

# ANALISA TEKNO EKONOMI SISTEM PENERANGAN DI KAPAL DENGAN LAMPU LIGHT EMITTING DIODE (LED) DAN FLUORESCENT LAMP (FL) PADA KAPAL

Murjaningsih, Sardono Sarwito, Indra Ranu Kusuma

Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: murjaningsih11@mhs.ne.its.ac.id, sarsan@its.ac.id, ir.kusuma@its.ac.id

**Abstrak** - Perancangan sistem penerangan di kapal dengan teknologi baru yaitu lampu Light Emitting Diode (LED) telah dilakukan di Negara-negara maju hal ini untuk mendukung isu green earth. Karena lampu LED memiliki daya lebih rendah dibandingkan lampu fluorescent (FL) pada lumens yang sama. Namun sistem penerangan dengan LED ini belum ada yang diterapkan di Indonesia dengan beberapa alasan biaya yang diperkirakan mahal dan rules yang belum menyebutkan tentang penggunaan lampu LED. Pada penulisan tugas akhir akan dikaji secara teknis dan ekonomis mengenai perancangan sistem penerangan dengan lampu LED dan membandingkannya dengan sistem penerangan yang saat ini telah digunakan (FL) pada kapal niaga jenis kapal penumpang di Indonesia. Kajian meliputi kebutuhan jumlah lampu, kebutuhan daya yang harus disuplai, besarnya biaya modal dan biaya maintenance serta biaya konsumsi listrik. Hasil yang diperoleh sistem penerangan dengan lampu LED menjadi lebih efektif karena kebutuhan jumlah lampu yang lebih sedikit, daya yang dibutuhkan untuk sistem penerangan jauh lebih rendah yaitu  $\frac{1}{4}$  dari lampu FL, memiliki nilai maintenance lebih ekonomis dan biaya konsumsi listrik yang lebih murah dibandingkan sistem penerangan dengan lampu FL.

**Kata kunci** - Sistem penerangan di kapal, LED, Fluorescent

## I. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi membawa dampak yang sangat besar bagi industri perkapalan yaitu dari segi keselamatan, konstruksi, kelistrikan, dan permesinan yang diterapkan dikapal. Dalam bidang kelistrikan setelah ada kemajuan perihal penggantian kabel menjadi unit busbar trunking, sistem penerangan yang diterapkan di kapal-kapal Indonesia saat ini masih dapat dikatakan belum berkembang, hal ini terkait dengan penggunaan lampu Fluorescent Lamp (FL) yang selalu digunakan dalam merencanakan sebuah kapal.

Saat ini telah ada lampu penerangan yang terbukti lebih hemat dari segi kebutuhan daya yang akan dikeluarkan dalam merencanakan sebuah kapal. Dari beberapa sumber dan artikel menyebutkan bahwa penggunaan lampu FL dikapal masih diterapkan sampai saat ini, dikarenakan belum ada peraturan yang mengharuskan lampu hemat energi untuk diterapkan dikapal sehingga perusahaan galangan memutuskan menggunakan lampu jenis FL untuk kapal mereka, selain itu harga yang relatif murah. Sedangkan dari sisi energi yang diserap lumayan besar yang akan berakibat

bertambahnya kebutuhan daya yang dikeluarkan generator untuk sistem penerangan. Meskipun sistem penerangan hanya sebagian kecil dari daya yang dikeluarkan generator.

Oleh karena itu, dibutuhkan analisa lebih lanjut terkait sistem penerangan terbaru dikapal terkait penggunaan lampu LED dengan menggunakan *sample* satu buah kapal. Baik dari segi kebutuhan daya sistem penerangan yang telah ada dibandingkan dengan kebutuhan daya dengan penggunaan lampu LED. Selain itu juga dari segi biaya yang akan dikeluarkan untuk memenuhi kebutuhan penerangan yang ada di kapal terkait penggunaan lampu FL dan LED. Dengan begitu akan diketahui jenis penerangan yang mana yang akan lebih efisien dalam hal penghematan energi dan minimalis pada biaya yang dikeluarkan baik pemilik kapal atau galangan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. LED

Karena LED adalah salah satu jenis dioda maka LED memiliki 2 kutub yaitu anoda dan katoda. Dalam hal ini LED akan menyala bila ada arus listrik mengalir dari anoda menuju katoda. Pemasangan kutub LED tidak boleh terbalik karena apabila terbalik kutubnya maka LED tersebut tidak akan menyala. Led memiliki karakteristik berbeda-beda menurut warna yang dihasilkan. Semakin tinggi arus yang mengalir pada led maka semakin terang pula cahaya yang dihasilkan, namun perlu diperhatikan bahwa besarnya arus yang diperbolehkan 10mA-20mA dan pada tegangan 1,6V – 3,5 V menurut karakter warna yang dihasilkan. Apabila arus yang mengalir lebih dari 20mA maka led akan terbakar. Untuk menjaga agar LED tidak terbakar perlu kita gunakan resistor sebagai penghambat arus.

### 2.2. Kelebihan dan Kekurangan Lampu LED

Kelebihan yang dimiliki lampu LED antara lain:

- Memiliki efisiensi yang lebih banyak dibandingkan dengan lampu pijar/tungsten, maupun lampu fluorescent
- LED tidak menghasilkan panas lebih sedikit. Dengan begitu selain hemat konsumsi listrik dari lampu juga hemat untuk konsumsi listrik pendingin.
- Tidak merusak kesehatan seperti lampu fluorescent. Karena LED bebas dari bahaya merkuri jadi sangat aman digunakan dimana saja, serta ramah lingkungan.
- Tidak memancarkan radiasi UV.
- Mengurangi tagihan listrik, karena LED lebih hemat energi hingga 80% dibandingkan lampu pijar atau halogen biasa.

- f. Lampu LED memiliki *lifetime* yang lebih panjang dibandingkan lampu jenis lainnya.
- g. LED dapat memancarkan berbagai variasi warna tanpa harus menggunakan filter warna yang digunakan pada lampu biasa. Sehingga lebih efisien dan *cost maintenance* rendah.
- h. Cahaya yang keluar dari lampu LED lebih focus dan terang.

Kekurang yang dimiliki lampu LED antara lain :

- a. Biaya mahal
- b. Harga LED per lumen lebih tinggi dibandingkan dengan lampu lain.
- c. Suhu lingkungan dapat mempengaruhi umur lampu LED. Karena suhu lingkungan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan gangguan elektrik pada LED.
- d. Intensitas cahaya yang termasuk kecil.

### 2.3. Fluorescent

Lampu *fluorescent* merupakan sumber cahaya berbentuk tabung yang diisi dengan gas merkuri, argon, fosfor, dan gas lainnya yang berperan membantu perpindahan electron di dalam tabung. Dalam proses penyalaan lampu, lampu ini menggunakan *ballast* yang berperan sebagai pengatur arus listrik ke lampu. Penggunaan *ballast* menyebabkan lampu *fluorescent* tidak dapat dinyalakan dengan seketika seperti yang dapat dilakukan pada lampu pijar. Cahaya putih jernih yang merata yang dihasilkan dengan kecenderungan untuk tidak mempengaruhi warna benda, membuat lampu *fluorescent* mampu menampilkan objek visual dengan sangat baik. Lampu *fluorescent* memiliki dua jenis berdasarkan bentuknya, yaitu bentuk tabung linear atau TL (*Tubular Lamp*) dan bentuk kompak atau CFL (*Compact Fluorescent Lamp*).

### 2.4. Kelebihan Dan Kekurangan Lampu Fluorescent

- Kelebihan lampu Fluorescent
  - a. Efikasi yang baik
  - b. Lifetime panjang (6000-9000 jam)
  - c. Tingkat intensitas cahaya rendah
  - d. Keluaran inframerah rendah
  - e. Temperature operasi rendah
  - f. Performansi warna baik (warna cahaya berbeda-beda)
  - g. Sinar tampak dengan spectrum lebih lebar
  - h. Dapat dioperasikan pada tegangan sistem yang lebih tinggi
  - i. Penundaan starting dan restarting hanya sesaat
- Kekurangan lampu Fluorescent
  - a. Bukan merupakan sumber cahaya titik sehingga distribusi cahaya sulit dikendalikan
  - b. Membutuhkan komponen tambahan sebagai controller lampu (ballas)
  - c. Harga beli lebih tinggi
  - d. Sangat dipengaruhi temperature lingkungan
  - e. Butuh ballas khusus untuk mengatur intensitas cahaya
  - f. Ukuran lebih besar

### 2.5 Perhitungan Penerangan di Kapal

- a. Dimensi Ruang

$$A = p \times l$$

Dimana,

- A : luasan ruangan (m<sup>2</sup>)
- P : panjang ruangan (m)
- L : lebar ruangan (m)

- b. Indeks Ruang

$$K = \frac{p \times l}{h \times (p + l)}$$

- t: tinggi ruangan dari lantai hingga titik lampu (m)
- H: tinggi benda kerja yang ada di ruangan (misalkan meja, kursi, tempat tidur) diasumsikan 0.7 meter).
- h : jarak antara benda kerja dan armature

- c. Jenis Armature

Tipe lampu berhubungan dengan jenis ruangan yang akan mempengaruhi jenis pengamanan lampu yang digunakan. Berbagai tipe lampu ini juga memberikan karakteristik yang berbeda pula.

- d. Faktor Refleksi

Merupakan factor nilai karena adanya pewarnaan pada dinding, atap dan lantai pada kapal. digunakan factor refleksi pada 75, 50, dan 10

- e. Iluminasi Cahaya (E)

Iluminasi adalah intensitas flux cahaya yang diterima oleh suatu luas permukaan, illuminasi menjelaskan tentang interaksi antara sumber cahaya dan permukaan sumber cahaya. Hal ini diukur dalam flux luminasi per unit area. Kebutuhan intensitas caghaya tiap ruangan berbeda.

- f. Iluminasi Cahaya (E)

Merupakan faktor pengotoran lampu, dimana pengotoran ini adalah berkurangnya intensitas cahaya yang dihasilkan lampu setiap tahunnya. Setiap jenis lampu memiliki nilai pengotoran yang berbeda. Nilai pengotoran berkisar antara 0.6-0.7.

- g. Illumination rate

$$Eff = \frac{eff1 + ((indeks ruang - K1) \times (Eff2 - Eff1))}{(K2 - K1)}$$

- h. Efisiensi armature

$$Eff \text{ armature } (\eta) = d \times eff \text{ (interpolation)}$$

- i. Flux cahaya ( $\Phi$ )

$$\Phi = \frac{(E \times A)}{eff \text{ armature}}$$

Dimana

E : Iluminasi (Lux)

A : Luasan ruangan

- j. Flux cahaya lampu (Lumen)

$$\text{Lumen} = \frac{lm}{watt} \times P \times n \dots$$

Lm/watt : nilai lumen/watt dari setiap jenis lampu

P : daya lampu (watt)

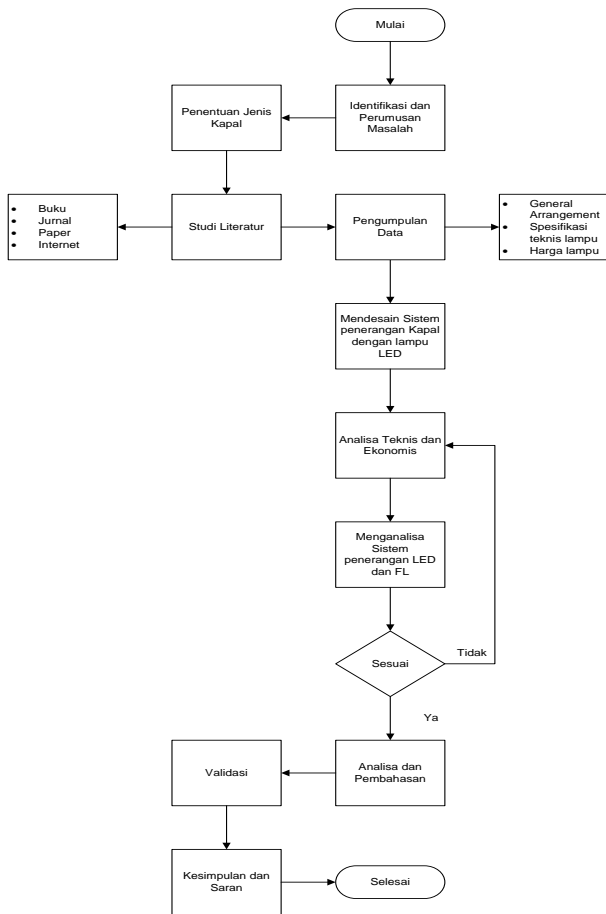
n : jumlah lampu dalam 1 armature

- k. Jumlah lampu yang dibutuhkan

$$n = \frac{Flux (\Phi)}{\text{Lumen}}$$

### III. METODOLOGI

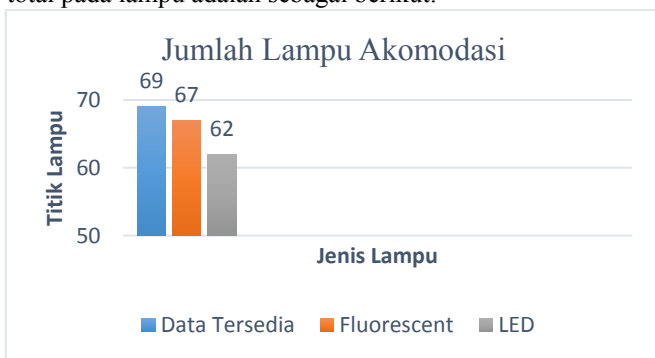
Untuk mencapai tujuan penulisan ini, digunakan suatu metode teoritis dengan beberapa langkah yang berkelanjutan sehingga menghasilkan suatu hasil dari penelitian. Untuk alur dari langkah pengerjaan seperti flowchart di bawah ini:



#### IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

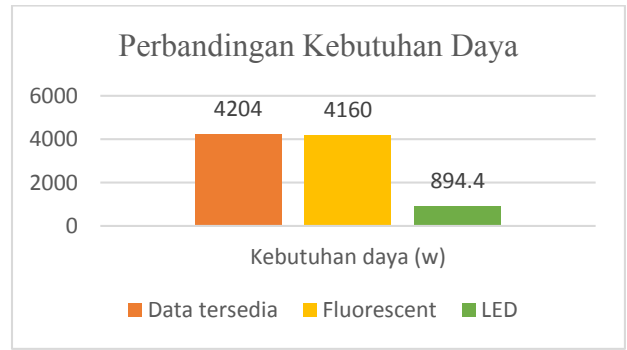
##### 4.1. Jumlah Lampu dan Daya Lampu

Dengan langkah menghitung seperti yang telah ada pada tinjauan pustaka, didapatkan jumlah titik lampu dan daya total pada lampu adalah sebagai berikut.



Grafik 1. Perbandingan Jumlah titik lampu

Pada grafik 1. Tersebut dapat diketahui jumlah lampu yang dipasang dikapal sebagai hasil perhitungan yang telah dilakukan. Data tersedia merupakan data yang sudah ada dari data lighting arrangement pada kapal yang digunakan sebagai objek penelitian. Sedangkan untuk perbandingan kebutuhan daya adalah sebagai berikut.



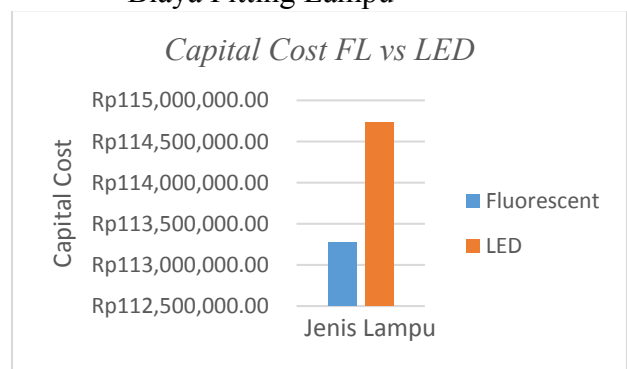
Grafik 2. Perbandingan kebutuhan daya

Adapun hasil yang didapatkan dari data yang telah tersedia, kebutuhan daya yang harus dicukupi untuk penerangan dan navigasi adalah 4204 watt, untuk perhitungan manual dengan lampu FL adalah 4160 watt, sedangkan untuk lampu LED adalah 894.4 watt.

##### 4.2. Analisa Perhitungan Capital Cost

Capital cost didapatkan dengan menjumlahkan seluruh biaya peralatan yang digunakan dalam instalasi penerangan. Biaya tersebut meliputi :

- Biaya Material
- Biaya Jasa Pemasangan Instalasi
- Biaya Pengadaan Lampu
- Biaya Fitting Lampu

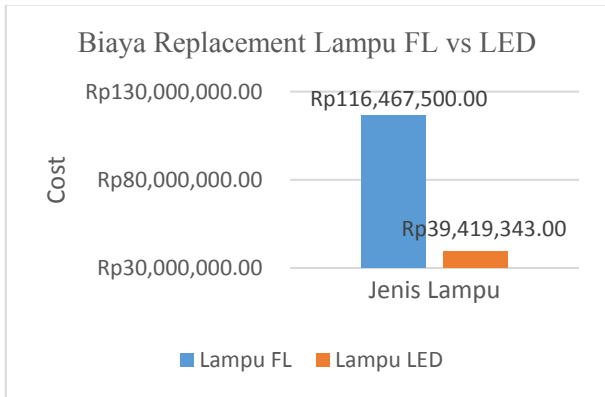


Grafik 3. Capital cost FL vs LED

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa, besarnya perbandingan *capital cost* antara sistem penerangan lampu *fluorescent* dan LED terdapat perbedaan yang tidak terlalu signifikan yakni dengan lampu FL sebesar Rp. 109,639,457.00 dan lampu LED Rp. 119,096,135.00.

##### 4.3. Analisa Jadwal Dan Biaya Penggantian Lampu

Dalam melakukan perhitungan terhadap biaya penggantian lampu, maka harus diketahui kapan waktu untuk penggantian lampu tersebut. Oleh karena itu, jumlah biaya yang didapatkan didasarkan waktu penggantian lampu yang telah dihitung sebelumnya. Dari jadwal penggantian lampu tersebut, setelah diketahui harga masing-masing jenis lampu pengganti maka akan dapat dilakukan perhitungan kebutuhan biaya total penggantian selama 20 tahun sesuai dengan waktu yang diperhitungkan untuk penggantian lampu.



Grafik 4. Biaya Replacement Lampu FL vs LED

Dari grafik 4. dapat diketahui bahwa dalam waktu yang lama penggunaan lampu LED menjadi lebih menguntungkan jika dibandingkan lampu FL. Hal ini dipengaruhi oleh faktor lifetime yang dimiliki oleh lampu LED jauh lebih lama jika dibandingkan lampu FL. Sehingga dari grafik ini dapat diambil kesimpulan bahwasannya lampu LED jauh lebih ekonomis dibandingkan lampu FL.

#### 4.4. Analisa Konsumsi Listrik per Tahun

Dalam melakukan perhitungan kebutuhan listrik pertahun digunakan estimasi sebagai berikut.

1 year : 365 days : 8760 hours

- Estimasi Penggunaan Lampu Ruang Akomodasi

1 Hari = 15 jam

1 Tahun = 15 x 365 hari

= 5475 hours

- Estimasi Penggunaan Lampu di Kamar Mesin

1 Hari = 24 jam

1 Tahun = 24 x 365 hari

= 8760 hours

- Estimasi Penggunaan Lampu Ruang Navigasi

1 Hari = 10 jam

1 Tahun = 10 x 365 hari

= 3650 hours

Sehingga dari estimasi tersebut dilakukan perhitungan dan didapatkan hasil sebagai berikut.

##### a. Lampu FL

Jumlah konsumsi listrik per tahun

Akomodasi : 14716800 WH = 14716.8 kWh

Navigasi : 6424000 = 6424 kWh

Biaya Listrik /kWh didasarkan biaya listrik yang ditetapkan PLN untuk industri Rp. 1.100/kWh.

Sehingga, total biaya listrik selama 20 tahun

= Rp 323,769,600.00 + Rp 141,328,000.00

= **Rp 465,097,600.00**

##### b. Lampu LED

Jumlah konsumsi listrik per tahun

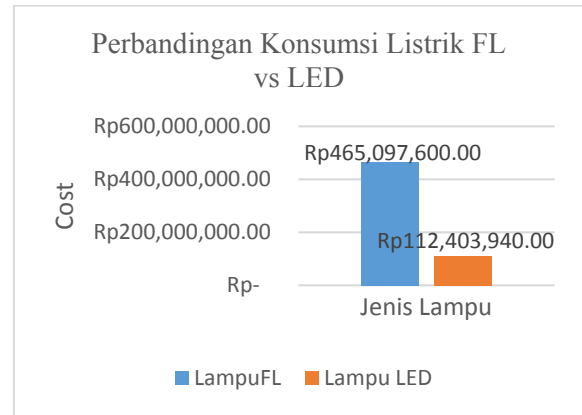
Akomodasi : 4167570 WH = 4167,57 kWh

Navigasi : 941700 WH = 941,7 kWh

Sehingga, total biaya listrik selama 20 tahun

= Rp 91,686,540.00 + Rp 20,717,400.00

= **Rp 112,403,940.00**



Grafik 5. Perbandingan Konsumsi Listrik FL vs LED

Dari grafik diatas dapat diketahui nilai perbandingan biaya yang dikeluarkan untuk memenuhi konsumsi daya yang digunakan pada sistem penerangan selama 20 tahun. Sehingga dapat dikalkulasikan perbedaan yang sangat signifikan antara keduanya. Konsumsi listrik lampu LED hanya menghabiskan biaya hampir seperempat dari lampu FL. Sehingga dari grafik ini juga menggambarkan keunggulan lampu LED yaitu konsumsi daya yang rendah.

#### 4.5. Analisa Kenaikan Biaya per Tahun

Dari capital cost dan maintenance cost yang didapatkan, maka dapat dihitung kenaikan biaya per tahun pada kedua jenis sistem penerangan. Sehingga dapat diketahui titik perpotongan saat total biaya lampu FL sama dengan lampu LED.

Pada Grafik.6 dapat diketahui bahwa terjadi perpotongan kurva lampu LED dan Lampu FL pada pertengahan tahun ke-3 dan tahun ke-4. Sehingga dapat diambil kesimpulan dari grafik tersebut bahwa lampu LED menjadi lebih ekonomis dari lampu FL yang dibuktikan mulai tahun ke-4 lampu FL membutuhkan biaya lebih banyak lampu LED, yakni dari tahun ke-3 lampu LED Rp 121,848,690.00 dan lampu FL Rp 118,821,707.00 pada tahun ke-4 menjadi Rp 121,848,690.00 untuk lampu LED dan Rp 126,493,457.00 untuk lampu FL. Hal ini karena penggantian lampu yang dilakukan pada lampu FL setiap tahun sehingga biaya bertambah setiap tahunnya untuk *replacement*.



Grafik 6. Kenaikan Biaya per Tahun

#### 4.6. Analisa Konsumsi Bahan Bakar

Dengan spesifikasi generator yang dipilih sesuai dengan kebutuhan kapal yaitu 2 x 75 kVA, didapatkan data SFOC bahan bakar 200 gr/kWh dan massa jenis bahan bakar 0.84 kg/liter. Sehingga dengan data konsumsi listrik per tahun yang didapatkan sebelumnya dapat diketahui konsumsi bahan bakar selama 20 tahun.

Misalkan perhitungan bahan bakar pada sistem penerangan lampu FL

Konsumsi listrik 1 th : 21140.8 kWh

$$\text{Konsumsi BBM} = 21140.8 \text{ kWh} \times 200 \frac{\text{gr}}{\text{kWh}}$$

$$\text{Konsumsi BBM} = 4,228.160 \text{ kg}$$

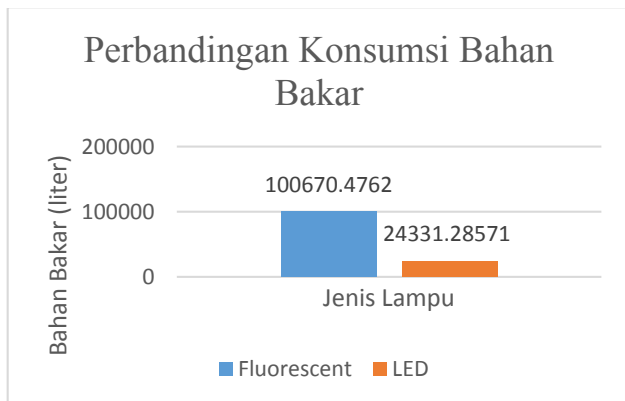
$$v = \frac{m}{\rho}$$

$$v = \frac{4,228.16}{0.84} = 5033.52381 \text{ liter}$$

#### Dalam 20 tahun

$$v = 5033.52381 \text{ liter} \times 20$$

$$v = 100,670.4762 \text{ liter}$$



## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Setelah dilakukan analisa teknis dan ekonomis, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada hasil pengujian luminasi lampu LED dan lampu FL membuktikan bahwa luminasi yang dihasilkan lampu LED jauh lebih besar dari lampu FL, dengan hasil lampu LED memiliki luminasi 360 lm/watt sedangkan lampu FL 75 lm/watt.
2. Pada kapal dengan ukuran yang sama, penggunaan lampu LED akan jauh lebih menghemat daya jika dibandingkan dengan lampu FL. Hal ini dibuktikan dengan hasil yang didapatkan yaitu dengan lampu LED konsumsi daya menjadi 1/5 dari lampu FL, yaitu 4,160 untuk lampu FL dan 894.4 untuk lampu LED
3. Biaya yang dikeluarkan akan menjadi lebih ekonomis dengan penggunaan lampu LED dalam waktu yang berkepanjangan atau lama. Hal ini dikarenakan lampu LED memiliki lifetime yang jauh lebih lama dibandingkan lampu FL, sehingga biaya maintenance atau replacement FL menjadi jauh lebih besar dari LED. Biaya yang dibutuhkan selama 20 tahun untuk replacement lampu LED Rp. 39,419,343.00 sedangkan lampu FL Rp. 116,467,500.00
4. Biaya yang dikeluarkan dalam memenuhi konsumsi listrik, sistem penrangan dengan lampu LED menjadi lebih ekonomis dibandingkan dengan lampu FL, dikarenakan daya yang dimiliki lampu LED rendah. Besarnya biaya untuk memenuhi kebutuhan listrik selama 20 tahun lampu LED Rp. 112,403,940.00 sedangkan untuk lampu FL Rp. 465,097,600.00
5. Sistem replacement berdasarkan lifetime lampu menjadi pilihan paling tepat diterapkan pada lampu LED, hal ini berdasarkan analisa biaya yang

dikeluarkan pertahunnya untuk replacement lampu. Karena dalam rules belum ada peraturan tertulis terkait penggantian lampu.

6. Sistem penerangan dengan lampu LED jauh lebih efektif diterapkan pada kapal niaga, karena keuntungan yang didapatkan jauh lebih banyak dibandingkan dengan FL dalam jangka panjang.

### Saran

1. Dilakukan perhitungan pada kapal yang berukuran lebih besar dan atau kapal dengan jenis yang berbeda, misalnya tanker, cargo atau container.
2. Analisa lebih lanjut terkait kelebihan lampu LED yang tidak menimbulkan panas berlebih yang berpengaruh pada sistem ventilasi udara
3. Mencari dan mengaplikasikan lebih banyak variasi lampu LED yang berada di pasaran.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim.2015. [www.karsonofisika.blogspot.com](http://www.karsonofisika.blogspot.com). Diakses tanggal 24 Januari 2015.
- Anonim. 2015. *Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia* – [www.energyefficiencyasia.org](http://www.energyefficiencyasia.org). Diakses tanggal 30 Januari 2015.
- Anonim. 2015. *Dose Power for Ships* - [www.karl-dose.com](http://www.karl-dose.com). Diakses 01 April 2015.
- Biro Kalsifikasi Indonesia (2014)
- Cizek, Christopher. 2009. "Shipboard LED Lighting: A Business Case Analysis". Naval Postgraduate School, Monterey, CA.
- Nurwidyaningrum Dyah. 2010. Karakteristik Pencahayaan.
- Feri Diana, Anita Hidayati. 2014. "Analisa Perhitungan Kebutuhan Penerangan Pada Bangunan Rig Rasis (Offshore) Berdasarkan Class ABS dan BKI Berbasis Visual Basic".
- Horgan Michael S., Dwan Daniel J. 2014. The Feasibility of LED Lighting for Commercial Use.
- Jimy Harto Saputro, Tejo Sukmadi, and Karnoto. "Analisa Penggunaan Lampu LED Pada Penerangan Dalam Rumah".
- Kaufman, J.E. and Christensen, J.F. (ed) .1984. *IES Lighting Handbook: Reference Volume*, IESNA, USA.
- Roger Buelow1, Keith Kazenski, Greg Flies. "Light Emitting Diode Technology: Lowering Build and Maintenance Costs".
- Sarwito, Sardono.1995. "Perancangan Instalasi Listrik Kapal.pp 7-53".