

# Studi Kelayakan Sistem Instalasi Listrik pada Ruang Operasi Rumah Sakit Umum Daerah Kepahiang

Sandi Carnolis<sup>1</sup>, Alex Surapati<sup>1</sup>

## Abstrak

The supply of electricity and continuous indispensable to guarantee the operating room surgery went well, secure, and seamless. This study aimed to evaluate the feasibility of existing electrical installation systems in hospitals, such as electrical distribution systems, electrical installation system, grounding system and shrinkage stress occurs and light intensity on the field work in the operating room. The results of the calculations obtained for qualification In MDP incoming cables of 25.47 A using NYFGBY 4x50 mm<sup>2</sup> cable types. Value In a cable from the outgoing to the incoming MDP SDP OK obtained at 15.32 A. In the security system at 152.09 incoming MDP A. In the security SDP of 25.47 A. The intensity of illumination on the work plane measurable range 687-710 lux, grounding wire using a type BC 50 mm<sup>2</sup> mounted on MDP and SDP OK. The value of the voltage drop of MDP to SDP accounted for 7,84Volt, and the percentage fall in voltage of 3.6%.

*Keywords: electrical installation systems, cable distribution systems*

## Pendahuluan

Pada RSUD Kepahiang terutama ruang operasi banyak peralatan medis yang menggunakan listrik sebagai energi untuk pengoperasiannya, suplai listrik yang baik dan kontinyu sangat diperlukan ruang operasi untuk menjamin proses operasi tersebut berjalan dengan baik, aman, dan lancar..

Sistem kelistrikan yang baik pada ruang operasi sangat diharuskan supaya peralatan yang mencakup sistem penyaluran listriknya seperti instalasi listrik yang ada agar menggunakan peralatan yang sesuai dengan kapasitas beban yang dibutuhkan, seperti jenis penghantar, sistem pengamanan, sistem pentanahan, sistem penerangan yang ada, serta jatuh tegangan harus diperhitungkan pada sistem tersebut. Permasalahannya adalah bagaimana perhitungan serta kajian teknis untuk mendapatkan standar keamanan, keselamatan, kemudahan, dan kenyamanan, dalam menjalankan proses kegiatan pada ruang operasi? Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kelayakan sistem instalasi listrik yang ada di rumah sakit seperti, sistem pendistribusian listrik, sistem instalasi listrik, sistem grounding dan susut tegangan yang terjadi serta intensitas cahaya pada bidang kerja di ruang operasi.

Sumber tenaga listrik untuk beban memiliki kondisi dan persyaratan-persyaratan tertentu, maka sarana penyampaianya pun dikehendaki memenuhi persyaratan tertentu pula. Kondisi dan persyaratan yang dimaksudkan tersebut antara lain :

1. Setiap peralatan listrik dirancang memiliki rating tegangan, frekuensi dan daya nominal tertentu.
2. Letak titik sumber (pembangkit) dengan titik beban tidak selalu berdekatan.
3. Pada pengoperasian peralatan listrik perlu dijamin keamanan bagi peralatan itu sendiri, bagi manusia pengguna, dan bagi lingkungannya (Priyanto, 2008).

Instalasi listrik adalah suatu sistem atau rangkaian yang diperlukan untuk menyalurkan daya listrik dimana merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang paling dekat dengan beban dan bagian ini berada dalam daerah kegiatan konsumen. sehingga faktor keselamatan (peralatan dan konsurnen) perlu diperhatikan. Sebelum mendesain instalasi listrik, harus diketahui terlebih dahulu struktur dan fungsi dari bangunan tersebut. Prinsip dasar yang perlu diperhatikan dalam instalasi listrik adalah:

### a. *Fleksibel*

Desain distribusi dan instalasi listrik harus dapat dengan mudah ditarnbah atau dikurangi sesuai dengan kebutuhan. Peralatan listrik harus dapat dipasang dan dilepas dengan mudah bila akan diganti atau bila terjadi kerusakan dapat dilakukan perbaikan dengan aman.

### b. *Accessible*

Desain distribusi dan instalasi listrik harus diperhitungkan kemudahan melepas atau menarnbah komponen listriknya.

### c. *Reliable*

Perlu diperhitungkan kehandalan dan kontinuitas dari sistem untuk rnensuplai beban, dengan tingkat keamanan yang baik.

<sup>1</sup>Dosen Program Studi Teknik Elektro Universitas Bengkulu

<sup>2</sup>Dosen Program Studi Teknik Elektro Universitas Bengkulu

Secara garis besar instalasi listrik terbagi atas instalasi penerangan listrik dan instalasi daya listrik. Bagian-bagian dari instalasi daya listrik yaitu:

1. Penyediaan tenaga listrik
2. Sistem pembagian
3. Saluran daya
4. Pengaman
5. *Grounding*/Pentanahan

Pemasangan instalasi listrik, baik untuk perumahan maupun gedung bertingkat harus sesuai dengan persyaratan yang ada. Seperti Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL). Hal ini bertujuan terhadap:

1. Keamanan manusia dan barang
2. Penyediaan tenaga listrik yang aman dan efisien.

Untuk mengetahui rating dari pengaman yang dipakai dapat diketahui dari arus nominal yang melalui saluran tersebut, dari arus nominal inilah dapat kita tentukan berapa kapasitas pengaman yang sesuai dengan arus nominalnya. Persamaan untuk mencari nilai arus nominal sebagai berikut:

Arus bolak-balik 3 fasa

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} E \cos \phi} \quad (1)$$

Dimana:

- $I_n$  = arus nominal (ampere)  
 $P$  = daya/beban (watt)  
 $E$  = tegangan antar fasa (volt)  
 $\cos \phi$  = faktor daya

Pentanahan adalah suatu tindakan pengamanan dalam instalasi listrik. Jika tegangan kerjanya melebihi 50 V ke tanah diberi pentanahan pengaman atau dilindungi dengan isolasi ganda.

Pentanahan pengaman bertujuan:

- a. Untuk mengurangi beda tegangan
- b. Supaya arus yang timbul jika hubungan tanah terjadi dapat langsung mengalir ke titik bintang dari jaringan suplai diharapkan pengaman-pengaman lebur yang digunakan akan putus dalam waktu singkat.

Pentanahan terdiri dari :

- a. *Grounding* sistem  
 Dipakai untuk sistem *grounding* artinya pentanahan untuk seluruh instalasi
- b. *Grounding* peralatan  
 Dipakai untuk sistem *grounding equipment*, artinya pentanahan untuk semua bagian logam dari instalasi tegangan rendah di semua tempat yang pada keadaan normal tidak boleh bertegangan, harus

dihubungkan dengan tanah. Tahanan pentanahan  $\leq 5$  ohm.

c. Elektrode tanah

Untuk pemilihan luas penampang dari kawat pentanahan atau *grounding* dapat digunakan standar dari PUIL 2000 seperti terlihat pada tabel 1.

Tabel. 1. Spesifikasi pemilihan luas penampang kawat pentanahan

Luas Penampang Penghantar Fasa Instalasi $S$ (mm <sup>2</sup> )	Luas Penampang Minimum Penghantar Proteksi Yang Berkaitan SP (mm <sup>2</sup> )
$S \leq 16$	$S$
$16 < S \leq 32$	16
$S > 32$	$S/2$

(Sumber: LIPI, 2000:77)

Kabel merupakan salah satu sarana dalam instalasi listrik karena kabel menghantarkan arus ke beban yang terpasang.

Isworo dan Sukmadi (2010), menyebutkan bahwa Pemilihan kabel harus memperhatikan beberapa hal berikut ini:

1. Kemampuan kabel menghantar arus (KHA),
2. Batas susut tegangan (*voltage drop*) yang diperbolehkan adalah 5% dan untuk jalan mula motor sebesar 20 (ohm/m) (LIPI, 2000).
3. Daya tahan terhadap hubung singkat  
 Saat terjadi gangguan arus hubung singkat akan menyebabkan pemanasan dalam penghantar yang digunakan. Kabel yang digunakan harus mampu menahan panas yang ditimbulkan oleh gangguan tersebut sampai sistem proteksi bekerja memutus saluran yang mengalami gangguan (Kuncoro, 2003).

Jatuh tegangan didefinisikan sebagai perbedaan antara tegangan ujung kirim dan tegangan ujung terima dari penyulang atau saluran. Jatuh tegangan merupakan perbedaan nilai mutlak dari tegangan ujung kirim dan tegangan ujung terima. Jatuh tegangan ini terjadi akibat adanya impedansi dari sistem tersebut. Jatuh tegangan pada saluran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$V_d = \frac{\sqrt{3} \times I_{rating} \times L \times \rho \times \cos \phi}{A} \quad (2)$$

$$I_r = I_n \times k \quad (3)$$

$$\%V = \frac{Vd}{V} \times 100\% \quad (4)$$

Dimana:

- Vd = jatuh tegangan pada saluran (volt)
- I<sub>rating</sub> = arus rating (ampere)
- I<sub>n</sub> = arus nominal atau arus saluran (ampere)
- L = panjang saluran (meter)
- ρ = tahanan jenis penghantar jenis tembaga  
ρ = 0,0175 Ω mm<sup>2</sup>.m<sup>-1</sup>)
- A = luas penampang saluran (mm<sup>2</sup>)
- k = faktor kelipatan, untuk penerangan k = 1,25. Untuk instalasi tenaga k = 2,5.
- %V = persentase jatuh tegangan.

Perambatan cahaya di ruang bebas dilakukan oleh gelombang-gelombang elektromagnetik. Kecepatan rambat v gelombang-gelombang elektromagnetik di ruang bebas sama dengan 3.10<sup>5</sup> km per detik.

Flux cahaya yang dipancarkan oleh lampu tidak semuanya mencapai bidang kerja. Sebagian dari flux cahaya itu akan dipancarkan ke dinding dan langit-langit. Karena itu untuk menentukan flux cahaya yang diperlukan harus diperhitungkan efisiensi atau rendemennya.

$$\eta = \frac{\phi_g}{\phi_o} \quad (5)$$

ϕ<sub>g</sub> = Flux cahaya yang mencapai bidang kerja, langsung atau tidak langsung setelah dipantulkan oleh dinding dan langit-langit.

ϕ<sub>o</sub> = Flux cahaya yang dipancarkan oleh semua sumber cahaya yang ada dalam ruangan.

Rumus flux cahaya:

$$\Phi_g = \frac{E \times A}{\eta} \text{ Lumen} \quad (6)$$

Dimana :

- A = luas bidang kerja dalam m<sup>2</sup>
- E = intensitas penerangan yang diperlukan di bidang kerja

Untuk menentukan efisiensi penerangannya harus diperhitungkan :

1. Efisiensi atau rendemen armaturnya (v);
2. Faktor refleksi dinding (r<sub>w</sub>), faktor refleksi langit-langitnya (r<sub>p</sub>) dan faktor refleksi bidang pengukuran (r<sub>m</sub>).
3. Indeks ruangnya.  
Indeks ruangan atau indeks bentuk k menyatakan perbandingan antara ukuran-

ukuran utama suatu ruangan berbentuk bujur sangkar:

$$k = \frac{p \cdot l}{h (p+l)} \quad (7)$$

Dimana:

- p = panjang ruangan dalam m
- l = lebar ruangan dalam m
- h = tinggi sumber cahaya di atas bidang kerja, dinyatakan dalam m Bidang kerja ialah suatu bidang horizontal khayalan, umumnya 0,80 m di atas lantai.

Bila nilai k yang diperoleh tidak terdapat dalam tabel, efisiensi penerangannya dapat ditentukan dengan interpolasi. Misal k = 4,5 maka untuk η diambil nilai tengah antara nilai-nilai k = 4 dan k = 5.

Untuk k yang melebihi 5, diambil nilai η untuk k = 5, sebab untuk k di atas 5, efisiensi penerangannya hampir tidak berubah lagi.

### Metode Penelitian

Pengumpulan Data dilakukan dengan cara :

- a) Mendata seluruh sarana yang ada pada ruangan operasi
- b) Pengamatan lapangan langsung dan wawancara

### Hasil Dan Pembahasan

Dari data yang diperoleh, daya yang terpasang di Rumah Sakit Umum Daerah Kepahiang adalah 60 kVA. Sistem distribusi energi listrik ke beban di rumah sakit ini menggunakan sistem radial. Suplai listrik utama berasal dari gardu induk Pekalongan, jika suplai utama dari PLN mati maka suplai listrik lain diambil alih oleh diesel genset 35,3 kW yang merupakan sumber listrik cadangan sebagai keperluan darurat dan perpindahannya dilakukan secara manual dengan menggunakan saklar TPDT. Untuk menggantikan peran operator dalam menghidupkan atau mematikan (ON-OFF) mesin genset secara otomatis, maka dibutuhkan panel AMF (*Automatic Main Failure*), gabungan antara ATS dengan AMF memberikan solusi untuk mengotomatiskan dalam menangani masalah kegagalan PLN.

Berdasarkan kondisi yang ada, pihak rumah sakit akan mensiagakan diesel genset jika ada proses operasi yang akan dilakukan, staf ruang operasi melaporkan pada bagian teknisi untuk mensiagakan diesel genset untuk mengantisipasi jika tiba-tiba ada gangguan suplai listrik dari PLN.

Ruang operasi mestinya memiliki sumber listrik cadangan berupa UPS (*uninterrupted power supply*), karena untuk mengantisipasi jika ada kegiatan operasi secara mendadak atau sedang berjalan, kedua sumber suplai listrik yang ada tidak bisa berfungsi dengan baik maka masih ada sumber listrik lain yaitu UPS.

Secara keseluruhan beban total yang ada pada ruang operasi sebesar 8251 Watt. Nilai ini diperoleh dengan menjumlahkan keseluruhan beban (beban penerangan dan beban peralatan yang ada pada ruang operasi) berdasarkan atas spesifikasi masing-masing beban. Uraian beban yang ada pada ruang operasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data beban pada ruang operasi

Beban	Beban Yang Ada	Daya (Watt)
Kamar operasi I	Mesin anastesi, lampu operasi gantung, lampu UV, <i>couter</i> , <i>suction pump</i> , <i>suction</i> anastesi, monitor pasien, X ray monitor, AC	2865
Kamar operasi II	Lampu operasi tegak, AC, mesin anastesi	1540
Ruang operasi	-	-
Ruang istirahat	TV, kipas angin, kulkas, dispenser, penanak nasi	1048
Peralatan sterilisasi	<i>Autoclave</i>	2200
Penerangan kamar operasi I	Lampu <i>fluorescent</i> 14 Watt 4 buah	56
Penerangan kamar operasi II	Lampu TL dan lampu <i>fluorescent</i>	120
Penerangan ruang operasi	Lampu TL	162
Penerangan ruang istirahat	Lampu TL dan Lampu <i>fluorescent</i>	264
$P_{total} = 8251 \text{ W}$		

Pengukuran arus dan tegangan pada sistem instalasi listrik yang ada pada ruang operasi ini dilakukan untuk mengetahui besar beban yang sebenarnya dengan kapasitas yang tertulis pada spesifikasi peralatan. Tabel 2

merupakan data pengukuran yang dilakukan pada MDP outgoing SDP OK.

Tabel 3. Data pengukuran arus dan tegangan pada MDP outgoing SDP OK

Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)
09 : 00	211	1,6
10 : 00	210	1,6
11 : 00	213	1,5
12 : 00	213	13,1
13 : 00	213	1,4
14 : 00	212	1,3
15 : 00	210	1,3
16 : 00	210	1,3
17 : 00	211	1,6
18 : 00	195	3,7
19 : 00	195	3,5
20 : 00	199	3,5
21 : 00	198	3,4

Dapat diambil contoh perhitungan untuk hasil pengukuran pada MDP outgoing SDP OK dengan menggunakan nilai terbesar yang terukur pada data pengukuran Tabel 3 yaitu pada saat waktu 12:00, dimana pada waktu tersebut ada proses operasi yang berlangsung. Perhitungan untuk nilai hasil dari pengukuran dapat juga dilakukan untuk membandingkan dengan data yang ada berdasarkan spesifikasi beban. Nilai arus dan tegangan yang terukur maka dapat diketahui berapa besar beban yang ada pada waktu tersebut supaya diketahui perbandingan antara nilai pengukuran dengan nilai dari data spesifikasi peralatan yang beroperasi. Perhitungan untuk beban pada data pengukuran seperti berikut:

$$P = V \times I$$

$$P = 213 \text{ V} \times 13,1 \text{ A}$$

$$P = 2790,3 \text{ Watt}$$

Nilai beban berdasarkan spesifikasi peralatan yang digunakan dapat diketahui dengan menjumlahkan daya masing-masing peralatan seperti berikut:

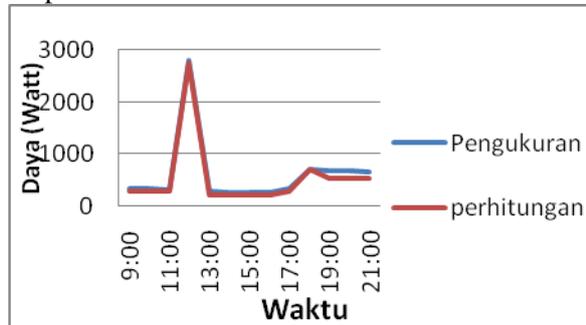
$$P_{total} = P_{kulkas} + P_{pemanas \text{ nasi}} + P_{lampu \text{ operasi}} + P_{lampu \text{ ruang operasi}} + P_{couter} + P_{suction} + P_{AC} + P_{mesin \text{ anastesi}}$$

$$P_{total} = 110 \text{ W} + 50 \text{ W} + 455 \text{ W} + 200 \text{ W} + 400 \text{ W} + 250 \text{ W} + 990 \text{ W} + 300 \text{ W}$$

$$P_{total} = 2755 \text{ Watt.}$$

Berdasarkan hasil dari beban pengukuran dengan beban dari data spesifikasi peralatan yang digunakan, terdapat perbedaan antara daya pengukuran dengan daya berdasarkan spesifikasi peralatan, perbedaan ini bisa terjadi

karena beberapa faktor seperti usia pakai dari peralatan, juga suhu ruang yang menyebabkan panas pada peralatan. Faktor tersebut dapat menyebabkan nilai daya pada beban peralatan berbeda dengan keadaan pada saat dioperasikan.



Gambar 1. Grafik perbandingan antara beban pengukuran dengan beban perhitungan berdasarkan spesifikasi peralatan.

Grafik pada Gambar 1. memperjelas perbedaan selisih antara nilai pengukuran dengan nilai beban berdasarkan data spesifikasi peralatan yang sedikit berbeda, dimana nilai dari pengukuran lebih besar jika dibandingkan dengan nilai perhitungan. Seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan perbedaan antara nilai yang ada dispesifikasi dengan nilai yang terukur sebenarnya.

Pengumpulan data yang dilakukan didapatkan jenis kabel yang digunakan di RSUD Kepahiang dibagi menjadi 2 macam yaitu:

1. Kabel jenis NYFGbY yang digunakan sebagai kabel untuk distribusi listrik dari:
  - 1) Trafo ke *incoming* MDP
  - 2) *Outgoing* diesel genset ke *incoming* MDP
  - 3) *Outgoing* MDP ke *incoming* SDP
2. Kabel Jenis NYM digunakan untuk distribusi listrik dari:
  - 1) *Outgoing* SDP ke beban terpasang
  - 2) *Outgoing* SDP ke beban penerangan di masing- masing ruangan.

Berdasarkan data yang ada bahwa kabel NYFGbY digunakan sebagai penghantar energi listrik dari MDP ke masing- masing SDP. Penggunaan kabel NYFGbY pada suplai energi listrik ini berdasarkan atas acuan pada PUIL bahwa kabel jenis ini biasanya digunakan untuk sirkuit power baik pada lokasi kering, basah, maupun lembab, dengan adanya pelindung kawat dan pita baja yang

digalvanisasi, kabel ini memungkinkan ditanam langsung dalam tanah tanpa pelindung tambahan. Penempatan kabel jenis NYFGbY pada rumah sakit ini telah sesuai dengan acuan yang ada dimana penempatannya di dalam dinding dan ditanam dalam tanah.

Penggunaan kabel jenis NYM pada ruang operasi untuk penerangan maupun untuk peralatan telah sesuai dengan kegunaannya dan penempatannya bisa di dalam atau di luar plester tembok ataupun dalam pipa pada ruangan kering atau lembab. Kabel ini tidak diijinkan untuk dipasang di luar rumah yang langsung terkena panas dan hujan ataupun ditanam langsung dalam tanah. Penggunaan kabel instalasi berselubung ini diatur dalam PUIL 2000 pasal 7.12.2.

Perhitungan luas penampang penghantar pada MDP dapat dilakukan dengan menggunakan data yang ada seperti berikut:

1. Total beban terpasang pada MDP : 60 kVA =  $VA \times \cos \phi = 60 \times 0,85 = 51000 \text{ kW}$ .
2. Pengaman terpasang pada *incoming* No fuse breaker 200 A
3. Ukuran kabel *incoming* terpasang NYFGbY 4 x 50 mm<sup>2</sup>.
4. Ukuran kabel *outgoing* ke SDP yang terpasang NYFGbY 4 x 50 mm<sup>2</sup>

Berdasarkan data yang ada dengan beban yang terpasang sebesar 51000 Watt, maka dapat dilakukan perhitungan untuk mencari nilai arus yang mengalir pada penghantar dengan menggunakan Persamaan 1. Perhitungan untuk *incoming* dapat dilakukan seperti berikut:

$$I_{nominal} = \frac{P}{\sqrt{3} E \cos \phi} A$$

$$I_{nominal} = \frac{51000}{\sqrt{3} 220 \times 0.85} A = 152,09 A$$

Hasil dari perhitungan menunjukkan bahwa arus maksimum yang mengalir sebesar 152,09 A maka untuk penghantarnya dapat digunakan jenis NYFGbY 4 x 35 mm<sup>2</sup>. Berdasarkan data yang ada bahwa jenis kabel yang terpasang yaitu NYFGbY 4x50 mm<sup>2</sup>, jenis penghantar yang telah terpasang ini diatas dari nilai perhitungan yang dilakukan, hal ini tentu lebih baik untuk sistem instalasi listrik yang ada jika suatu waktu ada penambahan daya pada rumah sakit penghantar yang ada telah dalam kondisi yang sesuai. Perhitungan ini diambil nilai beban maksimum, karena faktor tidak serempaknya beban-beban ini beroperasi, oleh karena itu diambil kondisi pada saat

beban maksimum berdasarkan atas daya yang terpasang.

Perhitungan luas penampang penghantar pada SDP OK dapat dilakukan dengan menggunakan data sebagai berikut:

1. Total beban terpasang pada SDP ruang operasi 8251 Watt
2. Pengaman terpasang pada incoming MCB 63 A
3. Pengaman terpasang pada outgoing ke ruangan operasi MCB 16 A
4. Ukuran kabel yang terpasang pada incoming jenis NYFGbY 4 x 50 mm<sup>2</sup>.
5. Ukuran kabel yang terpasang pada outgoing ke ruangan operasi jenis NYM 3x4 mm<sup>2</sup>.

Berdasarkan data yang ada maka dapat dilakukan perhitungan untuk mencari nilai arus yang mengalir pada penghantar dengan menggunakan Persamaan 3. Perhitungan untuk kabel outgoing ke kamar operasi I dapat dilakukan seperti berikut:

$$I_{nominal} = \frac{P}{E \cos \phi} A$$

$$I_{nominal} = \frac{2865}{220 \times 0,85} A = 15,32 A$$

Nilai beban 2865 Watt didapatkan dengan menjumlahkan keseluruhan daya peralatan yang ada pada kamar operasi I berdasarkan atas spesifikasi dari peralatan tersebut. Sama dengan perhitungan untuk MDP tadi, pada perhitungan besar penampang ini dikondisikan pada saat beban total.

Tabel 3. Data kabel pada SDP OK

Beban	Daya (Watt)	I nominal	Jenis kabel
Kamar operasi I	2865	15,32	NYM 3x4
Kamar operasi II	1540	8,23	NYM 3x4
Ruang operasi	-	-	NYM 3x4
Ruang istirahat	1048	5,6	NYM 3x4
Peralatan sterilisasi	2200	11,76	NYM 3x4
Penerangan kamar operasi I	56	0,299	NYM 3x2,5
Penerangan kamar operasi II	120	0,64	NYM 3x2,5
Penerangan ruang operasi	162	0,866	NYM 3x2,5
Penerangan ruang istirahat	264	1,44	NYM 3x2,5

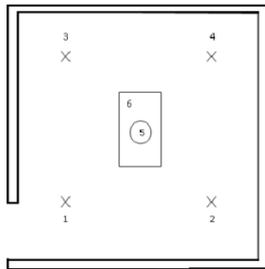
Hasil dari perhitungan menunjukkan bahwa arus maksimum yang mengalir sebesar 15,32 A maka untuk penghantarnya berdasarkan PUIL dapat digunakan jenis NYM 1,5 mm<sup>2</sup>. Berdasarkan atas data yang ada bahwa jenis kabel yang terpasang yaitu NYM 3 x 4 mm<sup>2</sup>, jenis penghantar yang telah terpasang ini diatas dari nilai perhitungan yang dilakukan, hal ini tentu lebih baik untuk sistem instalasi listrik yang ada jika suatu waktu ada penambahan daya pada rumah sakit ini penghantar yang ada telah dalam kondisi yang sesuai.

Berdasarkan data yang didapat untuk pencahayaan ruang operasi diperoleh data sebagai berikut:

1. Lampu fluorescent 14 Watt berjumlah 4 buah
2. Lampu operasi gantung 455 Watt
3. Armature penerangan yang terpasang jenis penerangan sebagian besar langsung
4. Ukuran ruang operasi dimana panjang, lebar, dan tinggi adalah 4 x 6 x 4 m.
5. Warna dinding, langit-langit dan lantai berwarna putih.

Empat buah lampu jenis fluorescent ini terpasang di tiap sisi ruangan, dengan armature jenis penerangan sebagian besar langsung, dapat dilihat pada Gambar 2. yang merupakan layout untuk posisi penerangan pada kamar operasi. Jarak antara lampu 1 dan 2 berkisar ±

2 m begitu juga untuk jarak antara lampu 3 dengan 4 itu sama, sedangkan untuk jarak lampu 1 dengan 3 berkisar  $\pm 3$  m, jarak yang sama juga untuk lampu 2 dengan 4 yaitu  $\pm 3$  m. Tinggi dari meja operasi dari lantai berkisar 1,1 m.



Gambar 2. Layout sistem penerangan untuk ruang operasi.

Masing-masing lampu jenis fluorescent berdasarkan spesifikasi yang ada lumen yang dihasilkan sebesar 854, dimana 1 Watt menghasilkan 61 lumen. Untuk mengetahui tingkat intensitas cahaya yang sebenarnya pada ruang operasi maupun intensitas cahaya pada bidang kerja, dilakukan juga pengukuran intensitas cahaya dengan menggunakan alat ukur Luxmeter.

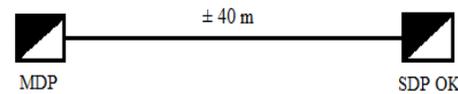
Berdasarkan data pengukuran yang dilakukan menggunakan alat ukur Luxmeter, diperoleh data sebagai berikut:

1. Intensitas cahaya pada bidang kerja kisaran 687-710 Lux
2. Dan untuk intensitas cahaya ruangan sebesar 253 Lux

Intensitas cahaya pada saat lampu operasi dihidupkan kisaran 687-710 Lux dan pada kondisi lampu operasi dimatikan intensitas yang terukur oleh Luxmeter sebesar 253 Lux. Menurut buku pedoman pencahayaan pada RS untuk ruang operasi pada bidang kerja dikategorikan pada kelompok E dimana cahaya minimum sebesar 500 Lux, cahaya diharapkan 700 Lux, dan untuk cahaya maksimal sebesar 1000 Lux. Nilai intensitas cahaya pada bidang kerja yang ada sebesar 687-710 Lux bisa dikatakan telah sesuai dengan pedoman yang ada.

Jatuh tegangan merupakan hal yang tidak dapat dihindari dalam suatu instalasi ketenagalistrikan. Berdasarkan PUIL 2000 pasal 4.2.3:110 dinyatakan bahwa susut tegangan antara PHB utama dan setiap titik beban tidak boleh lebih dari 5 % dari tegangan PHB utama, bila semua penghantar instalasi dilalui arus maksimum yang ditentukan Majalah Teknis Simes Vol. 11 No. 1 Januari 2017

berdasarkan pasal 4.2.3. Peraturan ini berlaku pada keadaan stasioner dan tidak berlaku pada waktu terjadi arus peralihan yang cukup tinggi. Perhitungan jatuh tegangan di rumah sakit ini diambil dari MDP ke SDP OK seperti gambar 3.



Gambar 3. Panjang penghantar MDP ke SDP OK

Saluran penghantar dari MDP ke SDP merupakan saluran 3 fasa yang menggunakan kabel tembaga NYFGbY dengan luas penampang  $50 \text{ mm}^2$ , arus nominal yang mengalir 152,09 A, panjang penghantar  $\pm 40$  m, yang mana tahanan jenis dari tembaga adalah  $\rho = 0,0175 \Omega \text{ mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$ , dengan  $\cos \theta = 0,85$ , maka jatuh tegangan pada aliran antara MDP dan SDP OK dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3 dan 4.

Pertama yang dihitung adalah nilai dari  $I_{\text{rating}}$  seperti berikut:

$$I_{\text{rating}} = 152,09 \times 2,5 \\ = 380,23$$

Setelah didapatkan nilai  $I_{\text{rating}}$  maka bisa dilakukan perhitungan untuk jatuh tegangan salurannya seperti berikut:

$$V_d = \frac{\sqrt{3} \times 380,23 \times 40 \times 0,0175 \times 0,85}{50} \\ = 7,84 \text{ Volt}$$

Perhitungan berikutnya adalah menghitung persentase jatuh tegangan, untuk mencari berapa persen jatuh tegangan yang ada menggunakan Persamaan 2.5 seperti berikut:

$$\%V = \frac{V_d}{V} \times 100\% \\ \%V = \frac{7,84}{220} \times 100\% \\ \%V = 3,6\%$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan yang didapat, dimana nilai jatuh tegangan sebesar 7,84 Volt dan persentase dari jatuh tegangan 3,6 %. Pada penelitian ini dilakukan juga pengukuran terhadap tegangan pangkal di

MDP dan tegangan ujung pada SDP OK dengan nilai pada Tabel 5.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa tegangan yang masuk pada MDP tidak mencapai nilai 220 volt, dan jatuh tegangan yang terjadi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Waktu 09:00} &= 212 - 204 = 8 \text{ Volt} \\ \% V &= \frac{8}{212} \times 100 \% = 3,8 \% \\ \text{Waktu 10:00} &= 213 - 205 = 8 \text{ Volt} \\ \% V &= \frac{8}{213} \times 100 \% = 3,75 \% \\ \text{Waktu 11:00} &= 212 - 205 = 7 \text{ Volt} \\ \% V &= \frac{7}{212} \times 100 \% = 3,3 \% \\ \text{Waktu 12:00} &= 213 - 206 = 7 \text{ Volt} \\ \% V &= \frac{7}{213} \times 100 \% = 3,28 \% \\ \text{Waktu 13:00} &= 213 - 206 = 7 \text{ Volt} \\ \% V &= \frac{7}{213} \times 100 \% = 3,28 \% \\ \text{Waktu 14:00} &= 212 - 205 = 7 \text{ Volt} \\ \% V &= \frac{7}{212} \times 100 \% = 3,3 \% \\ \text{Waktu 15:00} &= 210 - 203 = 7 \text{ Volt} \\ \% V &= \frac{7}{210} \times 100 \% = 3,3 \% \\ \text{Waktu 16:00} &= 210 - 204 = 6 \text{ Volt} \\ \% V &= \frac{6}{210} \times 100 \% = 2,87 \% \\ \text{Waktu 17:00} &= 211 - 204 = 7 \text{ Volt} \\ \% V &= \frac{7}{211} \times 100 \% = 3,31 \% \\ \text{Waktu 18:00} &= 195 - 188 = 7 \text{ Volt} \\ \% V &= \frac{7}{195} \times 100 \% = 3,6 \% \\ \text{Waktu 19:00} &= 195 - 188 = 7 \text{ Volt} \\ \% V &= \frac{7}{195} \times 100 \% = 3,6 \% \\ \text{Waktu 20:00} &= 199 - 192 = 7 \text{ Volt} \\ \% V &= \frac{7}{199} \times 100 \% = 3,5 \% \\ \text{Waktu 21:00} &= 198 - 191 = 7 \text{ Volt} \\ \% V &= \frac{7}{198} \times 100 \% = 3,5 \% \end{aligned}$$

Tabel 5. Data hasil pengukuran tegangan pada MDP dan SDP OK

Waktu	Tegangan di MDP (V)	Tegangan SDP OK (V)
09 : 00	212	204
10 : 00	213	205
11 : 00	212	205
12 : 00	213	206
13 : 00	213	206
14 : 00	212	205
15 : 00	210	203
16 : 00	210	203
17 : 00	211	204
18 : 00	195	188
19 : 00	195	188
20 : 00	199	192
21 : 00	198	191

Hasil pengukuran terlihat bahwa jatuh tegangan yang terjadi hampir sama dengan hasil perhitungan yang didapat sebesar 7,84 volt dan nilai persentase jatuh tegangan pengukuran sebesar 3,6 % tidak melebihi nilai 5% yang dianjurkan dalam PUIL. Nilai jatuh tegangan yang berbeda antara perhitungan dengan pengukuran ini bisa disebabkan beberapa faktor seperti, tegangan yang terjadi pada penghantar tidak stabil, ada perbedaan antara nilai panjang penghantar yang dimasukkan pada persamaan dengan yang sebenarnya.

Jatuh tegangan yang terukur pada saluran MDP ke SDP masih dalam batas yang diperbolehkan. Pada pengukuran sebelumnya terlihat bahwa tegangan pada sistem instalasi listrik di rumah sakit tidak stabil, oleh karena itu perbedaan yang ada ini masih dalam kewajaran.

Beberapa faktor yang mempengaruhi besar atau kecilnya jatuh tegangan seperti jatuh tegangan akan semakin kecil jika luas penampang dari penghantar berukuran besar, dan begitu juga sebaliknya jatuh tegangan akan semakin besar jika luas penampang yang digunakan berukuran lebih kecil serta panjang dari suatu penghantar juga sangat berpengaruh, semakin panjang dari penghantar maka nilai dari jatuh tegangan akan semakin besar pula.

Tegangan pada sistem ini tergantung dari sumber suplai listrik dari PLN, karena listrik yang masuk ke rumah sakit ini telah diturunkan langsung oleh pihak PLN trafo yang digunakan tidak khusus untuk suplai

rumah sakit melainkan digunakan secara bersama untuk kebutuhan konsumen yang lain yaitu masyarakat umum, hal inilah yang menyebabkan tegangan yang ada pada sistem kelistrikan pada rumah sakit ini tidak stabil dan tidak mencapai tegangan 220 V.

### **Kesimpulan Dan Saran**

Adapun kesimpulan dari hasil evaluasi adalah sbb:

- a) Sumber pensuplai listrik yang ada pada RSUD Kepahiang ada dua. Sumber utama dari PLN dengan kapasitas daya sebesar 60 kVA, dan sumber cadangan untuk kebutuhan darurat dari genset dengan kapasitas 35,3 kW sehingga kontinuitas pelayanan daya dapat lebih baik.
- b) Secara keseluruhan sistem instalasi listrik yang ada pada ruang operasi di rumah sakit umum daerah kepahiang dalam kondisi baik, aman, dan masih dalam kondisi layak sesuai dengan PUIL 2000.
- c) Sistem pencahayaan di ruang operasi terutama pada bidang kerja telah sesuai berdasarkan dengan buku pedoman pencahayaan RS.
- d) Hasil perhitungan dan pengukuran jatuh tegangan dari MDP ke SDP OK masih memenuhi syarat yang ditentukan oleh PUIL 2000.

Berdasarkan kesimpulan dapat diberikan saran sbb :

- a) Pertukaran suplai dari PLN dan diesel genset sebaiknya dilakukan secara otomatis dengan menambahkan AMF dan ATS sebagai pengganti operator dalam pergantiannya supaya mempermudah kerja dari operator.
- b) Pada ruang operasi sebaiknya disediakan suplai listrik cadangan berupa UPS (*uninterrupted power suplay*) yang berfungsi sebagai antisipasi jika suplai listrik yang ada baik itu dari PLN maupun diesel genset tidak dapat menyuplai listrik dengan baik maka masih ada UPS sebagai *back-up* untuk menjamin kontinuitas suplai listriknya.
- c) penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai acuan maupun referensi untuk pihak rumah sakit maupun pihak lain yang akan melakukan pemasangan ataupun sebagai koreksi dari sistem instalasi listrik yang telah ada supaya didapatkan sistem

instalasi listrik yang bernilai ekonomis, baik, dan aman.

### **Daftar Pustaka**

- Adam, Sukendar. 2012. *Pedoman Teknis Ruang Operasi Rumah Sakit*. Kementerian Kesehatan RI. Jakarta
- Panitia Revisi PUIL-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 2000. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik*. Jakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Priyanto, Agus. 2008. *Studi Analisis Sistem Distribusi dan Instalasi Hotel Gran Mahakam*. Universitas Negeri Semarang.
- Isworo, M. F, Sukmadi, T, 2010. *Kamoto. Perancangan sistem Kelistrikan Pengelolaan Air Terproduksi Studi Kasus W.T.I.P. Kawengan PT. Pertamina EP Region Jawa*. Universitas Diponegoro Semarang.
- Kelompok Kerja Standar Kontruksi Distribusi Jaringan Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia. 2010. *Buku 4 : Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik*. Jakarta : PT PLN (PERSERO).
- Kuncoro, Adi. 2003. *Studi Analisa Sistem Distribusi dan Instalasi di Hotel Majapahit Mandarin Oriental*. Universitas Kristen Petra.