.21512/humaniora.v4i1.3456.
- [19] H. Putranto, S. Wibawanto, and D. Alif pradana, *Modul Perencanaan Pencahayaan Instalasi Penerangan Listrik*. 2021.
- [20] R. Rudini, E. Priatna, and I. Usrah, “Analisis Pencahayaan Penerangan Jalan Umum Di Jalan Tol Kabupaten Pangandaran Dan Peluang Hemat Energi,” *J. Energy Electr. Eng.*, vol. 3, no. 1, 2021, doi: 10.37058/jeee.v3i1.2693.
- [21] Y. W. Satrio, M. Fahreza, and A. D. Tarigan, “Analisis Pencahayaan Lampu Penerangan Jalan Umum (Lpju) Pada Jalan Tol Semayang,” *Power Elektron. J. Orang Elektro*, vol. 13, no. 2, pp. 275–279, 2024, doi: 10.30591/polektro.v13i2.6628.
- [22] P. J. U. Ts, “Public Street Lighting (Pju) Planning Based on Solar Power Spreaded in the Area Public Facilities,” *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 1–8, 2024, doi: 10.30596/rele.v7i1.19228.
- [23] B. Winardi, A. Ajulian Zahra, and A. Nugroho, “Perancangan LPJU Jenis Lampu LED Di Jalan Tol Tembalang-Banyumanik dengan Menggunakan Dialux Evo,” *Politek. Negeri Banjarmasin*, vol. 5662, no. November, pp. 1–8, 2018.