

# Studi Perencanaan Sistem Instalasi Penerangan Jalan pada Jembatan Bentang Panjang di Indonesia (Studi Kasus pada Jembatan Suramadu)

Amirulah

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Bhayangkara  
Jl. A Yani Surabaya, E-mail: am9520012003@yahoo.com

## ABSTRACT

*Main topic of this research is planning installation system of road lighting and power supply on long main bridge between islands in Indonesia, with object of interest on Suramadu Bridge. In order to guarantee safety and comfortably for Suramadu Bridge user, design of lighting system has to standart wich recommended by CIE (Commission International on Illumination). This research would like to take sample are: different kind of lamp, armature, and lighting equipment which produced by PT. Philips Indonesia. Final result of this research conclude that road lighting lamp which comfortable on Suramadu Bridge is high pressure lighting or high pressure sodium (SON) SON-TP type. Beside that, armature which comfortably used on Suramadu Bridge is Velocity SGP 338 type. According with CIE recommendation, installing point pattern of lighting on Suramadu Bridge using Opposite System with lamp capacity 400 W or Opposite and Twin Central System with lamp capacity 250 W. Installing of road lighting is recommended to use duct cable, because its installing faster than the others, have small failure risk, and easy on planning, operating, commissioning, and expanding on next time. Electrical distribution lines should use radial type 20 kV middle voltage by using sub feeder (transformer) on right and left side of bridge to supply road lighting power on Suramadu Bridge. Manual analysis results voltage drop equal as 0,00991 Volt atau 0,05 %. If using ETAP Software, this system results voltage drop equal as 0,011 Volt atau 0,05503 %. Finally electrical power supply system on Suramadu Bridge have approved with voltage drop requirements according with PLN recommends equal as 5%.*

*Keyword : lighting , luminacy, electrical power, voltage drop.*

## PENDAHULUAN

Adapun prinsip dasar dalam perencanaan penerangan suatu jalan adalah faktor keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan baik dengan kendaraan bermotor maupun pejalan kaki di malam hari. Faktor keamanan dimaksud adalah penerangan jalan yang di-

berikan kepada pengguna jalan untuk dapat melihat benda-benda atau batasan yang ada pada jalan secara baik (*object protection*). Sedangkan faktor kenyamanan adalah sumber cahaya penerangan dari penerangan jalan ini tidak mengganggu penglihatan pengguna

jalan (*lighting comfort*) (Proposal PJU-Philips Lighting, 2004). Penggunaan lampu penerangan jalan pada Jembatan Suramadu harus dapat memenuhi kebutuhan dua faktor tersebut diatas, agar fungsi dari penerangan jalan dapat terpenuhi.

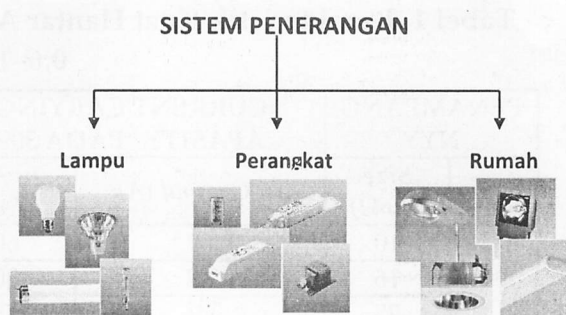
Tujuan penelitian ini adalah merencanakan sistem instalasi penerangan jalan pada jembatan bentang panjang di Indonesia, dengan memakai studi kasus pada Jembatan Suramadu. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi pemikiran bagi ilmu pengetahuan dan sains (Ipteks), khususnya mengenai perencanaan sistem instalasi penerangan jalan, berkaitan dengan rencana pembangunan jembatan bentang panjang lain di Indonesia di masa mendatang. Misalnya pada jembatan penghubung antara Pulau Jawa dan Bali atau Pulau Jawa dan Sumatera.

## METODE

### Kriteria Kualitas Penerangan dan Pemilihan Kualitas Lampu

Kriteria yang menjadi ukuran untuk tingkat kualitas hasil perencanaan penerangan jalan yang baik ditinjau dari segi visual pemakai jalan, meliputi hal sebagai berikut: 1) Tingkat Luminansi (*Luminance Level*), 2) Tingkat Kemerataan Penyebaran Cahaya (*Uniformity*), 3) Tingkat Pembatasan Silau (*Glare Restriction*), 4) Panduan Visual (*Visual Guidance*). Kriteria utama dalam pemilihan lampu terdiri dari: 1) *Colour Temperature* atau warna cahaya lampu seperti yang terlihat oleh mata, 2) *Colour Rendering* atau pengaruh cahaya lampu untuk mempengaruhi warna asli dari benda yang diterangi, 3) *Lumen Output* atau jumlah cahaya yang dikeluarkan oleh

lampu dalam satu detik, 4) *Efficiency* atau Lumen Output per Watt, 5) *Life Time* atau umur dari lampu tersebut. Kriteria kualitas pemilihan lampu tidak lepas dari sistem penerangan itu sendiri dan komponen-komponen yang mendukung penerangan pencahayaan agar dapat bekerja dengan baik dan benar. Komponen-komponen ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Sistem Penerangan

### Perhitungan Kuat Penerangan Rata-Rata

Perhitungan kuat penerangan rata-rata atau Iluminasi yang dihasilkan oleh titik penerangan pada jalan atau jembatan dapat dianalisa dengan menggunakan persamaan 1. sebagai berikut (Lighting Manual, Fifth Edition, PT. Philips Indonesia, 1993: 298):

$$E_{av} = \frac{\eta \cdot \phi_L \cdot n}{W \cdot S} \text{ lux} \quad (1)$$

dengan:

$E_{av}$  = Iluminasi rata-rata (*lux*)

$\zeta$  = Faktor utility

$\phi_L$  = Flux cahaya (*lumen*)

$N$  = Jumlah lampu per lumener

$W$  = Lebar Jalan (*meter*);

$S$  = jarak jalan

### Analisa Rugi-Rugi Tegangan

Metode yang dipakai untuk analisa rugi-rugi tegangan (*voltage drop*) adalah se-

bagai berikut:

1. Menentukan besar beban terpasang pada saluran sisi kanan & kiri sepanjang Jembatan Suramadu.
2. Menganalisa besarnya arus yang mengalir pada saluran sampai pada titik terjauh dengan menggunakan persamaan (Muhammad Nuh, 221- 230):

$$I = \frac{kVA}{\sqrt{3} \times kV} \quad (2)$$

dengan:

$I$  = Besarnya arus yang mengalir pada saluran (A)

$kVA$  = Besarnya kapasitas beban terpasang ( $kVA$ ) dan

$kV$  = Besarnya tegangan kerja ( $kV$ )

**Tabel 1. Karakteristik Kuat Hantar Arus, Resistansi dan Reaktansi kabel 0,6-1kV.**

PENAMPANG NY		CURRENT CARRYING CAPACITY PADA 30°C		RESISTANSI PADA 20°C	REAKTANSI
Core	Size (mm <sup>2</sup> )	In Ground (A)	In Air (A)	( Ohm/Km )	( Ohm/Km )
4	10	69	60	1,785	0,1208
	16	89	80	1,130	0,1125
	25	116	105	0,715	0,1048
	35	138	130	0,510	0,0992
	50	165	160	0,358	0,0944
	70	205	200	0,255	0,0900
	95	245	245	0,188	0,0872
	120	280	285	0,149	0,0850
	150	315	325	0,119	0,0832
	180	355	370	0,097	0,0819
	240	415	435	0,073	0,0807
300	465	500	0,060	0,0796	

Sumber: Catalogue PT. JEMBO CABLE Company Tbk, Low Voltage Cable

**Tabel 2. Karakteristik Kuat Hantar Arus, Resistansi dan Reaktansi kabel 20 kV**

PENAMPANG N2XSEY		CURRENT CARRYING CAPACITY PADA 20°C		RESISTANSI PADA 20°C	REAKTANSI
Core	Size (mm <sup>2</sup> )	In Ground (A)	In Air (A)	( Ohm/Km )	( Ohm/Km )
3	35	185	192	0,524	0,1132
	50	218	223	0,387	0,1234
	70	267	281	0,268	0,1030
	95	326	341	0,193	0,0922
	120	365	391	0,153	0,0890
	150	408	444	0,124	0,0882
	185	464	503	0,0991	0,0840
	240	540	599	0,0754	0,0831
	300	616	686	0,0601	0,0796

Sumber: Catalogue PT. JEMBO CABLE Company Tbk, Low Voltage Cable

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Keuntungan lain dari penggunaan Sodium dibandingkan dengan Mercury dalam hal pola hemat energi dapat di analisis melalui perhitungan sebagai berikut (Proposal Hemat Energi, PT. Philips Ralin Electronic 2000):

- a. Lampu Tipe Mercury (Cahaya Putih)

Daya terpasang lampu

HPL-N: 250W

Waktu nyala per bulan : 375 jam

Faktor Daya,  $\cos \phi = 0,5$

Watt = Volt  $\times$  Ampere  $\times \cos \phi$

$250 = \text{Volt} \times \text{Ampere} \times 0,5$

Volt Ampere (VA)

$= 250/0,5$

$= 500 \text{ VA}$

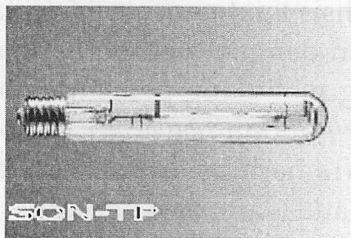
Dengan  $\cos \phi = 0,5$

maka 1 Watt = 2VA

Pemakaian kWh/bulan

$= (250\text{W}/1000) \times 375 \text{ jam}$

$= 93,75 \text{ Kwh}$



**Gambar 2. Contoh Lampu Sodium Tipe**

- b. Biaya/bulan =  $2 \times (250\text{W}/1000) \times 1 \times 375 \text{ jam} \times \text{Rp. } 548 = \text{Rp. } 102.750,-$   
Lampu Tipe Sodium (Cahaya Kuning)

Standard Philips perhitungan daya untuk lampu pelepas gas mempunyai  $\cos \phi$  sebesar 0,85. Jika daya terpasang lampu SON sebesar 250W, maka:

Waktu nyala per bulan : 375 jam

Mempunyai  $\cos \phi = 0,85$  atau

1 Watt = 1,18 VA

Biaya/bulan =  $1,18 \times (250\text{W}/1000)$

$\times 375 \text{ jam} \times \text{Rp. } 548$

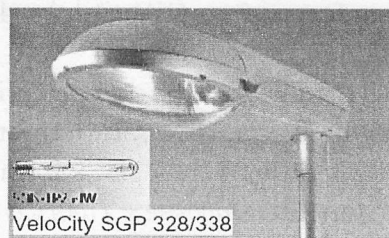
$= \text{Rp. } 60.623,-$

- c. Berdasarkan 2 kondisi tersebut, maka:

Terdapat penghematan atau selisih sebesar:

$\text{Rp. } 102.750 - \text{Rp. } 60.623$

$= \text{Rp. } 42.127,-$  per lampu per bulan



**Gambar 3. Contoh Tipe**

### Kebutuhan Kuat Penerangan

#### Desain Penempatan Titik Lampu

Desain penempatan titik lampu penerangan jalan sepanjang Jembatan Suramadu, dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu:

1. Diterangi dari sisi kanan dan kiri jalan (*opposite*).

- ♦ Panjang Jalan : 5,400 m
- ♦ Tipe Lampu : SON-TP 400W

- ♦ Jarak Antar Tiang : 40 m
- ♦ Tinggi Tiang : 14 m
- ♦ Lebar Badan Jalan :  $2 \times 15 \text{ m}$

Kebutuhan Titik Lampu :

$$\left(1 + \frac{5400}{40}\right) = 136, \text{ untuk dua sisi}$$

$$= 272 \text{ titik}$$

2. Diterangi dari sisi kanan, tengah dan kiri jalan (*tipe opposite dan twin central*).

- ♦ Panjang Jalan : 5,400 m
- ♦ Tipe Lampu : SON-TP, 250W
- ♦ Jarak Antar Tiang : 40 m
- ♦ Tinggi Tiang : 14 m
- ♦ Lebar Badan Jalan : 2x15 m

Kebutuhan Titik Lampu :  
544 titik lampu.

### Lay Out Pola Penempatan Titik Lampu

Perencanaan pola penempatan titik lampu penerangan diperlihatkan dalam lay out Lampiran 3, yaitu:

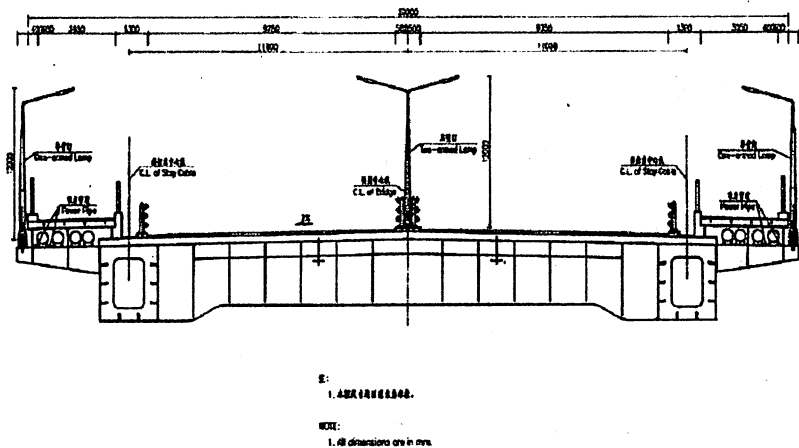
- ♦ Dari sisi Surabaya (Awal STA 0+000). Titik lampu di desain berhadapan antara sisi kanan dan sisi kiri jalan (*Opposite*) dimulai dari grid A1 sampai dengan grid 44 dengan daya lampu terpasang 400W per-titik. Total pemasangan titik lampu pada bagian ini sebanyak 2 x 52 titik, sehingga jumlah total daya terpasang (104 titik) x 400W = 41.600 W.
- ♦ Dari grid 44 sampai dengan grid 49. Desain lampu dirubah dengan pola penerangan dari sisi kanan, kiri dan tengah (*Opposite + Twin Central*), hal ini mempertimbangkan pada

posisi ini sudah berada ditengah Jembatan, dimana faktor keamanan dan kenyamanan bagi pengendara sedapat mungkin lebih ditingkatkan, adapun daya lampu terpasang direncanakan sebesar 250 W per-titik. Total pemasangan titik lampu pada bagian ini sebanyak 4 x 25 titik, sehingga jumlah total daya terpasang (100 titik) x 250W = 25.000W

- ♦ Dari grid 49 sampai dengan A2 (Sisi Madura Akhir STA 5 + 438). Pola penempatan lampu kembali di desain *Opposite* (jalan diterangi dari sisi kanan dan kiri secara berhadapan), daya lampu terpasang sebesar 400W per-titik. Total pemasangan titik lampu pada bagian ini sebanyak 2 x 59 titik dan jumlah total daya terpasang (118 titik) x 400W = 47.200W.

### Analisis Kuat Penerangan Rata-Rata

Analisis kuat penerangan rata-rata dilakukan dengan memperhatikan penampang melintang penempatan lampu *one armed* dan *two armed* pada Jembatan Suramadu, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4 berikut:



Gambar 4. Penampang melintang penempatan lampu one armed dan two armed pada Jembatan Suramadu

**Kuat Penerangan Rata-Rata dengan Pola Oposite**

Desain sistem penerangan jalan dengan Pola *Oposite* ditunjukkan pada Gambar 5.

Perhitungan kuat penerangan rata-rata dilakukan dengan menggunakan data sebagai berikut: Tipe Lampu = 1 x SON-TP 400W mempunyai *luminous flux* sebesar 55.000 lumen (Tabel 1), Jarak Antar Tiang (S) = 40 m, Tinggi Tiang (h) = 14 m, Lebar Badan Jalan (W) = 2 x 15 m, Overhang = 2 m. Faktor utility dari fungsi jarak garis lintang terhadap tinggi (h) pada lembar data *motometric* adalah (Lighting Manual, Fifth Edition, PT. Philips Indonesia 1993: 298) :  $W_1/h = 2/14 = 0,14$  dan  $W_2/h = 13/14 = 0,93$ .

Berdasarkan kurva *utilization factor* (Gambar 6) maka diperoleh, diperoleh *utilization factor* sebesar:

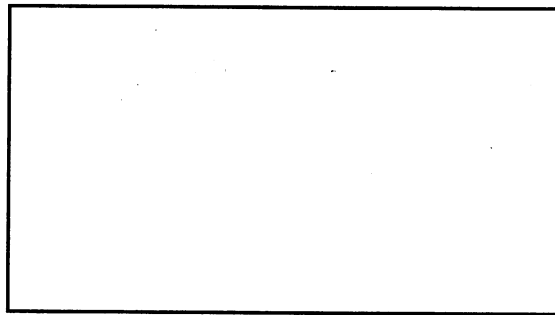
$$\eta = \eta_1 + \eta_2 = 0,05 + 0,26 = 0,31$$

Berdasarkan persamaan 1, maka nilai kuat penerangan rata-rata adalah:

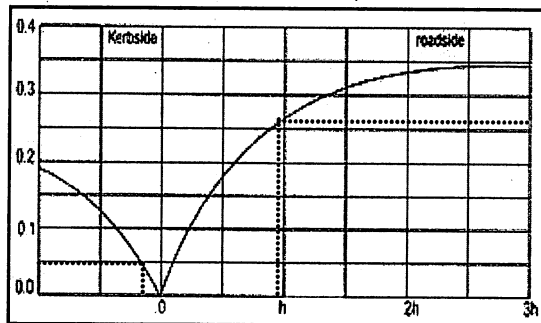
$$E_{av} = \frac{\eta \cdot \phi_L \cdot n}{W \cdot S} = \frac{0,31 \times 55.000 \times 1}{15 \times 40}$$

$$= 28,42 \text{ lux}$$

Kuat penerangan rata-rata yang dihasilkan pada pola penerangan secara *Opposite* adalah 28,42 lux. Berdasarkan rekomendasi CIE tipe ini dikategorikan sudah memenuhi syarat dan dapat diaplikasikan pada Jembatan Suramadu.



Gambar 5. Pola *Oposite* untuk Menghitung Kuat Penerangan Rata-Rata.



Gambar 6. Kurva *Utilization Facto*

**Kuat Penerangan Rata-Rata dengan Pola Oposite dan Twin Center**

Desain sistem penerangan jalan dengan Pola *Oposite* dan *Twin Center* ditunjukkan pada Gambar 7.

Perhitungan kuat penerangan rata-rata dilakukan dengan menggunakan data sebagai berikut: Tipe Lampu = 1 SON-T250W mempunyai *luminous flux* sebesar 32.000 lumen (Tabel 1), Jarak

Antar Tiang (S) = 40 m, Tinggi Tiang (h) = 14 m, Lebar Badan Jalan (W) = 2 × 15 m, Overhang = 2 m. Faktor utility dari fungsi jarak garis lintang terhadap tinggi (h) pada lembar data *motometric* adalah (Lighting Manual, Fifth Edition, PT. Philips Indonesia 1993: 298):  $W_1/h = 2/14 = 0,14$  dan  $W_2/h = 5,5/14 = 0,39$

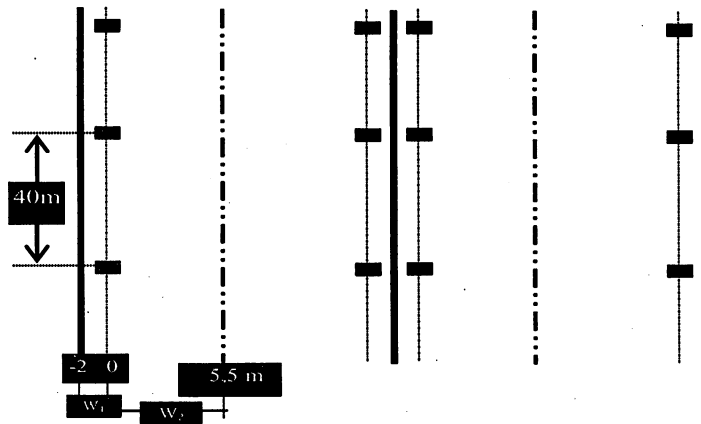
Berdasarkan kurva *utilization facto* (Gambar 8)r, maka diperoleh nilai *utility factor* sebesar:

$$\eta = \eta_1 + \eta_2 = 0,05 + 0,18 = 0,23$$

Berdasarkan persamaan 1, maka nilai kuat penerangan rata-rata adalah:

$$E_{av} = \frac{\eta \cdot \phi_L \cdot n}{W \cdot S} = \frac{0,23 \times 32.000 \times 1}{7,5 \times 40} = 24,53 \text{ lux}$$

Kuat penerangan rata-rata yang dihasilkan pada pola penerangan secara *Opposite* dan *Twin Center* adalah 24,53 lux. Berdasarkan rekomendasi CIE, tipe ini dikatagorikan sudah memenuhi syarat dan dapat diaplikasikan pada Jembatan Suramadu.



Gambar 7. Pola *Opposite* & *Twin Center* untuk Menghitung Kuat Penerangan Rata<sup>2</sup> pada Pola *Opposite*

**Perhitungan Kuat Penerangan Rata-Rata dengan Metoda Calculux**

Calculux adalah perangkat lunak atau software yang diciptakan oleh PT. Philips Indonesia untuk membantu para konsultan kelistrikan dalam memilih dan mengevaluasi sistem penerangan untuk aplikasi berbeda. Calculux tersedia dalam banyak versi, dan dapat di-

aplikasikan pada sistem penerangan *in-door* (dalam ruangan), *outdoor* (jalan) dan *area* (lapangan olah raga), serta sistem lainnya. Software Calculux mampu mendesain sistem pencahayaan yang dibutuhkan dengan cepat dan teliti dalam melaksanakan perhitungan teknis antara lain; lighting output, luminasi, Nilai G, Nilai TI, dan lain sebagainya.

Tabel 3. Perbandingan Nilai Kuat Penerangan Rata-Rata antara Perhitungan Manual dengan Program Calculux di Jembatan Suramadu

NO.	METODE	KUAT PENERANGAN RATA-RATA (LUX)	
		PERHITUNGAN MANUAL	PROGRAM CALCULUX
1	Pola <i>Opposite</i>	28,42	31,2
2	Pola <i>Opposite</i> dan <i>Twin Center</i>	24,53	28,4

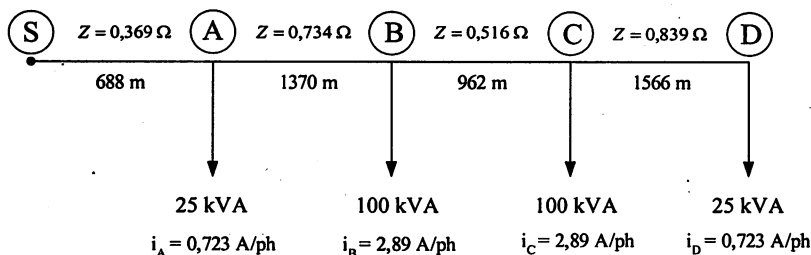
**Analisis Rugi-rugi Tegangan**

Daya listrik total pada Jembatan Suramadu adalah 250 kVA untuk kebutuhan: 1) Lampu penerangan (jalan, artistik/phylon, dan navigasi) sebesar 162 kVA, 2) Cantor jembatan, daya cadangan, dan kebutuhan lain sebesar 88 kVA. Berdasar ketentuan PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN) penyambungan instalasi tenaga listrik diatas 200 kVA, harus menggunakan tegangan menengah (TM) 20 kV. Namun, ketentuan tersebut tidak bersifat mutlak karena transformator dapat disediakan PLN dan pelanggan dapat memperoleh tegangan rendah yang dikehendaki. Berdasarkan pertimbangan tersebut, ada tiga alternatif penyediaan daya listrik yang dapat dipakai untuk mensuplai beban pada

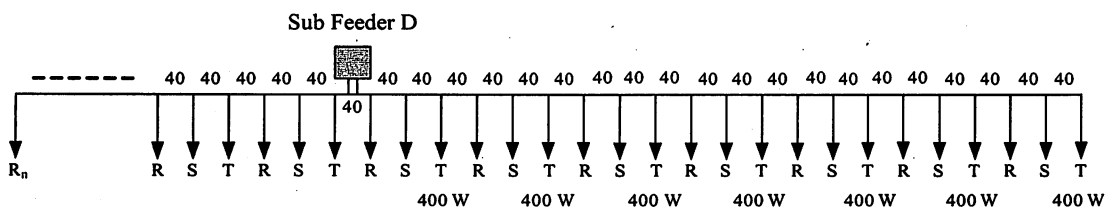
Jembatan Suramadu: 1) Daya disuplai dari Sisi Surabaya dengan Tegangan Rendah 380V/220V, 2) Daya disuplai dari Sisi Surabaya dan Madura dengan Tegangan Rendah 380V/220V, 3) Daya disuplai dari Sisi Surabaya dengan Tegangan Menengah 20 kV. Tiga alternatif tersebut harus mempertimbangkan persyaratan

**Daya Disuplai dari Sisi Surabaya Menggunakan Tegangan Menengah 20 kV**

Penyaluran daya listrik dari Sisi Surabaya menggunakan Tegangan Menengah 20 kV dilakukan dengan cara pemasangan transformator daya (sub feeder) pada sisi kanan.



Gambar 8. Diagram segaris saluran utama jika daya disuplai dari Sisi Surabaya menggunakan Tegangan Menengah 20 kV



Gambar 9. Diagram segaris saluran Tegangan Rendah 380/220 V disuplai dari Sub Feeder D Sisi Surabaya

Dengan menggunakan persamaan 2, maka arus total sepanjang saluran adalah:

$$I_{tot} = \frac{kVA}{\sqrt{3} \times kV} = \frac{250 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \times 10 \cdot 10^3} = 7,22 \text{ A}$$

- a. Berdasarkan Tabel 4 kabel tegangan menengah (*Medium Voltage Cable*) merupakan kabel dengan luas penampang terkecil yaitu 35 mm<sup>2</sup>. Kabel ini mempunyai nilai R = 0,524 Ω/km dan X = 0,1132 Ω/km.



- b. Berdasar persamaan 3, maka nilai Impedansi saluran kabel adalah:  
 $Z = R + jX = 0,524 + j0,1132 \Omega/\text{km}$   
 $= 0,536 \angle 12,19^\circ \Omega/\text{km}$
- c. Berdasarkan persamaan 5, maka nilai rugi-rugi tegangan sepanjang saluran adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Delta V_1 &= i_1 \cdot z_1 + i_2 \cdot (z_1 + z_2) + i_3 \cdot (z_1 + z_2 + z_3) \\ &\quad + i_4 \cdot (z_1 + z_2 + z_3 + z_4) \\ &= (0,723 \times 0,369) + (2,89 \times 1,103) + \\ &\quad (2,89 \times 1,619) + (0,723 \times 1,458) \\ &= 9,91 \text{ Volt} \\ &= 0,00991 \text{ kV.} \end{aligned}$$

Tegangan sisi terima diujung saluran atau titik terjauh (Panel D) adalah:

$$V_D = 20 - 0,00991 = 19,99 \text{ Volt.}$$

- d. Prosentase rugi-rugi tegangan (*voltage drop*) dari ujung saluran S sampai titik D.

$$\begin{aligned} V_{\text{rugi-rugi}} &= \frac{V_S - V_D}{V_D} \times 100 \% \\ &= \frac{20 - 19,99}{19,99} \times 100 \% \\ &= 0,05 \% \end{aligned}$$

Berdasarkan analisis diatas, jika daya listrik disuplai dari sisi penyulang utama (*main feeder*) di Sisi Surabaya ke titik *sub feeder* terjauh di Sisi Madura (titik D) menggunakan Tegangan Menengah 20 kV, nilai rugi-rugi tegangan adalah 9,91 Volt atau 0,05%. Nilai ini sudah memenuhi syarat karena sudah berada dibawah nilai toleransi rugi-rugi te-

ngan 5%, sehingga dapat digunakan untuk mensuplai kebutuhan penerangan jalan pada Jembatan Suramadu.

#### Analisis Rugi-rugi Tegangan pada Sisi Tegangan Rendah

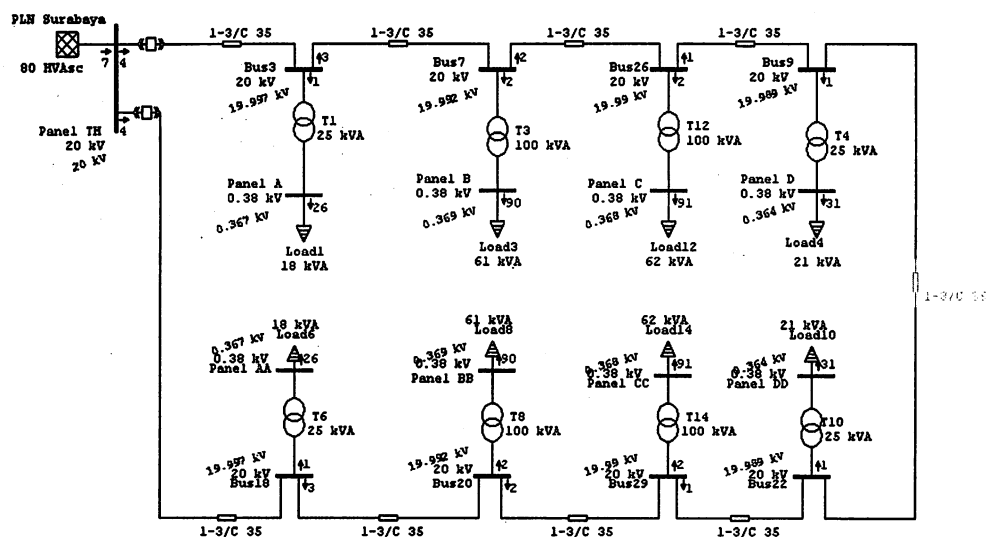
Analisis rugi-rugi tegangan pada sisi tegangan rendah dilakukan dari titik Panel Sub Feeder ke titik lampu penerangan. Untuk analisis ini diambil contoh Sub Feeder D (Panel D), tempat terpasang transformator berkapasitas 25 kVA pada tegangan 380/220 V. Adapun diagram segaris tenaga listrik satu fasa pada satu sisi jembatan, ditunjukkan pada Gambar 9, sebagai berikut:

#### Analisis Rugi-Rugi Tegangan Menggunakan Program ETAP

Selain dilakukan secara manual, analisa perhitungan rugi-rugi tegangan dapat dilakukan dengan menggunakan Program ETAP. Ada tiga alternatif penyediaan daya listrik yang dapat dipakai untuk mensuplai beban pada Jembatan Suramadu:

1. Daya disuplai dari Sisi Surabaya dengan Tegangan Rendah 380V/220V.
2. Daya disuplai dari Sisi Surabaya dan Madura dengan Tegangan Rendah 380V/220V.
3. Daya disuplai dari Sisi Surabaya dengan Tegangan Menengah 20 kV.

Penggunaan Program ETAP untuk menentukan rugi-rugi tegangan, jika daya disuplai dari Sisi Surabaya dengan Tegangan Rendah 380V/220V ditunjukkan pada Gambar 11 sebagai berikut:



Gambar 10. Diagram segaris saluran utama jika daya disuplai dari Sisi Surabaya dengan Tegangan Menengah 20 kV, menggunakan Program ETAP

Tabel 4. Perbandingan Rugi-rugi Tegangan Saluran Distribusi Listrik pada Jembatan Suramadu secara Manual dan Menggunakan Program ETAP

NO.	KETERANGAN	TEGANGAN RUGI-RUGI (V)		PROSENTASE TEGANGAN RUGI-RUGI (%)	
		MANUAL	ETAP	MANUAL	ETAP
I	Daya disuplai dari Sisi Surabaya dengan Tegangan Rendah 380/220 V				
1	Kabel luas penampang 120 mm <sup>2</sup>	112,09	152	41,89	66,67
2	Kabel luas penampang 240 mm <sup>2</sup>	69,67	113	22,58	42,33
II	Daya disuplai dari Sisi Surabaya dan Madura dengan Tegangan Rendah 380/220 V				
a.	Sisi Surabaya				
1	Kabel luas penampang 50 mm <sup>2</sup>	77,50	111	25,57	41,27
2	Kabel luas penampang 185 mm <sup>2</sup>	26,57	56	7,52	17,29
b.	Sisi Madura				
1	Kabel luas penampang 50 mm <sup>2</sup>	94,36	22	33,04	50,80
2	Kabel luas penampang 185 mm <sup>2</sup>	32,37	66	9,32	21,02
III	Daya disuplai dari Sisi Surabaya dengan Tegangan Menengah 20 kV				
1	Saluran Tegangan Menengah dengan Luas Penampang Kabel 35 mm <sup>2</sup>	0,00991	0,011	0,05	0,05503
2	Saluran Tegangan Rendah dengan Luas Penampang Kabel 10 mm <sup>2</sup>	8,69	16	4,113	4,396

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Agar kuat penerangan rata-rata yang dibutuhkan oleh Jembatan Suramadu memenuhi persyaratan sesuai rekomendasi CIE, pola penempatan titik lampu dapat dilakukan secara *Opposite* (kanan dan kiri berhadapan) dengan daya lampu sebesar 400 W atau *Opposite dan Twin Central* (kanan, kiri dan tengah) dengan daya lampu sebesar 250 W.
2. Sistem pemasangan instalasi penerangan yang sesuai pada Jembatan Suramadu adalah menggunakan kabel *duct*, karena pemasangan kabel jenis ini lebih cepat, resiko kegagalan kecil, serta mudah dalam perencanaan, operasi, pengembangan, maupun pemeliharaan.
3. Saluran distribusi listrik sebaiknya menggunakan Tegangan Menengah 20 kV tipe radial dengan memanfaatkan sub feeder (transformator) pada sisi kanan dan kiri jembatan untuk mensuplai daya lampu penerangan jalan Jembatan Suramadu.

### Saran

1. Selain aspek perencanaan, Perencanaan juga harus mempertimbangkan aspek pemeliharaan dan pengembangan instalasi penerangan jalan pada Jembatan Suramadu, karena areanya lebih kompleks dibandingkan jika berada di darat.
2. Untuk meningkatkan mutu, standar keselamatan, dan keandalan sistem

instalasi penerangan, material yang digunakan harus memenuhi spesifikasi teknis yang telah ditentukan misalnya pada penggunaan lampu, armatur, kabel, peralatan proteksi, maupun material lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andang Subahianto, dkk, 2004, *Madura Bicara PLTN*, UPT Penerbitan Universitas Jember, Jember
- Abdul Kadir, 1980, *Pengantar Teknik Tenaga Listrik*, LP3ES, Jakarta.
- Anonemous, 1993, *Lighting Manual, Fifth Edition*, PT. Philips Indonesia.
- Anonemous, 2004, *Proposal Lampu Penerangan Jalan Umum Kota Malang*, PT. Philips Lighting.
- Anonemous, 2000, *Proposal Penerangan Lampu PJU Kabupaten Gresik*, PT Philips
- Anonemous, 2003, *Basic Ligthing & Product Knowledge*, PT Philips Ralin Electronics, Cikampek.
- Anonemous, 1997, *Kalalog Lampu, Armatur dan Komponen PHILIPS*, PT. Philips Ralin Electronic, Jakarta.
- Anonemous, 2004/2005, *Philips Lighting Catalogue*, PT. Philips Indonesia, Asean.
- Mohammad Nuh, Tanpa Tahun, *Perencanaan Sistem Kelistrikan pada Kampus ITS*, ITS Surabaya.
- Tim PT. PLN (Persero) Distribusi Jatim, 1997, *Teori Listrik, Pelatihan Tenaga Ahli Kontraktor Listrik*, Surabaya
- Van Harten, Paul., diterjemahkan E. Setiawan Ir, 1985, *Instalasi Listrik Kuat Arus 2*, Bina Cipta Bandu